

**PEMBUATAN MEJA PUTAR SEBAGAI PEMOSISI GERAK
BERPUTAR DENGAN MENGENDALIKAN
MOTOR AC 3 FASE MENGGUNAKAN INVERTER**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Dhyan Putra Aditama

No. Mahasiswa : 17525071

NIRM : 2017040597

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

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarism dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dari sumber pustakanya. Apabila dikemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku

Yogyakarta, 9 April 2022



Dhyan Putra Aditama
Nim 17525071

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PEMBUATAN MEJA PUTAR SEBAGAI PEMOSISI GERAK
BERPUTAR DENGAN MENGENDALIKAN
MOTOR AC 3 FASE MENGGUNAKAN INVERTER**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dhyan Putra Aditama

No. Mahasiswa : 17525071

NIRM : 2017040597

Yogyakarta, 21 Maret 2022

Pembimbing I,


Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PEMBUATAN MEJA PUTAR SEBAGAI PEMOSISI GERAK BERPUTAR DENGAN MENGENDALIKAN MOTOR AC 3 FASE MENGGUNAKAN INVERTER

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Dhyan Putra Aditama

No. Mahasiswa : 17525071

NIRM : 2017040597

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

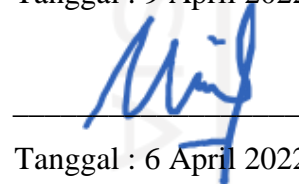
Ketua



Tanggal : 9 April 2022

Dr. Muhammad Khafidh, S.T., M.T.

Anggota I



Tanggal : 6 April 2022

Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Anggota II



Tanggal : 5 April 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Risdiyono, ST, M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dan ucapkan terimakasih kepada:

Bapak dan Ibu,

Waluya dan Sulastri

Rasa syukur beriring doa kepada kedua orang tua atas doa dan jeri payahnya sehingga saya mampu sampai pada tahap ini. Terima kasih atas segala pengorbanan yang diberikan dan semoga ilmu yang sudah didapatkan ini dapat membanggakan kalian serta bermanfaat bagi kehidupan pada fase selanjutnya.

Saudari saya,

Nadiva Nazwa Auliya

Terimakasih atas doa dan dukungannya sehingga pribadi ini dapat sampai dengan tahap sekarang ini. Semoga senantiasa diberi kekuatan dan kelancaran pada jalan yang dilalui.

Saya,

Dhyan Putra Aditma

Terima kasih atas

Terimakasih atas perjuanganmu, tugasmu hanyalah berusaha sedangkan hasilnya hanyalah milik Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Semoga engkau senantiasa diberi petunjuk dan dinaungi dengan rahmat-Nya.

Amiin.

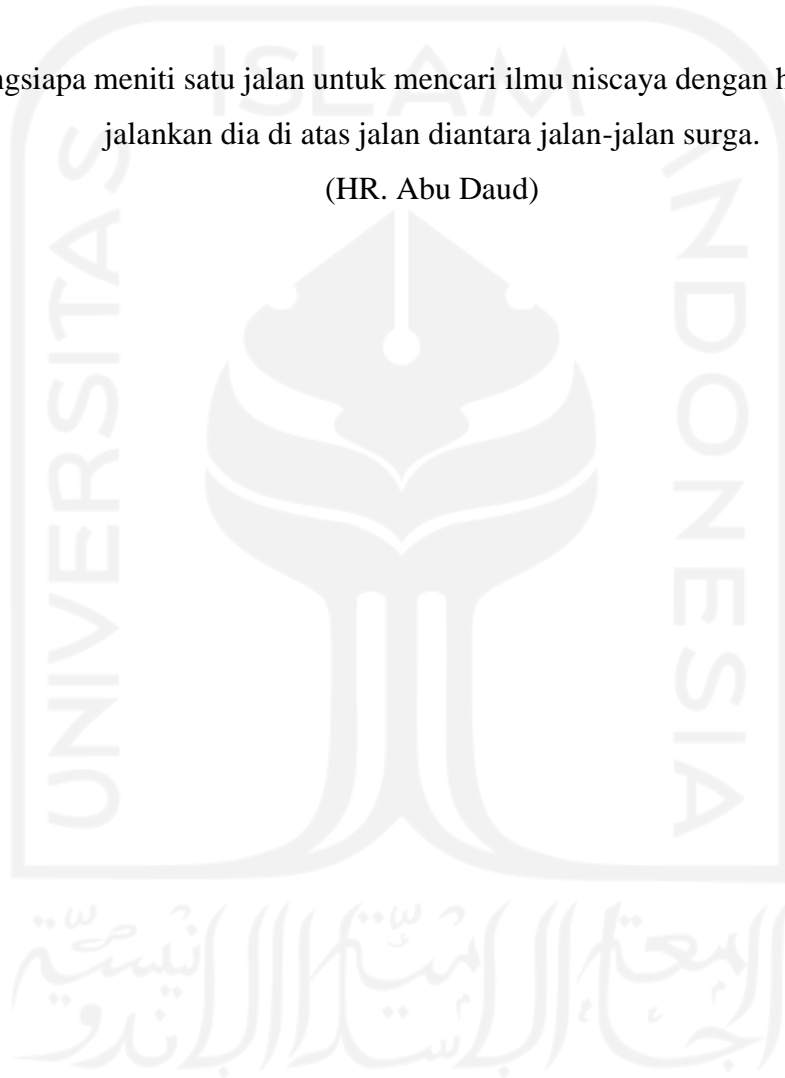
HALAMAN MOTTO

... dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada-Mu, ya Tuhanku.

(QS-Maryam 19:4)

Barangsiapa meniti satu jalan untuk mencari ilmu niscaya dengan hal itu Allah
jalankan dia di atas jalan diantara jalan-jalan surga.

(HR. Abu Daud)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahilalamin, segala puji hanya milik Allah SWT. Atas segala anugrah serta kenikmatan yang tercurahkan tiada hentinya serta tiada dapat terukur terlebih nikmat iman dan islam kepada kita semua, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Uswatun khazanah Rasulullah Muhammad SAW, tercurahkan pula kepada keluarga dan para sahabatnya.

Tugas Akhir ini merupakan sebuah tahapan akhir sebagai salah satu syarat untuk kelulusan dari Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Tidak lupa pula penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan, petunjuk, dan saran yang telah diberikan kepada penulis sehingga penyusunan laporan ini dapat terselesaikan. Terima kasih yang sebesar-besarnya pula terutama kami haturkan kepada.

1. Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. Prof. S.T. Selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Risdiyono, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua atas pengorbanan, terutama dukungan spiritual maupun materi.
6. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Islam Indonesia, yang ikut mendukung terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu yang juga ikut andil dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Demikian kami susun Laporan Tugas Akhir Ini, semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 Maret 2021



Dhyhan Putra Aditama



ABSTRAK

Selaras dengan perkembangan kebutuhan akan cinderamata dan kerajinan kecil lain mendorong semakin mudahnya pembuatan desain 3 dimensi sebuah produk. Salah satu alternatif pembuatan paling mudah adalah dengan melakukan *scanning* 3 dimensi benda benda. Sayangnya penggunaan alat *scanning* tersebut masih banyak dioperasikan secara manual sehingga menghasilkan hasil yang tidak presisi. Sehingga dibutuhkan sebuah alat yang dapat menunjang proses *scanning* agar dapat lebih presisi.

Maka dibuatlah sebuah meja putar yang dapat dikendalikan pengaturannya baik kecepatan maupun posisi meja sebagai tempat menaruh benda yang akan di *scan*. Alat ini digerakkan menggunakan motor listrik 3 fase dengan pengaturan kecepatan motor menggunakan inverter dan pengendaliannya menggunakan PLC.

Dimana ditemukan kinerja alat ini mampu melakukan kerja memutar sebesar 360° dengan beban 67 kg melalui pengaturan kendali kecepatan dan posisi papan meja putar pada rentang frekuensi 0.5 – 1 Hz dengan *offset* mencapai 140° . Melalui analisis konsep mekanika ditemukan pula bahwa semakin besar beban yang bekerja pada alat maka semakin besar pula inersia yang bekerja sehingga membutuhkan torsi dan daya yang selaras untuk memposisikan putaran meja secara tepat.

Kata kunci : Meja Putar, Motor AC 3 Fase, Inverter, PLC, Inersia

ABSTRACT

In line with the development of the need for souvenirs and other small crafts, it is increasingly easy to make 3-dimensional designs of a product. One of the easiest manufacturing alternatives is to do scanning of objects. Unfortunately, the use of these scanning tools is still mostly operated manually, resulting in inaccurate results. So we need a tool that can support the scanning so that it can be more precise.

So a turntable was made that could be controlled, both the speed and the position of the table as a place to put the object to be scanned. This tool is driven using a 3-phase electric motor with motor speed regulation using an inverter and controlling using a PLC.

Where it is found that the performance of this tool is capable of doing 360° rotating work with a load of 67 kg through speed control settings and the position of the turntable board in the frequency range of 0.5 – 1 Hz with an offset of up to 140°. Through the analysis of the concept of mechanics, it was also found that the greater the load acting on the tool, the greater the inertia that works, so that it requires torque and power that are in harmony to position the table rotation correctly.

Keywords : Turntable, 3 Phase AC Motor, Inverter, PLC, Inertia

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Pernyataan Keaslian	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing.....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Motor Induksi 3 Fase.....	8
2.2.2 Inverter	9
2.2.3 PLC.....	10
2.2.4 <i>Rortary Encoder</i>	11
2.2.5 Transmisi Sprocket Rantai	12
2.2.6 Computer Aided Design.....	13
2.2.7 Momen Inersia, Torsi, dan Daya Pada Benda Berputar	14
Bab 3 Metode Penelitian.....	18
3.1 Alur Penelitian.....	18

3.2	Peralatan dan Bahan	19
3.2.1	Peralatan	19
3.2.2	Bahan	20
3.3	Perancangan	20
3.3.1	Kriteria Alat	20
3.3.2	Desain dan Analisis	21
3.3.3	Proses Manufaktur	27
3.3.4	Pembuatan Sistem Kendali	28
A.	Pembuatan Rangkaian Kendali	31
B.	Pengaturan Kinerja Inverter	32
C.	Pembuatan Program	35
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	38
4.1	Hasil Perancangan	38
4.1.1	Peletakan Sensor <i>Rotary Encoder</i>	39
4.1.2	Pengujian dan Analisis	40
4.2	Pembahasan	42
bab 5	Penutup	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran Untuk Penelitian Selanjutnya	47
	Daftar Pustaka	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Referensi Penelitian.....	7
Tabel 2. 2 Tabel Momen Inersia Pada Benda.....	15
Tabel 3. 1 Tabel Desain Komponen Model 3 Dimensi Meja Putar	22
Tabel 3. 3 <i>Function code</i> F1.....	32
Tabel 3. 4 <i>Function code</i> F02.....	33
Tabel 3. 5 <i>Function code</i> F07 dan F07.....	33
Tabel 3. 6 <i>Function Code</i> F20	34
Tabel 3. 7 <i>Function Code</i> H07	34
Tabel 3. 8 <i>Function Code</i> F09	34
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kinerja Meja Putar	41
Tabel 4. 2 Pemodelan Momen Inersia Yang Bekerja Pada Alat	43
Tabel 4. 3 Perhitungan Fisis Alat	44
Tabel 4. 4 Peritungan Asumsi Beban 200 kg	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Meja Putar Alat Bantu Pembuatan Kerajinan Gerabah	5
Gambar 2. 2 Struktur Utama Inverter.....	9
Gambar 2. 3 Diagram Blok PLC	10
Gambar 2. 4 Cara Kerja Rotary Encoder.....	11
Gambar 2. 5 Tampilan proses desain komponen produk menggunakan perangkat lunak CAD Autodesk Inventor Professional.	14
Gambar 3. 1 Ilustrasi Transmisi Sprocket Rantai.....	12
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	18
Gambar 3. 3 Tampak Depan Model 3 Dimensi Meja Putar	21
Gambar 3. 4 Tampak Samping Rangkaian Transmisi Meja Putar	22
Gambar 3. 5 Papan Meja Putar.....	22
Gambar 3. 6 Poros dan Flendes.....	22
Gambar 3. 7 Holder Encoder.....	23
Gambar 3. 8 Motor Lisrik.....	23
Gambar 3. 9 Roller Ball Bearing.....	23
Gambar 3. 10 Kopling Encoder.....	23
Gambar 3. 11 Rangka.....	24
Gambar 3. 12 <i>Sprocket Driver</i>	24
Gambar 3. 13 Holder Motor Listrik	24
Gambar 3. 14 Bearing UCF 220 ASB	25
Gambar 3. 15 <i>Sprocket Driven</i>	25
Gambar 3. 16 Encoder.....	25
Gambar 3. 17 Model Rantai Sprocket	25
Gambar 3. 18 Proses Pembuatan Rangka Meja Putar	27
Gambar 3. 19 Motor AC 3 Fase Aeromax Elektrik Motor.....	28
Gambar 3. 20 PLC Fuji NA0P40T-31C.....	29
Gambar 3. 21 Inverter Fuji Electric FRENIC MINI	30
Gambar 3. 22 <i>Rotary Encoder</i> Autonic	30

Gambar 3. 23 Ilustrasi <i>Wiring</i> Komponen Elektrik.....	31
Gambar 3. 24 Rangkaian Komponen Elektrik	32
Gambar 3. 25 Diagram Alir Kinerja Meja Putar	35
Gambar 3. 26 Program PLC Kerja Meja Putar.....	37
Gambar 3. 27 Interface Kendali Pada Program PLC.....	37
Gambar 4. 1 Meja Putar Untuk Scanning 3 Dimensi	38
Gambar 4. 2 Peletakan Sensor Rotary Encoder.....	39
Gambar 4. 3 Assemby Unit Sensor	39
Gambar 4. 4 Pengujian Kinerja Meja Putar.....	40



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan keanekaragaman adat dan budaya yang besar (Antara & Yogantari, 2018) sehingga dengan adanya itu selaras pula juga dengan keanekaragaman baik itu seni dan kerajinan di dalamnya. Ditambah lagi dengan jumlah masyarakatnya yang begitu besar yaitu mencapai 250 juta jiwa (Wulandari, Adinugraha, Safii, & Mutaqin, 2021), membuat Indonesia menjadi potensi besar pasar dunia. Salah satunya tidak terkecuali adalah produk-produk seperti cinderamata dan produk kerajinan-kerajinan lain. Melihat potensi besar pada produksi cinderamata dan kerajinan-kerajinan lain tersebut perlu pula diselaraskan dengan efektifitas dan produktifitas dari pihak-pihak terkait baik itu penyedia bahan, pelaku usaha, maupun pemegang kebijakan, bahkan tidak terkecuali pula para akademisi yang dapat berperan dalam meningkatkan peran teknologi secara maksimal. Dalam pembuatan produk baik itu untuk produk kerajinan maupun proses *prototyping* diperlukan proses sebelumnya yaitu pembuatan desain. Desain tersebut dapat didapat dengan membuat secara langsung melalui aplikasi *CAD* maupun melakukan proses *scanning* 3D sehingga dapat langsung ditangkap. Sayangnya penggunaan teknologi tersebut belum terlalu banyak terserap. Adapun beberapa pengguna teknologi tersebut terkendala apabila harus melakukan proses *scanning* secara manual sehingga diharapkan dapat dibuat sebuah alat yang guna membantu proses *scanning* 3D dimana seluruh permukaan benda dapat ditangkap untuk dijadikan model dalam bentuk *CAD* (*Computer Aided Design*).

Dari pemaparan diatas dapat diambil penyelesaian dimana diperlukannya sebuah mekanisme putar yang dapat diintegrasikan dengan komputer dalam proses *scanning*. Dimana pada mekanisme putar tersebut dapat menahan beban yang cukup berat. Kemudian mekanisme alat tersebut bekerja memutar secara stabil. Dari uraian diatas penulis memilih sebuah alternatif solusi dengan membuat

sebuah meja putar yang digerakkan secara otomatis dengan menggunakan motor listrik.

Kelebihan dari produk yang saya pilih ini antara lain struktur alat yang kokoh menggunakan komponen baja *hollow*, pergerakan motor listrik yang dapat diatur dengan mengatur besarnya frekuensi masukan melalui inverter. Poin yang tidak kalah penting yang menjadi pokok penelitian pada penelitian ini adalah bagaimana sebuah besaran fisis berupa inersia bekerja pada alat tersebut dalam keadaan berputar dengan dikenai beban di atasnya.

Dengan itu maka fenomena fisis mekanik dilakukan perhitungan secara matematis dan proses pengamatan kinerja alat sembari dilakukan perbaikan dari segi desain, struktur, dan susunan alat supaya dihasilkan alat yang ideal sesuai dengan kebutuhan di atas. Singkatnya dibuatnya sebuah alat berupa meja putar yang diimplementasikan pada penggunaan 3D scanning objek tertentu untuk dijadikan sebuah model (CAD) yang dapat digunakan untuk membuat sebuah cinderamata.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana desain meja putar yang dapat membantu proses *scanning* 3 dimensi.
2. Bagaimana menganalisis kinerja meja putar yang dioperasikan secara elektrik.

1.3 Batasan Masalah

1. Aplikasi desain yang digunakan adalah Autodesk Inventor 2022.
2. Tidak dilakukan analisis finite element alat secara keseluruhan hanya pada pada komponen struktur meja putar yang dikenai langsung oleh beban benda kerja.
3. Perancangan produk sampai tahap pembuatan alat dan dapat melakukan kerja berputar sesuai kriteria beban yang diinginkan.
4. Analisis perhitungan hanya untuk mengetahui pengaruh fenomena inersia pada alat. Dengan gaya gesek diabaikan.
5. Komponen penggerak menggunakan motor listrik 3 fasa.

6. Pengatur kecepatan motor menggunakan inverter dan dikontrol menggunakan PLC.
7. PLC hanya terbatas pada logika tidak sampai pengaturan pada konversi bit ke pulsa.
8. Alat hanya sampai dapat dioperasikan pada kinerja memutar pada beban tertentu.
9. Mekanisme pengereman alat hanya diatur melalui sistem kendali (Inverter dan PLC).
10. Alat tidak diintegrasikan dengan alat 3D *Scanning*.
11. Mekanisme transfer daya menggunakan transmisi sprocket rantai dengan besar diameter antara 2 sprocket yang berbeda.

1.4 Tujuan Perancangan

1. Membuat meja putar rancangan yang dapat membantu proses scanning 3D sesuai kriteria yang diinginkan.
2. Mengetahui fenomena fisis yang bekerja pada meja putar ketika dikenai beban

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat dari penelitian ini adalah dibuatnya sebuah alat berupa meja putar guna menunjang proses *scanning* 3D.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan alat tersusun atas beberapa bab yang runtut serta ringkas dengan pembahasannya masing-masing, antara lain ;

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri atas kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian sebagai landasan berfikir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini terdiri atas peralatan apa saja yang digunakan dan alur pengerjaan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas hasil dan pembahasan analisis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini terdiri atas kesimpulan dari uraian pembahasan dan saran



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dibuatnya alat berupa meja putar ini berorientasi mempertimbangkan bagaimana alat ini beroperasi dan bagaimana pengintegrasian dengan komponen elektrik sebagai perangkat kendali dan sumber daya. Dengan meninjau referensi-referensi sebelumnya sebagai contoh penggambaran penyusunan alat. Sebelumnya sudah dilakukan sebuah penelitian yang juga membahas tentang pembuatan sebuah meja putar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. 1, penelitian tersebut dilakukan oleh (Ardiansyah, 2016) dengan judul “*Rancang Bangun Meja Putar Elektrik Untuk Proses Pembuatan Kerajinan Gerabah*”. Disitu dijelaskan bahwa alat yang dirancang dapat dioperasikan secara otomatis dengan unit pengendalian menggunakan Mikrokontroler Atmega 8 dan digerakkan menggunakan Motor DC. Alat tersebut pula mampu bekerja dengan pembebanan mencapai 900 gram dengan kecepatan motor pada 94 rpm.



Gambar 2. 1 Meja Putar Alat Bantu Pembuatan Kerajinan Gerabah
(Sumber : Ardiansyah, 2016)

Penelitian sejenis dengan pengaplikasian pada proses pengelasan juga pernah disusun oleh (Kurniawan, Girawan, & Fitriyani. I, 2020) dengan judul “*Rancang Bangun Alat Bantu Las Meja Putar Penepat*”. Alat ini digerakkan menggunakan Motor DC sedangkan pengatur kecepatannya menggunakan metode *Pulse Width Modulation* (PWM). Pada penelitian tersebut juga dilakukan perhitungan kebutuhan daya melalui perhitungan elemen mesin untuk memutar meja dengan kebutuhan daya sebesar 0,055 watt. Daya tersebut dipindahkan menggunakan transmisi roda gigi. Kedua penelitian diatas dijadikan penulis sebagai acuan dalam proses perancangan alat baik struktur, komponen-komponen yang dibutuhkan, dan perhitungan fenomena fisis yang terjadi dalam sebuah alat.

Sedangkan penelitian yang dijadikan acuan untuk unit pengendalian kerja dan unit daya mengacu pada penelitian (Evalina, Azis, & Zulfikar, 2018) dengan judul “*Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 fasa Menggunakan Programmable Logic Controller*”. Hasil yang diperoleh menunjukkan kecepatan Motor AC 3 fasa dapat diatur menggunakan inverter satu fasa dengan frekuensi 50 Hz. Dengan Program ladder yang digunakan adalah program *CX-Programmer* pada *Programmable Logic Controller* (PLC) yang digunakan sebagai pengendali inverter untuk mengatur kecepatan motor. Dalam kasus tersebut ditemukan dimana semakin besar pengaturan frekuensi pada inverter maka semakin cepat pula kecepatan putaran pada motor.

Tabel 2. 1 Tabel Referensi Penelitian

No	Tahun	Peneliti	Judul	Kontribusi
1	2016	Bayu Ardiansyah	Rancang Bangun Meja Putar Elektrik Untuk Proses Pembuatan Kerajinan Gerabah	Sebagai referensi gambaran desain model meja putar dan hasil kerja alat.
2	2020	Ipung Kurniawan, Bayu Aji Girawan, Ika Fitriyani	Rancang Bangun Alat Bantu Las Meja Putar Penepat	Sebagai referensi perhitungan elemen mesin dengan menghitung daya yang bekerja pada alat.
3	2018	Noor Evalina, Abdul Aziz H, Zulfikar	Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan <i>Programmable Logic Controller</i>	Sebagai referensi dalam pembuatan komponen kendali baik rangkaian maupun program.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Motor Induksi 3 Fase

Motor AC Induksi merupakan motor arus bolak balik yang berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak pada poros motor. Karena aliran arus bolak-balik pada motor induksi ini seringkali motor jenis ini juga dipanggil motor asinkron. Kerja putaran poros motor ini tidak sama dengan putaran medan magnet stator, dengan kata lain, antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat perbedaan putaran yang disebut slip (Badruzzaman, 2015).

Rotasi rotor pada motor induksi disebabkan oleh adanya medan putar yang tercipta pada kumparan stator. Medan putar ini terjadi ketika kumparan stator dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa.

Dibawah ini merupakan penjelasan prinsip kerja motor induksi, antara lain :

1. Motor berputar pada kecepatan tertentu, kondisi tersebut terjadi ketika sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator. Dimana kecepatan putaran pada motor tersebut apabila di tuliskan frekuensi sebagai (f) dan jumlah kutup (p) maka dihasilkan persamaan kecepatan pada medan stator (ns). Secara matematis dapat dituliskan :

$$n_s = \frac{120f}{p} \text{ rpm}$$

2. Rangkain arus yang mengalir pada kawat tersebut selanjutnya akan menghasilkan medan magnet menyebabkan sebuah gaya pada rotor.
3. Batang rotor selanjutnya terjadi sebuah fenomena tarik menarik baik rotor maupun stator yang diakibatkan oleh gaya (F), maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
4. Seperti yang telah dijelaskan, tegangan induksi timbul dari gesernya batang penghantar (rotor) oleh medan putar stator, yang artinya untuk tegangan induksi terdapat perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (ns) dan kecepatan putaran medan putar rotor (nr).

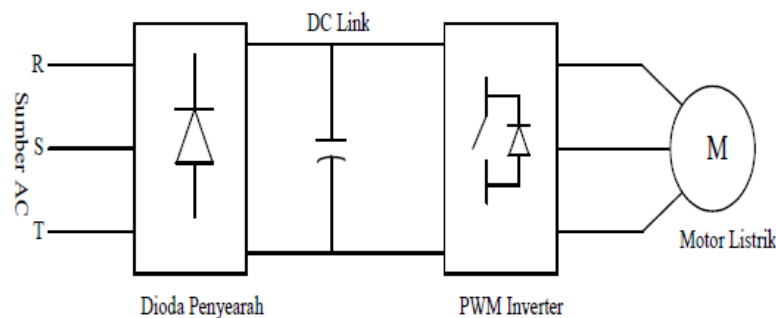
5. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip(S), dinyatakan dengan:

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

Motor jenis ini banyak dipakai dikalangan industri karena memiliki beberapa keuntungan seperti konstruksinya yang sederhana, daya tahan yang kuat, harga yang relatif murah, perawatan yang mudah, dan efisiensi tinggi.

2.2.2 Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yg berfungsi merubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Secara umum inverter dibagi menjadi 2 jenis, inverter satu fasa & inverter 3 fasa. Dapat dilihat pada Gambar 2. 2 inverter umumnya menggunakan frekuensi kontrol PWM untuk menghasilkan tegangan ac. Inverter disebut sumber tegangan *Voltage fed Inverter* apabila tegangan inputnya dibuat konstan. Dan disebut sumber arus *Current Fed Inverter* apabila arus inputnya dijaga konstan. Apabila tegangan inputnya adalah tegangan terkendali atau tegangan inputnya adalah tegangan yg dapat diatur, maka inverter ini disebut *variable dc linked inverter* (Prio & Nurcahyo, 2017).



Gambar 2. 2 Struktur Utama Inverter
(Sumber : Prio & Nurcahyo, 2017)

Struktur inverter dengan transistor (Dioda Penyearah) menghasilkan daya arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi (50 Hz atau 60 Hz). Bagian ini mengubah sumber AC komersial menjadi DC. Bagian kedua sirkuit inverter mengubah arus DC menjadi arus AC tiga fasa dengan frekuensi beragam (Evalina et al., 2018). Frekuensi inilah yang berfungsi untuk mengatur kecepatan

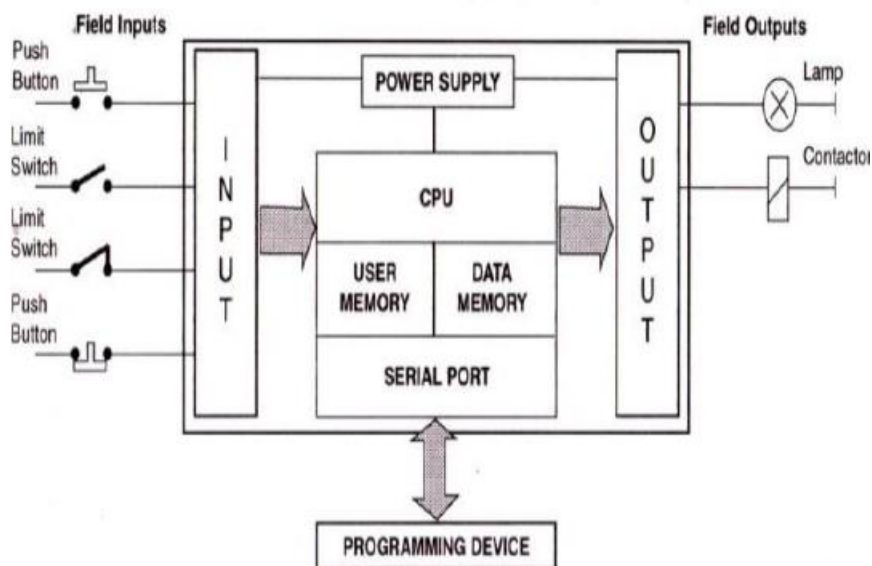
putaran motor. Dalam inverter pula terdapat beragam fitur seperti pengaturan kecepatan, pengaturan percepatan dan perlambatan, pengaturan pola kinerja motor, *torque boost*, *DC Braking* dan masih banyak lagi.

2.2.3 PLC

PLC adalah perangkat kontrol mikroprosesor sederhana yang digunakan sebagai pengontrol perangkat elektronik untuk memenuhi kebutuhan otomasi industri (Badruzzaman, 2015). PLC menggunakan relay sebagai dasar untuk program operasi dalam sistem *switching*. Kehadiran PLC dapat menggantikan sistem elektromekanis yang menjadi dasar sistem kontrol untuk proses yang kompleks. Perangkat ini beroperasi secara digital, memiliki memori yang dapat di program dan dapat menyimpan instruksi untuk melakukan fungsi khusus seperti logika, urutan, pewaktuan, pencacahan, dan aritmatika yang disimpan melalui input analog atau digital.

Umumnya, PLC tersusun atas dua komponen utama, yaitu :

1. *Central Processing Unit (CPU)*
2. Sistem antarmuka input/ output



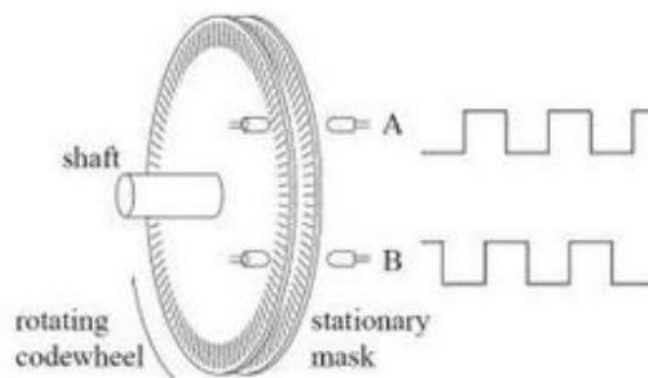
Gambar 2. 3 Diagram Blok PLC

(Sumber : Evalina etal., 2018)

CPU seperti pada Gambar 2. 3 terdiri atas *memory*, *data memory*, dan serial port bagian ini berfungsi sebagai tempat mengatur semua proses yang terjadi di PLC memantau parameter proses yang kompleks dan menyesuaikan aliran proses dengan tepat. Dimana proses tersebut dapat diprogram, dikendalikan, dan dimanipulasi melalui *programming device* (Evalina et al., 2018). Sistem antarmuka input/output disini berguna sebagai jalur penghubung sebuah sinyal dimana Input disini mendapatkan sinyal dari perangkat sensor. Sedangkan output pengarah sinyal luaran yang sudah diubah sesuai program pada pemrosesan dalam CPU untuk mengendalikan perangkat efektor.

2.2.4 Rotary Encoder

Enkoder merupakan sensor yang dipakai untuk mengukur posisi poros dan kecepatan suatu benda. Sensor ini bekerja menggunakan pembacaan rangkaian pulsa digital yg didapatkan *photo-transistor* (Surya & Kartadinata, 2017). Ketika poros berputar maka sederetan pulsa akan timbul akibat pembacaan cahaya melalui pin didalamnya. Dengan mencacah bit tunggal atau melakukan decoding rangkaian bit, pulsa yang dibaca bisa dikonversikan sebagai posisi (Widiyanto, Sumbodo, & Al Janan, 2012). Cara kerja *rotary encoder* dapat dilihat dalam Gambar 2. 4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 Cara Kerja Rotary Encoder

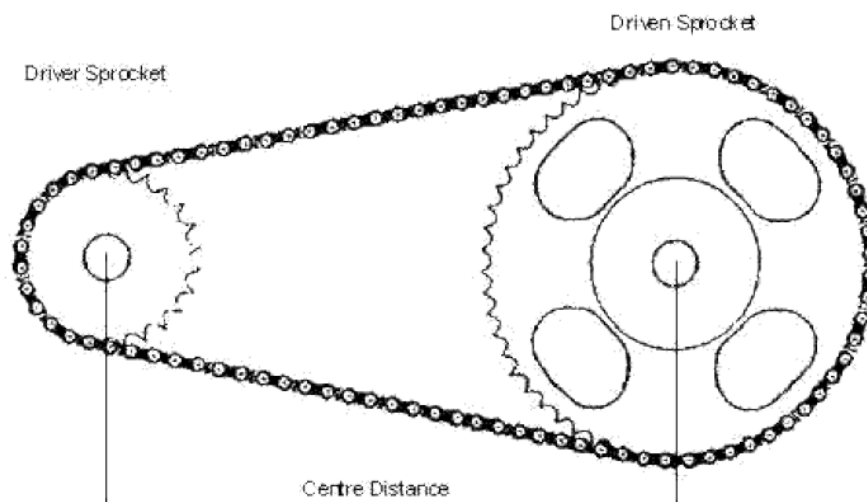
(Sumber : Surya & Kartadinata, 2017)

Dalam *encoder optic* sinyal enkoder menggunakan dideteksi cahaya, kemudian enkoder memberikan umpan balik berdasarkan interferensi cahaya.

Dimana cahaya yang dipancarkan oleh LED melewati cakram yang merupakan pola garis kabur (seperti jari-jari pada roda sepeda). Saat poros enkoder berputar, sinar cahaya dari LED dideteksi oleh rakitan fotodetektor sehingga akan menghasilkan sinyal pulsa. Pembacaannya apabila ada lampu maka dibaca hidup apabila tidak ada lampu maka mati. Sinyal tersebut dikirimkan ke pengontrol, yang mengerjakan fungsi yang diinginkan.

2.2.5 Transmisi Sprocket Rantai

Transmisi sproket rantai merupakan suatu alat untuk meneruskan tenaga dari poros satu ke poros yang lain. Umumnya, transmisi sproket rantai digunakan pada pemindahan tenaga jarak sedang. Meskipun, daya yang dipindahkan transmisi ini lebih kecil dari daya yang dipindahkan transmisi roda gigi transmisi ini dapat menyalurkan daya yang lebih besar dibandingkan transmisi sabuk puli. Selain itu, transmisi ini memiliki keunggulan lain dimana dapat meneruskan daya pada perbandingan putaran tetap (Pangayow, Tangkuman, 2013).



Gambar 3. 1 Ilustrasi Transmisi Sprocket Rantai
(Sumber : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>)

Transmisi sproket rantai terlihat seperti yang pada Gambar 3. 1 diatas adalah jenis transmisi sproket rantai dua baris. Dimana perbedaan diameter kedua

sprocket tersebut berguna untuk mengatur kecepatan dan besar torsi yang dihasilkan. Dengan nilai torsi berbanding lurus dengan nilai panjang jari-jari sprocket. Sehingga pada mekanisme tersebut nilai torsi akan meningkat pada *driven sprocket* dan selaras dengan kenaikan panjang jari-jari sprocketnya.

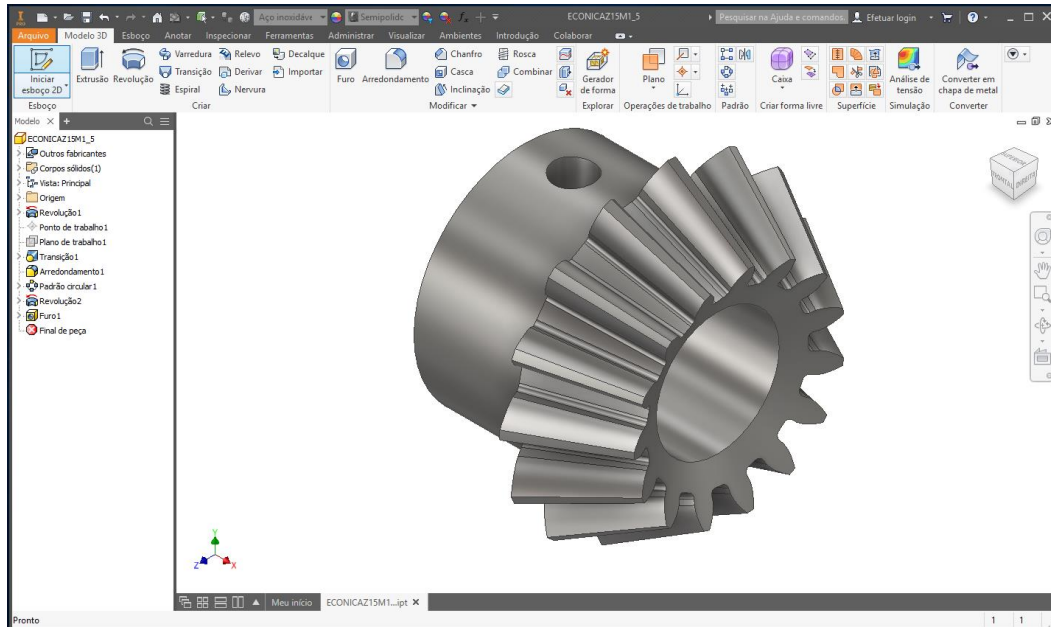
Sedangkan untuk kecepatan linier pada sprocket (v) dapat dirumuskan dengan perkalian kecepatan sudut putaran sprocket (ω) dengan jari-jari sprocket (r). Secara matematis dapat ditulis,

$$v_1 = v_2$$
$$\omega_1 \cdot r_1 = \omega_2 \cdot r_2$$

Kekurangan transmisi sproket rantai dibandingkan transmisi lainnya adalah transmisi ini memiliki getaran yang tinggi. Selain itu, rantai juga selalu mengalami peregangan dikarenakan terjadi keausan pada rantai dan gear. Sehingga efisiensi penyaluran dayanya maksimum hanya mencapai 80 %.

2.2.6 Computer Aided Design

Computer Aided Design adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk merancang dan mengembangkan desain suatu produk. Perangkat ini juga merupakan pengganti sketsa dan gambar teknik tradisional yang digunakan para desainer maupun drafter untuk menginformasikan rancangan desain dan visualisasi produk yang mereka buat (Handayani & Ningsih, 2005). Penggunaannya pun beragam seperti pada pembuatan desain komponen *mechanical*, desain bangunan, desain fashion dan lain sebagainya. Kemudahan menggunakan perangkat lunak ini adalah *user* dapat membuat model geometrik produk dan pembuatan *solid view* secara sekaligus dengan dibantu fitur-fitur didalamnya, lihat Gambar 2. 1. Proses penggabungan (*assembly*) komponen juga dapat dikerjakan apabila produk yang dibuat memiliki komponen yang kompleks. *User* juga dapat melakukan analisis *finite element* baik pada komponen tertentu maupun komponen yang sudah di *assembly*, pembuatan gambar teknik, menentukan material desain hingga rendering guna menghasilkan gambar maupun video animasi yang tampak realistis.



Gambar 2. 5 Tampilan proses desain komponen produk menggunakan perangkat lunak CAD Autodesk Inventor Professional.

(Sumber : <https://br.pinterest.com/pin/654640495813323549/>)

Beberapa keuntungan yang dapat digunakan dengan menggunakan perangkat lunak CAD (Computer Aided Design) antara lain adalah :

1. Meningkatkan produktivitas hasil rancangan
2. Dapat mensimulasikan rancangan produk dan melakukan analisis seperti analisis thermal, analisis statik, analisis laju aliran udara, dan lain sebagainya.
3. Hasil perancangan grafis memiliki resolusi tinggi.
4. Database baik komponen maupun material yang tersedia.
5. Mempermudah proses lebih lanjut dari proses CAD berupa proses CAM (*Compter Aided Manufacturing*).

2.2.7 Momen Inersia, Torsi, dan Daya Pada Benda Berputar

A. Momen Inersia

Inersia (kelembaman) merupakan suatu keadaan kecenderungan benda untuk mempertahankan kedudukannya ketika diam maupun dalam keadaan

bergerak (Giancoli, 2016). Sedangkan momen inersia merupakan keadaan suatu benda untuk mempertahankan kecepatannya ketika benda tersebut melakukan gerak rotasi. Momen inersia dirumuskan dengan massa (m) dikalikan dengan kuadrat jarak titik massa benda terhadap sumbu gerak rotasi (r^2). Secara matematis dinyatakan sebagai berikut :

$$I = mr^2$$

Keterangan :

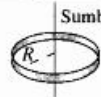
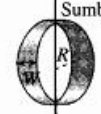
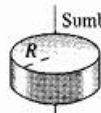
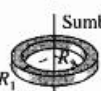
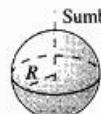
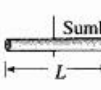
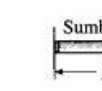
I = Momen Inersia (kgm²)

m = Massa benda (kg)

r = jarak benda dari sumbu rotasi (m)

Pada benda yang berbentuk tidak beraturan maka perlu dibuat sebuah pemodelan sehingga mempengaruhi besar perhitungan pada momen inersia seperti pada Tabel 2. 2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Tabel Momen Inersia Pada Benda

Benda	Lokasi sumbu		Momen inersia
(a) Lingkaran tipis dengan radius R	Melalui pusat		MR^2
(b) Lingkaran tipis dengan radius R dan lebar W	Melalui diameter pusat		$\frac{1}{2}MR^2 + \frac{1}{12}MW^2$
(c) Silinder padat dengan radius R	Melalui pusat		$\frac{1}{2}MR^2$
(d) Silinder berongga dengan radius dalam R_1 dan radius luar R_2	Melalui pusat		$\frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$
(e) Bola serba sama dengan radius R	Melalui pusat		$\frac{2}{5}MR^2$
(f) Batang serba sama panjang dengan panjang L	Melalui pusat		$\frac{1}{12}ML^2$
(g) Batang serba sama panjang dengan	Melalui ujung		$\frac{1}{3}ML^2$

B. Torsi

Torsi (momen gaya) merupakan nilai ekuivalen dari rotasi pada gaya linier. Torsi dirumuskan dengan gaya (F) dikalikan dengan kuadrat jarak titik massa benda terhadap sumbu gerak rotasi (r). Secara matematis dinyatakan sebagai berikut :

$$T = F \cdot r$$

Keterangan :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

r = jarak benda dari sumbu rotasi (m)

Apabila ditinjau dari hukum newton II dan gerak rotasi yang memiliki 2 percepatan yaitu percepatan tangensial / percepatan sudut dan percepatan sentripetal, maka ;

Hukum newton II :

$$F = m \cdot a$$

Keterangan :

F = Gaya (N)

m = massa (m)

a = percepatan sentripetal (m/s^2)

Percepatan Sudut

$$a = r \cdot \alpha$$

Keterangan :

α = Percepatan sudut (rad/s^2)

Maka dapat dibuat persamaan selanjutnya,

$$F = m (r \cdot \alpha)$$

Apabila ruas kanan dan kiri dikalikan dengan r maka,

$$F \cdot r = (m \cdot r^2) \cdot \alpha$$

$$T = I \cdot \alpha$$

C. Daya

Daya merupakan besar usaha yang dapat dikerjakan dalam satuan waktu (Effendi, 2013). Dalam dinamika rotasi daya dirumuskan dengan torsi dikalikan dengan kecepatan sudut. Secara matematis dituliskan :

$$P = T \cdot \omega$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

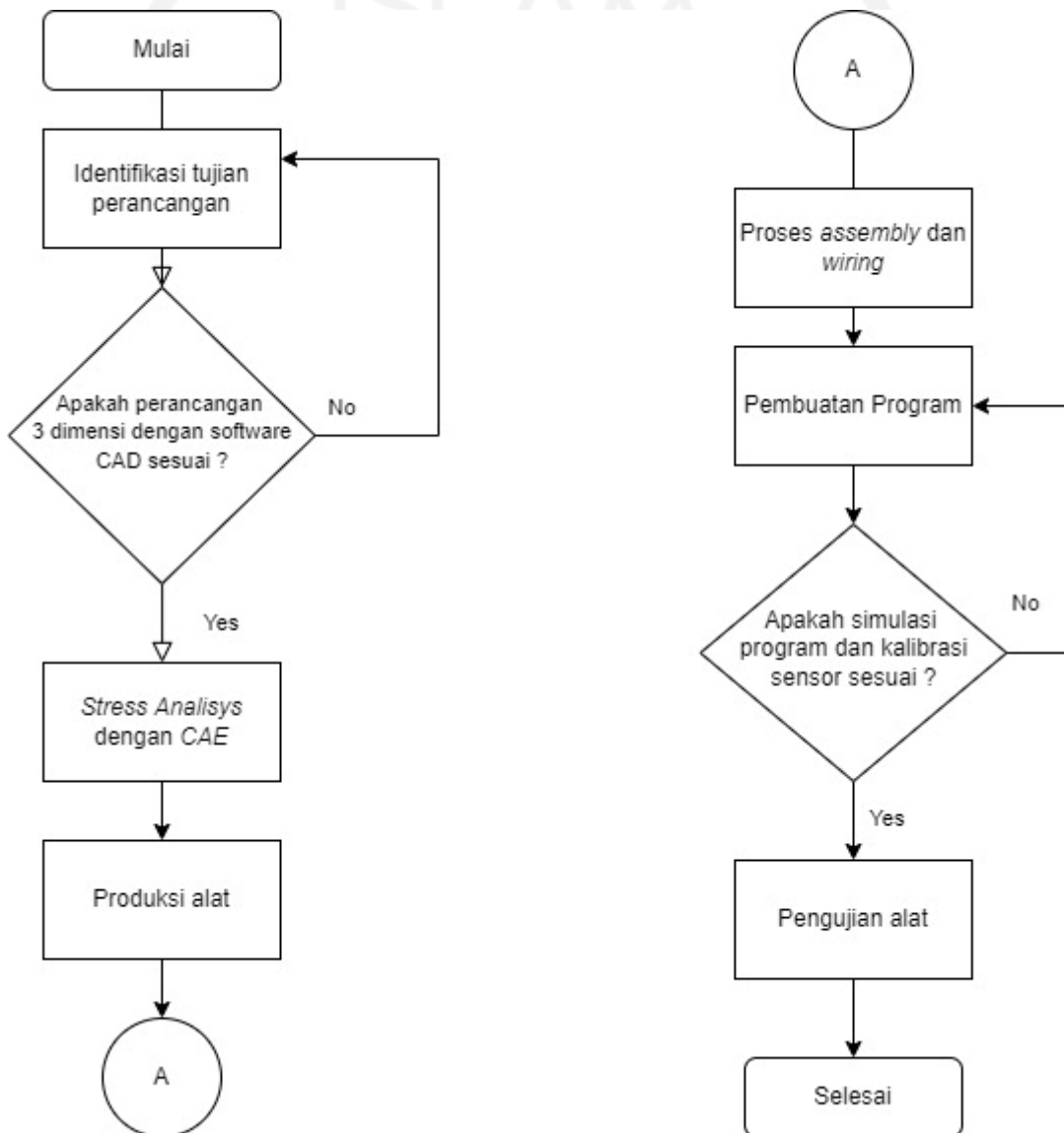


BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Adapun tahapan untuk melaksanakan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3. 1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas perangkat keras dan perangkat lunak yang dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1 Peralatan

A. Perangkat Keras

Pada tabel dibawah ini dijelaskan daftar apa saja perangkat keras yang digunakan dalam pembuatan sistem gerak maupun kendali, diantaranya sebagai berikut :

No	Nama Alat	Fungsi
1.	Motor Induksi 3 Fasa Aeromax Electric Motor Tipe AE 712-4	Komponen unit daya yang berfungsi untuk memberikan gaya gerak memutar.
2.	Inverter Fuji Electric Frenic Mini FRN0.1C1E-2J 0.1kW to 3.7kW 200V 3-phase.	Komponen yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor melalui perubahan frekuensi.
3.	PLC Fuji Electric NA0PA40T-331C	Komponen kendali untuk memberikan intruksi kepada inverter dan menerima sinyal dari ancoder untuk di olah.
4.	Encoder Autonics Model E4508-360-3-T-24	Komponen untuk membaca putaran atau posisi poros meja putar.
5.	Sprocket RS 50 gigi 15	Komponen untuk mendistribusikan daya dari motor listrik
6.	Sprocket RS 50 gigi 30	Komponen untuk mendistribusikan daya menuju poros meja putar
7.	Rantai RS 50	Komponen untuk mendistribusikan daya dari motor listrik menuju poros

		meja putar
8.	Bearing UCF 220 ASB	Landasan yang berguna mengurangi gaya gesek yang terjadi pada saat meja putar terjadi defleksi akibat dikenai beban.

B. Perangkat Lunak

Pada tabel dibawah ini dijelaskan daftar apa saja perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan alat, diantaranya sebagai berikut :

No	Nama	Fungsi
1.	Autodesk Inventor 2022	Perangkat lunak untuk mendesain secara grafis rancangan alat meja putar.
2.	SX-Programmer Standar	Perangkat lunak untuk membuat program berupa ladder diagram yang dijalankan dalam PLC.

3.2.2 Bahan

No	Komponen	Material
1	Rangka	Baja <i>hollow</i> 40 mm, Baja siku 40 mm. Tebal 4.5 mm
2	Papan meja putar	Multiplek tebal 20 mm
3	Poros transmisi	Silinder baja diameter 25 mm
4	Flendes	Plat baja tebal 5 mm dan Pipa baja diameter 30 mm
5	Holder encoder	Filamen PLA

3.3 Perancangan

3.3.1 Kriteria Alat

Setelah melakukan perhitungan beban, selanjutnya ditentukan apa saja kriteria alat yang sesuai dengan kebutuhan :

1. Kinerja alat ini adalah meja yang dapat berputar dengan kecepatan tertentu ketika dikenai beban.
2. Mekanisme pengereman alat hanya menggunakan komponen inverter pada sistem kendali yaitu menggunakan fitur *DC-Braking* pada inverter,

3. Alat ini dioperasikan menggunakan kontroler PLC, dan digerakkan menggunakan motor listrik yang diatur kecepatannya menggunakan inverter.
4. Dimensi alat ini maksimal Panjang 100 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 70 cm.
5. Papan meja putar mampu menahan beban maksimal dengan massa sebesar 200 kg.
6. Jarak antara poros sprocket maksimal sejauh 250 mm.
7. Sensor berupa enkoder diletakkan terhubung pada poros meja putar.
8. Alat mudah untuk dirangkai maupun dibongkar pasang.
9. Terdapat mekanisme sliding pada *holder* motor listrik untuk mempermudah proses *setting* rantai pada unit transfer daya.

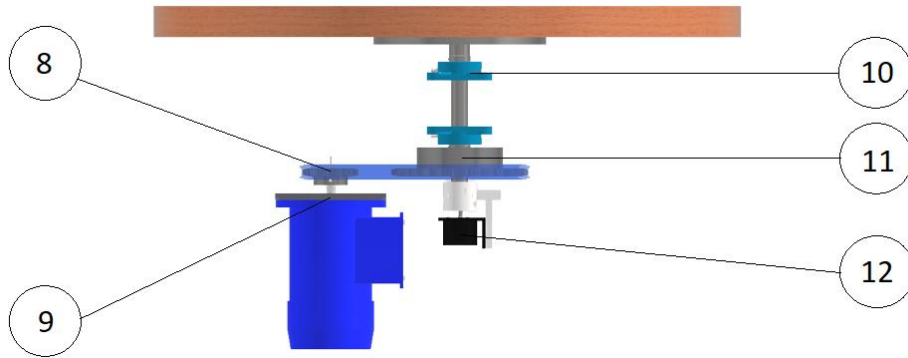
3.3.2 Desain dan Analisis

A. Model 3 Dimensi

Menyesuaikan dengan kriteria alat yang sudah ditentukan maka dibuatlah sebuah model 3 dimensi seperti pada Gambar 3. 2. Model ini pula didesain mempertimbangan bagaimana nantinya alat ini mudah untuk dirangkai, mudah pula proses manufaturnya, dan tersedianya material maupun komponennya di pasaran.



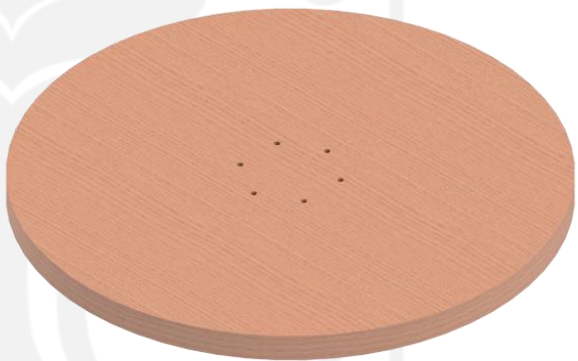

Gambar 3. 2 Tampak Depan Model 3 Dimensi Meja Putar

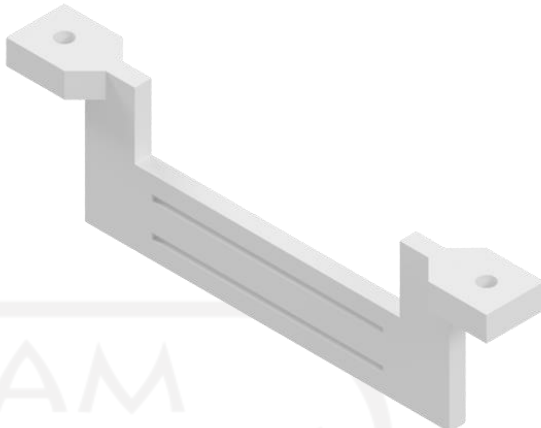
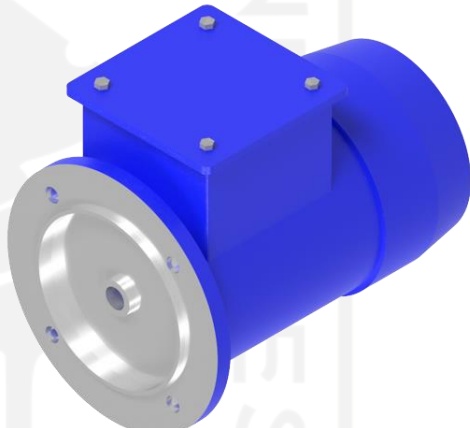





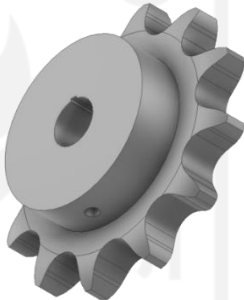
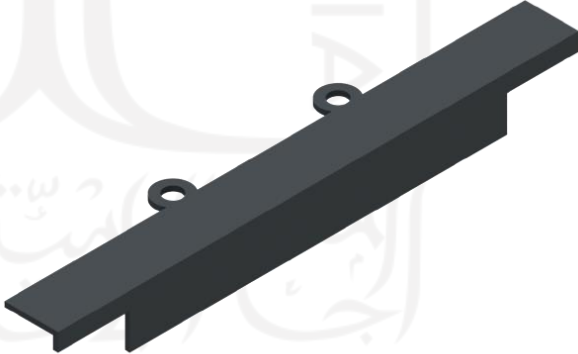
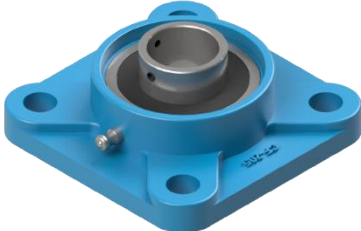
Gambar 3. 3 Tampak Samping Rangkaian Transmisi Meja Putar

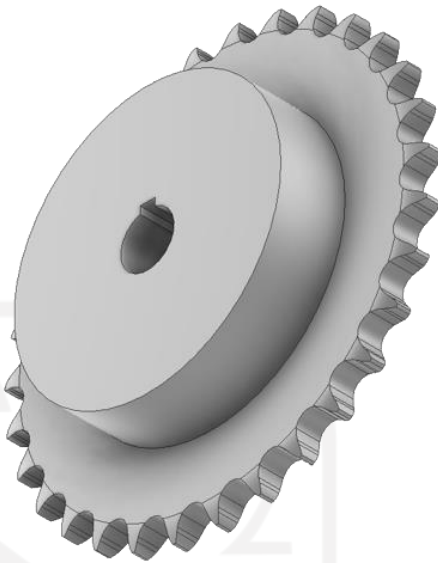

Berikut pada Tabel 3. 1 ditunjukkan model 3 dimensi tiap - tiap dari komponen meja putar :

Tabel 3. 1 Tabel Desain Komponen Model 3 Dimensi Meja Putar

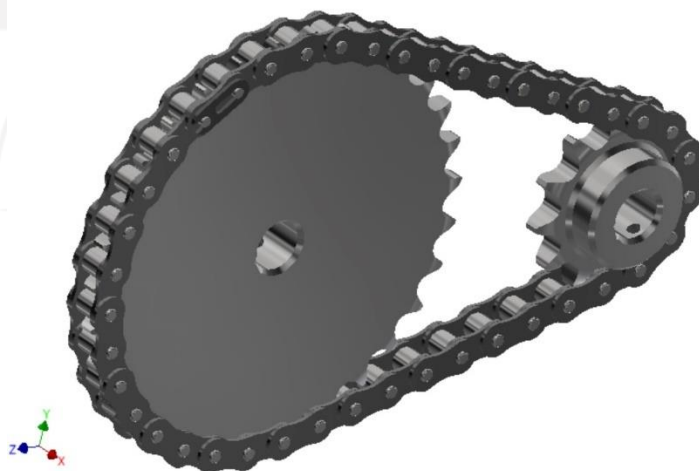
No.	Nama Komponen	Jumlah	3D Model
1	Papan Meja Putar	1	 <p>Gambar 3. 4 Papan Meja Putar</p>
2	Poros dan Flendes	1	

			Gambar 3. 5 Poros dan Flendes
3	Holder Encoder	1	 <p>Gambar 3. 6 Holder Encoder</p>
4	Motor Listrik	1	 <p>Gambar 3. 7 Motor Listrik</p>
5	Roller Ball Bearing	4	 <p>Gambar 3. 8 Roller Ball Bearing</p>
6	Kopling Encoder	1	 <p>Gambar 3. 9 Kopling Encoder</p>
7	Rangka	1	

			 <p>Gambar 3. 10 Rangka</p>
8	<i>Sprocket Driver</i>	1	 <p>Gambar 3. 11 <i>Sprocket Driver</i></p>
9	<i>Holder Motor Listrik</i>	2	 <p>Gambar 3. 12 <i>Holder Motor Listrik</i></p>
10	Bearing UCF 220 ASB	2	

			Gambar 3. 13 Bearing UCF 220 ASB
11	<i>Sprocket Driven</i>	1	 <p>Gambar 3. 14 <i>Sprocket Driven</i></p>
12	Encoder	1	 <p>Gambar 3. 15 Encoder</p>

B. Model Rantai Sprocket



Gambar 3. 16 Model Rantai Sprocket

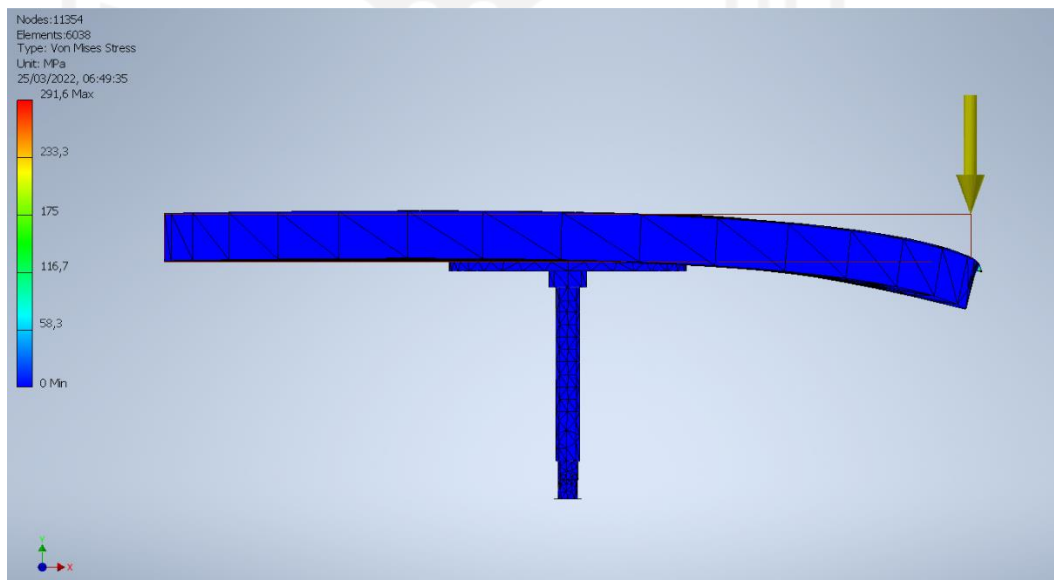
Dapat dilihat pada Gambar 3. 16 ditunjukkan bahwa ukuran sprocket yang tersambung pada poros meja putar memiliki diameter yang lebih besar dari pada sprocket yang terhubung pada poros motor listrik. Hal tersebut dibuat supaya ada peningkatan besar torsi yang bekerja dari poros motor ke poros meja putar. Pada *sprocket driver* memiliki 15 mata gigi dengan diameter 75 mm. Sedangkan *sprocket driven* memiliki 30 mata gigi dengan diameter 175 mm. Dengan jarak antar poros sebesar 186 mm.

C. Analisis Statis Pada Struktur

Stress analysys disimulasikan untuk memastikan komponen struktur yang menopang benda kerja tidak mengalami kegagalan atau patah (*fracture*). Simulasi dikerjakan pada beban seberat 200 kg atau 1960 N.

a. Tegangan yang bekerja

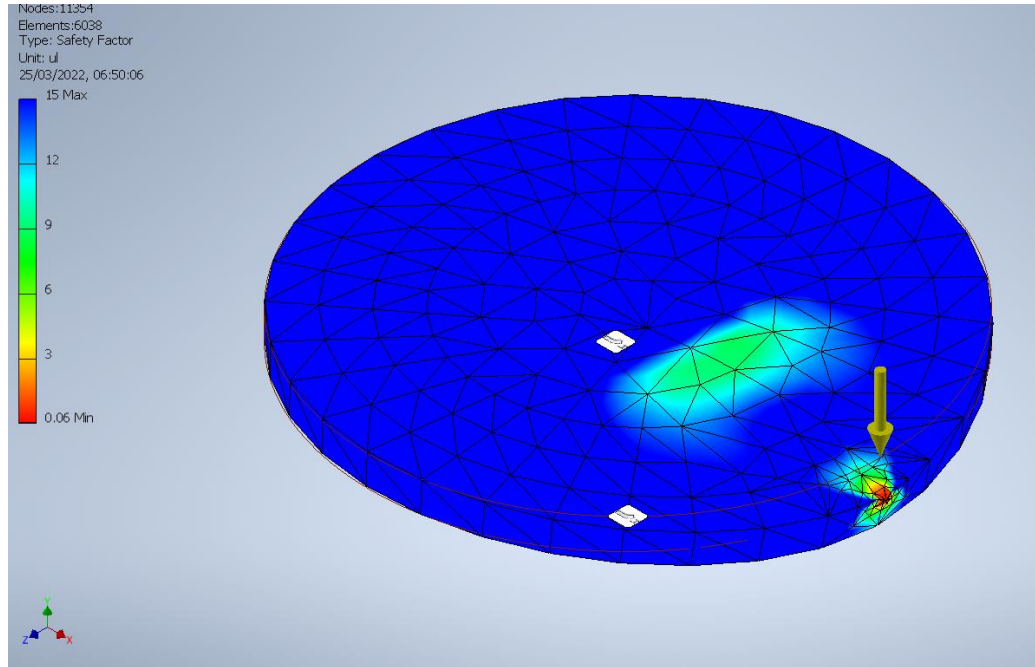
Nilai tegangan yang terjadi pada struktur meja putar didapat dari hasil analisis tersebut adalah pada rentang 0 – 291,6 Mpa. Jika dibandingkan dengan kekuatan luluh dari material plywood sebesar 18002,2 Mpa maka tegangan yang terjadi masih cukup aman. Lihat Gambar 3. 17, dibawah ini.



Gambar 3. 17 Analisis Tegangan Yang Bekerja Pada Struktur Meja Putar

b. Safety Factor

Nilai faktor keamanan yang didapatkan dari hasil analisis struktur meja putar ini adalah 15 Nilai tersebut lebih dari 1, sehingga secara struktur, mesin uji tarik ini sudah aman. Lihat Gambar 3. 18, dibawah ini.



Gambar 3. 18 Analisis *Safety Factor* Yang Bekerja Pada Struktur Meja Putar

3.3.3 Proses Manufaktur

Proses manufaktur dilakukan melakukan berbagai proses seperti proses pemesinan, pengelasan, dan pencetakan komponen dengan *CNC 3D Printing*.



Gambar 3. 19 Proses Pembuatan Rangka Meja Putar

Proses pemesian terdiri atas pengerjaan pembuatan papan meja putar yang terbuat dari material multiplek , pembuatan poros meja putar meggunakan mesin bubut yang terbuat dari material silinder baja dan pembuatan lubang pada sprocket menggunakan mesin bubut. Proses pengelasan lihat Gambar 3. 19 dilakukan pada pembuata rangka meja putar dengan material baja *hollow* dan baja siku profil 40 mm x 40 mm tebal 4.5 mm. Sedangkan Proses pencetakan *3D Print PLA* dikerjakan pada pembuatan *holder* enkoder dan kopling enkoder.

3.3.4 Pembuatan Sistem Kendali

Sistem kendali yang disusun pada rangkaian kendali meja putar ini terdiri atas beberapa komponen elektrik, antara lain ;

1. Motor AC 3 *phase*

Motor AC digunakan sebagai aktuator dari meja putar ini, motor yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut ;

- a) Jumlah kutub : 4
- b) Daya : 0.5 hp atau 0.37 KW
- c) Besaran frekuensi : 50 Hz
- d) Tegangan : 220/380 Volts



Gambar 3. 20 Motor AC 3 Fase Aeromax Elektrik Motor

2. PLC

Dalam alat ini 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 penulis gunakan adalah Fuji NA0P40T-31C yang memiliki 24 titik input dan 16 titik output digital lihat Gambar 3. 21. Disini penulis menggunakan 5 titik input dan 6 titik output.



Gambar 3. 21 PLC Fuji NA0P40T-31C

3. Inverter

Perangkat ini memiliki banyak fitur untuk mengatur proses kerja motor ac melalui pengaturan frekuensinya. Menyesuaikan kinerja alat yang diinginkan fitur inverter yang penulis gunakan antara lain adalah untuk mengatur waktu akselerasi dan dekselerasi motor, pola S-Curve, *torque boost*, dan pengereman dengan *DC-Braking*.



Gambar 3. 22 Inverter Fuji Electric FRENIC MINI

4. Encoder

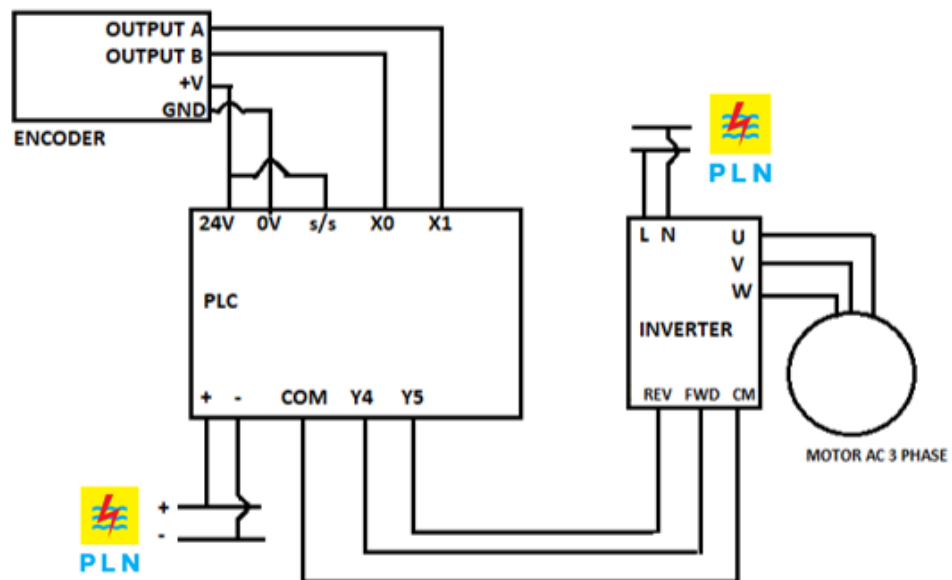
Meja putar ini menggunakan sensor berupa *rotary encoder* lihat Gambar 3. 23, encoder yang digunakan memiliki PPR (*Pulse Per Revolution*) sebesar 360 dan memiliki 6 *output* . Sedangkan output yang dipakai untuk sebagai data *input* pada pada PLC sebagai komponen pengendali berjumlah 4 input yaitu Out A, Out B, +V, dan 0V.



Gambar 3. 23 Rotary Encoder Autonic

A. Pembuatan Rangkaian Kendali

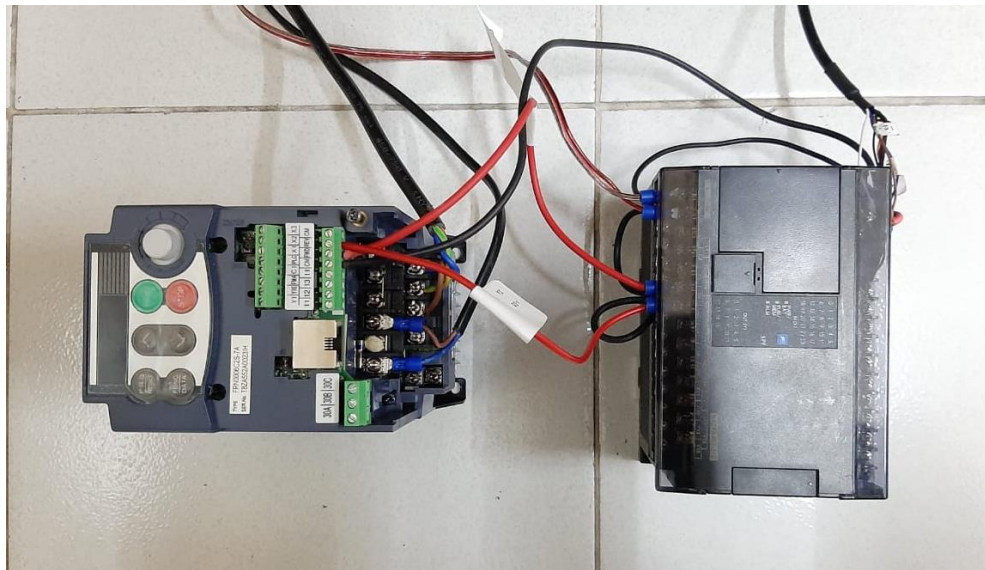
Proses wiring antara komponen elektrik dilakukan sesuai kebutuhan output gerak dari meja putar. Disini penulis menggunakan beberapa terminal yang ada di komponen hardware, contohnya pada terminal yang tersedia pada inverter penulis menggunakan terminal *reverse* dan *forward*, fungsi dari keduanya adalah untuk mengatur arah putar dari motor ac 3 phase yang digunakan, dan pada PLC digunakan beberapa terminal dari output dan input seperti penjelasan diatas. Terminal inputnya digunakan untuk menerima sinyal dari encoder berupa besaran yang disebut pulsa, kemudian di terminal outputnya digunakan untuk perintah pada inverter. Sedangkan rangkaiannya secara detail dapat dilihat pada Gambar 3. 24 dibawah ini.



Gambar 3. 24 Ilustrasi *Wiring* Komponen Elektrik

Pada ilustrasi diatas digambarkan bahwa sumber daya berasal dari listrik PLN. Output sensor dari encoder terhubung dengan terminal input dari PLC Output A dengan X1, Output B dengan X0, +V dengan 24V dan, GND (ground) dengan 0V. Input tersebut selanjutnya diolah oleh PLC sesuai dengan logika program didalamnya menjadi output untuk mengendalikan inverter. Output tersebut dari terminal output PLC terhubung ke terminal pada inverter yaitu COM dengan CM, Y4 dengan FWD dan Y5 dengan REV. Kendali kinerja inverter tadilah yang mengatur kinerja motor sesuai dengan kecepatan motor yang diinginkan pada pengaturan besar frekuensi tertentu. Pengeturan frekuensi

inverter dikerjakan secara manual menyesuaikan pemilihan fungsi code pada inverter. Secara jelas rangkaian nyatanya dapat dilihat pada Gambar 3. 25 di bawah ini.



Gambar 3. 25 Rangkaian Komponen Elektrik

B. Pengaturan Kinerja 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

Kode F01 dipilih fungsi nomor 4, lihat Tabel 3. 2 fungsi ini digunakan untuk mengatur kecepatan frekuensi yang akan disuplai dari inverter ke motor ac dengan menggunakan potensiometer yang ada di inverter.

Tabel 3. 2 *Function code F1*

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data seting range</i>
F01	<i>Frequency Command 1</i>	<i>0: UP/DOWN keys on keypad</i>
		<i>1: Voltage input to terminal [12] (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 [12] and</i>

		<p>[C1]</p> <p>4: Built-in potentiometer (POT)</p> <p>7: Terminal command UP/DOWN control</p>
--	--	---

2. Pemilihan kode pada fungsi kode F02

Kode F02 berfungsi sebagai metode pengoperasian lihat Tabel 3. 3, kemudian penulis memilih fungsi nomor 1 yang bertujuan untuk mengontrol sistem gerak dari terminal input inverter.

Tabel 3. 3 Function code F02

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

3. Pemilihan kode pada fungsi kode F07 & F08

Kode F07 & F08 lihat Tabel 3. 4 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. 4 Function code F07 dan F07

code	Name	Data seting range
F07	Acceleration Time	<p>1 0.00 to 3600</p> <p>Note: Entering 0.00 cancels the acceleration time, requiring external soft-start.</p>
F08	Deceleration Time	<p>1 0.00 to 3600</p> <p>Note: Entering 0.00 cancels the deceleration time, requiring external soft-start.</p>

4. Pemilihan kode pada fungsi kode F20, F21, dan F22

Kode F20, F21, dan F22 ini memiliki fungsi untuk mengatur pengereman ,yang dapat pengeraman pada saat motor dalam kondisi mati akan tetapi masih ada momen inersia yang bekerja walaupun hanya bekerja pada momen inersia yang kecil.

Tabel 3. 5 Function Code F20

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data seting range</i>
F20	<i>DC Braking I (Braking starting frequency)</i>	0.0 to 60.0
F21	<i>(Braking level)</i>	0 to 100 *3
F22	<i>(Braking time)</i>	0.00 (<i>Disable</i>), 0.01 to 30.00

5. Pemilihan kode pada fungsi kode H07

Kode H07 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 seting 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>

6. Pemilihan kode pada fungsi kode F09

Kode F09 berfungsi sebagai pengatur torsi yang bekerja pada motor. Lihat Tabel 3. 7.

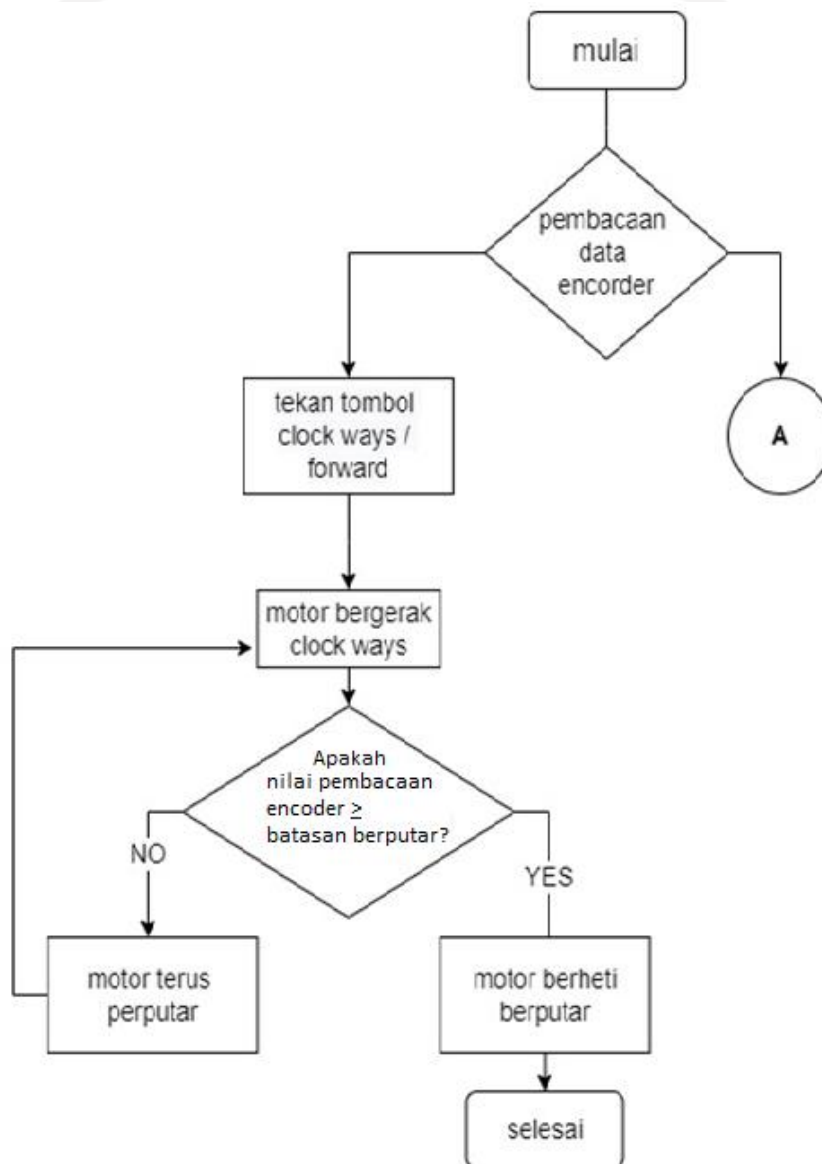
Tabel 3. 7 Function Code F09

<i>code</i>	<i>Name</i>	<i>Data seting range</i>
F09	<i>Torque Boost I</i>	0.0 to 20.0 (percentage with respect to "F05: Rated Voltage at Base Frequency I")

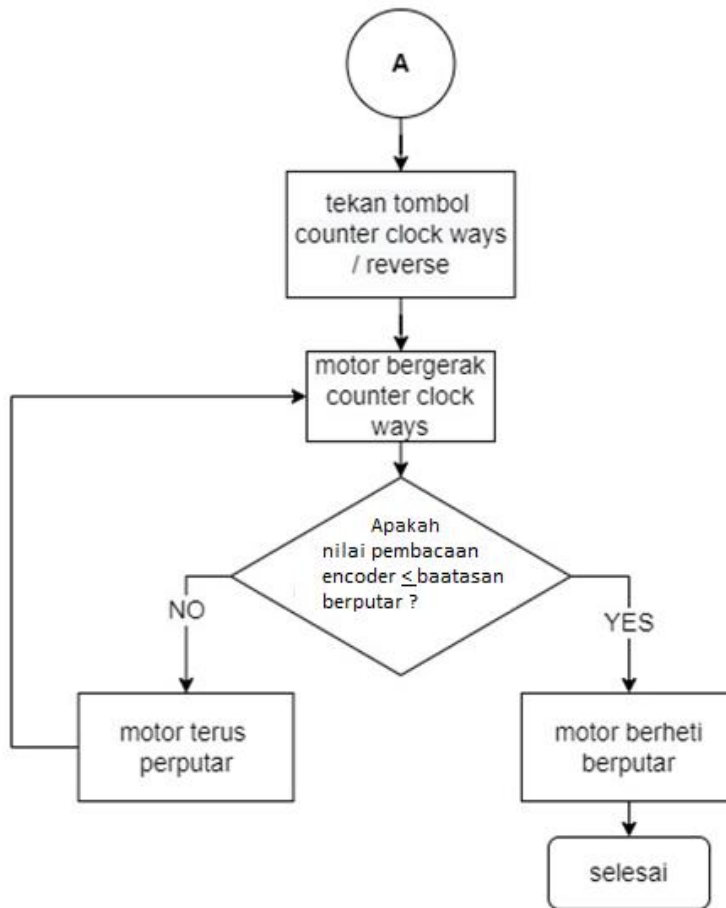
C. Pembuatan Program

Kinerja pada alat ditentukan pada bagaimana sebuah logika program itu dibuat. Logika disini maksudnya adalah bagaimana kerangka kerja sebuah alat itu disusun dari awal sampai akhir. Logika bekerja alat tersebut dapat dilihat pada kerangka

dan Gambar 3. 27 dibawah ini.

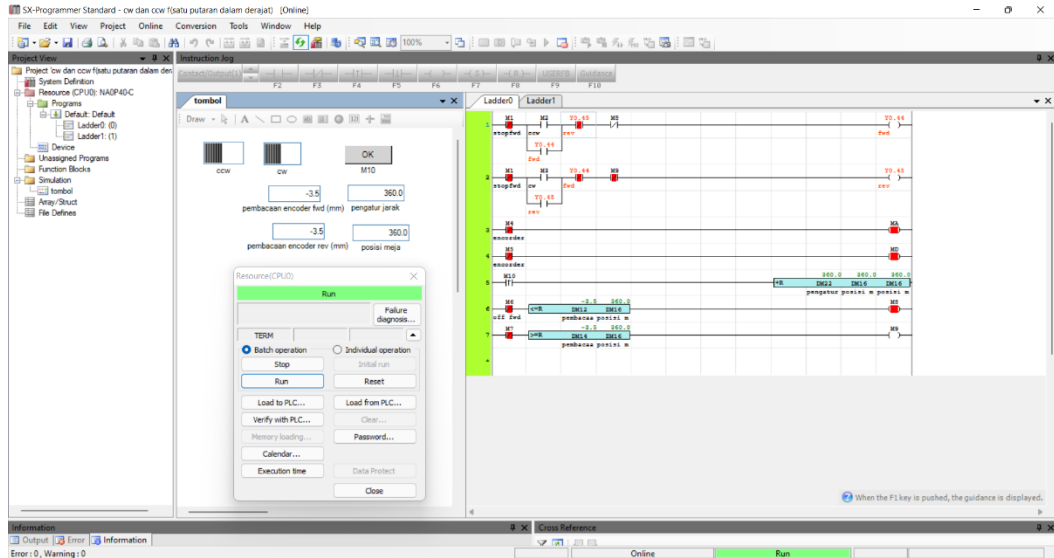


Gambar 3. 26 Diagram Alir Kinerja Meja Putar 1



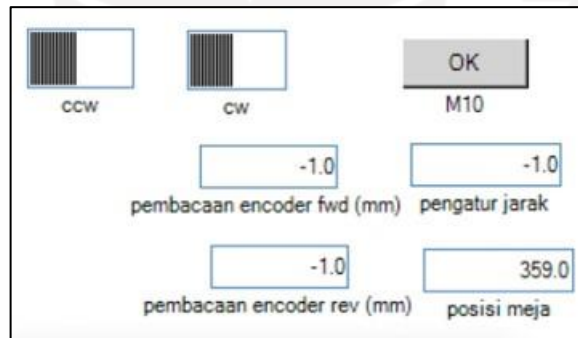
Gambar 3. 27 Diagram Alir Kinerja Meja Putar 2

Mengacu dengan kerangka diatas selanjutnya dibuatlah sebuah program menggunakan aplikasi SX-Programmer Standard. Program disusun dengan bahasa *ladder diagram* sehingga alamat *input*, dan *output* perlu ditentukan terlebih dahulu.



Gambar 3. 28 Program PLC Kerja Meja Putar

Gambar 3. 28 diatas menunjukkan program pada PLC dalam bahasa ladder diagram dan interface kendali yaitu tombol cw (*clockwise*) & (*counter clockwise*), dan pengaturan besar 1 putaran meja putar lihat dibawah Gambar 3. 29 ini.



Gambar 3. 29 Interface Kendali Pada Program PLC

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

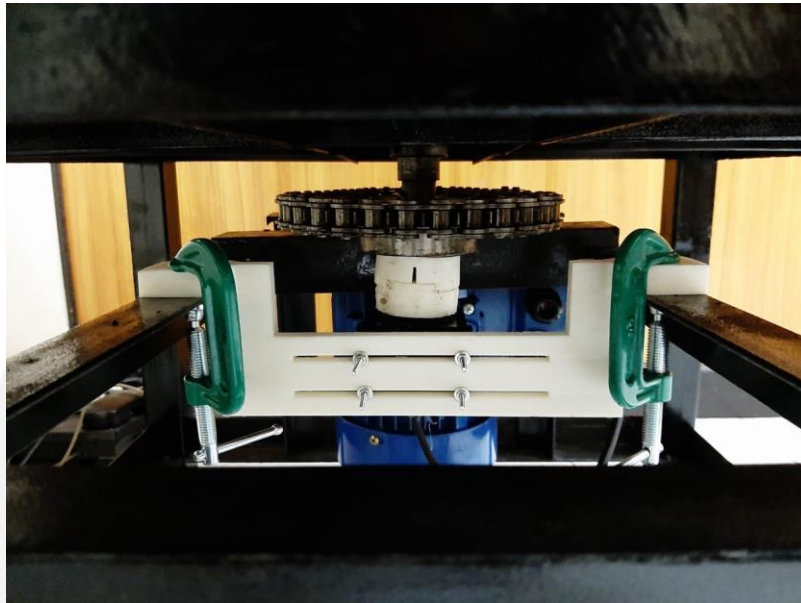
4.1 Hasil Perancangan

Dari hasil dari perancangan dan pembuatan yang telah dikerjakan, maka terciptalah sebuah meja putar seperti pada Gambar 4- 1 dibawah ini. Dapat dilihat pada gambar tersebut dimana alat ini telah dirakit baik dari unit struktur yang terdiri papan meja putar dan rangka, unit transfer daya yang terdiri poros meja putar flendes dan transmisi sprocket rantai, unit daya yang terdiri motor listrik dan holder motor listrik, unit kendali yang terdiri PLC dan inverter, dan unit sensor yang terdiri rotary encoder, holder encoder, dan kopling encoder.



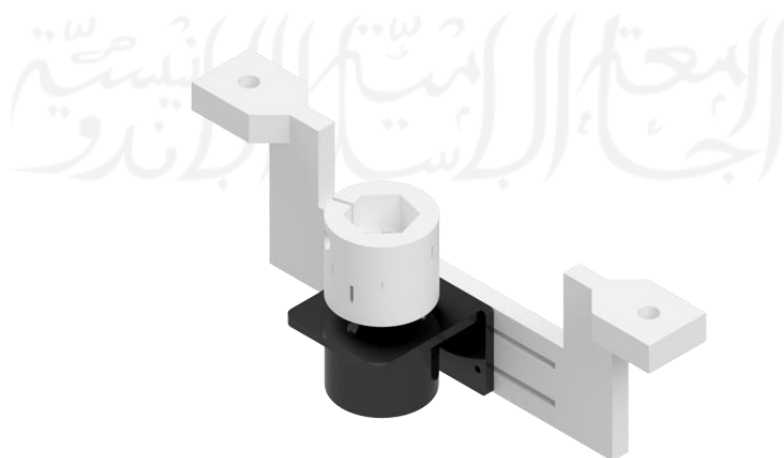
Gambar 4. 1 Meja Putar Untuk Scanning 3 Dimensi

4.1.1 Peletakan Sensor *Rotary Encoder*



Gambar 4. 2 Peletakan Sensor Rotary Encoder

Dapat dilihat pada **Gambar 4. 2**, dimana pemasangan poros sensor rotary encoder dipasang pada poros meja putar dengan dihubungkan menggunakan kopling. Pemasangan sensor enkoder dipasang dengan mekanisme diatas supaya pembacaan posisi meja dapat dibaca secara langsung oleh sensor enkoder. Sedangkan sensor rotary encoder tersebut ditopang menggunakan holder encoder yang dijepit menggunakan 2 klem tipe C, lihat Gambar 4. 3. Pemasangan holder dipilih seperti mekanisme diatas untuk memudahkan pemasangan dan pengaturannya pada alat.



Gambar 4. 3 Assembly Unit Sensor

4.1.2 Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan alat dengan diberi beban. Melalui simulasi akan didapatkan fenomena-fenomena yang terjadi pada alat untuk selanjutnya dianalisis dan dibahas.

Melalui pengujian yang telah dilakukan didapatkan bahwa meja putar dapat bekerja sesuai dengan kriteria alat yang diharapkan. Alat ini berhasil melakukan kerja berputar dengan diberi beban seberat 51 kg, seperti pada Gambar 4. 4 dibawah ini.



Gambar 4. 4 Pengujian Kinerja Meja Putar

Tabel Tabel 4. 1, dibawah ini menunjukkan data hasil pengujian meja putar dengan variasi pembebanan dan frekuensi masukan.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kinerja Meja Putar
 Dengan Variasi Frekuensi dan Beban

Frekuensi Masukan (Hz)	Massa Benda (kg)	Waktu dalam satu putaran (s)			Pembacaan derajat putaran meja					Kondisi
		Pengujian	s	Mean (s)	Pembacaan 1	Pembacaan 2	Selisih pembacaan (Sp)	Offset (Sp-360)	Mean offset	
1	16	1	5.43	5.47	589.5	992	402,5	42.5	55.25	Kecepatan kurang stabil dan offset besar
		2	5.13		578	1009	431	71		
		3	5.98		604	1001	397	37		
		4	5.32		543	970	427	67		
	16 + 51	1	6.82	6.78	438	975	537	177	140.125	Kecepatan kurang stabil dan offset besar
		2	6.56		388	876	488	128		
		3	6.70		476.5	971.5	495	135		
		4	7.05		423	903.5	480.5	120.5		
0.5	16	1	13.16	12.35	-0.5	-380	379.5	19.5	15.375	Kecepatan stabil dan offset kecil
		2	12.76		0.5	378.5	378	18		
		3	12.21		0.5	373	372.5	12.5		
		4	11.27		-1	372.5	373.5	13.5		
	16 + 51	1	16.11	16.04	-3	385.5	388.5	28,5	23	Kecepatan stabil dan offset kecil
		2	15.78		0.5	381	380.5	20.5		
		3	16.24		1	379	378	18		
		4	16.02		2	387	385	25		

Setelah dilakukan analisis dari data diatas ditemukan bahwa dari variasi pengujian yang ditentukan mempengaruhi lama waktu dalam satu putaran dan pembacaan derajat putaran atau posisi meja. Dimana data diatas menunjukkan semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk satu putaran akan tetapi pembacaan derajat putaran atau posisi meja semakin besar sehingga sehingga offetnya pun semakin besar pula. Akan tetapi semakin besar beban yang bekerja maka semakin besar waktu yang dibutuhkan untuk satu putaran dan derajat putaran atau posisi meja sehingga offetnya pun semakin besar pula.

4.2 Pembahasan


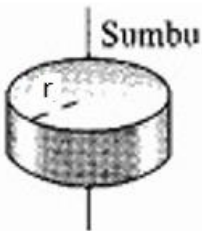

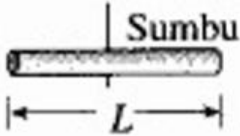
Fenomena – fenomena yang terjadi sebagaimana dijelaskan pada pemaparan diatas selanjutnya dipecahkan dengan perhitungan secara teoritis pada kondisi benda yang berputar. Dengan diketahui bahwa :

- a. Alat tersebut memiliki papan meja dengan massa 16 kg dengan diameter 85 cm. Dan dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja alat dengan dikenai beban sebesar 67 kg.
- b. Sistem transmisi motor sprocket rantai memiliki diameter *sprocket driver* 75 mm dan *sprocket driven* 175 mm serta jarak titik pusat sejauh 186 mm dengan efisiensi transfer daya maksimum sebesar 80 %.
- c. Motor listrik dengan daya sebesar 0.5 hp atau 0.37 watt frekuensi 50 Hz serta tegangan 220/380 Volt.
- d. Persamaan matematis

1. Momen Inersia $I = mr^2$ (kgm²)
2. Kecepatan putar motor $n / \omega = 120f / p$ (rad/s)
3. Percepatan sudut $\alpha = \omega / t$ (rad/s²)
4. *Kecepatan linier pada sprocket* $v_1 = v_2$
 $\omega_1 . r_1 = \omega_2 . r_2$
5. Torsi $T = I . \alpha$ (Nm)
6. Daya $P = T . \omega$ (watt)
7. Gaya gesek (Fs) sistem diabaikan.

- e. Waktu tempuh satu putaran pada frekuensi 0.5 Hz pada beban 16 kg sebesar 12.35 s dan 67 kg sebesar 16.04 s. Sedangkan pada frekuensi 1 Hz pada pembanan 16 kg waktu tempuh sebesar 5.47 s dan pada beban 67 kg sebesar 6.78 s.
- f. Pemodelan momen inersia yang bekerja pada alat dapat dilihat pada Tabel 4. 2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Pemodelan Momen Inersia Yang Bekerja Pada Alat

Bentuk Beban	Pemodelan	Persamaan
		$I = \frac{1}{2} mr^2$ (Dengan diameter meja sebesar 85 cm)
		$I = \frac{1}{12} mL^2$ (Dengan asumsi Panjang L sebesar 65 cm)

Momen inersia pada papan,

$$I = \frac{1}{2} mr^2$$

$$= \frac{1}{2} 16 \cdot 0,425^2$$

$$= 5,78 \text{ kgm}^2$$

Resultan inersia yang bekerja ketika dikenai beban,

$$I = \sum mr^2$$

$$= \frac{1}{2}mr^2 + \frac{1}{12}mL^2$$

$$= \frac{1}{2}16 \cdot 0,425^2 + \frac{1}{12}51 \cdot 0,65^2$$

$$= 5,78 + 1,79$$

$$= 7,57 \text{ kgm}^2$$

Perhitungan mekanik alat,

Tabel 4. 3 Perhitungan Fisis Alat

f	m	t	I_{meja}	ω_{motor}	α_{motor}
0.5	16	12.35	5.78	1.57	0.127
	16+51	16.04	7.57		0.098
1	16	5.47	5.78	3.14	0.574
	16+51	7.18	7.57		0.463

Dari pemaparan Tabel 4. 3, diatas dapat diperoleh dimana besar frekuensi dan beban yang bekerja pada alat tersebut berbanding lurus dengan besar kecepatan motor yang bekerja.

Perhitungan mekanik transmisi daya. Perhitungan dilakukan pada kondisi frekuensi 1 Hz beban 67 kg. Dengan jari-jari pada sprocket *driver* (r_{sr}) sebesar 75 cm dan jari-jari pada sprocket *driven* (r_{sn}) sebesar 175 cm.

$$V_{meja} = V_{motor}$$

$$\omega_{meja} \cdot r_{sn} = \omega_{motor} \cdot r_{sr}$$

$$\omega_{meja} \cdot 0,0875 = 3,14 \cdot 0,0375$$

$$\omega_{meja} = (3,14 \cdot 0,0375) / 0,0875$$

$$\omega_{meja} = 1,345 \text{ rad/s}$$

Maka besar percepatan sudut pada meja sebesar,

$$\alpha_{meja} = \omega_{meja} / t$$

$$\alpha_{meja} = 1,345 / 7,57$$

$$\alpha_{meja} = 0,177 \text{ rad/s}^2$$

Maka didapatkan perhitungan besar torsi yang bekerja,

$$T_{meja} = I_{meja} \cdot \alpha_{meja}$$

$$T_{meja} = 7,57 \cdot 0,177$$

$$= 1,339 \text{ Nm}$$

Melalui persamaan daya pada alat. Maka ditemukan torsi motor,

$$P_{meja} = P_{motor}$$

$$T_{meja} \cdot \omega_{meja} = T_{motor} \cdot \omega_{motor}$$

$$1,339 \cdot 1,345 = T_{motor} \cdot 3,14$$

$$T_{motor} = (1,339 \cdot 1,345) / 3,14$$

$$T_{motor} = 0,573 \text{ Nm}$$

Sehingga ditemukan bahwa besar torsi yang bekerja pada motor lebih kecil dari torsi pada yang bekerja meja. Hal ini menunjukkan bahwa pada mekanisme transfer daya terjadi kenaikan torsi yang bekerja.

Sedangkan kemampuan kinerja meja pada asumsi pembebanan sebesar 200 kg dapat dibuktikan pada hasil perhitungan Tabel 4. 4 dibawah ini. Perhitungan diasumsikan pada frekuensi 1 Hz.

Tabel 4. 4 Perhitungan Asumsi Beban 200 kg

I_{meja}	T_{meja}	T_{motor}	P
12,82 kgm^2	2,27 Nm	0,97 Nm	1.8

Dari hasil perhitungan Tabel 4. 4 dapat dilihat bahwa kapasitas motor dengan daya maksimal sebesar 0.5 hp atau 0.37 kW lebih dari cukup untuk memenuhi kebutuhan kinerja meja tersebut. Akan tetapi melihat dari karakteristik

motor yang menghasilkan torsi besar pada putaran tinggi, menjadikan meja ini memerlukan sebuah mekanisme tambahan yang berguna untuk mereduksi besar putaran motor pada putaran tinggi menjadi putaran rendah tetapi tetap mendapatkan torsi maksimal motor. Sehingga putaran meja dapat bekerja dengan kecepatan yang stabil dan pada putaran yang rendah.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian yang telah dilakukan, beberapa simpulan yang dapat dirumuskan, antara lain :

1. Meja putar yang dirancang dapat melakukan kerja memutar sebesar 360° dengan beban 67 kg melalui pengaturan kendali kecepatan dan posisi papan meja putar pada rentang frekuensi 0.5 – 1 Hz dengan offset mencapai 140° .
2. Pada meja putar ini ditemukan bahwa semakin besar beban yang bekerja pada alat maka semakin besar pula inersia yang bekerja sehingga membutuhkan torsi dan daya yang selaras untuk memposisikan putaran meja secara tepat.

5.2 Saran Untuk Penelitian Selanjutnya

Terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Untuk membantu proses pengeraman alat akibat besarnya momen inersia yang bekerja pada meja putar diperlukan tambahan penggunaan komponen *mechanical braking*.
2. Untuk meningkatkan torsi pada kinerja alat, diperlukan tambahan penggunaan *gear box*.

DAFTAR PUSTAKA

- Antara, M., & Yogantari, M. V. (2018). Keragaman Budaya Indonesia Sumber Inovasi Industri Kreatif. *Senada*, 1, 292–301.
- Ardiansyah, B. (2016). *Rancang Bangun Meja Elektrik Untuk Proses Pembuatan Kerajinan Gerabah*.
- Badruzzaman, Y. (2015). *SISTEM MONITORING KENDALI MOTOR INDUKSI TIGA FASA*. 11(2), 147–152.
- Effendi, A. (MT). (2013). Momen Inersia dalam Gerak Rotasi. *Momen Inersia*, 1–16. Retrieved from https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/Asnal/Fisika/BAB_13_Momen_Inersia.pdf
- Evalina, N., Azis, A. H., & Zulfikar. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 73–80.
- Giancoli, D. C. (2016). *PHYSICS PRINCIPLES WITH APPLICATIONS*. 4(1), 1–1832.
- Handayani, D., & Ningsih, U. (2005). *Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD / CAM] proses Siklus hidup Manajemen Produksi yang meliputi perangkat lunak dan*. X(3), 143–149.
- Kurniawan, I., Girawan, B. A., & Fitriyani. I. (2020). Rancang Bangun Alat Bantu Las Meja Putar Penepat. *Bangun Rekaprima ...*, 06(1), 1–14. Retrieved from https://jurnal.polines.ac.id/index.php/bangun_rekaprima/article/view/1925
- Pangayow, Tangkuman, R. . (2013). Perancangan sistem transmisi gokar listrik. *Teknik Mesin*, 5(5), 1–12.
- Prio, B., & Nurcahyo, E. (2017). *Analisis Hemat Energi Pada Inverter Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa*. 01(September), 8–16.
- Surya, H. H., & Kartadinata, B. (2017). *Kendali Kecepatan Motor Crane terhadap Sumbu Vertikal menggunakan Distributed Control System (DCS) Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknik Hoist Crane banyak diaplikasikan pada beberapa bidang*

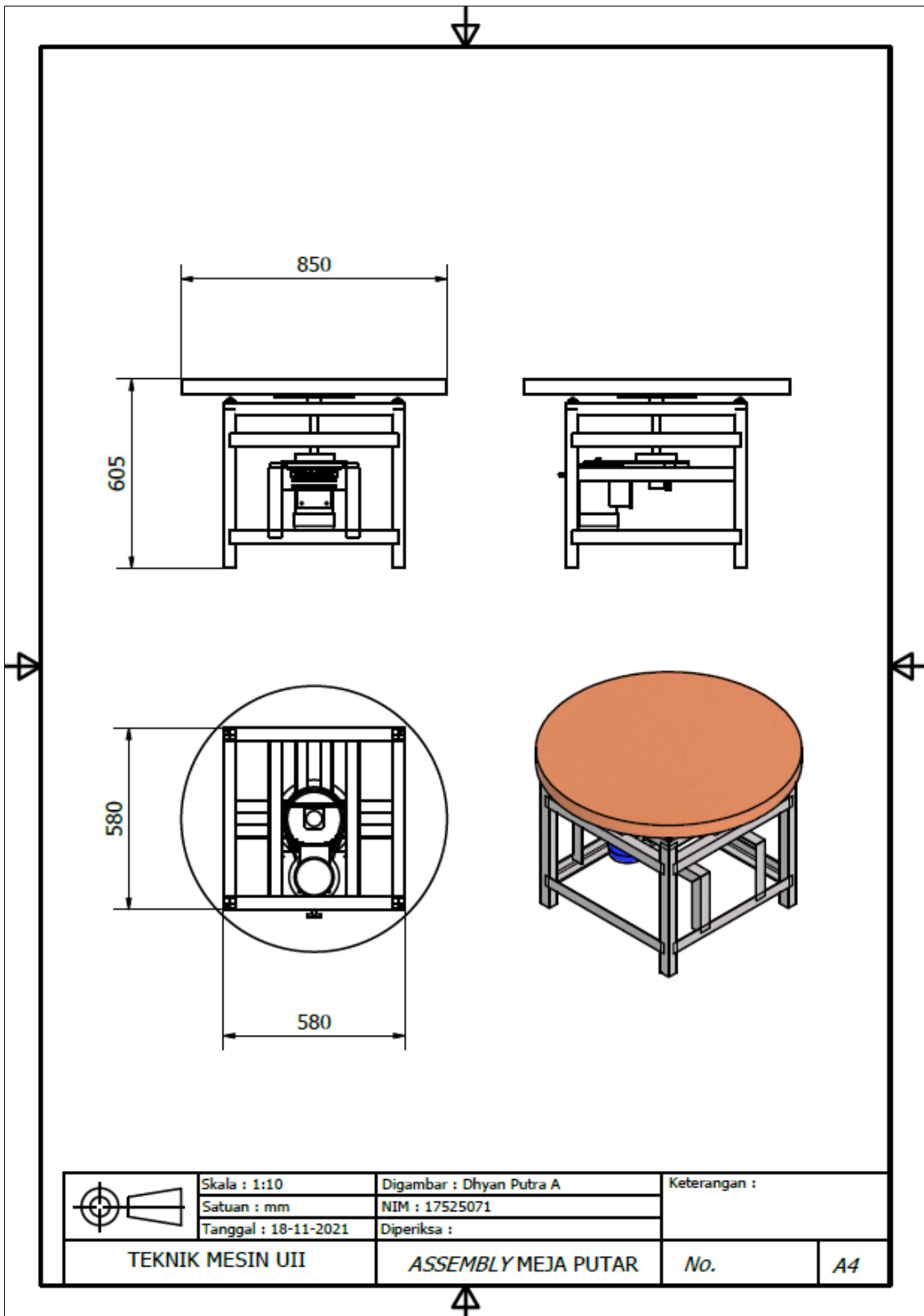
industri besar seperti pengangkutan beban untuk memua. 15–28.


Widiyanto, W., Sumbodo, W., & Al Janan, D. H. (2012). *ANALISIS PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROGRAM PLC PEMBACAAN ENCODER PADA SISTEM ROBOT RECORD AND REPLAY. 1(1), 1–9.*

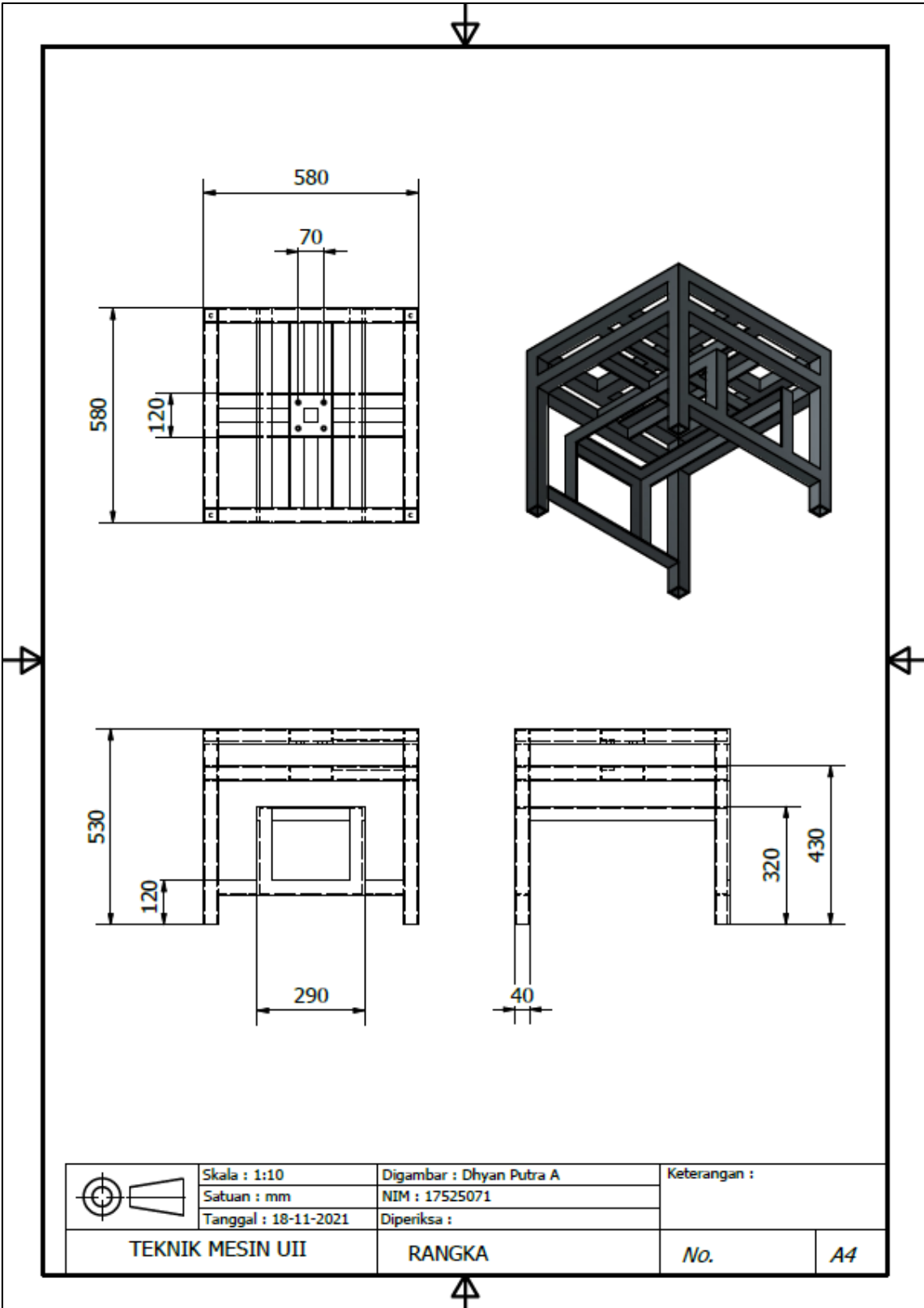
Wulandari, D., Adinugraha, H. H., Safii, M. A., & Mutaqin, S. (2021). *Berwirausaha Trendy Melalui Digitalisasi Fotocopy. 5(3), 678–685.*

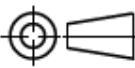


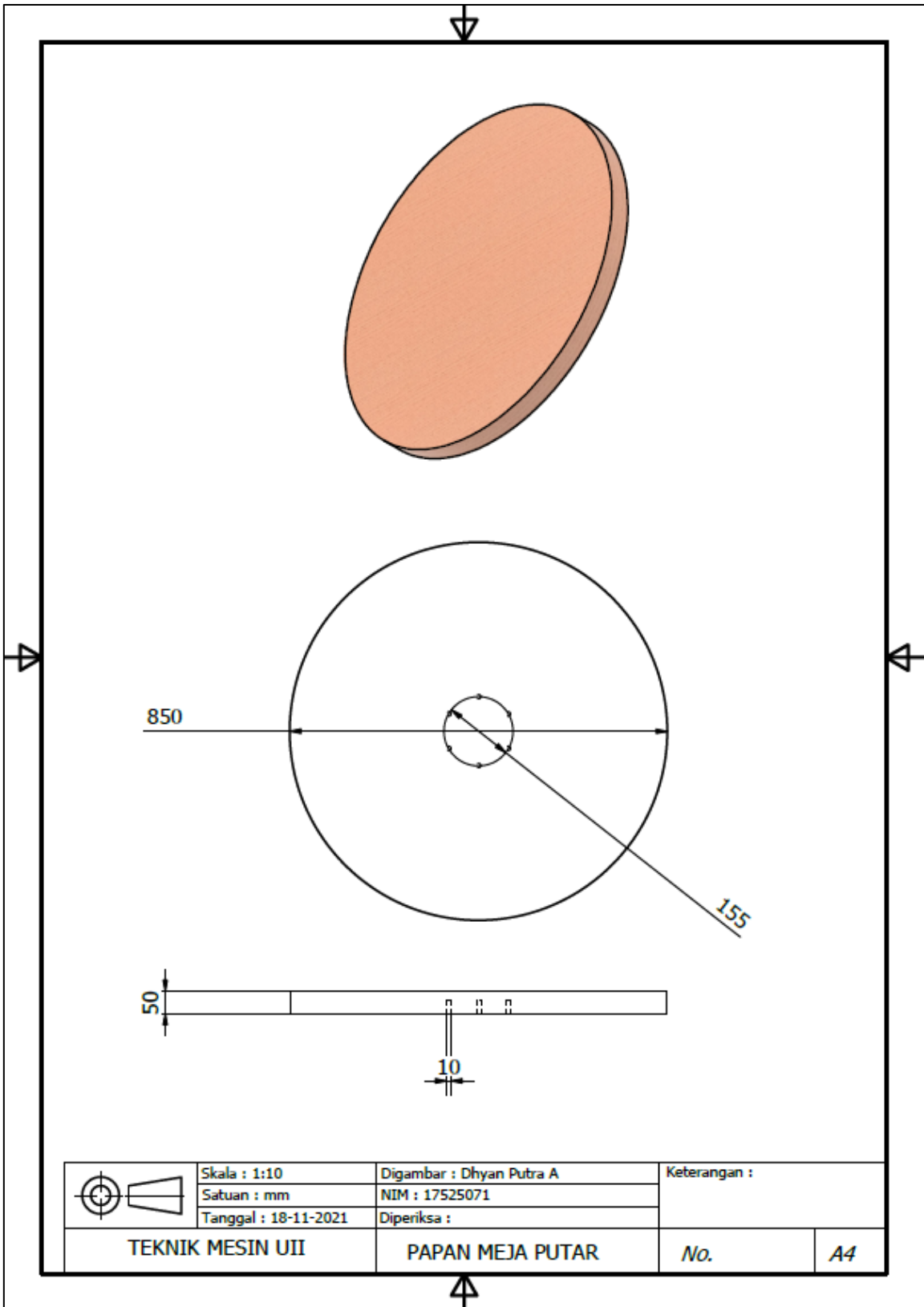
LAMPIRAN



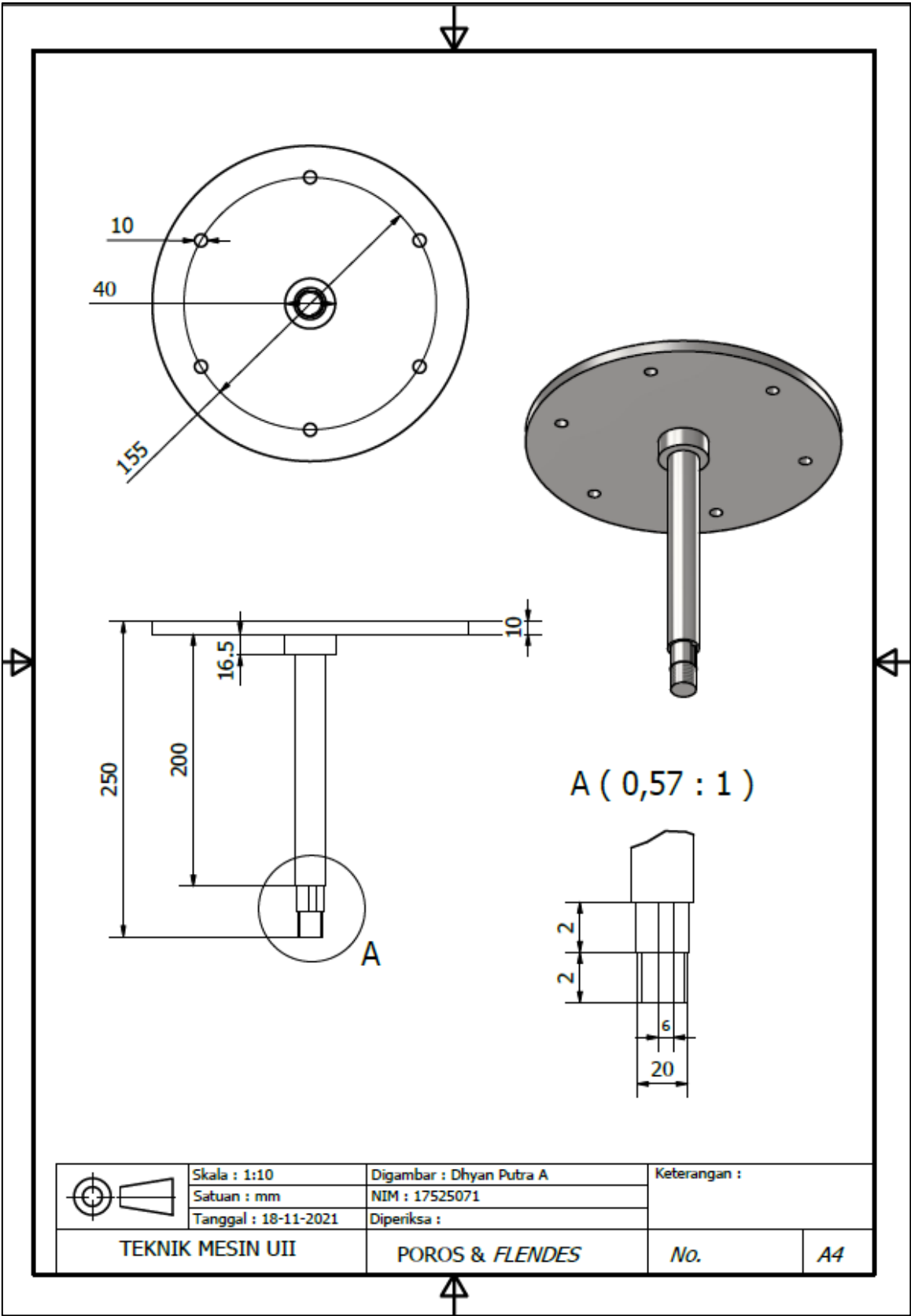
	Skala : 1:10	Digambar : Dhyan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	ASSEMBLY MEJA PUTAR	No.	A4	

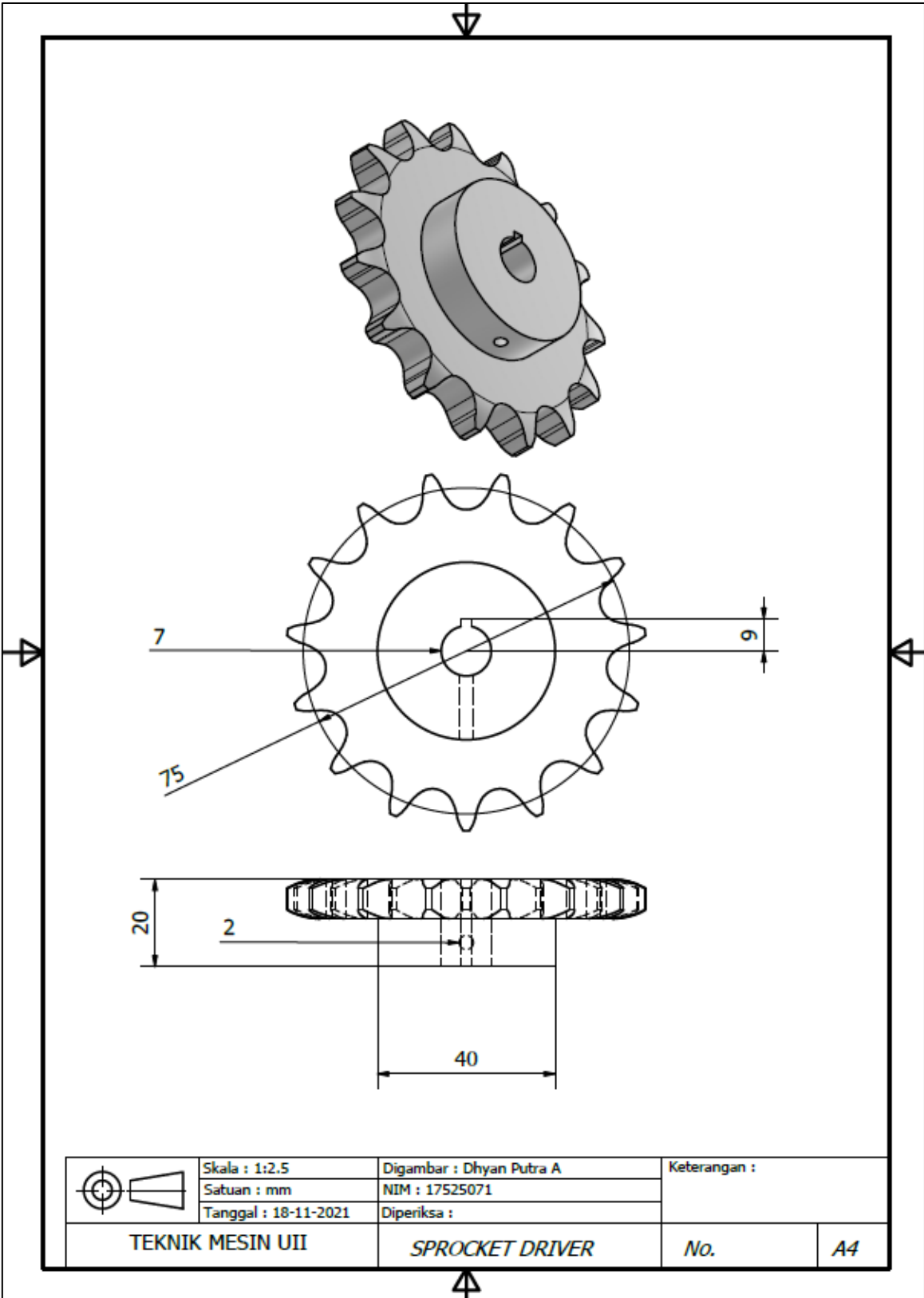


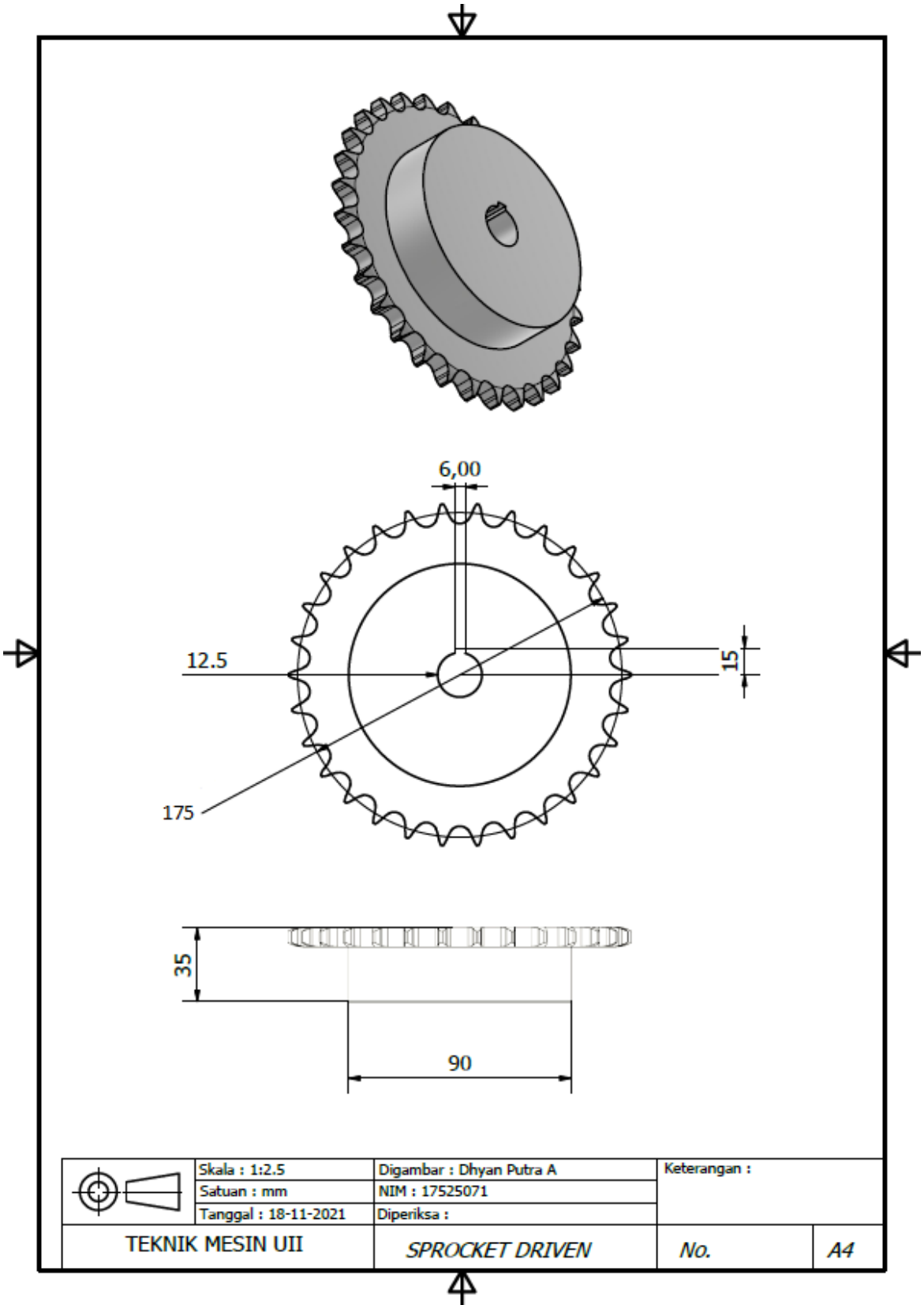
	Skala : 1:10	Digambar : Dhyhan Putra A	Keterangan :		
	Satuan : mm	NIM : 17525071			
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :			
TEKNIK MESIN UII	RANGKA	<i>No.</i>	<i>A4</i>		



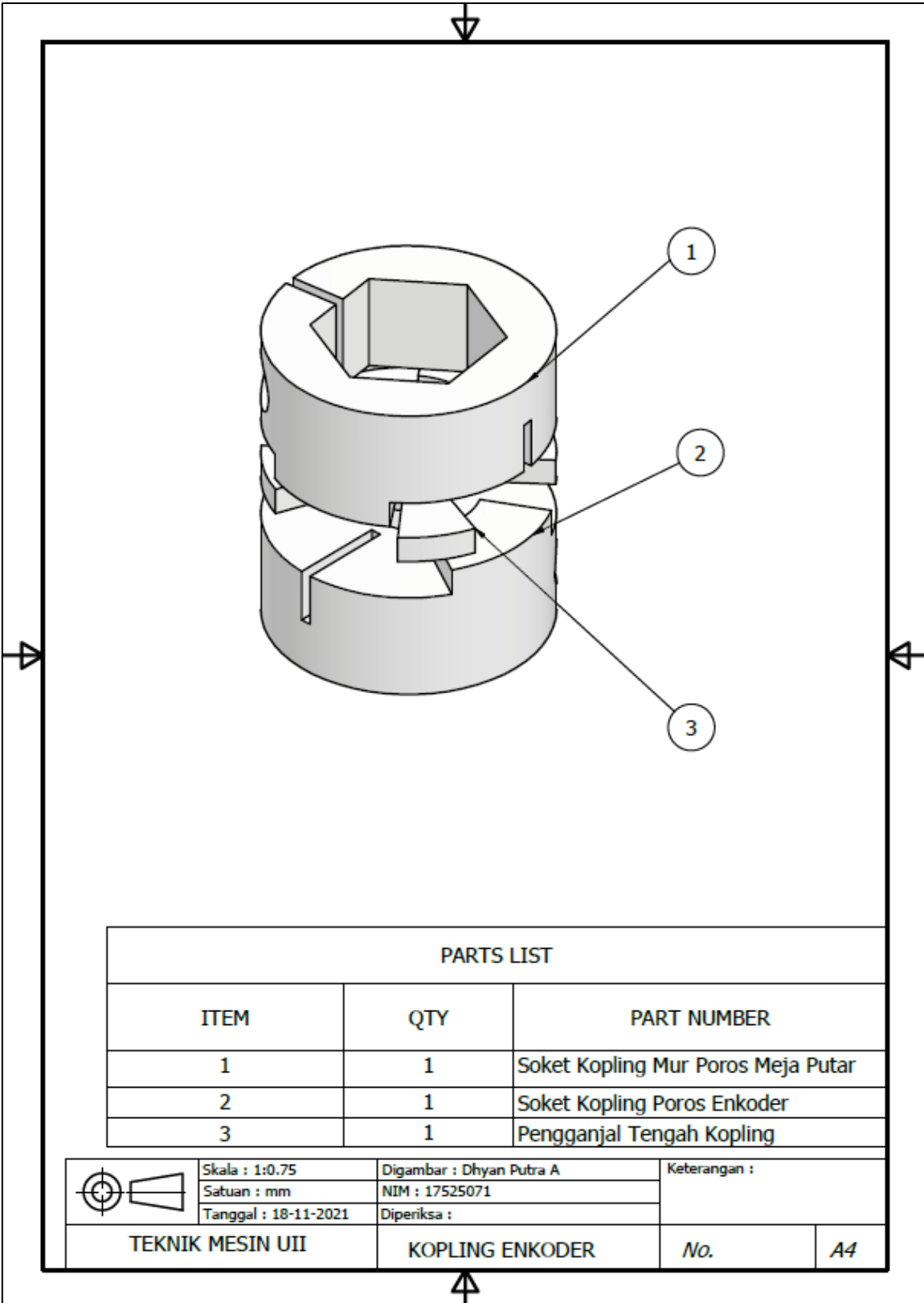
	Skala : 1:10	Digambar : Dhyhan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	PAPAN MEJA PUTAR	No.	A4	





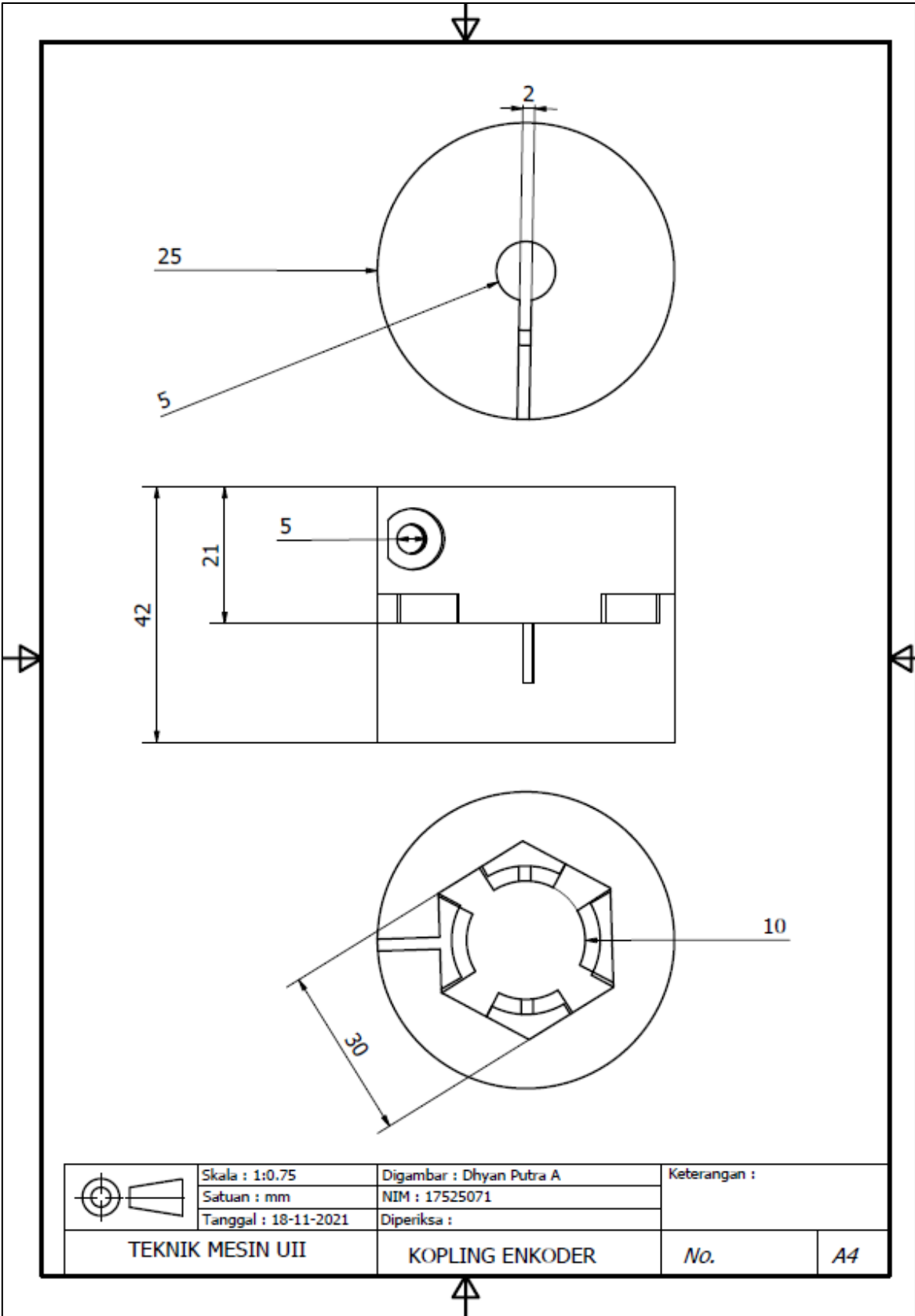


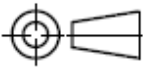
	Skala : 1:2.5	Digambar : Dhyan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	<i>SPROCKET DRIVEN</i>		No.	A4

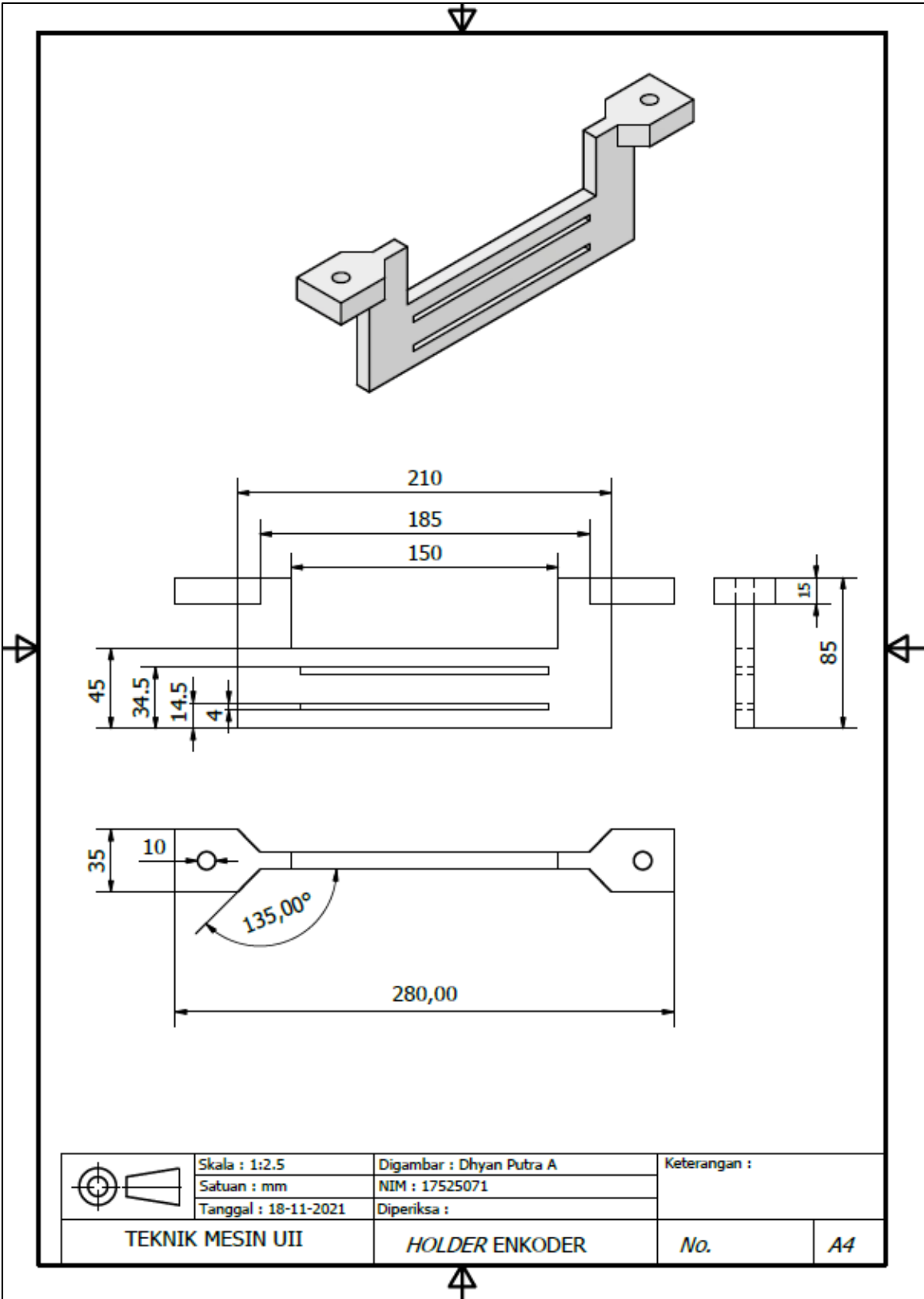


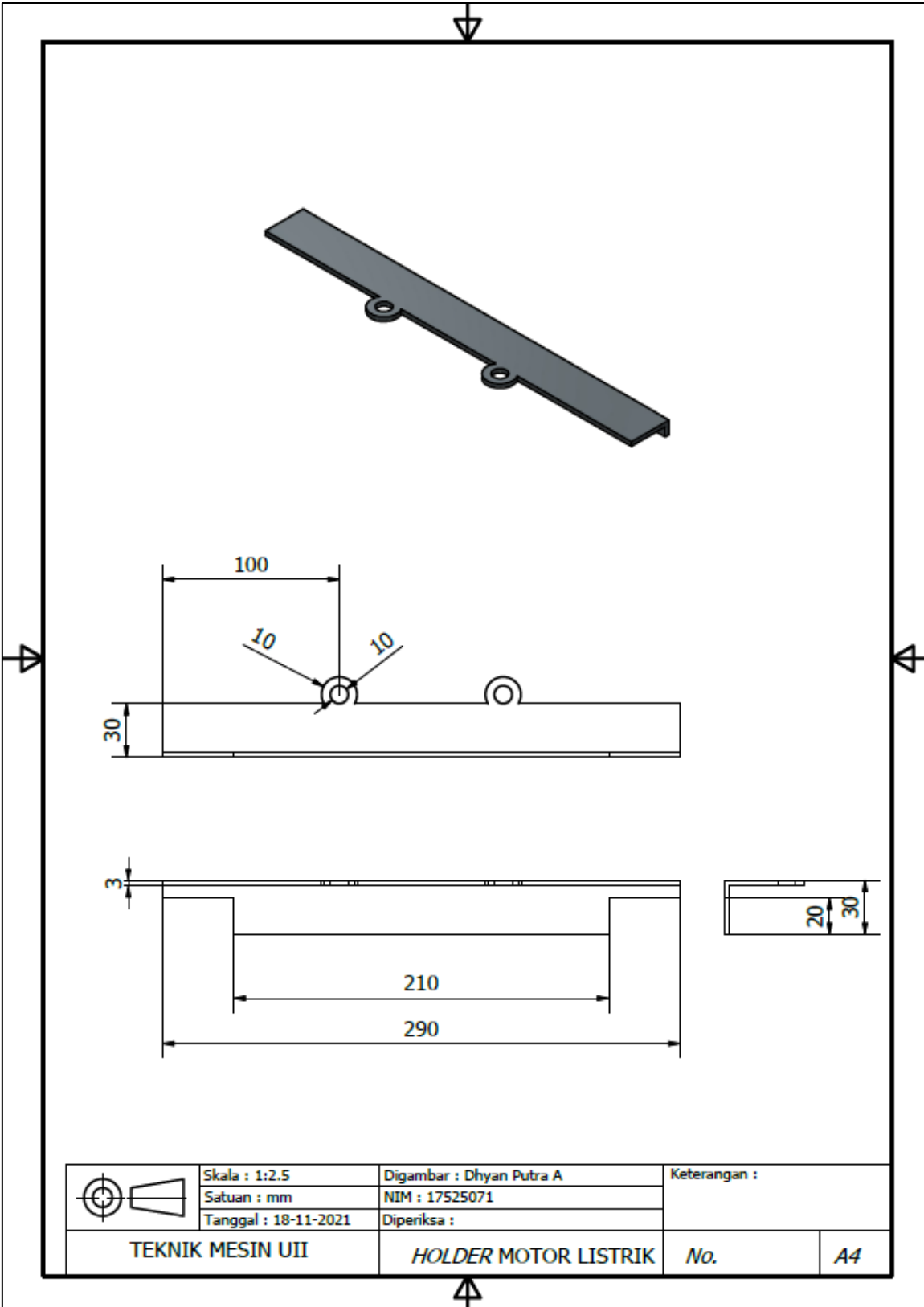
PARTS LIST		
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Soket Kopling Mur Poros Meja Putar
2	1	Soket Kopling Poros Enkoder
3	1	Pengganjal Tengah Kopling


	Skala : 1:0.75	Digambar : Dhyan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	KOPLING ENKODER	No.	A4	



	Skala : 1:0.75	Digambar : Dhyhan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	KOPLING ENKODER	No.	A4	





	Skala : 1:2.5	Digambar : Dhyan Putra A	Keterangan :	
	Satuan : mm	NIM : 17525071		
	Tanggal : 18-11-2021	Diperiksa :		
TEKNIK MESIN UII	HOLDER MOTOR LISTRIK		No.	A4

LAMPIRAN Program

