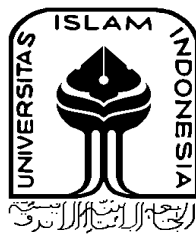


**Pembuatan Alat Peraga *Linear Moving Table* Dengan
Pengendalian Pemosisian dan Pergerakan Halus Pada Meja**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Sulthon

No. Mahasiswa : 17525013

NIRM : 2017023578

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021/2022**

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Muhammad Sulthon menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Pembuatan Alat Peraga *Linear Moving Table* Dengan Pengendalian Pemosisian dan Pergerakan Halus Pada Meja” adalah hasil tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta, 09 April 2022



Muhammad Sulthon

(17525013)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Pembuatan Alat Peraga *Linear Moving Table* Dengan Pengendalian Pemosisian dan Pergerakan Halus Pada Meja

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Sulthon
No. Mahasiswa : 17525013
NIRM : 2017023578

Yogyakarta, 21 Maret 2022

Pembimbing



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Pembuatan Alat Peraga *Linear Moving Table* Dengan Pengendalian Pemosisian dan Pergerakan Halus Pada Meja

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Sulthon

No. Mahasiswa : 17525013

NIRM : 2017023578

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.

Ketua



Tanggal :09-04-2022

Dr. Muhammad Khafidh, ST, M.T

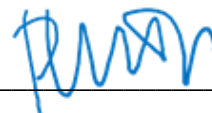
Anggota I



Tanggal :31-03-2022

Purtojo, ST, M.Sc.

Anggota II



Tanggal :30-03-2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Kedua orang tua saya tercinta yang telah merawat, mendidik, mendukung, dan senantiasa selalu mendoakan saya.

semua keluarga dan orang-orang yang saya cintai serta selalu mendukung saya.

Dosen pembimbing Dr.Ir. Paryana Puspaputra, M. Eng yang selalu memberikan nasehat, saran, motivasi, dan ilmunya kepada saya.

Teman-teman yang di 109 yang selalu saling mendukung dan saling membantu dan bersama dalam proses kali ini.

Saudara seangkatan Teknik Mesin UII 2017

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebaniseseorang melainkan sesuai kesanggupannya”

Q.S Al-Baqarah:286

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

Surat Al-Insyirah Ayat 5-6

Manusia asalnya daripada tanah, makan hasil tanah, berdiri di atas tanah. Kenapa
masih bersifat Langit?

-Buya Hamka-

Kesalahan terbesar adalah terus-menerus takut akan melakukan kesalahan

-Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.-

Doing your best is more important than being the best

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

assalamua'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Pembuatan Alat Peraga *Linear Moving Table* Dengan Pergerakan *Smooth* Dan Pengendalian Ketepatan Posisi Pada Meja”. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW. Adapun Tugas Akhir ini disusun dengan maksud sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tentunya banyak mengalami hambatan serta kendala. Berkat dukungan dari berbagai pihak Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Keluarga tercinta Bapak, Ibu, Adik yang senantiasa selalu mendoakan dan memberikan dukungan serta kasih sayang dalam menjalani proses ini.
2. Bapak Dr.Eng. Risdiyono,S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr.Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng selaku Dosen Pembimbing yang telah memberi banyak bantuan dan saran kepada penulis agar dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
4. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak mengajarkan ilmunya dengan sepenuh hati.
- 5.Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu telah memberikan saran, doa, dan dukungannya kepada penulis.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan, mendapatkan pahala yang melimpah dari Allah SWT. Dalam penyusunan laporan ini penulis telah berusaha sebaik-baiknya dan sebenar-benarnya. Namun, tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan dan hal-hal lain yang belum sempurna lainnya. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhirnya dengan selesainya penyusunan laporan

ini, semoga dapat diterima dan menjadi sebuah karya yang dapat bermanfaat bagi yang berkepentingan. Aamiin.

Wassalamua'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Linier moving table merupakan salah satu alat yang memiliki mekanisme kerja yang sering digunakan pada perindustrian. Konsep mekanisme kerja dari *linear moving table* banyak diaplikasikan contohnya seperti CNC, *conveyor*, *jib crane* dan banyak lagi. Alat peraga ini digunakan untuk media pembelajaran mahasiswa agar dapat memahami konsep pergerakan *linear*.

Telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat peraga *linear moving table* sebagai media pembelajaran, menggunakan motor ac 3 *phase* sebagai penggerak serta PLC dan inverter sebagai kontrolnya, alat ini bisa disebut alat peraga karena memenuhi kriteria seperti dapat menampilkan mekanisme kerja dari *linear moving table*.

Hasil dari pembuatan alat peraga ini pada pengujian pergerakan tanpa bebannya memiliki ketepatan posisi dengan rata - rata simpangan sebesar 0,375 mm, dan pengujian pergerakan smooth atau stabil dilakukan dengan air dalam wadah menggunakan variasi akselerasi diantaranya 31.25 mm/s^2 , 20.8 mm/s^2 , dan 12.5 mm/s^2 dan mendapatkan hasil bahwa semakin kecil akselerasi maka semakin stabil juga smooth pergerakan dari meja tersebut.

Kata kunci : *moving table*, alat peraga, PLC, Inverter

ABSTRACT

Linear moving table is a tool that has a working mechanism that is often used in industry. The concept of the working mechanism of *linear moving tables* are widely applied, for example, CNC, *conveyor*, *jib cranes* and more. This teaching aid is used for student learning media in order to understand the concept of *linear*.

teaching aids has been carried out *linear moving table* as a learning medium, using a 3 *phase* ac motor as a driver and PLC and inverter as controls, this tool can be called a teaching aid because it meets criteria such as being able to display a *linear moving tables*.

The results of making this teaching aid in testing the movement without a load have a position accuracy with an average deviation of 0.375 mm, and the smooth or stable movement test is carried out with water in a container using variations in acceleration including 31.25 mm/s^2 , 20.8 mm/s^2 , and 12.5 mm/s^2 and get the result that the acceleration is smaller. the more stable the smooth movement of the table.

Keywords: *moving table*, props, PLC, Inverter

DAFTAR ISI

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
Abstract.....	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar	xv
Daftar Notasi.....	xvii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan.....	2
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	4
2.2.1 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	4
2.2.2 Hukum Newton I & II	5
2.2.3 Kesalahan Geometri	5
2.2.4 Pengujian Geometri	6
2.2.5 <i>Scraping</i>	6
2.2.5.1 Tujuan Penting Dari <i>Hand Scraping</i>	7
2.2.6 Inverter.....	8
2.2.7 <i>Motor AC 3 Phase</i>	8
2.2.8 PLC.....	9

2.2.9	<i>Encoder</i>	10
Bab 3	Metode Penelitian	11
3.1	Alur Penelitian	11
3.2	Peralatan dan Bahan.....	12
3.3	Perancangan	12
3.3.1	Kriteria desain.....	13
3.3.2	Desain Dan Analisis	13
3.3.2.1	Desain 3 dimensi	13
3.3.2.2	Analisis Thermal	20
3.3.3	Proses manufaktur Linear Moving Table	21
3.3.3.1	Pembuatan Base dan dudukan rel.....	21
3.3.3.2	Proses Pembuatan Komponen Dengan 3D Print	22
3.3.3.3	Pembuatan Meja	24
3.3.3.4	<i>Scraping Pada Part</i>	24
3.3.4	Urutan Perakitan	26
3.3.5	<i>Wiring Dan Programing</i>	27
3.3.5.1	Komponen <i>Electrical</i>	27
3.3.5.2	<i>Wiring</i>	29
3.3.5.3	Pemilihan Fungsi <i>Code</i> Pada Inverter	30
3.3.5.4	<i>Programing</i>	32
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	34
4.1	Hasil Perancangan.....	34
4.1.1	Pengukuran kesejajaran dan kedataran.....	34
4.1.2	Hasil Akhir Perancangan	36
4.1.3	Kendali Dan Program	36
4.2	Hasil Pengujian	38
4.2.1	Pergerakan Mulus Meja.....	38
4.2.1.1	Perhitungan gaya yang bekerja.....	39
4.2.2	Ketepatan Kendali Posisi Pergerakan Meja.....	41
Bab 5	Penutup.....	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43

Daftar Pustaka44

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Kriteria desain	13
Tabel 3-2 komponen <i>linear moving table</i>	15
Tabel 3-3 <i>function code</i> F01	30
Tabel 3-4 <i>function code</i> F02	31
Tabel 3-5 <i>function code</i> F07 & F08	31
Tabel 3-6 <i>function code</i> H07	32
Tabel 4-1 data pengukuran kesejajaran dan kedataran	35
Tabel 4-3 pengujian ketepatan posisi	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 hand scraping di Yamazaki Mazak Corporation	7
Gambar 2-2 Inverter	8
Gambar 2-3 Motor AC 3 Phase.....	9
Gambar 2-4 prinsip kerja <i>rotary encoder</i>	10
Gambar 3-1 Diagram alir penelitian.....	11
Gambar 3-2 desain 3 dimensi <i>linear moving table</i>	14
Gambar 3-3 komponen <i>linear moving table</i> (1)	14
Gambar 3-4 komponen <i>linear moving table</i> (2)	15
Gambar 3-5 base (1)	16
Gambar 3-6 base (2)	16
Gambar 3-7 komponen dudukan <i>ballscrew</i>	17
Gambar 3-8 dudukan belakang.....	17
Gambar 3-9 dudukan depan.....	17
Gambar 3-10 dudukan <i>ballscrew</i> yang umum dipasaran	18
Gambar 3-11 contoh pemasangan housing nut.....	19
Gambar 3-12 dudukan aktuator	19
Gambar 3-13 dudukan sensor	20
Gambar 3-14 base tanpa rusuk/penyangga.....	20
Gambar 3-15 base menggunakan rusuk/penyangga	20
Gambar 3-16 pemotongan pvc	21
Gambar 3-17 proses cnc	22
Gambar 3-18 contoh 3D print di aplikasi <i>Creality slicer</i>	22
Gambar 3-19 save Gcode	23
Gambar 3-20 proses permesinan 3D menggunakan <i>creality CR10</i>	23
Gambar 3-21 hasil 3D print	23
Gambar 3-22 <i>scraping</i> dudukan motor.....	24
Gambar 3-23 <i>Housing shaft bearing</i> depan.....	25
Gambar 3-24 <i>Housing shaft bearing</i> belakang.....	25
Gambar 3-25 urutan perakitan.....	26
Gambar 3-26 motor AC <i>Aeromax Electrical Motor</i>	27

Gambar 3-27 PLC Fuji NA0P40T-31C.....	28
Gambar 3-28 <i>Inverter Fuji FRENIC-Mini</i>	28
Gambar 3-29 <i>Rotary Encoder Autonics</i>	29
Gambar 3-30 <i>limit switch</i>	29
Gambar 3-31 rangkaian <i>wiring</i>	30
Gambar 3-32 <i>wiring</i> inverter dan plc	30
Gambar 3-33 diagram alir konsep program.....	33
Gambar 4-1 pengukuran kesejajaran	34
Gambar 4-2 pengukuran kedataran	35
Gambar 4-3 hasil akhir perancangan	36
Gambar 4-4 <i>lacthing</i> pada <i>ledger</i>	36
Gambar 4-5 kalibrasi nilai pulsa ke mm.....	37
Gambar 4-6 penentuan posisi	37
Gambar 4-7 gaya yang bekerja pada meja.....	39
Gambar 4-8 <i>ballscrew</i>	39
Gambar 4-9 penguraian gaya <i>ballscrew</i> untuk F1	40
Gambar 4-10 penguraian gaya untuk F2	40
Gambar 4-11 proses pengujian ketepatan posisi	41

DAFTAR NOTASI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia pendidikan di Indonesia saat ini sangatlah pesat. Perkembangan dunia pendidikan dipengaruhi beberapa aspek, hal ini dapat dilihat dari cara mengajar, SDM pengajar dan fasilitas pendidikan yang memadai. Salah satu fasilitas yang digunakan adalah alat peraga.

Industri manufaktur saat ini selalu melakukan efisiensi kerja untuk meningkatkan produktivitas, dan salah satu caranya dengan melakukan otomatisasi di bagian pengangkut barang untuk memindahkan suatu part, atau material *handling* secara otomatis, proses pemindahan part dilakukan secara hati-hati dengan pergeseran yang tepat. (Ma'arif, 2020)

Salah satu contoh alat peraga sistem gerak linier yang telah ada membahas tentang simulasi dan pengendalian untuk ketepatan posisi, tanpa membahas tentang geometri dan pergerakan yang *smooth*.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkannya alat peraga untuk bahan pembelajaran agar dapat memahami konsep pergerakan linear yang nantinya akan sangat sering ditemui di dunia perindustrian, serta membahas prinsip kerja dari alat peraga tersebut dan membahas tentang pengaruh komponen, serta membahas pengaruh percepatan dan perlambatan terhadap mekanisme kerja alat peraga *linier moving table*.

alat peraga ini akan dibuat dengan cara melakukan perakitan dengan mensejajarkan, dan mendatarkan kedua linear guide agar *moving table* dapat beroperasi dengan baik. dan untuk pengendaliannya menggunakan inverter serta plc dan *encoder*, untuk menentukan pergerakan dari meja dengan percepatan dan perlambatan sesuai dengan kebutuhan dari beban yang ditanggung alat peraga agar dapat menghasilkan pergerakan yang *smooth* dan ketepatan posisi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perlu dirumuskan masalah-masalah apa saja yang diselesaikan diantaranya :

1. Bagaimana cara membuat alat peraga yang dapat beroperasi dengan baik?
2. Bagaimana menentukan urutan perakitan?
3. Bagaimana cara mendapat pergerakan *moving table* yang stabil dan *smooth*?
4. Bagaimana cara membuat pengendalian untuk ketepatan posisi?

1.3 Batasan Masalah

1. Finit elemen yang dilakukan hanya thermal analisis.
2. Permesinan dan pembuatan alat peraga hanya menggunakan peralatan yang tersedia di laboratorium Teknik mesin UII.
3. Software yang digunakan SolidWork 2019,Creality Slicer, dan SX-Programming Standard.
4. Material yang digunakan dalam pembuatan adalah pvc dan pla.
5. Pembuatan alat peraga lebih berfokus kepada bentuk geometri part, cara perakitan,konsep gerak dan pemrograman menggunakan PLC dan inverter.

1.4 Tujuan Perancangan

1. Merancang dan membuat alat peraga *linear moving table*
2. Menentukan urutan perakitan dan melakukan perakitan untuk mendapatkan kesejajaran dan kedataran rel dengan nilai perbedaan maksimal sebesar 0,5mm.
3. Membuat pergerakan meja yang stabil dan *smooth* dengan parameter air stabil dan tidak tumpah.
4. Membuat pergerakan meja yang memiliki ketepatan posisi dengan simpangan terbesar maksimal 1 mm

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat perancangan alat peraga linear moving table untuk mempermudah pembelajaran agar dapat mengetahui pengaruh bentuk dan geometri serta pergerakan dari sistem kerja dari linear moving table.

1.6 Sistematika Penulisan

Urut-urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan sebagai berikut :

Bab I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada jurnal yang disusun oleh Eka Samsul Ma'arif yang berjudul “Alat Peraga Kendali Posisi Pada *Linear Axis* Dengan Pergerakan Motor *Stepper* Berbasis PLC” alat peraga tersebut dibuat untuk mendukung kegiatan belajar dan mengajar pada Laboratorium Otomasi Industri di Prodi Mekatronika Politeknik Manufaktur Astra, untuk mensimulasikan pengaturan pergerakan posisi dan ketepatannya, penelitian dilakukan dengan tahap penentuan sistem perancangan yang sesuai capaian yang ditargetkan, seperti pemilihan komponen ,perakitan hardware, pemrograman software dan pengujian. Motor stepper merupakan pilihan sebagai alat geraknya yang didasari oleh pertimbangan prinsip operasional dan harganya, dan pengendalian utamanya adalah *Programmable Logical Control* (PLC). Dari hasil pengembangan alat peraga yang dikembangkan telah mampu melakukan simulasi pengendalian posisi secara akurat dengan simpangan 0 mm. sedangkan menggunakan *encoder* sebagai alat pengukurannya didapatkan rata – rata simpangan 0,21 mm dengan kecepatan yang direkomendasikan adalah 30 mm/s. (Ma'arif, 2020)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Computer Aided Design* (CAD)

Computer Aided Design adalah sebuah sistem komputer yang digunakan untuk membantu dalam pembuatan, analisis, modifikasi, maupun optimalisasi desain Teknik. CAD sangat membantu para desainer untuk memvisualisasikan suatu produk dan komponen – komponen. Penggunaan CAD dapat memberikan gambar teknik yang lebih baik, banyak standarisasi dalam gambar, dokumentasi desain, kesalahan gambar yang lebih sedikit, dan proses penyampaian gambar kepada orang lain lebih mudah, hal ini dapat mengoptimalkan penyelesaian suatu proyek desain.(Lalit Narayan et al., 2013)

Dalam CAD, komputer *graphic* dapat menggantikan teknik tradisional gambar atau sketsa lalu memvisualisasikan dan mengkomunikasikan suatu rancang bangun, untuk merancang dan mengembangkan produk sering digunakan CAD agar mendapatkan hasil yang lebih baik, perancangan pada CAD menunjukkan bahwa penggunaan komputer untuk mengubah sebuah ide atau gambaran menjadi suatu detail rancangan teknik, perancangan biasanya meliputi, geometri produk, pembuatan model, dan analisis. (Ningsih, 2005)

2.2.2 Hukum Newton I & II

gaya didefinisikan sebagai tarik atau dorong, bila gaya diterapkan pada benda maka akan mengakibatkan pergerakan, hubungan gerak dan gaya bisa dipelajari dari hukum Newton, pada kehidupan sehari-hari telah banyak contoh dari konsep bahwa benda yang bergerak cenderung berhenti, misal suatu benda didorong akan bergerak sampai dorongan itu berhenti.

Pada hukum Newton 1 yang berbunyi “bila resultan gaya yang bekerja pada benda nol, atau tidak ada gaya yang bekerja pada benda, maka benda itu diam atau bergerak lurus beraturan”.

Sedangkan pada hukum Newton II mempelajari tentang pengaruh gaya pada perubahan kecepatan, perubahan kecepatan persatuan waktu ini disebut percepatan, percepatan akan berbanding terbalik dengan massa benda itu, bunyi hukum Newton II “percepatan sebuah benda berbanding lurus dengan gaya yang bekerja pada benda, dan berbanding terbalik dengan massa benda”.(Wahid & Rahmadhani, n.d.)

Secara matematis tertulis:

$$a = \frac{F}{m} \text{ atau } F = m \cdot a$$

2.2.3 Kesalahan Geometri

Kesalahan geometris adalah kesalahan yang masih ada dalam mesin karena desain dasarnya, ketidakakuratan yang terpasang selama perakitan dan sebagai akibat dari komponen yang digunakan pada mesin. Dengan demikian, mereka membentuk salah satu sumber ketidakakuratan terbesar. Kesalahan ini

berkaitan dengan akurasi quasi-statis permukaan yang bergerak relatif satu sama lain. Kesalahan geometris bisa halus dan terus menerus atau mereka bisa menunjukkan histeresis atau perilaku acak.

Kesalahan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kelurusan permukaan, kekasaran permukaan, beban awal bantalan, dll. Kesalahan geometris memiliki berbagai komponen seperti kesalahan perpindahan linier (akurasi pemosisian), kelurusan dan kerataan gerakan sumbu, sudut kemiringan spindel, kesalahan ketegaklurusan dan lainnya.(Ramesh et al., n.d.)

2.2.4 Pengujian Geometri

Pengujian geometri adalah pengujian nilai variasi jarak antar bidang. Komponen mesin perkakas yang perlu diuji adalah komponen-komponen yang apabila komponen tersebut mengalami perubahan bentuk, dimensi, kekasaran permukaan, dan posisi maka berdampak negatif terhadap performa mesin tersebut. Aspek geometris yang menjadi penentu adalah sebagai berikut:

- A. Kelurusan (straightness), sebuah garis dapat dianggap lurus apabila variasi jarak bidang yang saling tegaklurus dan sejajar tidak berubah pada panjang keseluruhan, dan berada di dalam toleransi yang diberikan untuk setiap bidang.
- B. Kerataan (flatness), sebuah permukaan dianggap rata apabila variasi dari jarak yang tegaklurus pada posisinya terhadap sebuah bidang geometri berdasarkan daerah pengukuran, sejajar terhadap bidang yang akan diuji dan berada didalam batas yang ditentukan.
- C. Kesejajaran (parallelism), sebuah garis dapat dianggap sejajar terhadap sebuah bidang, apabila pengukuran jarak dari garis tersebut terhadap bidang pada beberapa posisi, perbedaan maksimum yang diamati tidak melebihi batas nilai yang telah ditentukan.(Lestari, n.d.)

2.2.5 Scraping

Pada tingkat paling dasar, *hand scraping* menggunakan alat bermata tunggal yang digunakan untuk mengikis logam dari permukaan yang tidak diinginkan, tindakan ini diperlukan dimana ada permukaan yang perlu dibetulkan

agar sesuai dengan bagian yang akan digabungkan / dikawinkan, atau jika permukaan diperlukan untuk menahan minyak.

Pengikisan umumnya dilakukan menggunakan permukaan master yang presisi, biasanya berupa plat permukaan meja, atau penggaris sebagai beberapa bentuk standar kerataan.(Smith, 2016)



Gambar 2-1 hand scraping di Yamazaki Mazak Corporation

Pada gambar 2-1 menunjukkan Teknik pengikisan tradisional untuk permukaan datar yang kemudian mengurangi potensi titik tinggi pada permukaan, dan meminimalkan *stick-slip* untuk *part* yang bergerak.

2.2.5.1 Tujuan Penting Dari *Hand Scraping*

Pengikisan tangan menjadi dasar bagi permesinan CNC yang produktif, hal ini dilakukan untuk tujuan berikut:

1. Akurasi, scraping dilakukan untuk menyelaraskan komponen sepersejuta inci, memungkinkan toleransi ketat dipegang secara konsisten.
2. Kerataan, delapan hingga sepuluh titik kotak per inci persegi dibuat untuk mencegah goyang, menambahkan keseimbangan saat mengencangkan, dan memungkinkan kerataan yang sebenarnya di beberapa bagian.(Smith, 2016)

Pengikisan tangan memperkenalkan titik tinggi dan rendah yang ditempatkan dengan hati-hati pada permukaan perkawinan mesin CNC. Meskipun naluri alami untuk percaya bahwa permukaan datar akan lebih baik untuk akurasi pemesinan, ini sebenarnya tidak benar. Dua permukaan datar yang bersentuhan pada mesin akan menempel, menciptakan karakteristik pemesinan yang tidak konsisten. Toleransi yang ketat hanya dapat dicapai dengan menambahkan titik tinggi dan rendah yang menahan minyak dan memungkinkan untuk meluncur, bukan lengket. Memperkenalkan lebih banyak titik kontak melalui titik tinggi dan rendah juga memungkinkan keseimbangan dan perkawinan yang sempurna.

Dengan permukaan datar hanya ada satu titik kontak, yang menciptakan keadaan tidak seimbang. Untuk bagian yang bergerak, pengenalan titik tinggi dan rendah memungkinkan kedua permukaan meluncur bersama tanpa lengket. Untuk bagian-bagian yang dibaut, gesekan tangan menciptakan kecocokan yang lebih rapat, yang kecil kemungkinannya untuk terpisah sebagai akibat dari pemuaian, kontraksi, dan pelenturan material yang terjadi selama proses pemesinan CNC

2.2.6 Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian pensaklaran elektronik yang dapat mengubah sumber tegangan (DC) arus searah menjadi (AC) tegangan arus bolak balik, dan frekuensi dan besar tegangan dapat diatur sesuai kebutuhan. (Haryanto, 2011)

Inverter yang sering digunakan untuk sistem listrik dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Inverter yang tegangan dan frekuensi keluarannya selalu konstan (*Constant Voltage Constant Frequency*).
2. Inverter yang frekuensi dan tegangan dengan keluaran yang tidak konstan atau berubah-ubah.

Umumnya inverter terbagi dua macam yaitu inverter 1 *phase* dan inverter 3 *phase*. (Hartono & Nurcahyo, 2017)



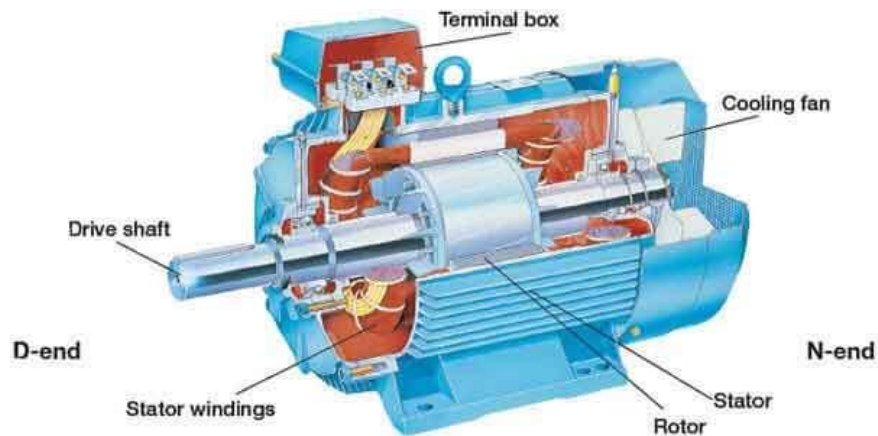
Gambar 2-2 Inverter

2.2.7 Motor AC 3 Phase

Motor AC atau *induction motor*, menghasilkan daya mekanis untuk menahan beban, seperti menggerakkan suatu perkakas mesin dan menjalankan

peralatan lainnya, banyaknya motor ac digunakan dibidang industri, juga sebagai pompa dan lainnya.

Ada beberapa kelebihan yang dimiliki oleh motor induksi diantaranya, *maintenance* / perawatan tidak terlalu dibutuhkan, lebih murah dari motor dc, ukuran lebih kecil dibandingkan motor dc berkapasitas sama, konstruksinya lebih kokoh.(Amien, n.d.)



Gambar 2-3 Motor AC 3 Phase

Prinsip kerja motor induksi, Berputarnya rotor pada motor AC diakibatkan oleh adanya kumparan stator yang menghasilkan medan putar. Apabila sumber tegangan 3 fasa dipasangkan ke kumparan stator maka akan berakibat timbulnya medan putar dengan kecepatan:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \text{ RPM}$$

n_s = kecepatan sinkron / medan putaran (rpm)

f = frekuensi

p = jumlah kutub motor ac

(Fitzgerald et al., 1986)

2.2.8 PLC

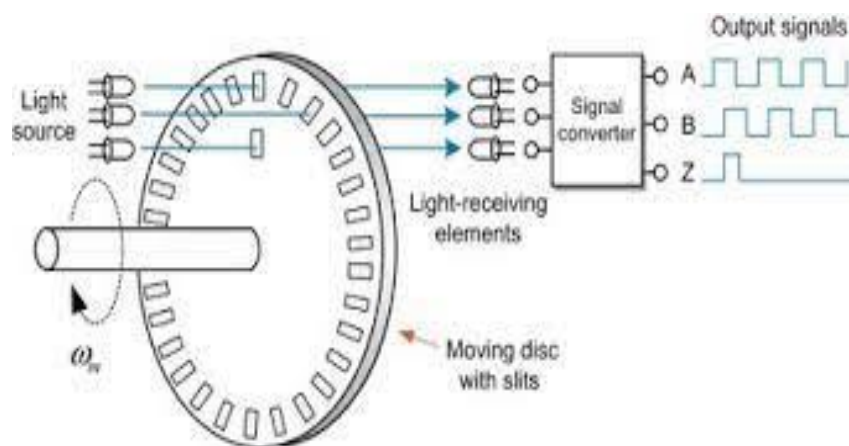
Programmable logical control atau PLC merupakan suatu mikroprosesor yang digunakan untuk proses otomatisasi industri yang berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi suatu mesin. PLC menggunakan memori untuk menyimpan instruksi agar dapat diprogram dan untuk mengimplementasikan

logika, waktu, fungsi - fungsi, aritmatika serta pencacahan. PLC dijadikan sebagai pengontrol mesin – mesin yang dirangkai untuk dioperasikan oleh para insinyur yang kurang paham dalam pengetahuan mengenai pemrograman, pada rangkaian PLC menempatkan sebuah program awal yang membuat program kontrol dimasukan dengan bahasa pemrograman yang sederhana.(Rizki et al., n.d.)

2.2.9 Encoder

Perpindahan dapat diukur dan dikomunikasikan oleh alat yang bernama *encoder* tanpa melakukan sinyal analog ke digital, *encoder* dibagi menjadi dua jenis yaitu *encoder incremental* dan *absolut* yang memiliki beberapa Teknik pendeteksian.(Dewa et al., n.d.)

Sensor *rotary encoder* merupakan suatu sensor yang dapat digunakan untuk menemukan informasi posisi dengan metode integrasi terhadap waktu, dari sebuah Gerakan rotasi *rotary encoder* mengukur perubahan sudutnya, pada roda *mobile robot* dipasang *rotary encoder* untuk mengukur perubahan sudut yang terjadi pada roda, kemudian informasi yang didapatkan dikonversikan menjadi informasi baru yaitu posisi robot melalui model kinematika *mobile robot* (Adnan Rachmawan, 2017)

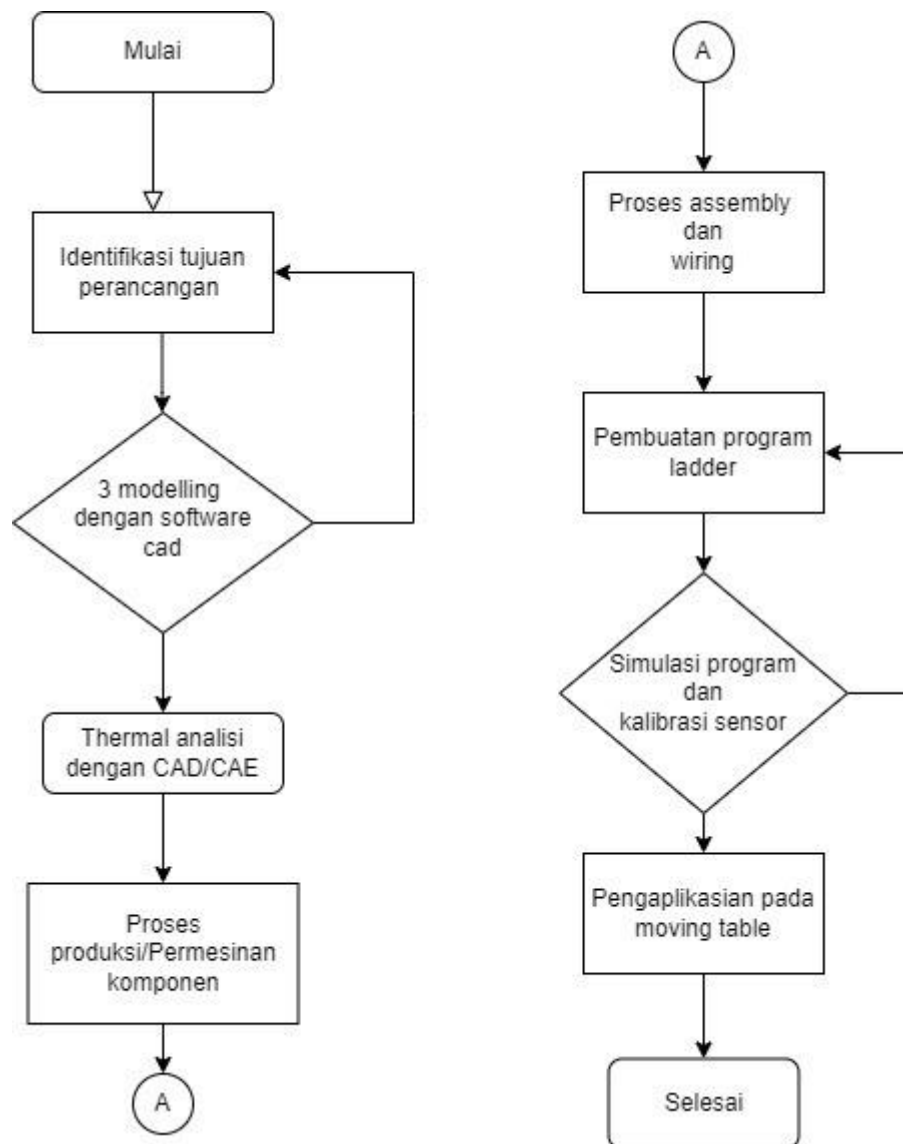


Gambar 2-4 prinsip kerja *rotary encoder*

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Berikut adalah alur penelitian :



Gambar 3-1 Diagram alir penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan *linear moving table 1 axis* :

1. SOLIDWORKS 2019
2. Gerinda tangan
3. *Inverter*
4. Mesin 3d print Creality CR10
5. *Creality Slicer*
6. Alat ukur (penggaris, jangka sorong dan dial indikator)
7. Mesin CNC 3 axis
8. Lembaran PVC rigid
9. Filament PLA+ 1.75 mm
10. *Encoder*
11. PLC
12. Motor ac 3 Phase
13. *Radial bearing*
14. Komponen *linear motion* (*ballscrew* dan *linear guide*)
15. Lem PVC
16. Baut dan mur
17. *Limit switch*
18. Laser pengukur jarak

3.3 Perancangan

Proses perancangan *linear moving table 1 axis* terdiri dari penentuan kriteria konsep desain, pembuatan desain, proses permesinan, pembuatan komponen kemudian penentuan urutan perakitan, dan proses perakitan serta *wiring*.

3.3.1 Kriteria desain

Kriteria desain yang digunakan pada perancangan ini yaitu:

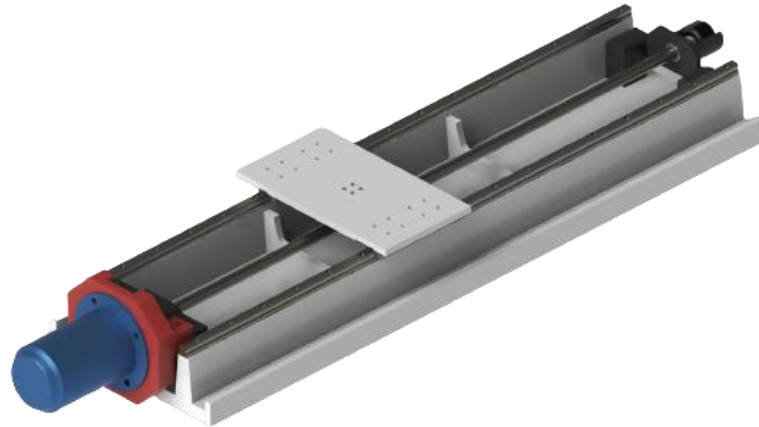
Tabel 3-1 Kriteria desain

Must	want
Meja dapat bergerak secara linear dengan ketepatan posisi dan pergerakan mulus, dengan parameter air tenang dan tidak tumpah	Mendapatkan performa maksimal dan performa jangka panjang, minimal 2 tahun
Bongkar pasang mudah dilakukan alat seperti cukup menggunakan kunci L,serta tidak perlu membongkar part yang tidak ini dilepas dan juga mudah dijangkau tangan	Permesinan dalam pembuatan part mudah dilakukan menggunakan alat yang ada di laboratorium Teknik Mesin UII
Perawatan dan <i>cleaning</i> pada mesin mudah dilakukan dengan bentuk komponen yang mudah dibersihkan dan ada ruang untuk pembersihan	

3.3.2 Desain Dan Analisis

3.3.2.1 Desain 3 dimensi

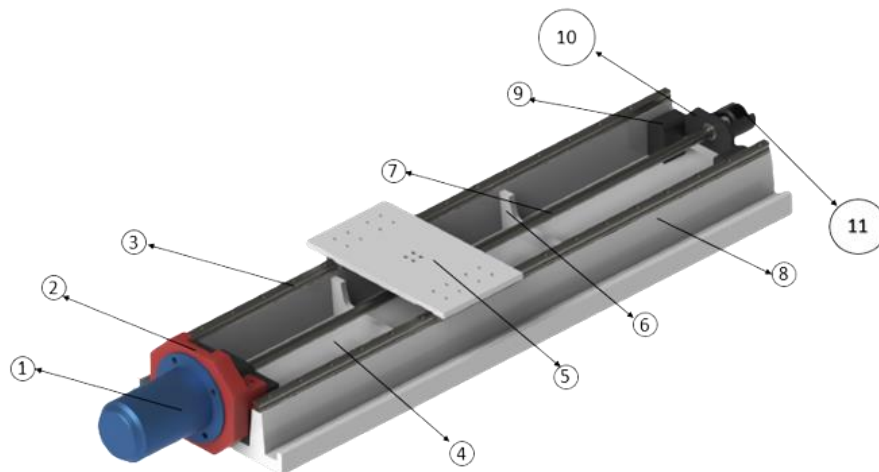
Setelah menentukan konsep kriteria desain dari *linear moving table 1 axis*, proses perancangan selanjutnya adalah melakukan pemodelan CAD atau desain 3 dimensi. Pada proses desain ini, selain mempertimbangkan mekanisme gerak juga harus mempertimbangkan peletakan sistem kendali, sensor dan aktuator.



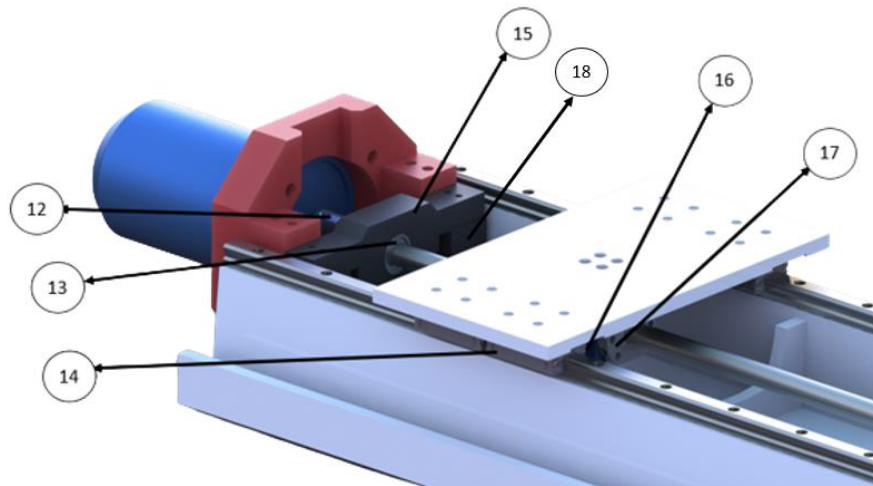
Gambar 3-2 desain 3 dimensi *linear moving table*

Penjelasan tentang desain 3 dimensi adalah sebagai berikut:

1. Komponen utama *linear moving table*:



Gambar 3-3 komponen *linear moving table* (1)



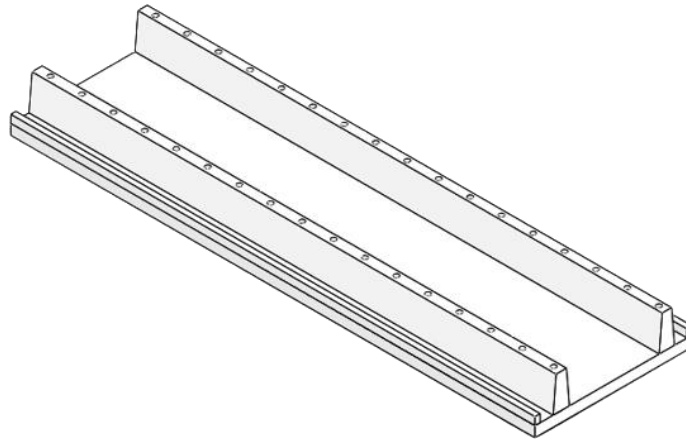
Gambar 3-4 komponen *linear moving table* (2)

Tabel 3-2 komponen *linear moving table*

No.	Nama Komponen	Jumlah	Material
1.	Motoa AC 3 phase	1	-
2.	Dudukan motor	1	Filament PLA+
3.	Rail (Rel)	2	Stainless steel
4.	Base	1	PVC rigid
5.	Meja	1	PVC rigid
6.	Rusuk base (penyangga)	2	PVC rigid
7.	Shaft screw	1	Stainless steel
8.	Dudukan rel	2	PVC rigid
9.	Dudukan <i>housing shaft bearing</i> belakang	2	Filament PLA+
10.	<i>Housing shaft bearing</i> belakang	1	Filament PLA+
11.	Encodler	1	-
12.	<i>Flexible jaw coupler</i>	2	Alumuniun & PLA+
13.	Radial bearing	3	-
14.	<i>Linear blok</i>	4	-
15.	<i>Housing shaft bearing</i> depan	1	Filament PLA+
16.	<i>Housing nut screw</i>	1	Filament PLA+

17.	<i>Nut screw</i>	1	Stainless steel
18.	Dudukan <i>housing shaft bearing</i> depan	2	Filament PLA+

2. Desain *base linear moving table*



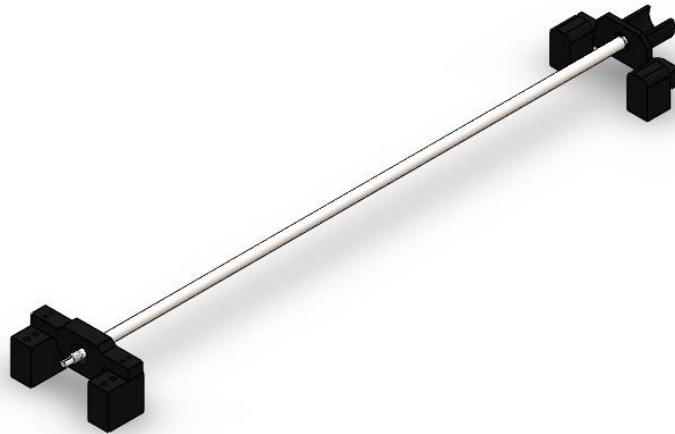
Gambar 3-5 base (1)



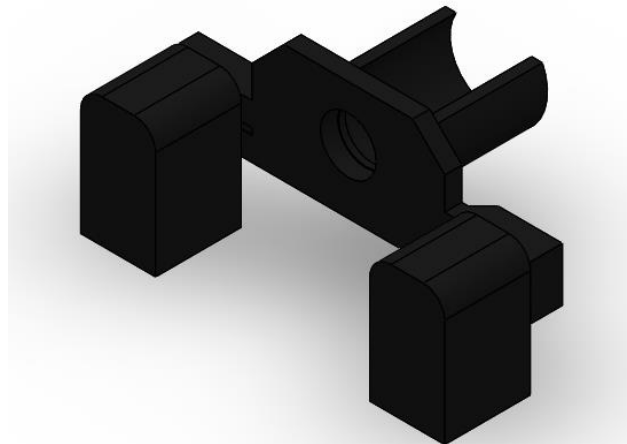
Gambar 3-6 base (2)

Base linear moving table memiliki dimensi total, panjang x lebar x tinggi yaitu 1000 mm x 300 mm x 85 mm, dan dudukan *rail* (rel) dibuat mengerucut keatas bertujuan memperkuat dudukan rel dan juga agar bentuk tidak monoton selalu kotak dan lebih estetik.

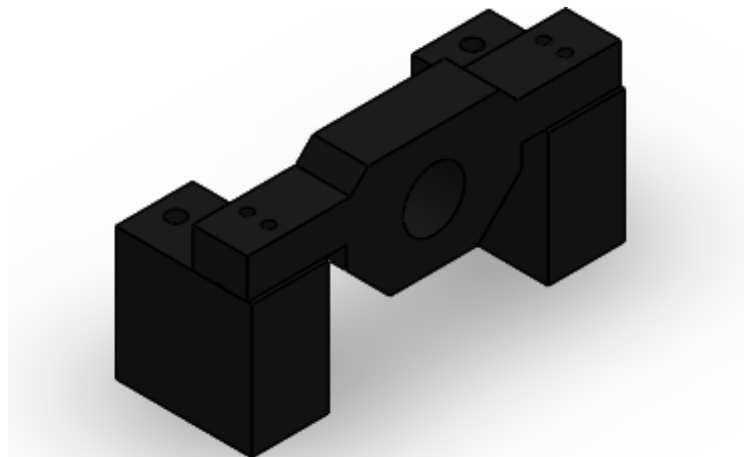
3. Desain komponenudukan *ballscrew*



Gambar 3-7 komponenudukan *ballscrew*



Gambar 3-8 dudukan belakang



Gambar 3-9 dudukan depan



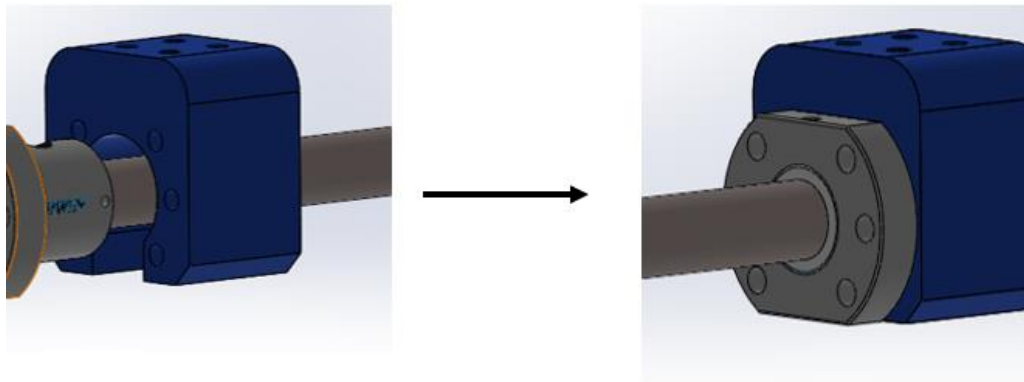
Gambar 3-10 dudukan *ballscrew* yang umum dipasaran

Komponen dudukan *ballscrew* terdiri dari beberapa part diantaranya adalah, dudukan *housing shaft bearing* depan, dudukan *housing shaft bearing* belakang, *housing shaft bearing* depan dan *housing shaft bearing* belakang, diameter lubang pada *housing shaft bearing* depan adalah 28 mm, dan bearing yang digunakan berukuran diameter dalam 12mm dan luar 28, sedangkan untuk *housing shaft bearing* belakang memiliki diameter lubang 25mm dan ukuran bearingnya adalah untuk diameter luar 25mm dan dalam 10mm.

desain dari dudukan *shaft* belakang dibuat berbeda dari dudukan *shaft* pada umumnya yang beredar dipasaran, pada desain ini dudukan dibuat lebih tinggi dan menggantung hal ini bertujuan agar mudah saat melakukan proses *cleaning*, lalu dudukan pada dudukan *shaft* terdapat dua komponen yang terpisah yaitu dudukan *housing shaft bearing*, dan *housing shaft bearing* hal ini bertujuan agar proses bongkar pasang mudah dilakukan, jadi cukup dilepas antara komponen yang ada pada dudukan tanpa melepas baut yang ada pada *base*.

4. Desain *housing nutscrew*

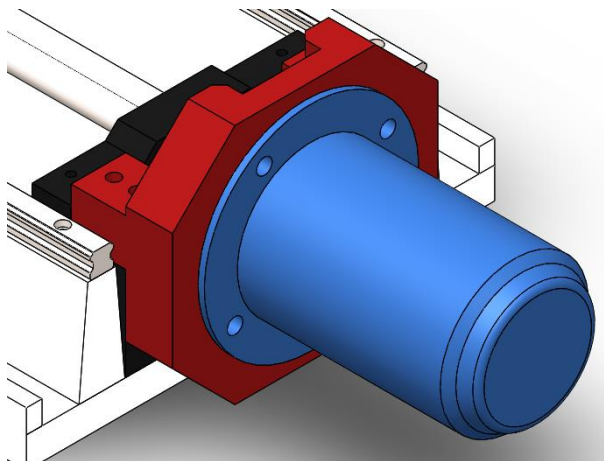
Housing nut screw memiliki ukuran panjang x lebar x tinggi yaitu 35 mm x 50 mm x 53 mm, dan penghubung *housing* dan *nut* adalah baut L M5 x 40 mm, sedangkan penghubung *housing* dengan meja *linear* menggunakan baut L M5 x 20 mm, desain *housing nut* dibuat memiliki celah agar pemasangan mudah dilakukan jika *nuts crew* sudah dipasang pada *shaft screw*.



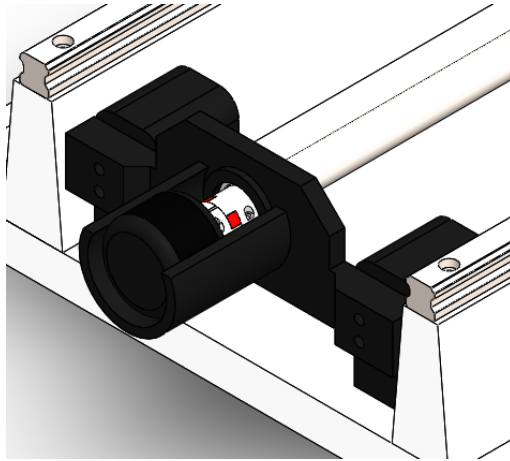
Gambar 3-11 contoh pemasangan housing nut

5. Desainudukan aktuator dan sensor

Dudukan aktuator didesain sejajar dengan *ballscrew* dan disambungkan dengan menggunakan *flexible jaw coupler* yang sesuai dengan diameter poros yang digunakan, begitu pula dengan sensor, aktuator yang digunakan adalah motor AC 3 *phase* dan sensor yang digunakan adalah *rotary encoder*, peletakan keduanya adalah diujung dari *linear moving table*.



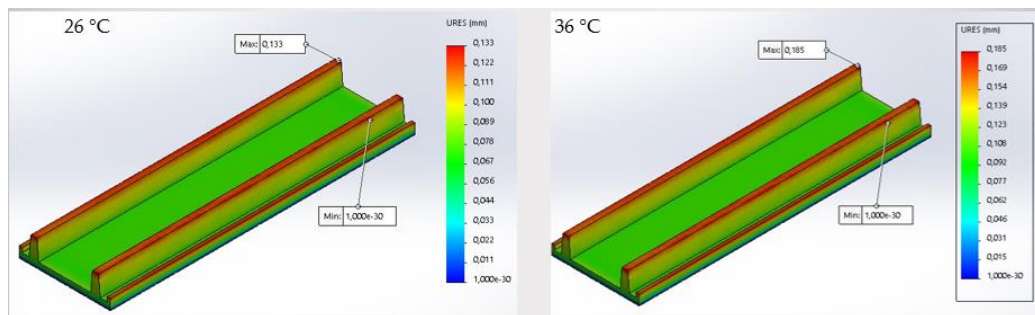
Gambar 3-12 dudukan aktuator



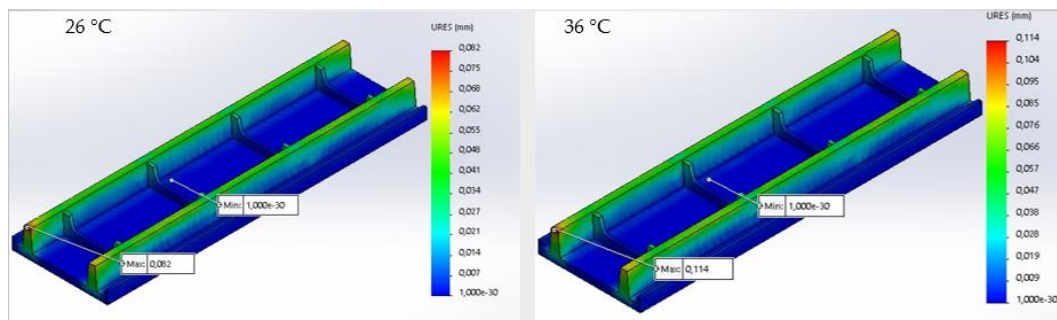
Gambar 3-13 dudukan sensor

3.3.2.2 Analisis Thermal

Analisis thermal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh rusuk / penyangga pada base dan dudukan pada struktur linear moving table, berapa defleksi yang akan terjadi jika menggunakan rusuk dan tanpa penggunaan rusuk pada base, dengan parameter perubahan suhu sebesar 10 derajat celsius dari suhu normal lingkungan.



Gambar 3-14 base tanpa rusuk/penyangga



Gambar 3-15 base menggunakan rusuk/penyangga

Dari hasil analisis *thermal* yang telah dilakukan pada base tanpa rusuk mendapatkan nilai defleksi maksimal sebesar 0,185mm sedangkan pada base menggunakan rusuk defleksi maksimal yang terjadi sebesar 0,114 mm.

3.3.3 Proses manufaktur Linear Moving Table

3.3.3.1 Pembuatan Base dan dudukan rel

Material yang digunakan adalah lembaran pvc rigid dengan ukuran panjang x lebar x tinggi yaitu 1000mm x 1000mm x 10mm, lembaran tersebut dipotong menggunakan gerinda tangan menyesuaikan dimensi dari desain yang sudah ada.

Lalu setelah lembaran pvc telah terpotong kemudian komponen disatukan seperti gambar 3-17 dan dilakukan proses cnc untuk mendatarkan permukaan dudukan rel yang telah dibuat sebelumnya, dan juga dilakukan pembuatan lubang untuk membuat antara dudukan dan juga rel.



Gambar 3-16 pemotongan pvc

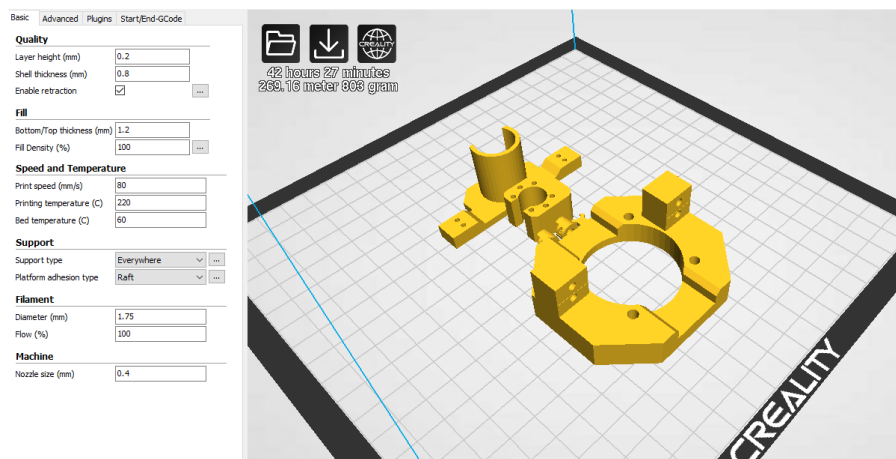


Gambar 3-17 proses cnc

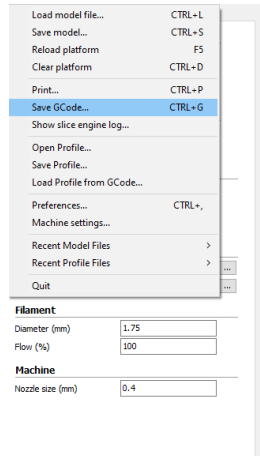
3.3.3.2 Proses Pembuatan Komponen Dengan 3D Print

Pembuatan komponen menggunakan 3D print bertujuan untuk mempermudah pembuatan komponen dengan bentuk yang sulit dibuat dengan menggunakan cara manual, komponen yang dibuat dengan 3D print diantaranya.

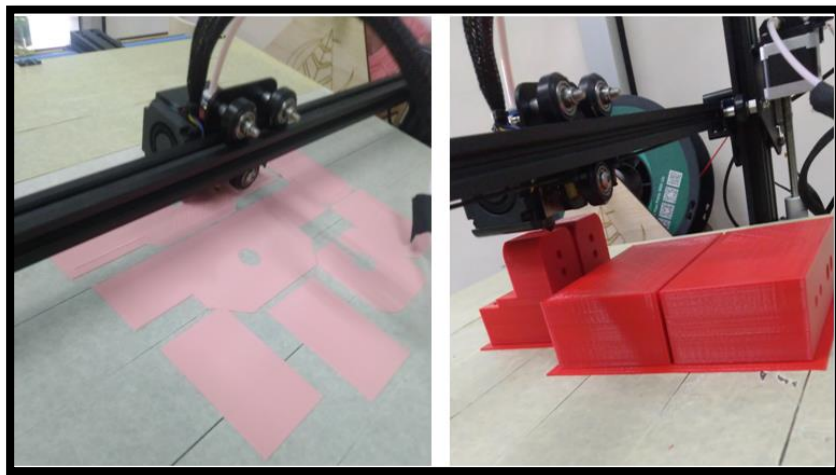
1. Dudukan motor
2. Dudukan *housing shaft bearing* belakang
3. *Housing shaft bearing* belakang
4. *Flexible jaw coupler*
5. *Housing shaft bearing* depan
6. *Housing nut screw*
7. Dudukan *housing shaft bearing* depan



Gambar 3-18 contoh 3D print di aplikasi Creality slicer



Gambar 3-19 save Gcode



Gambar 3-20 proses permesinan 3D menggunakan creality CR10



Gambar 3-21 hasil 3D print

Gambar 3-21 menunjukkan hasil dari proses 3D print dengan menggunakan filament PLA+ berukuran 1,75mm dengan mesin 3D Print *Crealiti slicer* yang ada di Laboratorium sistem manufaktur.

3.3.3.3 Pembuatan Meja

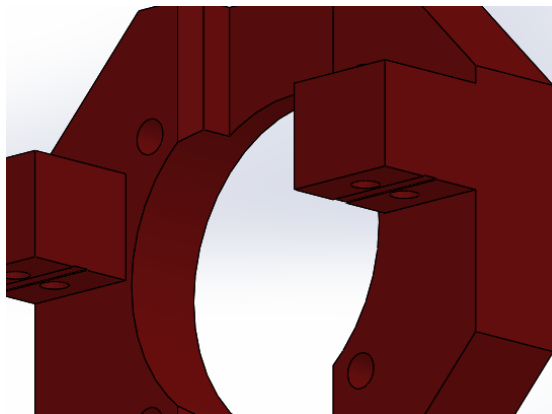
Material yang digunakan adalah lembaran pvc rigid dengan ukuran panjang x lebar x tinggi yaitu 1000mm x 1000mm x 10mm, lembaran tersebut dipotong menggunakan gerinda tangan menyesuaikan dimensi dari desain meja yang sudah ada.

3.3.3.4 Scraping Pada Part

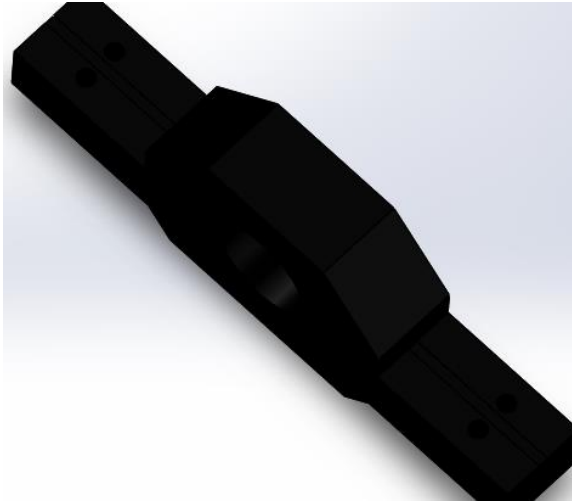
Scraping pada *part* dilakukan untuk meningkatkan akurasi pada geometri part yang *surface*-nya akan digabungkan atau dikawinkan, komponen yang menggunakan metode scraping diantaranya adalah:

1. Dudukan motor (gambar 3-14)
2. *Housing shaft bearing* depan (gambar 3-15)
3. *Housing shaft bearing* belakang (gambar 3-16)

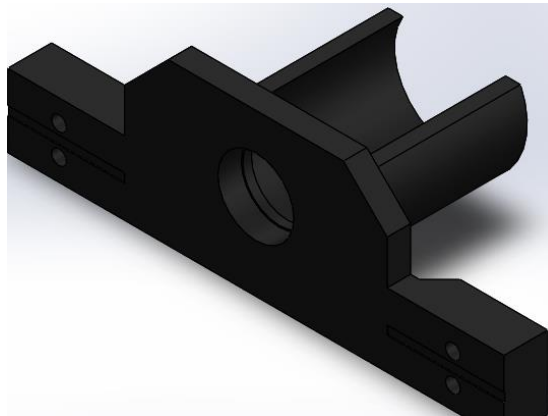
Komponen ini dilakukan scraping bertujuan agar saat *surface* memiliki akurasi tinggi dikarenakan pada permukaannya mengalami beban dari ballscrew.



Gambar 3-22 *scraping* dudukan motor

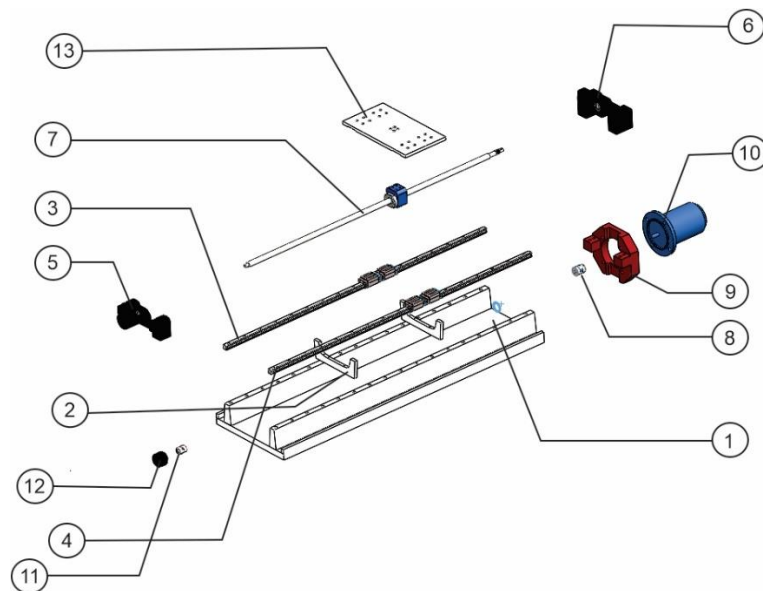


Gambar 3-23 *Housing shaft bearing depan*



Gambar 3-24 *Housing shaft bearing belakang*

3.3.4 Urutan Perakitan



Gambar 3-25 urutan perakitan

Penentuan urutan perakitan dilakukan dengan mementingkan komponen inti yang akan sangat berpengaruh pada sistem kerja dari *linear moving table* tersebut, dapat dilihat pada gambar 3-25, berikut penjelasan urutan perakitannya:

1. Base dan dudukan *linear guide*, Perakitan dilakukan dengan cara mensejajarkan kedua kemudian direkatkan, setelah terpasang dudukan di sama datarkan menggunakan mesin cnc serta diberi lubang untuk pembautan *linear guide*.
2. Penyangga dipasang diantara dudukan linear guide dan base, dipasang diurutkan kedua agar tidak mengganggu proses perakitan selanjutnya.
3. *Linear guide* pertama dipasang pada dudukan yang telah diberi lubang dan sudah didatarkan.
4. *Linear guide* kedua dipasang disisi satunya yang kosong dari dudukan, kemudian disejajarkan dan disama datarkan dengan *linear guide* pertama.
5. *Ballscrew* pada nomor 7 dipasangkan pada dudukan *ballscrew* nomor 5 dan dudukan *ballscrew* 6, setelah itu komponen tersebut dipasangkan ke *base* yang sudah diberi lubang untuk pembautan dudukan *ballscrew*.
6. Part *coupler* 8 dipasang pada motor dinomor 10, setelah itu motor dipasangkan ke dudukan motor pada nomor 9 dengan baut.
7. *Encoder* pada nomor 12 dipasangkan ke *coupler* pada nomor 11

8. Setelah itu pasang meja pada nomor 13 ke *linear block* dan *housing nutscrew* dengan pembautan.
9. Motor yang sudah dirakit dengan komponen 8 dan 9 dipasangkan pada *ballscrew* dengan pembautan.
10. *Encoder* yang sudah dirakit dipasangkan dengan ujung *ballscrew* satunya yang belawan dengan pemasangan motor.

3.3.5 Wiring Dan Programing

3.3.5.1 Komponen Electrical

1. Motor AC 3 phase

Motor AC digunakan sebagai aktuator dari *linear moving table* ini, motor yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut,

Torsi: 0,25 HP (*horse power*)

Jumlah kutub: 4

Daya: 0,18 KW

Besaran frekuensi: 50 Hz

Tegangan: 220/380 Volt



Gambar 3-26 motor AC Aeromax Electrical Motor

2. PLC

plc digunakan untuk mengontrol pergerakan motor dengan memberikan perintah kepada inverter, PLC memiliki banyak varian merek dan setiap merek memiliki cara pengoprasian dan pemrograman yang berbeda, PLC

yang digunakan adalah Fuji NA0P40T-31C merupakan unit utama dari PLC Fuji yang mempunyai 24 titik input dan 16 titik output digital.



Gambar 3-27 PLC Fuji NA0P40T-31C

3. Inverter

Perangkat ini memiliki banyak fungsi untuk mengatur proses kerja motor ac salah satu fungsi yang digunakan untuk mengatur kecepatan akselerasi dan deselerasi.



Gambar 3-28 Inverter Fuji FRENIC-Mini

4. Encoder

Sensor yang digunakan *linear moving table* ini adalah *rotary encoder*, *rotary encoder* yang digunakan memiliki PPR sebesar 1000 dan memiliki 3 *output*.



Gambar 3-29 Rotary Encoder Autonics

5. *Limit switch*

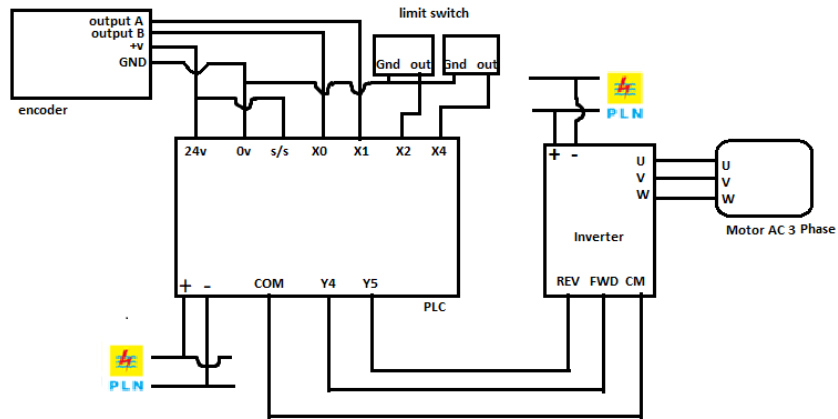


Gambar 3-30 limit switch

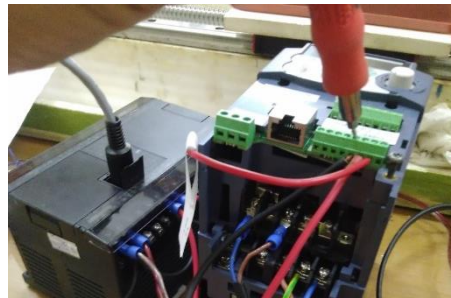
Merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *Limit switch* sama seperti saklar *push on* yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan.

3.3.5.2 *Wiring*

Proses wiring antara komponen *hardware* dilakukan sesuai kebutuhan dari sistem gerak *linear moving table*, contohnya pada terminal yang tersedia pada inverter digunakan terminal *reverse* dan *forward*, fungsi dari keduanya adalah untuk mengatur arah putar dari motor ac 3 *phase* yang digunakan, dan pada PLC digunakan beberapa terminal dari output dan input, terminal inputnya digunakan untuk menerima sinyal dari *limit switch*, dan encoder berupa besaran yang disebut pulsa, kemudian di terminal outputnya digunakan untuk perintah pada inverter.



Gambar 3-31 rangkaian *wiring*



Gambar 3-32 *wiring* inverter dan plc

3.3.5.3 Pemilihan Fungsi *Code* Pada Inverter

Pada inverter yang digunakan terdapat beberapa fungsi yang dapat mengatur pergerakan motor, hal ini dapat diatur dengan pemilihan berbagai *code* yang terdapat dalam inverter, dan pemilihan *code* dapat disesuaikan dengan kebutuhan dari konsep kerja alat, pada linear moving table *code* yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Pemilihan kode pada fungsi kode F01

Pada pemilihan fungsi kode pertama digunakan fungsi *code* pada F01 kemudian dilanjutkan dengan memilih fungsi nomor 4 seperti pada tabel 3-3, fungsi ini digunakan untuk mengatur kecepatan frekuensi yang akan disuplai dari inverter ke motor ac dengan menggunakan potensio yang ada di inverter.

Tabel 3-3 *function code* F01

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data setting range</i>
F01	<i>Frequency</i>	0: UP/DOWN keys on keypad

	<i>Command 1</i>	<i>1: Voltage input to terminal [I2] (0 to +10 VDC)</i> <i>2: Current input to terminal [C1] (4 to 20 mA DC)</i> <i>3: Sum of voltage and current inputs to terminals [I2] and [C1]</i> <i>4: Built-in potentiometer (POT)</i> <i>7: Terminal command UP/DOWN control</i>
--	------------------	---

2. Pemilihan kode pada fungsi kode F02

Pada pemilihan fungsi kode pada F02 yang berfungsi sebagai metode pengoprasian, kemudian memilih fungsi nomor 1 yang bertujuan untuk mengontrol sistem gerak dari terminal input inverter.

Tabel 3-4 fuction code F02

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data setting range</i>
F02	<i>Operation method</i>	<i>0: RUN/STOP keys on keypad (Motor rotational direction specified by terminal command (FWD/REV)</i> <i>1: Terminal command FWD or REV</i> <i>2: RUN/STOP keys on keypad (forward)</i> <i>3: RUN/STOP keys on keypad (reverse)</i>

3. Pemilihan kode pada fungsi kode F07 & F08

Pada pemilihan yang ketiga pada tabel 3-5 dipilih fungsi kode pada F07 & F08 kode ini memiliki fungsi untuk mengatur akselerasi dan dekselerasi, yang dapat diatur dengan menentukan waktu terjadinya percepatan dan terjadinya perlambatan.

Tabel 3-5 function code F07 & F08

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data setting range</i>
F07	<i>Acceleration Time</i>	<i>1 0.00 to 3600</i> <i>Note: Entering 0.00 cancels the acceleration time, requiring external soft-start.</i>

F08	<i>Deceleration Time</i>	<i>1 0.00 to 3600</i> <i>Note: Entering 0.00 cancels the deceleration time, requiring external soft-start.</i>
-----	--------------------------	---

4. Pemilihan kode pada fungsi kode H07

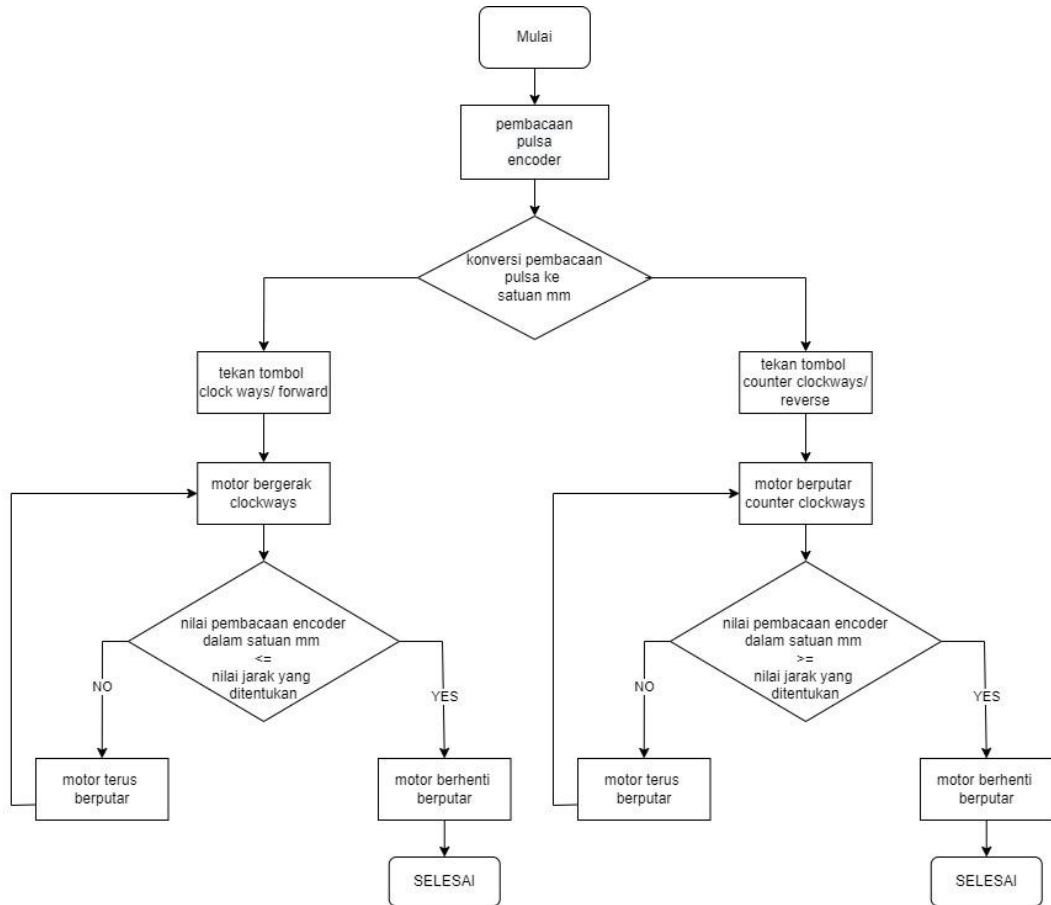
Pada pemilihan fungsi kode yang terakhir ini dipilih fungsi kode pada H07, kode ini berfungsi sebagai pengatur pola / *pattern* pada percepatan dan perlambatan yang sebelumnya telah dipilih, ada beberapa pilihan diantaranya pola *curvilinear*, *s-curve*, dan *linear* seperti pada tabel 3-6.

Tabel 3-6 function code H07

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data setting range</i>
H07	<i>Acceleration/ Deceleration Pattern</i>	<i>0: Linear</i> <i>1: S-curve (Weak)</i> <i>2: S-curve (Strong)</i> <i>3: Curvilinear</i>

3.3.5.4 Programing

Pada pembuatan program menggunakan aplikasi *sx-programmer* standard untuk pembuatan program *ledder* yang akan digunakan, pada konsep yang dibuat diinginkan sebuah pergerakan dari meja dapat diatur sesuai keinginan untuk penentuan jangkauan jaraknya, maka dari itu dibutuhkan suatu program yang mengendalikan pergerakan dengan cara memberi sinyal pulsa yang dikonversikan ke satuan jarak, kemudian jarak tersebut menjadi acuan untuk pergerakan dari putaran motor.



Gambar 3-33 diagram alir konsep program

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

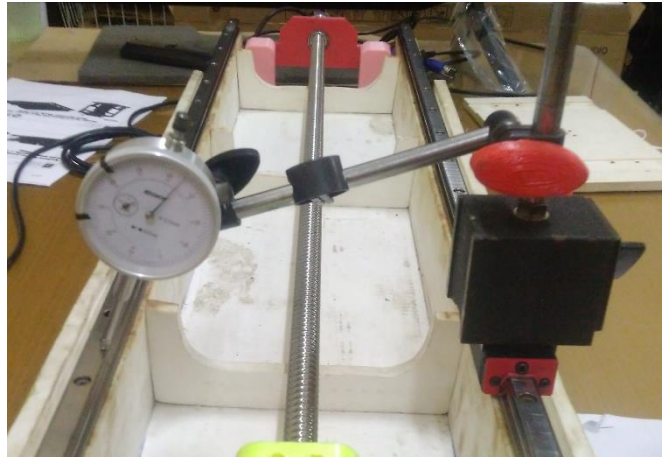
Hasil perancangan *linear moving table* menampilkan analisis terhadap hasil dari proses perancangan, proses perakitan dan pembuatan sistem kendali yang telah dilakukan sebelumnya.

4.1.1 Pengukuran kesejajaran dan kedataran

Pengukuran kesejajaran dan kedataran dilakukan pada komponen linear guide hal ini bertujuan agar mengetahui perbedaan kedataran dan kesejajaran antara rel kanan dan kiri, jika perbedaan besar maka pergerakan meja bisa slip dan sulit bergerak.



Gambar 4-1 pengukuran kesejajaran



Gambar 4-2 pengukuran kedataran

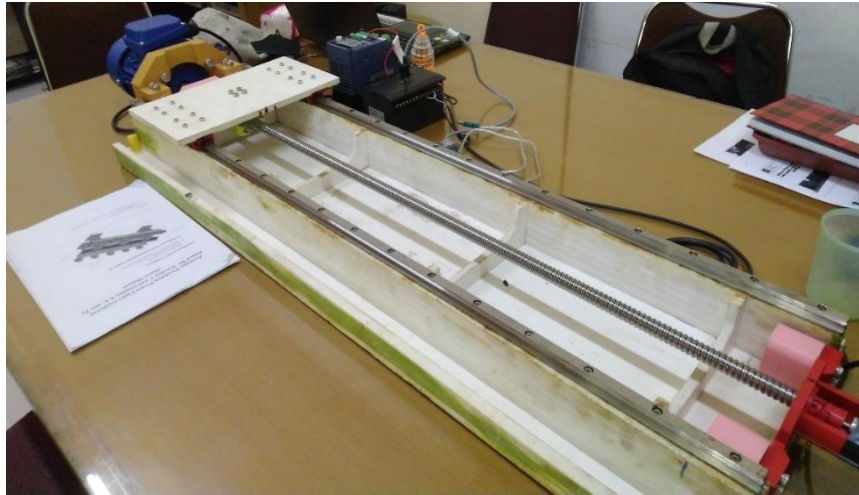
Pengujian dilakukan dengan menggunakan dial indicator dengan nilai ketelitian 0,01 mm dial indicator dipasang pada *linear block* seperti pada gambar 4-3 untuk proses pengukuran kesejajaran dan gambar 4-4 pengukuran kedataran rel.

Tabel 4-1 data pengukuran kesejajaran dan kedataran

Jarak	Pembacaan dial pada pengukuran kedataran	Pembacaan dial pada pengukuran kesejajaran
50 mm	0,02	0,01
100 mm	0,05	0,02
150 mm	0,1	0,03
200 mm	0,12	0,05
250 mm	0,16	0,05
300 mm	0,2	0,06
350 mm	0,23	0,07
400 mm	0,25	0,08
450 mm	0,26	0,09
500 mm	0,26	0,1
550 mm	0,28	0,1
600 mm	0,28	0,12

4.1.2 Hasil Akhir Perancangan

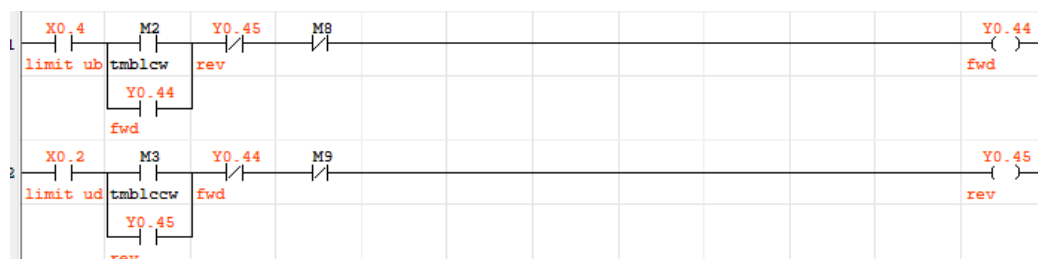
Hasil dari perakitan seluruh komponen alat peraga *linear moving table* dapat dilihat pada gambar 4-3. Pada gambar tersebut, komponen mekanik dan komponen kendali *linear moving table* sudah digabungkan.



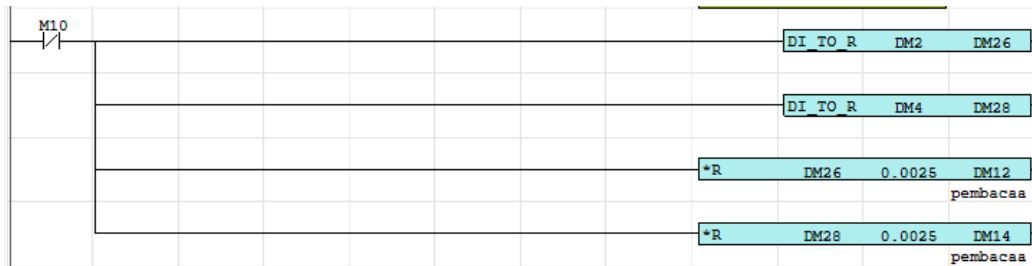
Gambar 4-3 hasil akhir perancangan

4.1.3 Kendali Dan Program

Kendali kecepatan diatur menggunakan potensio yang ada di inverter hal ini bertujuan agar memudahkan jika menginginkan perubahan kecepatan, inverter juga digunakan untuk pengaturan penggunaan akselerasi dan deselerasi pada kecepatan putar motor, lalu untuk kontrolnya menggunakan PLC untuk menentukan kapan motor harus bergerak secara *clock ways*, maupun *counter clock ways* dengan bantuan dari *rotary encoder* yang mengirim sinyal dari hasil pembacaan putaran motor.



Gambar 4-4 latching pada *ledder*



Gambar 4-5 kalibrasi nilai pulsa ke mm

Program pada gambar 4-4 dibuat dengan rangkaian *latching* hal ini bertujuan agar jika motor sudah diperintahkan berputar secara *clock way* motor tidak akan bisa berputar sebaliknya, arah putar motor dikontrol oleh PLC dengan input dari *encoder* yang akan mengirim sinyal berupa pulsa, kemudian pulsa dikonversikan kedalam bentuk satuan milimeter yang bertujuan agar meja dapat bergerak sesuai dengan jarak yang ini ditempuh.

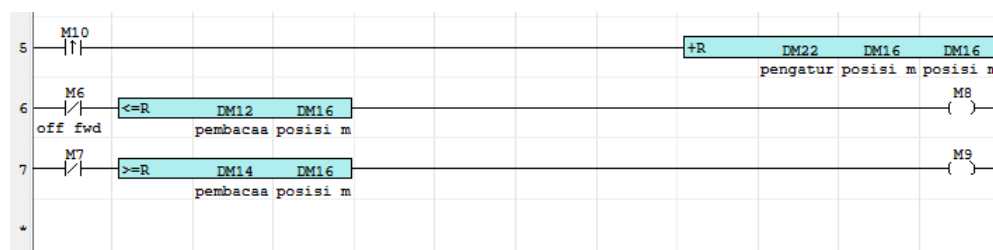
Konversi nilai satu pulsa menjadi satuan mm:

$$2000 \text{ pulsa} = 5 \text{ mm}$$

$$1 \text{ pulsa} = \frac{5}{2000}$$

$$1 \text{ pulsa} = 0,0025 \text{ mm}$$

Kemudian setiap pulsa yang dihasilkan *encoder* akan dikalikan dengan 0,0025 agar mendapatkan nilai posisi asli dengan besaran mm bukan lagi pulsa, seperti pada gambar 4-5, address dari DM12 dan DM14 akan menunjukkan posisi aslinya dengan besaran mm.



Gambar 4-6 penentuan posisi

Setelah dm12 dan dm14 sudah terkonversi menjadi satuan mm, selanjutnya menentukan pergerakan meja yang diinginkan dengan memasukan nilai jarak ke address dm22.

4.2 Hasil Pengujian

4.2.1 Pergerakan Mulus Meja

Pengujian pergerakan dilakukan menggunakan air dalam wadah yang memiliki massa sebesar 525 gr, dengan frekuensi sebesar 25 hz yang setara dengan 750rpm atau 12,5 rps, jika dirubah kepergerakan linier mejanya maka menghasilkan pergerakan sebesar 62,5 mm/s.

Rumus konversi rpm menjadi kecepatan:

$$Rpm = \frac{120 \cdot \text{frekuensi}}{\text{jumlah kutub}}$$

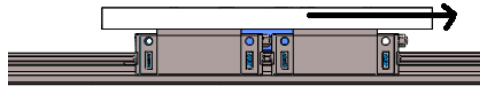
$$Rps = \frac{Rpm}{60 \text{ s}}$$

$$\text{kecepatan} = Rps \cdot 5mm(\text{jarak per revolusi pada nutscrew})$$

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi percepatan dan perlambatan untuk melihat kestabilan pergerakan meja.

1. Motor bergerak dengan percepatan $62,5 \text{ mm/s}^2$, pada percobaan ini air pada wadah tidak stabil dan pergerakan meja tidak smooth mengakibatkan air tumpah.
2. Motor bergerak dengan menggunakan percepatan dan perlambatan sebesar $31,25 \text{ mm/s}^2$ pergerakan air pada meja masih kurang stabil dan smooth ada goyangan pada air tetapi tidak menyebabkan air tumpah.
3. Motor bergerak dengan menggunakan percepatan dan perlambatan sebesar $20,8 \text{ mm/s}^2$ pergerakan air pada meja cukup stabil dan smooth serta goyang air tidak sebesar pada percobaan ke-1 dan 2.
4. Motor bergerak dengan menggunakan percepatan dan perlambatan sebesar $12,5 \text{ mm/s}^2$ pergerakan air pada meja stabil dan smooth dibandingkan percobaan sebelumnya.

4.2.1.1 Perhitungan gaya yang bekerja



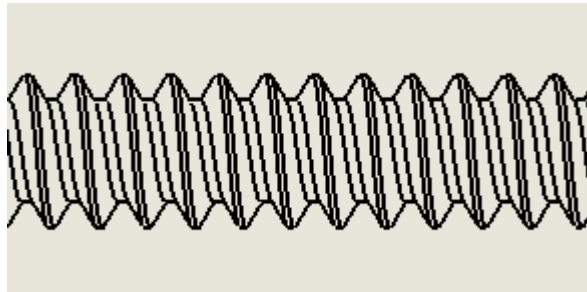
Gambar 4-7 gaya yang bekerja pada meja

Jika massa dari air sebesar 525 gr dan percepatan nya sebesar 31,25 mm/s^2 maka akan didapatkan gaya sebesar:

$$a = \frac{F}{m} \text{ atau } F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = 0,525 \text{ kg} \cdot 0,03125 \frac{mm}{s^2} = 0,0162$$



Gambar 4-8 ballscrew

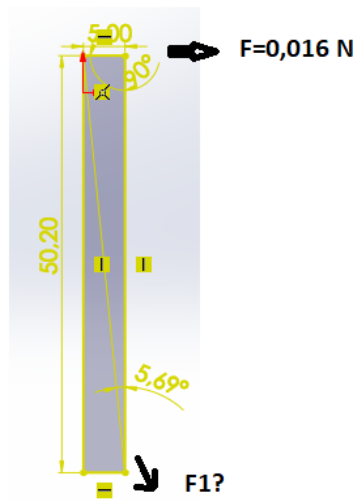
Diameter *ballscrew* = 16 mm

Picth ballscrew = 5 mm

Keliling = πd

$$= 3.14 \times 16$$

$$= 50,2$$

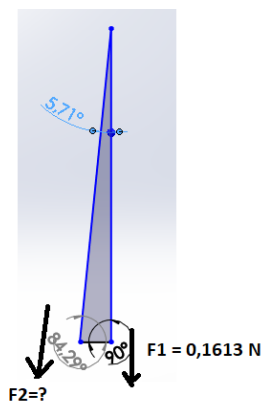


Gambar 4-9 penguraian gaya ballscrew untuk F1

$$\cos \alpha = \frac{F}{F1}$$

$$\sin 5,69 = \frac{0,016}{F1}$$

$$F1 = \frac{0,016}{\sin 5,69} = 0,1613$$



Gambar 4-10 penguraian gaya untuk F2

$$\sin \alpha = \frac{F1}{F2}$$

$$\sin 84,29 = \frac{0,1613}{F2}$$

$$F2 = \frac{0,1613}{\sin 84,29} = 0,162$$

Kemudian jika F2 sudah ditemukan selanjutnya bisa mengukur torsi dan juga daya yang dikeluarkan motor.

$$T = F2 \cdot r(\text{ballscrew})$$

$$T = 0,162N \cdot 8mm$$

$$T = 1,296 \text{ Nmm} = 0,001296 \text{ Nm}$$

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 0,001296Nm \cdot 78,54 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 0,101 \text{ KW}$$

4.2.2 Ketepatan Kendali Posisi Pergerakan Meja

Pengujian ketepatan pergerakan meja dari *linear moving table* diuji dengan frekuensi 10 hz atau setara dengan 300 rpm, dilakukan dengan 8 kali percobaan pergerakan yang diinput pada program *ledder* masing masing bergerak sejauh 100 mm dengan putaran motor 4 percobaan searah jarum jam dan 4 lagi berlawanan jarum jam, kemudian hasil dari pergerakan diukur dengan laser jarak untuk mengetahui perubahan posisi sebenarnya seperti gambar 4-6.



Gambar 4-11 proses pengujian ketepatan posisi

Tabel 4-2 pengujian ketepatan posisi

No	Jarak pergerakan yang diinginkan (mm)	Titik mulai (mm)	Titik berhenti(mm)	Penyimpangan jarak yang terjadi

				(mm)
1	100	0	100	0
2	100	100	201	1
3	100	201	301	0
4	100	301	402	1
5	100	402	201	1
6	100	301	201	0
7	100	201	101	0
8	100	101	1	0

Dari hasil pengujian pada tabel 4-3 maka didapatkan nilai rata – rata simpangan dengan menggunakan cara berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{jumlah penyimpangan}}{\text{banyak percobaan}}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{3}{8}$$

$$\text{Rata - rata} = 0,375 \text{ mm}$$

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dirancang dan dibuat alat peraga *linear moving table* satu *axis* dilengkapi dengan sistem kendali dan hasil dari finit element yang dilakukan mendapatkan nilai defleksi sebesar 0,114mm pada dudukan rel akibat perubahan suhu 10 derajat celsius dari suhu normal.
2. *Linear moving table* dirakit sesuai dengan perakitan dengan berdasarkan mementingkan pada komponen yang paling berpengaruh dalam sistem kerja *linear moving table* yaitu linear guide, hasil kesejajaran antara kedua rel mendapatkan perbedaan kesejajaran sebesar 0,11 mm dan perbedaan kedatarannya sebesar 0,26 mm
3. Pergerakan meja dapat stabil dan mulus bisa memanfaatkan percepatan dan perlambatan, semakin kecil nilai percepatan atau perlambatan maka semakin stabil pergerakan meja
4. Ketepatan pengendalian posisi didapatkan dengan nilai rata rata simpangan 0,375 mm

5.2 Saran

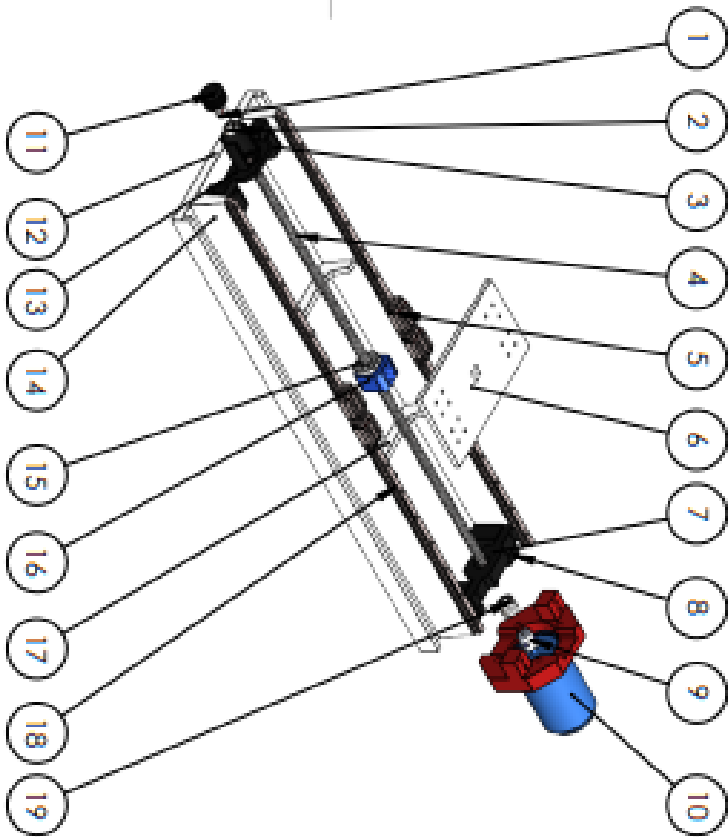
Dari penelitian yang telah dilakukan penulis menyadari adanya kekurangan dan saran untuk pengembangan kedepannya diharapkan pembuatan komponen atau proses manufaktur dilakukan full menggunakan alat otomatis seperti CNC, dan penggunaan material harus lebih kuat serta lebih rigid dibandingkan PVC.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan Rachmawan. (2017). PENENTUAN POSISI ROBOT SEPAK BOLA BERODA MENGGUNAKAN ROTARY ENCODER DAN KAMERA. *DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO Fakultas Teknologi Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 66.
- Amien, S. (n.d.). *Kenaikan Temperatur Pada Motor Induksi Tiga Phasa Akibat Rotor Terkunci*. 1(2), 6.
- Dewa, C. B., Seowono, A. D., & Christiand. (n.d.). *Rancang Bangun Sistem Informasi Posisi Untuk Robot Beroda Berbasis Rotary Encoder dan GPS Receiver*. 19.
<http://ojs.atmajaya.ac.id/index.php/cylinder/article/view/Dewa%2C%20Christiand%2C%20Soewono%2C%20Darmawan/1232>
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (1986). *MESIN MESIN LISTRIK*. Erlangga.
- Hartono, B., & Nurcahyo, E. (2017). Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa. *Program Teknik Listrik Diploma Tiga, Institut Teknologi Nasional Malang*.
- Haryanto, H. (2011). *Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi*. 4, 12.

- Lalit Narayan, K., Mallikarjuna Rao, K., & Sarcar, M. M. M. (2013). *Computer aided design and manufacturing* (Second printing). PHI Learning Private Limited.
- Lestari, L. (n.d.). *Laporan ini akan dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*. 54.
- Ma'arif, E. S. (2020). *ALAT PERAGA KENDALI POSISI PADA LINEAR AXIS*. 11.
- Ningsih, D. H. U. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. *Computer Aided Design*, 3, 7.
- Ramesh, R., Mannan, M. A., & Poo, A. N. (n.d.). *Error compensation in machine tools—A review Part I: geometric, cutting-force induced and fixture-dependent errors*. 22.
- Rizki, R. S., Sara, I. D., & Gapy, M. (n.d.). *Sistem Deteksi Kebakaran Pada Gedung Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)*. 6.
- Smith, G. T. (2016). *Machine Tool Metrology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25109-7>
- Wahid, M. A., & Rahmadhani, F. (n.d.). *Eksperimen Menghitung Momen Inersia dalam Pesawat Atwood Menggunakan Katrol dengan Penambahan Massa Beban*. 7.

LAMPIRAN



ITEM NO.	Part Name	DESCRIPTION	QTY.
1.	Flexible jaw coupler for encoder		1
2.	Radial Bearing 10 mm		1
3.	Dudukan housing shaft bearing belakang		2
4.	Ball screw		1
5.	Linear block		4
6.	Meja		1
7.	Housing shaft bearing depan		1
8.	Dudukan housing shaft bearing depan		2
9.	Flexible jaw coupler for motor		1
10.	Motor AC 3 phase		1
11.	Encoder		1
12.	Base		1
13.	Housing shaft bearing belakang		1
14.	Dudukan rel		2
15.	Nut Screw		1
16.	Housing nut screw		1
17.	Penyangga		1
18.	Rad		2
19.	Radial Bearing 12 mm		3



Skala : 1:10
 Satuan Ukuran : mm
 Tanggal : 28/7/2022

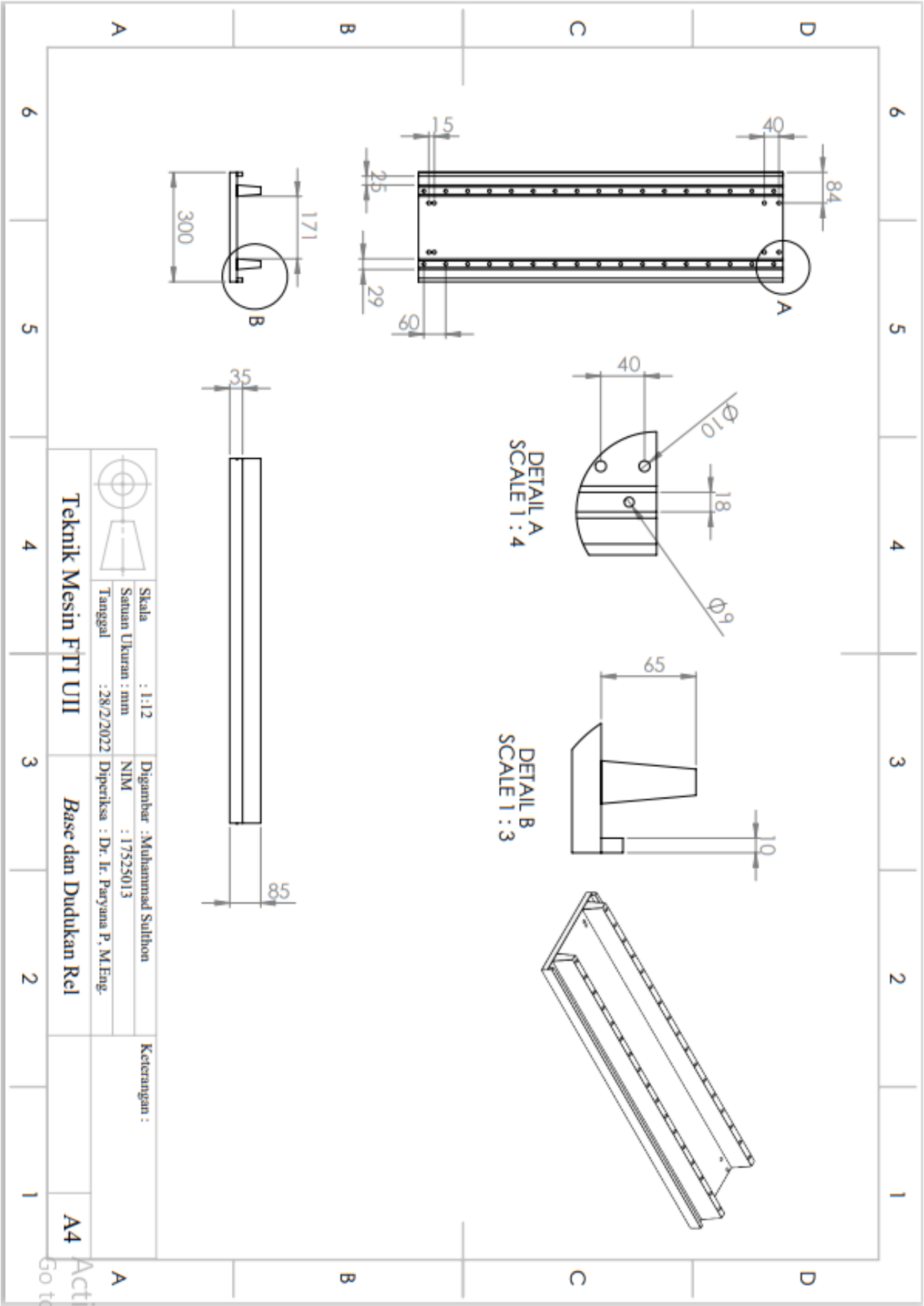
Digambar : Muhammad Subhan
 NIM : 17525013
 Diperiksa : Dr. Ir. Purjaya P. M.Eng.

Keserangan :

Teknik Mesin FTI UH

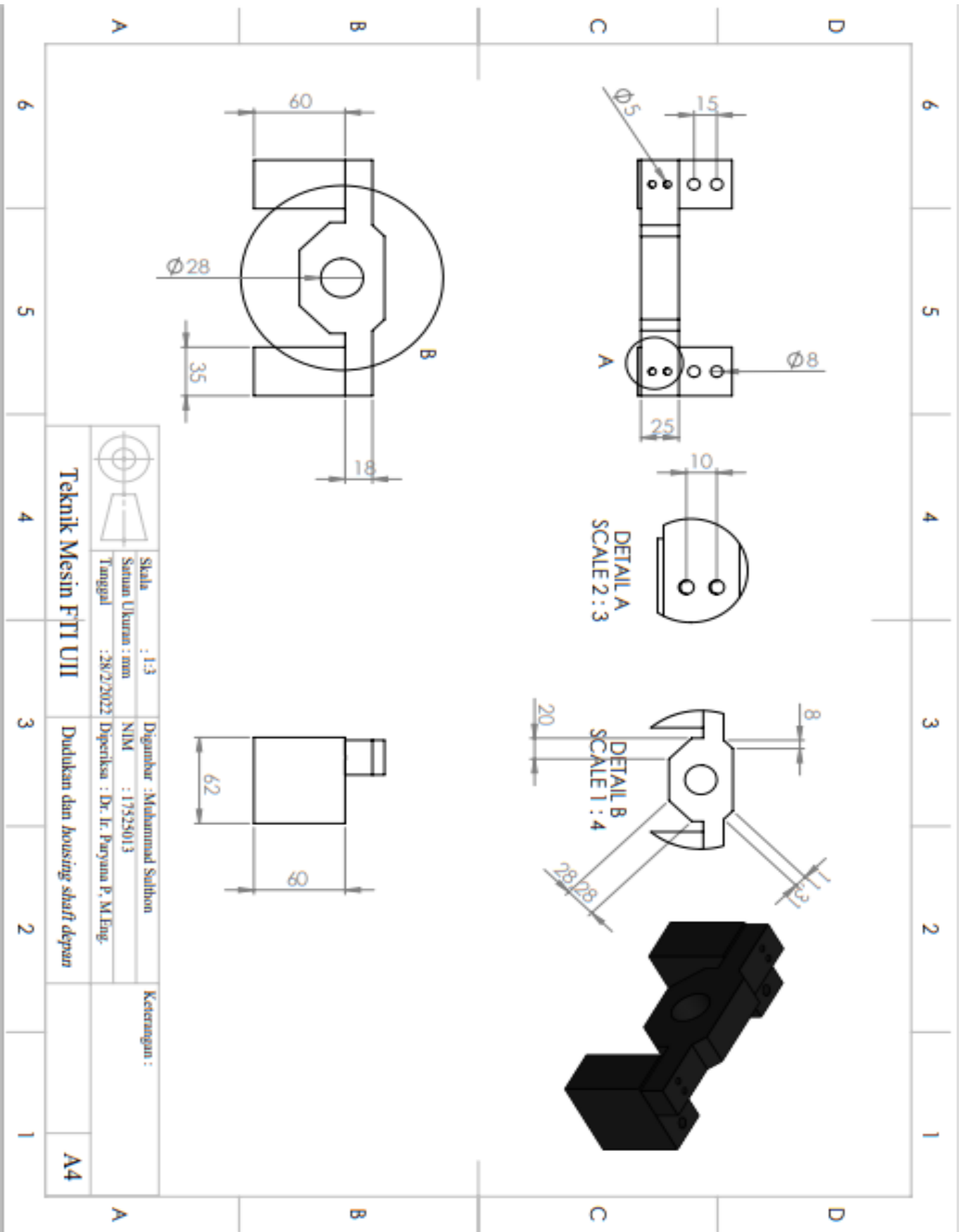
Alat Penga Linear Moving Table

A4

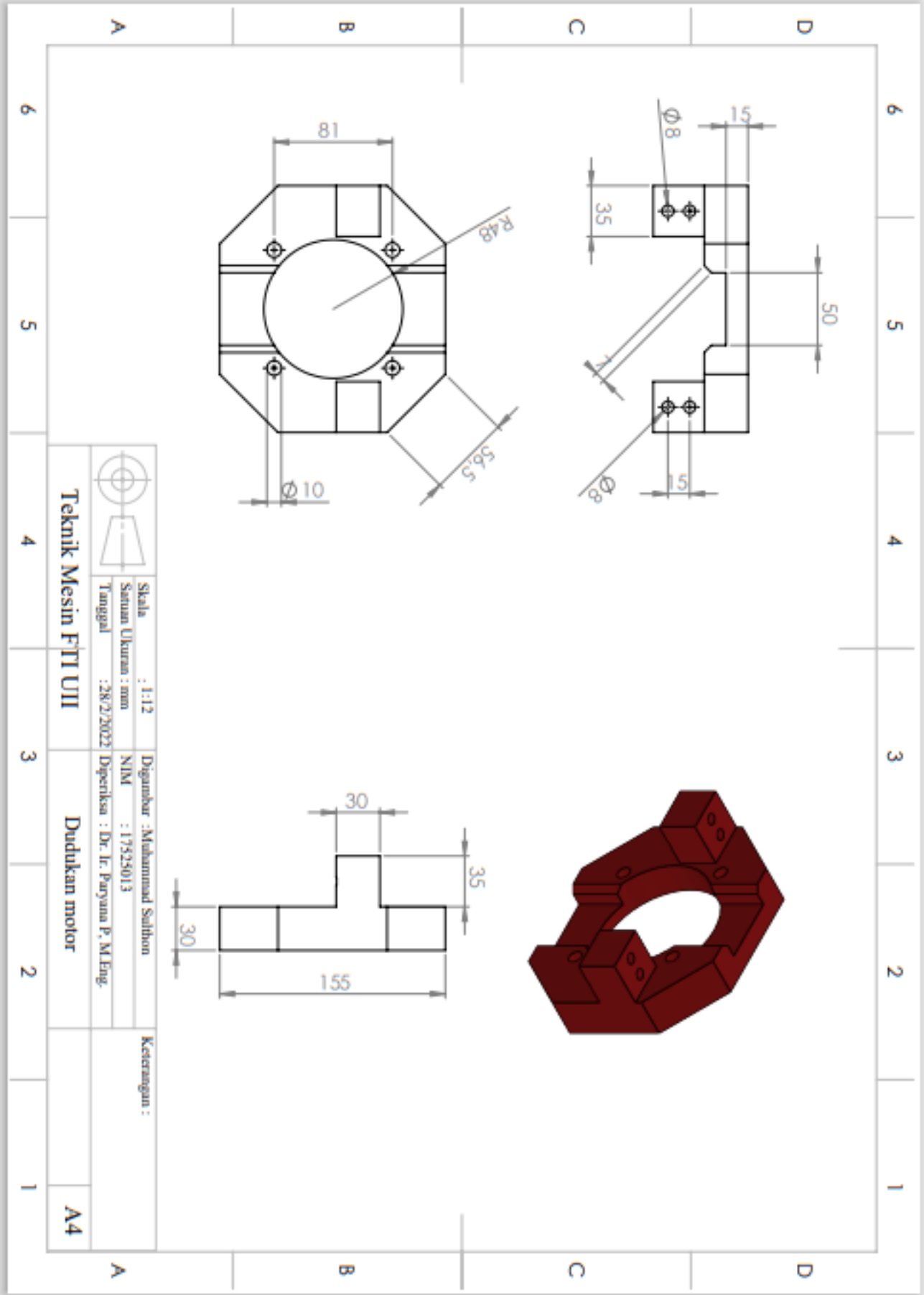


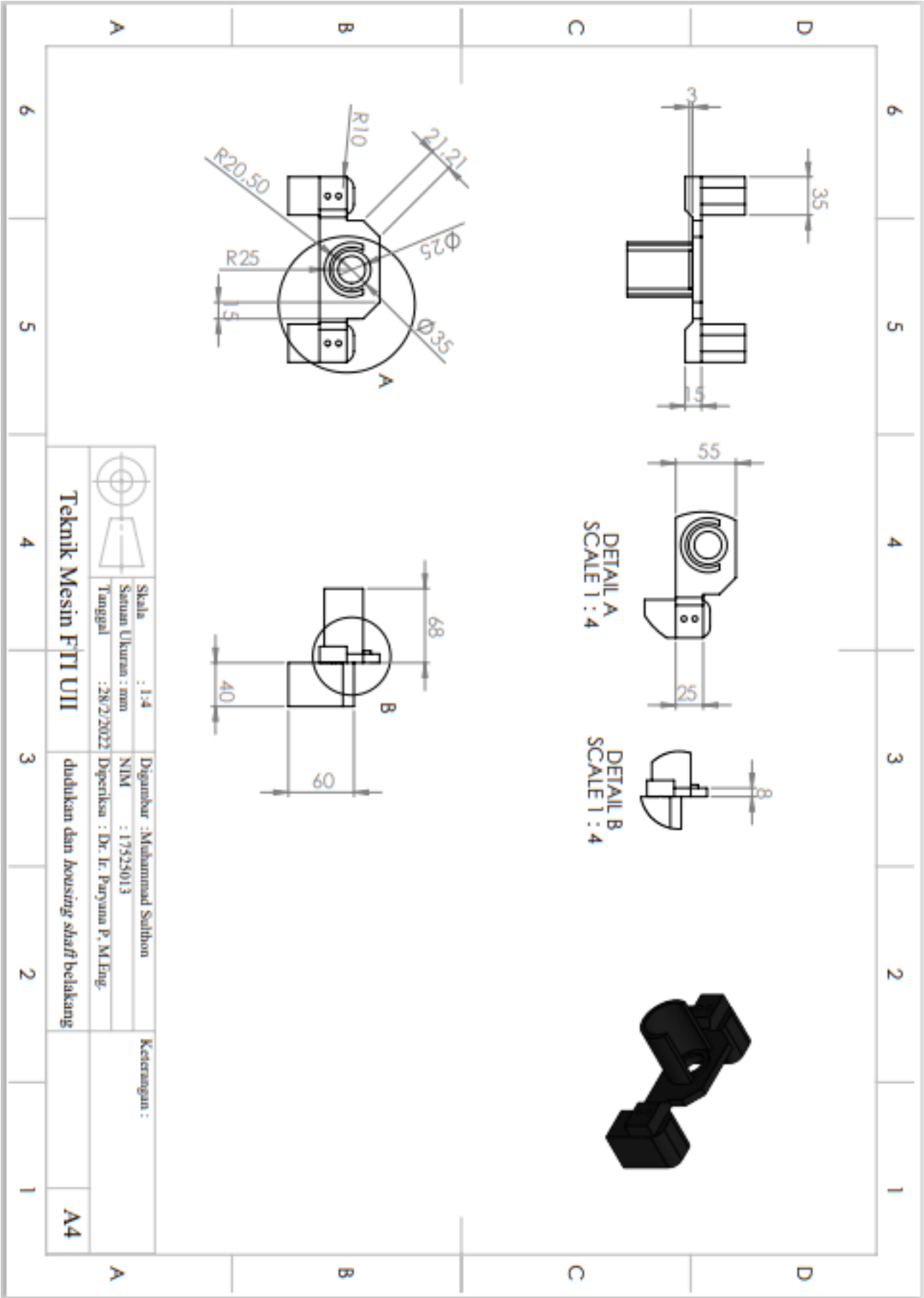
	Skala : 1:12	Digambar : Muhammad Sulthon
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525013
	Tanggal : 28/2/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana P. M.Eng.
Teknik Mesin FTI UH		Base dan Dudukan Rel

Keterangan :	
A4	



	Skala : 1:3	Digambar : Muhammad Saifon	Keterangan :		
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17925013			
Teknik Mesin FTI UII		Dudukan dan housing shaft depan			
Tanggal : 28/2/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Puryana P, M.Eng.				
6	5	4	3	2	1
A	B	C	D	A	B

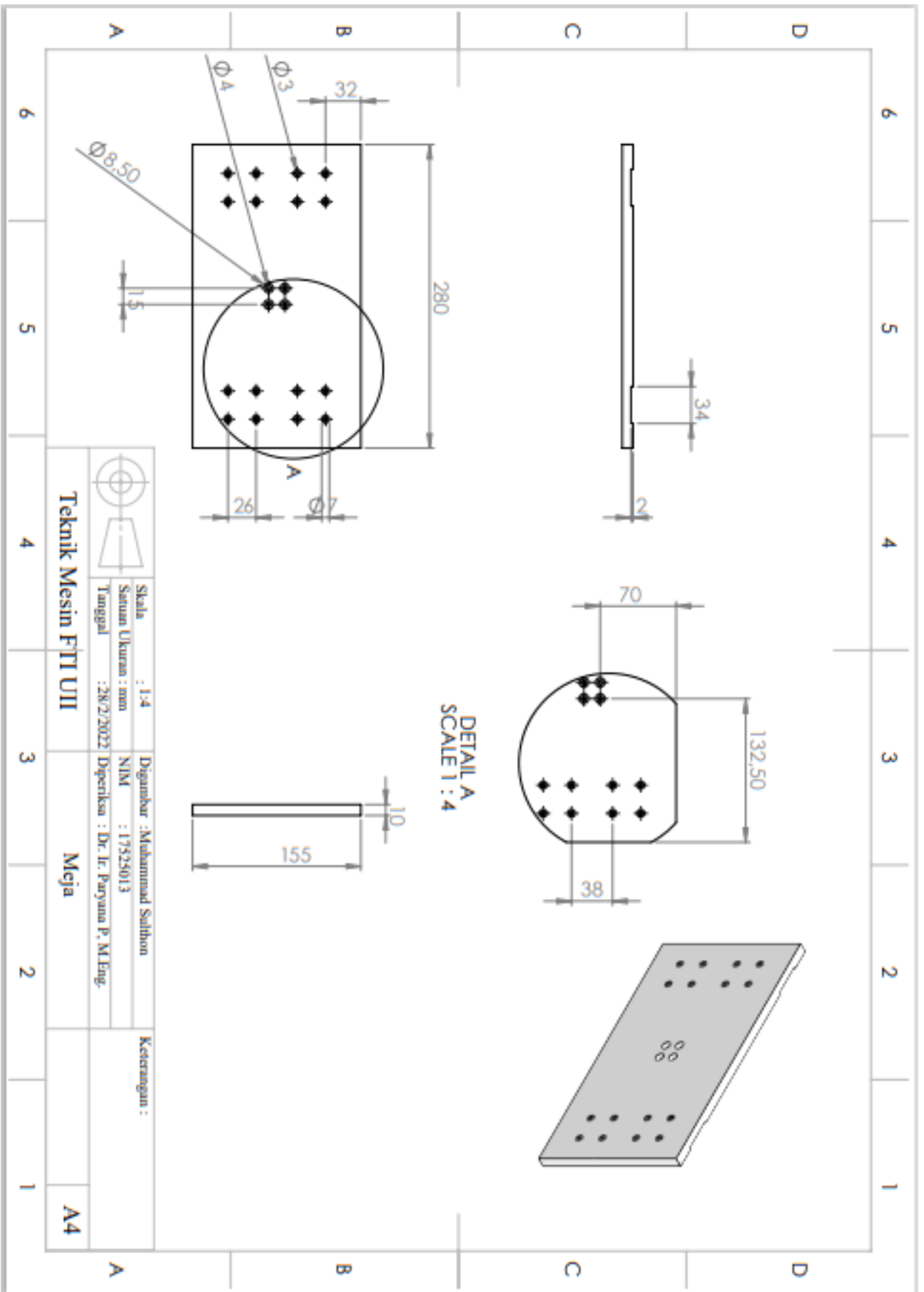




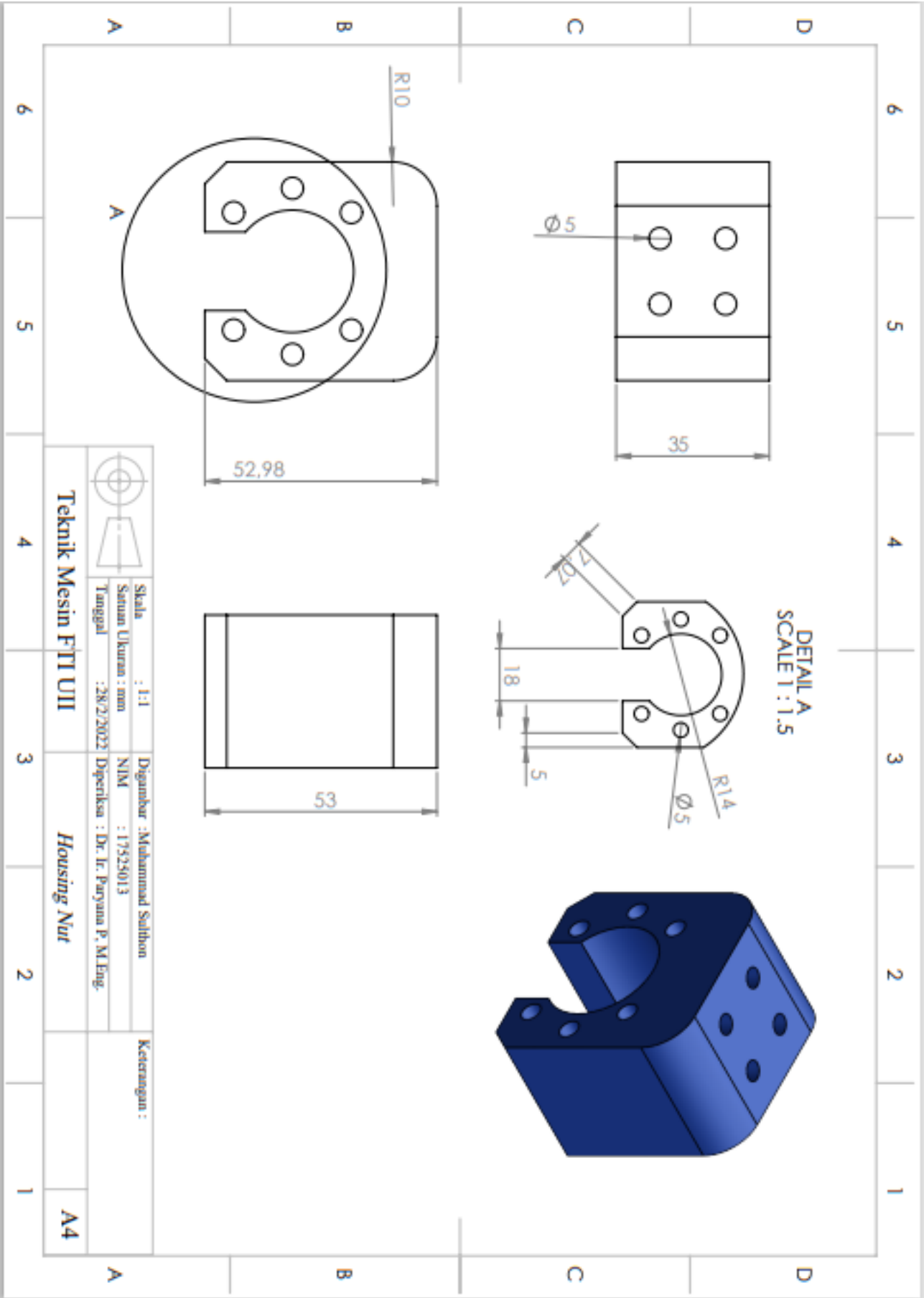
	Skala : 1:4	Digambar : Muhammad Sulthon	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525013	
	Tanggal : 28/2/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana P, M.Eng.	
Teknik Mesin FTI UII		dudukan dan housing shaft belakang	

6 5 4 3 2 1

A B C D A B C D

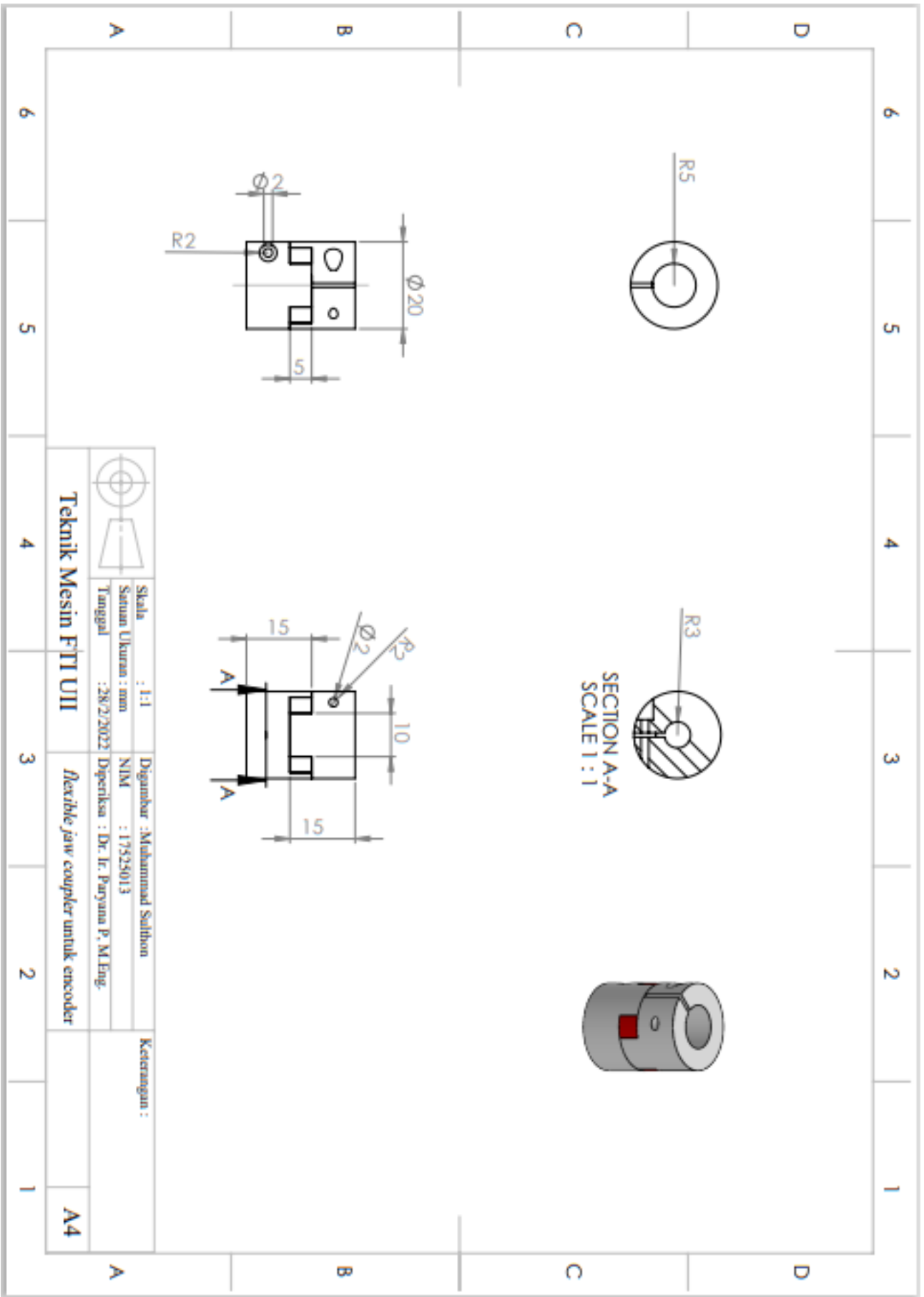


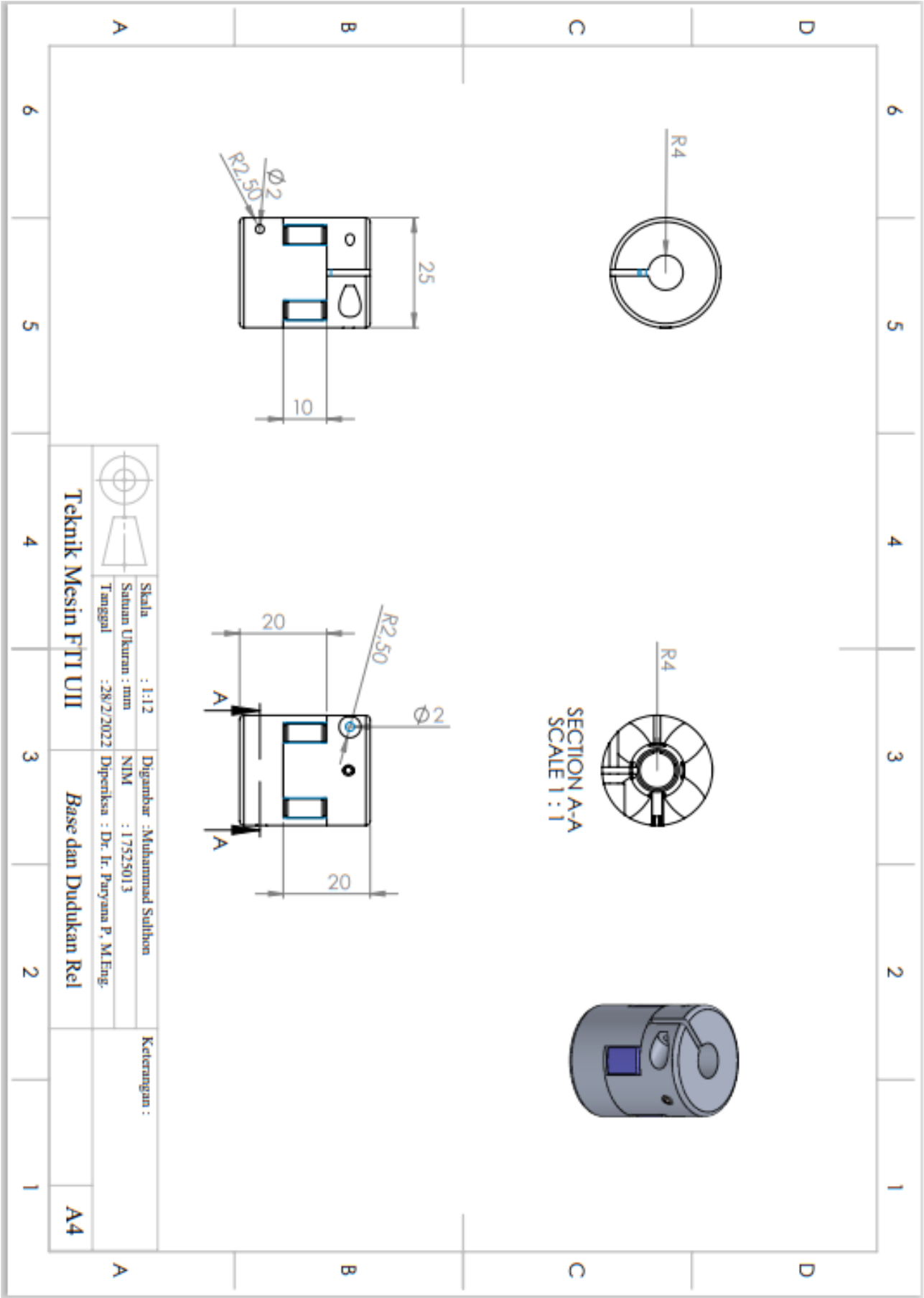
	Skala : 1:4	Digambar : Muhammad Sulthon	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525013	
	Tanggal : 28/2/2021	Diperiksa : Dr. Ir. Paryana P, M.Eng.	
Teknik Mesin FITI UHI		Meja	A4



	Skala : 1:1	Digambar : Muhammad Saibon	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17925013	
Tanggal : 28/2/2022	Diperiksa : Dr. Ir. Puryana P. M.Eng.		
Teknik Mesin FTI UH		Housing Nut	

A4





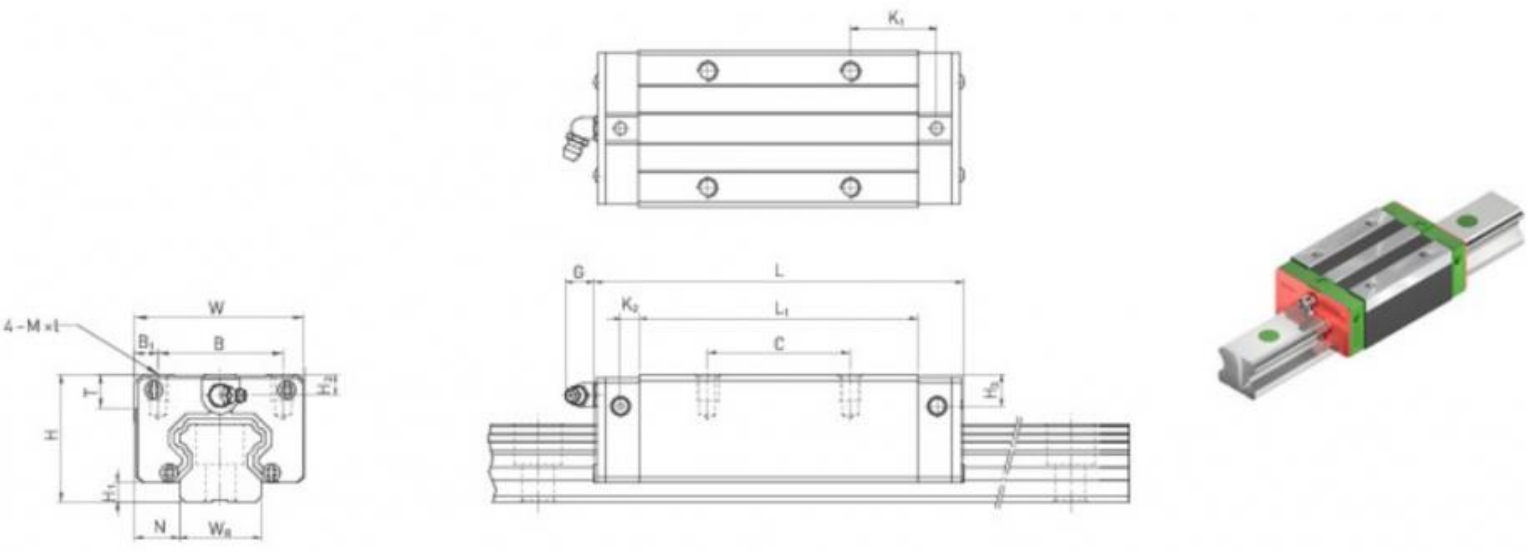


Table Dimensions of the block

Series Size	Installation dim. [mm]	Dimensions of the block [mm]						Dynamic load C_{dyn} [N] [*]	Static load C_0 [N]
		W	B	C	L ₁	L	M × I		
HGL15CA	24	34	26,0	26	39,4	61,4	M4 × 4	11380	16970
HGL25CA	36	48	35,0	35	58,0	84,0	M6 × 6	26480	36490
HGL25HA	36	48	35,0	50	78,6	104,6	M6 × 6	32750	49440
HGL30CA	42	60	40,0	40	70,0	97,4	M8 × 10	38740	52190
HGL30HA	42	60	40,0	60	93,0	120,4	M8 × 10	47270	69160
HGL35CA	48	70	50,0	50	80,0	112,4	M8 × 12	49520	69160
HGL35HA	48	70	50,0	72	105,8	138,2	M8 × 12	60210	91630
HGL45CA	60	86	60,0	60	97,0	139,4	M10 × 17	77570	102710
HGL45HA	60	86	60,0	80	128,8	171,2	M10 × 17	94540	136460
HGL55CA	70	100	75,0	75	117,7	166,7	M12 × 18	114440	148330
HGL55HA	70	100	75,0	95	155,8	204,8	M12 × 18	139350	196200

Dimensions HGR_R

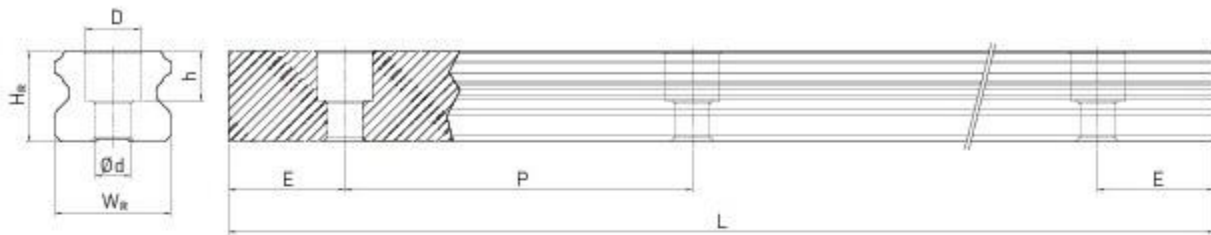


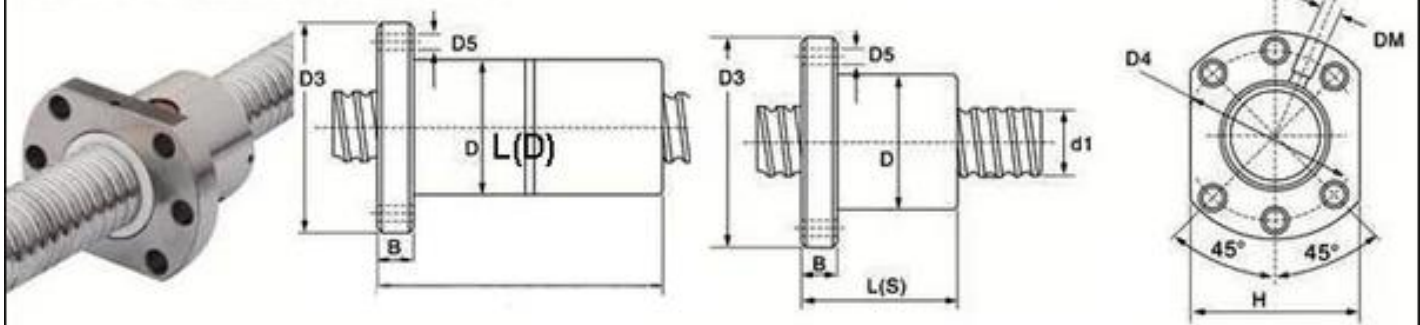
Table Dimensions of the rail HGR_R

Series/ size	Assembly screw for rail [mm]	Dimensions of rail [mm]						Max. length [mm]	Max. length $E_1 = E_2$	Weight [kg/m]
		W_R	H_R	D	h	d	P			
HGR15R	M4 × 16	15	15,0	7,5	5,3	4,5	60,0	4000	3900	1,45
HGR20R	M5 × 16	20	17,5	9,5	8,5	6,0	60,0	4000	3900	2,21
HGR25R	M6 × 20	23	22,0	11,0	9,0	7,0	60,0	4000	3900	3,21
HGR30R	M8 × 25	28	26,0	14,0	12,0	9,0	80,0	4000	3920	4,47
HGR35R	M8 × 25	34	29,0	14,0	12,0	9,0	80,0	4000	3920	6,30
HGR45R	M12 × 35	45	38,0	20,0	17,0	14,0	105,0	4000	3885	10,41
HGR55R	M14 × 45	53	44,0	23,0	20,0	16,0	120,0	4000	3840	15,08
HGR65R	M16 × 50	63	53,0	26,0	22,0	18,0	150,0	4000	3750	21,18

Note:

1. The tolerance for E is +0,5 to -1 mm for standard, for joint connections 0 to -0.3 mm
2. If no information is provided on the $E_{1/2}$ dimensions, the maximum number of fixing holes is determined
3. The rails are shortened to the desired length. If no information on the $E_{1/2}$ dimensions is provided, then the rails are manufactured symmetrically.

Ball lead screw series



Ph: Lead Dw: Ball Diameter N:number Of Circles Ca: Dynamic loadings(kg) Coa: Static loading (kgf) Unit:mm

Type	Ball leadscrew size		Steel ball Ball diameter DW	Number of circles n	Inside thread ball nut installation size								Rated load		
	Diameter D1	Lead ph			D	D3	D4	H	B	Single L(s)	Double L(d)	DM	D5	Dynamic loadings Ca	Static loading Coa
SFU 1204-3	12	4	2.381	3	22	42	32	34	8	36	70	M6	4.5	400	670
SFU 1605-3	16	5	3.175	3	28	48	38	40	10	44	83	M6	5.5	630	1260
SFU 2005-3	20	5	3.175	3	36	58	47	44	10	44	83	M6	6.6	910	1710
SFU 2505-3	25	5	3.175	3	40	62	51	48	10	44	86	M6	6.6	1060	2210
SFU 3205-4	32	5	3.175	4	50	80	65	62	12	52	97	M6	9	1710	4210
SFU 4005-4	40	5	3.175	4	63	93	78	70	14	54	101	M6	9	1850	5710
SFU 5005-4	50	5	3.175	4	71	110	90	85	14	55	102	M6	9	2225	6150
SFU 1610-3	16	10	3.175	3	28	48	38	40	10	46	92	M6	5.5	729	1250
SFU 2010-3	20	10	3.175	3	36	58	47	44	12	46	92	M6	6.6	970	2110
SFU 2510-4	25	10	3.5	2x2	40	62	51	48	10	54	71 108	M6	6.6	1160	2736
SFU 3210-4	32	10	3.65	4	50	80	65	62	12	90	168	M6	9	3390	7170

