



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA *ELBOW*
SUPERHEATER UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN
SISTEM PNEUMATIK**

**SKRIPSI
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Zezero Meo Cahaya Alam

NIM. 2202411005

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA *ELBOW*
SUPERHEATER UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN
SISTEM PNEUMATIK**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Zezero Meo Cahaya Alam

NIM. 2202411005

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



“Skripsi ini kupersembahkan sebagai bentuk penghormatan dan rasa terima kasih kepada Bangsa Indonesia, kedua orang tua saya, serta Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.”



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

LAPORAN SKRIPSI

PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA ELBOW SUPERHEATER UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN SISTEM PNEUMATIK

Oleh:

Zezero Meo Cahaya Alam

NIM. 2202411005

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Laporan Skripsi Telah di setujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Radhi Maladzi , S.T., M.T
NIP. 199307282024061001

林祐正

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Manufaktur

Radhi Maladzi , S.T., M.T
NIP. 199307282024061001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN SKRIPSI

**PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA ELBOW SUPERHEATER
UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BERBASIS
AKTUATOR MOTOR DAN SISTEM PNEUMATIK**

Oleh:

Zezero Meo Cahaya Alam

NIM. 2202411005

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 15 Juli 2026 dan Diterimanya sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan (Diploma IV) pada Program Studi Sarjana
Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Radhi Maladzi , S.T., M.T	Ketua		15 Juli 2026
2	Dhiya Luqyana , S.Tr.T., M.T.	Anggota		15 Juli 2026
3	Azam Milah Muhamad, M.T.	Anggota		15 Juli 2026

Depok, 30 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Puad Zainuri, S.T., M.Si.

NIP-197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zezero Meo Cahaya Alam
NIM : 2202411005
Tahun Terdaftar : 2022
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Skripsi ini adalah murni hasil karya intelektual saya sendiri, bukan hasil penjiplakan karya orang lain. Segala bentuk kutipan berupa gagasan, teori, maupun temuan pihak lain yang digunakan di dalam laporan ini telah dirujuk secara tepat mengikuti standar etika ilmiah yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya susun dengan sebenar-benarnya.

Taiwan, 30 Juni 2026



Zezero Meo Cahaya Alam
NIM. 2202411005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA *ELBOW SUPERHEATER* UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN SISTEM PNEUMATIK

Zezero Meo Cahaya Alam¹, Radhi Maladzi¹

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik

Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: zezero.meo.cahaya.alam.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Proses pembengkokan pipa *elbow superheater* secara manual seringkali menghadapi kendala terkait konsistensi, waktu pengerjaan, dan tingkat kepresisian. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin *bending* pipa semi-otomatis berbasis aktuator motor dan sistem pneumatik guna meningkatkan efisiensi dan kualitas pembentukan pipa baja paduan ASME SA213 T12. Metode penelitian yang digunakan adalah VDI 2221 yang menetapkan 1 dari 3 varian konsep sebagai rancangan terpilih berdasarkan hasil *Focus Group Discussion* (FGD) bersama praktisi industri. Evaluasi kelayakan mekanis dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS LS-DYNA. Hasil simulasi dengan parameter putaran motor 2 rpm dan waktu aktuasi 7,65 detik menunjukkan tegangan *von-Mises* maksimal sebesar 942,45 MPa, melampaui batas luluh material (418 MPa) sehingga deformasi plastis tercapai dengan aman tanpa memicu cacat sobek, divalidasi oleh regangan plastis sebesar 26,22% (di bawah batas putus 30%). Meskipun aman secara struktural, evaluasi geometri menunjukkan penipisan dinding *extrados* sebesar 23,05% dan deviasi sudut akhir sebesar 1,46° dari target 90° akibat fenomena *springback* yang mereduksi sudut kompensasi 91,58° menjadi 88,54°. Hasil ini menyimpulkan bahwa rancangan berhasil secara fungsional untuk mendeformasi pipa secara permanen, namun memerlukan kalibrasi sudut lanjutan untuk memenuhi standar toleransi fabrikasi.

Kata Kunci: Mesin *Bending*, VDI 2221, Pipa *Superheater*, ANSYS LS-DYNA, Deformasi Plastis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERANCANGAN MESIN BENDING PIPA *ELBOW SUPERHEATER* UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN SISTEM PNEUMATIK

Zezero Meo Cahaya Alam¹, Radhi Maladzi¹

¹Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik

Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: zezero.meo.cahaya.alam.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

The manual bending process of superheater elbow pipes often faces constraints regarding consistency, processing time, and precision levels. This research aims to design a semi-automatic pipe bending machine driven by a motor actuator and a pneumatic system to improve the efficiency and forming quality of ASME SA213 T12 alloy steel pipes. The research methodology applies the VDI 2221 guideline, which established one out of three concept variants as the selected design based on the results of a Focus Group Discussion (FGD) with industry practitioners. The mechanical feasibility evaluation was conducted using ANSYS LS-DYNA software. Simulation results with a motor rotation parameter of 2 rpm and an actuation time of 7.65 seconds indicate a maximum von-Mises stress of 942.45 MPa. This value exceeds the material's yield strength (418 MPa), thereby safely achieving plastic deformation without triggering fracture defects, as validated by a maximum plastic strain of 26.22% (below the 30% elongation limit). Although structurally safe, the geometric evaluation reveals an extrados wall thinning of 23.05% and a final angle deviation of 1.46° from the 90° target due to the springback phenomenon, which reduced the 91.58° compensation angle to 88.54°. These results conclude that the design is functionally successful in permanently deforming the pipe, but requires further angle calibration to meet fabrication tolerance standards.

Keywords: *Bending Machine, VDI 2221, Superheater Pipe, ANSYS LS-DYNA, Plastic Deformation.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PERANCANGAN MESIN *BENDING* PIPA *ELBOW* *SUPERHEATER* UNIT BOILER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP BERBASIS AKTUATOR MOTOR DAN SISTEM PNEUMATIK”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

1. Kedua orang tua yang selalu memberi restu, doa dan dukungan, baik secara moril dan materil sehingga jenjang pendidikan D4 ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Dr.,Fuad Zainuri, S.T.,M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Radhi Maladzi, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta dan dosen pembimbing 1 dalam kepenulisan serta isi dari skripsi.
4. Bapak 林祐正 selaku dosen St. John University dan dosen pembimbing 2 yang memberikan masukan terkait kepenulisan dan isi dari Skripsi.
5. Seluruh Dosen pengajar di jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu-ilmunya yang sangat berharga.
6. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur dan Program 3+1 St. John University Taiwan yang selalu memberikan dukungan dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan kontribusi nyata baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, saya dengan senang hati menerima masukan dari berbagai pihak yang membacanya agar menjadi lebih baik kedepannya.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan seluruh pihak yang telah membantu hingga selesainya skripsi ini sehingga berguna dan membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Taiwan, 30 Juni 2026

Zezero Meo Cahaya Alam





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Landasan Teori.....	7
2.1.1 Skema PLTU	7
2.1.2 Boiler.....	9
2.1.3 Pipa.....	13
2.1.4 VDI 2221.....	18
2.1.5 Sistem Pneumatik	25
2.1.6 Deformasi Elastis-Plastis dan Diagram Tegangan-Regangan.....	34
2.1.7 Teori Proses Bending.....	36
2.1.8 Momen Inersia	38
2.1.9 Section Modulus.....	39
2.1.10 Momen Bending dan Torsi Desain.....	39
2.1.11 Daya Motor dan Perhitungan Gearbox Reducer.....	40
2.1.12 Rasio Reduksi Transmisi (Gearbox)	41
2.1.13 Gaya Tangensial dan Gaya Jepit Minimum.....	42



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.14 Gaya dan Dimensi Silinder Pneumatik	42
2.1.15 Konsumsi Udara dan Kapasitas Kompresor	46
2.1.16 Fenomena Efek Balik (Springback)	47
2.2 Kajian Literatur	48
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	54
3.1 Jenis Penelitian	54
3.2 Objek Penelitian	54
3.3 Metode Pengambilan Sampel	55
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	55
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian	56
3.6 Metode Analisis Data	57
3.7 Diagram Alir Perancangan	57
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Proses Perancangan Mesin Bending Pipa menggunakan VDI 2221	60
4.1.1 Clarification of Task	60
4.2 Material Pipa Superheater	80
4.3 Penentuan Kebutuhan Motor Listrik	81
4.3.1 Momen Inersia Penampang dan Modulus Penampang	81
4.3.2 Momen Bending dan Torsi Desain	82
4.3.3 Daya Motor dan Perhitungan Transmisi Gearbox	83
4.3.4 Motor Control Circuit Wiring	84
4.4 Perancangan Sistem Pneumatik Penjepit Pipa	85
4.4.1 Gaya Tangensial dan Gaya Jepit Minimum	85
4.4.2 Dimensi Aktuator Pneumatik dan Konsumsi Fluida	86
4.4.3 Diagram Sistem Pneumatik	87
4.5 Analisis Efek Balik (Springback) Pipa	89
4.5.1 Deviasi Kelengkungan dan Radius Akhir	89
4.5.2 Menghitung Faktor Springback	90
4.5.3 Menghitung Sudut Akhir Setelah Springback	91
4.6 Analisis Hasil Design Menggunakan Software Ansys	92
4.6.1 Engineering Data	92
4.6.2 Pengaturan Kondisi Batas dan Pembebanan	93
4.6.3 Analisis Distribusi Tegangan Plastis	96
4.6.4 Analisis Perubahan Ketebalan Dinding	99



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.6.5 Analisis Akurasi Sudut Bending dan Fenomena Springback.....	102
BAB V.....	104
5.1 Kesimpulan	104
5.2 Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN.....	110





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Kajian Literatur.....	48
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi	64
Tabel 4. 2 Daftar Kehendak	65
Tabel 4. 3 Tabel Abstraksi 1	68
Tabel 4. 4 Tabel Abstraksi 2	69
Tabel 4. 5 Daftar Prinsip Solusi	73
Tabel 4. 6 Evaluasi Varian Konsep.....	78
Tabel 4. 7 Parameter Material ASME SA213 T12	81
Tabel 4. 8 Perbandingan Sudut Hasil Simulasi dengan Standar PFI ES-3	103



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema PLTU	7
Gambar 2. 2 Boiler furnace dan distribusi temperatur pada boil	10
Gambar 2. 3 Burner PLTU	11
Gambar 2. 4 Superheater PLTU	11
Gambar 2. 5 Economizer Boiler	12
Gambar 2. 6 Drum Boiler	13
Gambar 2. 7 Cerobong Asap PLTU	13
Gambar 2. 8 Pipa Galvanis	16
Gambar 2. 9 Pipa PVC	16
Gambar 2. 10 Pipa Baja	17
Gambar 2. 11 Pipa Stainless	18
Gambar 2. 12 Alur Perancangan dengan Metode VDI 2221	20
Gambar 2. 13 Sistem Pneumatic	25
Gambar 2. 14 Katup Solenoid	28
Gambar 2. 15 Prinsip Kerja Katup Solenoid	29
Gambar 2. 16 Simbol-simbol pada katup solenoid	30
Gambar 2. 17 Katup 2/2 Normal Tertutup	30
Gambar 2. 18 Katup 2/2 normal terbuka	31
Gambar 2. 19 Simbol dan penandaan katup sistem pneumatik	31
Gambar 2. 20 Single Acting Cylinder	32
Gambar 2. 21 Double acting cylinder	33
Gambar 2. 22 Diagram Stress-Strain	35
Gambar 2. 23 Rotary Draw Bend	37
Gambar 2. 24 Ram Style Bending	38
Gambar 2. 25 Roll Bending	38
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian VDI 2221	59
Gambar 4. 1 Struktur Fungsi Black Box Mesin Pembengkok Pipa	71
Gambar 4. 2 Struktur Fungsi Bagian Mesin Pembengkok Pipa	72
Gambar 4. 3 Variasi Konsep 1	74
Gambar 4. 4 Variasi Konsep 2	75
Gambar 4. 5 Variasi Konsep 3	75
Gambar 4. 6 Detail Design Pipe Bender	80
Gambar 4. 7 Motor Control Circuit Wiring	85
Gambar 4. 8 Diagram Sistem Pneumatik	87
Gambar 4. 9 Spesifikasi Material ASME SA213 T12	93
Gambar 4. 10 Parameter Rotational Velocity	94
Gambar 4. 11 Parameter Rigid Body Rotation	94
Gambar 4. 12 Distribusi Equivalent von-Mises Stress	96
Gambar 4. 13 Grafik Equivalent Stress Terhadap Waktu Pembengkokan	97
Gambar 4. 14 Visualisasi section view pipa pada area lengkungan maksimal	99
Gambar 4. 15 Pengukuran Ketebalan Dinding Sisi Extrados (penipisan)	100
Gambar 4. 16 Pengukuran Ketebalan Dinding Sisi Intrados (Penebalan)	100
Gambar 4. 17 Hasil Pengukuran Sudut Akhir Pipa Pasca-Simulasi	102



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kapasitas Pembangkit Listrik di Indonesia.....	110
Lampiran 2 Standar Industri Bending Pipa.....	111
Lampiran 3 Standar Industri <i>Wall Thickness</i>	112
Lampiran 4 Material Properties AISI 4140.....	113
Lampiran 5 Dokumentasi Proses Simulasi Pada Ansys LS-DYNA.....	114



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis batubara memegang peranan krusial dalam program percepatan elektrifikasi 35.000 MW di Indonesia. Merujuk pada data Kementerian ESDM, dominasi PLTU mencapai 57,22% dari total kapasitas terpasang nasional sebesar 60 GW. Tingginya penggunaan sistem ini didorong oleh tingkat efisiensi PLTU konvensional yang cukup stabil di angka 30-35% serta biaya operasional yang sangat ekonomis. Menurut catatan ESDM, biaya produksi PLTU hanya berkisar antara Rp500 hingga Rp600 per kWh, jauh lebih kompetitif dibandingkan pembangkit berbahan bakar gas yang mencapai Rp900 per kWh maupun BBM yang menyentuh Rp1.800 per kWh. Efisiensi biaya ini dimungkinkan karena harga komoditas batubara yang jauh lebih terjangkau daripada sumber energi fosil lainnya[1].

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu sistem pembangkit yang paling banyak digunakan dalam industri energi karena kemampuannya mengonversi energi termal menjadi energi mekanik dan energi listrik secara efisien. Salah satu komponen vital dalam sistem PLTU adalah boiler, yang berfungsi menghasilkan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi. Uap tersebut kemudian dialirkan melalui jaringan pipa superheater menuju turbin. Pipa superheater beroperasi pada kondisi temperatur dan tekanan yang sangat tinggi, sehingga menuntut kualitas material dan proses pembentukan yang presisi agar keandalan dan keselamatan operasi tetap terjaga[2].

Material pipa *superheater* yang umum digunakan adalah baja paduan rendah tahan panas, yaitu ASME SA213 T12. Material ini memiliki diameter luar sebesar 57 mm dengan ketebalan dinding 6 mm dan dirancang untuk bekerja pada lingkungan temperatur tinggi dalam jangka waktu lama. Karakteristik material tersebut telah dikaji melalui berbagai pengujian,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

meliputi analisis komposisi kimia menggunakan optical emission spectroscope, uji tarik untuk mengetahui sifat mekanik, pengujian kekerasan mikro Vickers, serta pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop metalografi. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa sifat mekanik dan mikrostruktur material sangat sensitif terhadap deformasi plastis yang terjadi selama proses pembentukan, termasuk pada proses pembungkakan pipa[3].

Berdasarkan penelitian sebelumnya melaporkan bahwa proses *bending* manual pada pipa *superheater* menimbulkan risiko kegagalan yang signifikan. Berdasarkan penelitian Sampurno dkk. (2025), penggunaan alat *bending* hidrolik manual menyebabkan konsentrasi tegangan tarik yang tinggi pada bagian ekstrasos pipa, yang pada akhirnya memicu degradasi sifat mekanik material. Ketidakterkendalian proses ini terbukti menyebabkan kegagalan fungsional berupa kebocoran dini pada unit PLTU, akibat beban kerja temperatur tinggi yang tidak lagi mampu ditahan oleh struktur pipa yang sudah terdeformasi secara tidak merata selama proses *bending* manual.

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa proses pembungkakan pipa *superheater* memerlukan metode yang lebih terkontrol, presisi, dan konsisten. Sebagai solusi, perancangan mesin *bending* pipa berbasis aktuator motor dan sistem pneumatik ditujukan untuk menggantikan peran operator manual. Penggunaan motor listrik memungkinkan pengaturan kecepatan sudut yang stabil untuk menjaga distribusi tegangan, sementara sistem pneumatik menjamin gaya jepit (*clamping*) yang konstan guna mencegah pergeseran pipa yang sering menjadi pemicu cacat geometrik.

Penelitian ini menggunakan metode perancangan VDI 2221 yang sistematis, dimulai dari tahap perumusan kebutuhan, perancangan konsep, perancangan wujud, hingga perancangan detail mesin bending pipa. Selain proses perancangan, aspek perilaku mekanik material pipa selama proses pembungkakan juga menjadi perhatian utama, sehingga dapat diketahui respon pipa ketika mengalami pembebanan dan deformasi akibat proses bending.

Oleh karena itu untuk mendukung evaluasi tersebut, digunakan analisis numerik menggunakan ANSYS LS-DYNA dengan pendekatan dinamika



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

eksplisit. Metode ini digunakan untuk memvalidasi apakah mekanisme gerak dari mesin yang dirancang mampu menghasilkan distribusi tegangan yang lebih aman dibandingkan dengan hasil *bending* manual yang dilaporkan dalam literatur. Dengan memodelkan fenomena nonlinier dan kontak selama proses, hasil simulasi ini akan menjadi tolok ukur kelayakan desain mesin sebelum dilakukan tahap fabrikasi.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang sudah dijelaskan, maka penulis menyimpulkan rumusan masalah yang terdiri dari:

1. Bagaimana proses perancangan mesin bending pipa berbasis motor yang dilengkapi dengan sistem penjepit pneumatik menggunakan metode perancangan VDI 2221?
2. Bagaimana penentuan parameter dan spesifikasi desain mesin bending pipa agar mampu menghasilkan proses pembengkokan pipa superheater yang lebih terkontrol dan konsisten?
3. Bagaimana respon mekanik pipa superheater berupa distribusi tegangan dan deformasi selama proses pembengkokan pada mesin yang dirancang berdasarkan hasil analisis dinamika eksplisit menggunakan ANSYS LS-DYNA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah ditentukan adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini antara lain:

1. Merancang mesin bending pipa berbasis motor yang dilengkapi sistem penjepitan pneumatik menggunakan metode perancangan VDI 2221.
2. Menentukan parameter dan spesifikasi desain mesin bending pipa yang mampu menghasilkan proses pembengkokan pipa superheater secara stabil dan terkontrol.
3. Mengevaluasi respon mekanik pipa superheater berupa deformasi dan distribusi tegangan selama proses pembengkokan menggunakan analisis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dinamika eksplisit pada ANSYS LS-DYNA sebagai validasi kelayakan desain mesin.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pemahaman penulis dalam bidang perancangan mesin, khususnya pada perancangan mesin bending pipa berbasis motor yang dilengkapi sistem penjepit pneumatik menggunakan metode perancangan VDI 2221. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman dalam melakukan analisis respon material pipa menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) melalui simulasi dinamika eksplisit pada ANSYS LS-DYNA sebagai langkah evaluasi desain sebelum proses fabrikasi.

2. Bagi Akademik

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang manufaktur dan perancangan mesin. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa maupun peneliti selanjutnya, khususnya dalam penelitian rancang bangun mesin bending pipa, penerapan metode perancangan VDI 2221, serta analisis deformasi dan tegangan material menggunakan metode simulasi numerik.

3. Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana pendukung kegiatan praktikum dan pembelajaran di bidang proses pembentukan logam, khususnya pada proses pembengkokan pipa. Selain itu, mesin yang dirancang dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran yang mendukung penerapan teori perancangan mesin secara aplikatif di lingkungan laboratorium.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian perancangan mesin bending pipa ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan mesin bending pipa berbasis motor yang dilengkapi dengan sistem penjepit pneumatik.
2. Material pipa yang digunakan sebagai objek penelitian adalah baja paduan rendah tahan panas ASME SA213 T12.
3. Proses pembengkokan yang dikaji terbatas pada pembentukan pipa dengan metode rotary bending menggunakan sistem penekanan dan penjepitan pneumatik.
4. Analisis yang dilakukan difokuskan pada respon material pipa berupa deformasi dan distribusi tegangan selama proses pembengkokan menggunakan simulasi dinamika eksplisit pada ANSYS LS-DYNA.
5. Perancangan mesin dibatasi pada pembuatan model desain dan analisis simulasi.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Kepenulisan penelitian ini dibagi atas bab-bab yang berhubungan antara satu dan lainnya. Kepenulisan ini dilakukan dengan fungsi tiap bab antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini penulis menjelaskan muali dari latar belakang kepenulisan. Dilanjutkan dengan rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penulisan, Batasan masalah penulisan, luaran dan terakhir sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini Menjelaskan mengenai studi literatur dari buku, artikel ataupun jurnal yang digunakan sebagai acuan kepenulisan.

BAB III METODOLOGI



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini menjelaskan mengenai menjabarkan perihal langkah penelitian, diagram alir, penjelasan langkah kerja penelitian dan desain perancangan awal.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil perancangan mesin bending pipa. Pembahasan meliputi tahapan perancangan menggunakan metode VDI 2221, penentuan spesifikasi dan parameter desain mesin, serta hasil analisis simulasi respon material pipa superheater berupa deformasi dan distribusi tegangan menggunakan ANSYS LS-DYNA.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan perancangan mesin bending pipa, serta menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat digunakan sebagai bahan pengembangan penelitian selanjutnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, perhitungan matematis, dan analisis komputasional terhadap mesin *bending* pipa *elbow superheater* semi-otomatis yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari penggunaan metode VDI 2221 untuk pendekatan perancangan mesin *bending* pipa *elbow superheater* menghasilkan 3 konsep desain utama yang pada akhirnya terpilih satu konsep desain. Desain yang terpilih ini memiliki keunggulan spesifikasi berupa mobilitas berbasis roda *caster*, sistem kontrol tanam yang terintegrasi langsung pada rangka utama, penggunaan *cover* sebagai pelindung mekanis dan penambah nilai estetika, serta pengaplikasian penopang *roller* untuk menjaga keseimbangan pipa. Secara operasional, desain ini bekerja secara semi-otomatis menggunakan penggerak motor listrik dan aktuator silinder pneumatik kerja ganda sebagai sistem penjepit. Keputusan untuk menggunakan desain tersebut didapatkan dari hasil *Focus Group Discussion* (FGD) bersama operator dan teknisi pemeliharaan PLTU. Hasil dari keputusan tersebut dievaluasi dan dilanjutkan dengan perancangan detail (*detail design*) secara 3D menggunakan *software solidwork*.
2. Analisis simulasi komputasional menggunakan ANSYS LS-DYNA menunjukkan bahwa mekanisme mesin berhasil mendeformasi pipa secara plastis tanpa memicu cacat robek, meskipun masih terdapat deviasi pada akurasi sudut dan penipisan dinding penampang. Secara struktural, pengoperasian aktuator selama 7,65 detik menghasilkan tegangan ekuivalen maksimal sebesar 942,45 MPa, yang telah melampaui batas luluh material SA213 T12 (418 MPa) sehingga deformasi permanen tercapai. Keamanan terhadap risiko patah tervalidasi oleh nilai regangan plastis maksimal



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sebesar 26,22%, yang masih berada di bawah batas putus elongasi material 30%. Meskipun aman secara kekuatan, evaluasi deformasi penampang mencatat terjadinya penipisan dinding *extrados* sebesar 23,05% yang melampaui batas toleransi pabrik 12,5% serta penebalan dinding *intrados* sebesar 16,61%. Dari segi kepresisian, kompensasi *overbending* sebesar 91,58° pada pergerakan *dies* belum sepenuhnya mengatasi fenomena *springback*, sehingga sudut akhir pipa terbentuk pada 88,54°. Hasil ini memiliki penyimpangan 1,46° dari target 90°, mengindikasikan perlunya penyesuaian kompensasi sudut lebih lanjut agar memenuhi standar toleransi fabrikasi PFI ES-3 sebesar $\pm 0,5^\circ$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perancangan dan analisis simulasi yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan untuk tahap pengembangan maupun penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Mengingat sudut akhir pipa masih mengalami penyimpangan sebesar 1,46° dari target 90°, disarankan untuk melakukan penambahan nilai *overbending* agar lebih besar dari 91,58°. Selain itu, untuk meningkatkan presisi pemutusan putaran motor, penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan dengan menggunakan *limit switch* guna menggantikan sistem pemutusan berbasis waktu.
2. Tingkat penipisan dinding sisi luar (*extrados*) hasil simulasi (23,05%) masih melampaui batas toleransi fabrikasi pabrik (12,5%). Oleh karena itu, disarankan untuk mengkaji penambahan komponen *mandrel* (penyangga dalam pipa) atau *wiper die* pada desain mekanis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Profesi, I. Jpi, A. Pambudi, I. Kukmana, and Y. E. Risano, “Pengaruh Nilai Spesifik Konsumsi Bahan Bakar (SFC) Terhadap Jumlah Pemakaian Batubara Di PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Peltar 2x8 MW,” vol. 4, no. 2, 2023.
- [2] R. D. Sampurno *et al.*, “ANALISIS KEGAGALAN PIPA ELBOW SUPERHEATER 90 ° TERHADAP,” vol. 8, no. 2, pp. 68–79, 2025.
- [3] Hu and D. A. B. saini Ardy, “Failure Analysis of Superheater Boiler Tube SA 213 T12,” 2019, doi: 10.1088/1757-899X/547/1/012035.
- [4] H. Abbas and M. Arif, “Analisa pembangkit tenaga listrik dengan tenaga uap di pltu,” vol. 14, no. April 2019, pp. 3–7, 2024.
- [5] N. Oemiati, S. Kimi, R. Anggraini, P. Studi, T. Sipil, and U. Muhammadiyah, “Analisa faktor kehilangan energi pada distribusi pipa dari booster kertapati sampai kawasan pasar,” vol. 07, no. 01, pp. 35–42, 2021.
- [6] S. Amna *et al.*, “Analisis efisiensi boiler tipe circulating fluidized bed (cfb) dengan metode langsung di pt xy analysis of the efficiency of circulating fluidized bed (cfb) type boiler using the direct method at pt xy,” vol. 14, no. 02, 2023.
- [7] Y. C. Dwiaji, “JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL Analisis Pengaruh Co-Firing Biomassa Terhadap Kinerja Peralatan Boiler PLTU Batubara Unit 1 PT . XYZ,” vol. 3, no. 1, pp. 7–15, 2023.
- [8] P. Asam-asam, “ANALISIS KINERJA TURBIN UAP UNIT 3 BERDASARKAN PERFORMANCE TEST DI UNIT PELAKSANA PT . PLN (PERSERO),” vol. 3, no. 1, pp. 95–106, 2021.
- [9] A. Performasi, O. Pembangkit, and T. Uap, “Multitek Indonesia : Jurnal Ilmiah,” vol. 6223, no. 2, pp. 108–115, 2024.
- [10] U. M. Area, “ANALISIS PENGARUH UNJUK KERJA AIR PRIHEATER SKRIPSI OLEH : SYAH RINAL EFENDI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN SKRIPSI” 2021.
- [11] W. D. S, E. I. Hardiansyah, and M. Ivanto, “Analisis Perhitungan Efisiensi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Boiler Kapasitas 55 Ton / Jam di PT PT . PJB (Pembangkit Jawa Bali)
PLTU Ketapang 2X10 MW,” pp. 3–7, 2017.
- [12] A. H. Ilhamdzi, “PREVENTIVE DAN BREAKDOWN MAINTENANCE
BOILER DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (Studi Kasus pada
PT . PJB UBJOM PLTU Rembang),” vol. 15, no. 2, 2022.
- [13] R. P. J. R. H. Panjaitan, J. S. Sihotang, K. M. Sirait, “Evaluasi perpindahan
panas dan efisiensi s uperheater pada unit multi fuel boiler,” vol. 14, no. 1,
pp. 54–59, 2024.
- [14] U. M. Area, “PENGARUH ECONOMIZER TERHADAP
PENINGKATAN EFISIENSI BAHAN BAKAR BOILER PADA UNIT 3
PLTU PT . PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA PEMBANGKITAN
BELAWAN,” 2019.
- [15] R. Stefanus, L. Prajodan, A. S. Wardhana, and R. H. Triyanto, “ANALISIS
KESTABILAN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL PADA STEAM
DRUM BOILER 1 DENGAN METODE NYQUIST STABILITY,” vol. 2,
no. November, pp. 1228–1239, 2022.
- [16] F. Hidayat, P. Penelitian, T. Minyak, and B. Lemigas, “Pengujian Pipa
Polietilen (PE) untuk Pemenuhan Standar pada Distribusi Gas Bumi
Sektor Rumah Tangga,” vol. 54, no. 3, pp. 179–189, 2020.
- [17] I. Setyadi, A. F. D. Khairuman, P. Studi, T. Mesin, I. Teknologi, and B.
Utomo, “ANALISIS PROSES ANNEALING TERHADAP PERFORMA
SAMBUNGAN LAS PIPA BAJA API 5L HASIL PENGELASAN ERW,”
vol. 16, no. 1, pp. 104–108, 2023.
- [18] D. Kurniawati, H. Hendaryati, J. T. Mesin, F. Teknik, U. M. Malang, and
S. Sigma, “Analisis Defect Rate Pengelasan Pipa Baja Spiral dan
Penanggulangannya Menggunakan Metode Six,” vol. 4, no. 2, pp. 338–353,
2025.
- [19] R. W. Utomo, P. Studi, and T. Kelautan, “Desain dan analisis fatigue pada
bentang bebas pipa bawah laut,” pp. 1–11, 2018.
- [20] N. N. Aztina, Belarizka, Aleksander Purba, Herry Wardono,
“PERENCANAAN CONCRETE SLAB SEBAGAI PERLINDUNGAN



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- EXTERNAL PIPA,” vol. 3, no. 1, 2024.
- [21] S. Pipa, B. Dikaji, D. Segi, and T. Dan, “Keyword : Piping,” pp. 1–4.
- [22] B. Oktaviastuti, C. Charis, and C. Nenabu, “KARAKTERISTIK PENGGUNAAN PLASTIK PVC (POLYVINYL CHLORIDE) BAHAN TAMBAHAN CAMPURAN ASPAL PORUS,” vol. 16, no. Aapa 2004, pp. 8–20.
- [23] S. A. Wibowo and E. Setianingrum, “ANALISA KESESUAIAN PIPA BAJA UNTUK KONSTRUKSI UMUM BERDASARKAN SNI 0068 : 2013,” no. November, pp. 1–2, 2017.
- [24] I. O. P. C. Series and M. Science, “Failure analysis of AISI 304 stainless steel pipeline transmission a petrochemical plant Failure analysis of AISI 304 stainless steel pipeline transmission a petrochemical plant,” 2020, doi: 10.1088/1757-899X/857/1/012006.
- [25] G. . P. W. . B. J. F. and K. H. . Grote, *Engineering Design A Systematic Approach Third Edition*. Springer: University of Liverpool Library, 2007.
- [26] M. Ispandiar, “Implementasi Sistem Pemindah Box Berbasis Pneumatik menggunakan outseal PLC,” vol. 12, no. September, pp. 477–484, 2025.
- [27] F. S. Nugraha and A. Fahrudin, “Analysis of the Effect of Pressure and Air Flowrate Variation on Pneumatic Air Cylinder Speed Using the Pneumatic Software Application [Analisa Pengaruh Variasi Tekanan dan Laju Aliran Udara Pada Kecepatan Air Cylinder Pneumatik dengan Menggunakan Aplikasi Software Pneumatik],” pp. 1–14.
- [28] P. Sistem, E. Pneumatik, P. Alat, T. Satriana, and E. Damayanti, “OTOMATIS MASA KADALUARSA MAKANAN DAN MINUMAN BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC),” vol. 18, no. 3, 2024.
- [29] S. K. G. Lembak, P. T. Pertamina, H. Rokan, and R. Zona, “OPERASI DAN TROUBLESHOOTING GAS COMPRESSOR DI STASIUN KOMPRESOR GAS (SKG) LEMBAK PT PERTAMINA HULU ROKAN REGION 1 ZONA 4,” vol. 2, no. 5, pp. 2133–2152, 2023.
- [30] M. Sitorus and H. Azis, “Perancangan Alat Bantu Swing Otomatis Untuk



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Mengurangi Kegagalan Produk Pada Industri Bahan Bangunan,” vol. 9, no. 1, pp. 26–35, 2019.
- [31] M. Nolis, N. Manukalo, and M. B. Prabowo, “Prototipe Wastafel Otomatis Berbasis Arduino dan Sensor Ultasonik,” vol. 1, no. 1, 2022.
- [32] J. J. M. J. Matheus, “PERANCANGAN SIMULASI SISTEM PERGERAKAN MENGGUNAKAN METODE REGISTER SHIFF PADA PENGONTROLAN PNEUMATIK UNTUK MESIN PENGUPAS KELAPA OTOMATIS,” vol. 1, no. 2, pp. 54–61, 2023.
- [33] J. T. Sains, S. Nurdin, L. A. Firmansyah, and P. U. Malang, “PERANCANGAN DAN UJI KONSTRUKSI MESIN PEMBENGKOK ROL (ROLL BENDING MACHINE),” vol. 3, no. 4, pp. 265–271, 2021.
- [34] S. Elektro, P. Pada, and M. Press, “RANCANG BANGUN SISTEM ELEKTRO PNEUMATIK,” vol. 6, no. 2, 2022.
- [35] C. Henry, M. Mulyadi, T. Ghozali, and L. Wijayanti, “Sistem Pemilahan Barang Berdasarkan Deteksi Label Menggunakan Vision Sensor,” vol. 17, no. 1, 2024.
- [36] S. S. U. Ria Gazali, Lukas Fedianto, M. Ganda Arya Permana, “PERANCANGAN MODUL LATIH ELEKTRO PNEUMATIC BERBASIS PLC,” vol. 02, pp. 49–54, 2022.
- [37] H. Darmadi *et al.*, “BESARNYA DEFORMASI YANG DISEBABKAN OLEH TEKANAN TBR (TANDAN BUAH REBUS),” vol. 9, no. 2, 2023.
- [38] S. Kuntoro *et al.*, “ANALISIS KEKUATAN DIES FRAME LINK PADA MESIN ROLL PIPA 2 IN,” vol. 9, no. 2, pp. 941–946, 2018.
- [39] A. E. Pramono, “ELEMEN MESIN I,” no. September, 2021.
- [40] M. L. Nayyar, *PIPING HANDBOOK*. 1992.
- [41] P. F. Institute, “PIPE BENDING METHODS , TOLERANCES , PROCESS AND MATERIAL,” in *PFI Standard ES-3, 2010.*, vol. 24, no. September, 2010.

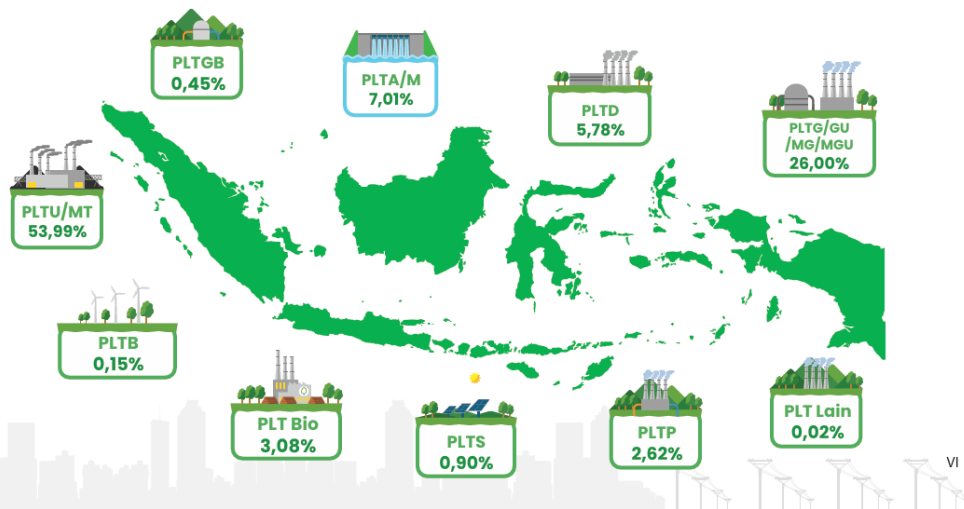


LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kapasitas Pembangkit Listrik di Indonesia

KAPASITAS TERPASANG NASIONAL

Kapasitas terpasang adalah kapasitas suatu pembangkit listrik yang sesuai dengan nameplate pada pembangkit tersebut. Pembangkit yang tidak beroperasi tetapi masih tercatat ke dalam aset tetap dimasukkan ke dalam daftar kapasitas terpasang nasional hingga aset tersebut dihapuskan. Total kapasitas pembangkit nasional pada tahun 2024 sebesar 100.649 MW dengan persentase masing-masing pembangkit yaitu PLTU/MT sebesar 53,99% PLTG/GU/MG/MGU sebesar 26,00 %, PLTD sebesar 5,78%, PLTA/M sebesar 7,01%, PLTB sebesar 0,15%, PLT Bio sebesar 3,08% PLTP sebesar 2,62%, PLTS sebesar 0,90%, PLTGB sebesar 0,45% dan PLT Lain sebesar 0,02%.



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2 Standar Industri Bending Pipa

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pipe Bend Order Form			
Pipe Fabrication Institute			
Pipe Bend Tag: Spool No. Material Spec: Pipe Diameter: Fab Code: Design Press: Design Temp: Corr. Allow: Calc'd Min Wall:		Completed By Vendor Actual Dimensions Dimension A Dimension B Dimension C Angle D Min Thick as Measured UT Point 1 : UT Point 2 : UT Point 3 : End Prep OD as Measured End "A": End "B": Actual Heat Treatment Time: Temperature: Remarks:	
Required Dimensions "A" Tang Length "B" Tang Length Dimension C Angle D Dimension A Dimension B Dimension E			
End Preparation B16.25 Sketch Control "C" "A" End: "B" End:		Tolerances Radius of Bend: Degree of Bend(D) Plane of Bend (POB) Flat Plane of Bend Linear Dimensions Ovality in Bent Area Ovality at End Prep	
Req. Heat Treatment Time Temperature		1% of Dim "C" 0.5 degrees 1.0 degrees 1% of Dim "C" 1/8"12" and under 3/16" over 12" 8% of dia after Bending ASME B16.9	
Non Destructive Testing MT/PT : Hardness Tests: Other: Bend shall be normalized and tempered after forming.		Misc Remarks Circ welds shall not be located within pipe bend	
Actual Bending temp (P1 mat > 3/4" thk only)		Remarks: Mat'l Heat No. Date Vendor Sign Off	
Pipe Bend Tag:			

Bend shall be permanently die stamped and painted with Pipe Bend Tag No.
 Bend must have the Centerlines of each run scribed in the pipe wall.

FORM 9.1
 PIPE BEND ORDER FORM

POLITEKNIK
 NEGERI
 JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Standar Industri Wall Thickness

BUILDING SERVICES PIPING

C.149

E = longitudinal joint efficiency factor

A = allowance for corrosion, mill tolerance, joint preparation, mechanical strength, and so on

For example, this is the procedure to find the proper wall for a NPS 2 (DN 50) 125-psig (860 kg/mm²) steam line with threaded fittings using A53 Grade B ERW pipe:

$$t_m = \frac{PD}{2SE} + A$$

$$P = 125 \text{ psig (878 kg/mm}^2\text{)}$$

$$D = 2.375 \text{ in (60 mm)}$$

$$SE = 12,800 \text{ psi (90,000 kg/mm}^2\text{)}$$

$$= 0.012 \text{ in} + A \text{ (0.3 mm} + A\text{)}$$

The factor A requires some consideration. The corrosion allowance depends on the expected service and the maintenance of a chemical water-treatment system. For closed systems a value of 0.025 in (0.6 mm) may be sufficient. For open systems a value of 0.065 in (1.6 mm) or higher may be needed. These values can be varied for the expected service conditions in the system being designed. The allowable mill minus tolerance for A53 pipe is given in the **ASTM specification as 12.5 percent of the nominal wall thickness**. If the pipe is to be threaded or grooved, the depth of the groove or the depth of the thread, as listed in Table C4.4, plus a tolerance of 0.015 in (0.4 mm) should be allowed. For threaded NPS 2 (DN 50) standard weight pipe which has a nominal wall thickness of 0.154 in (4 mm) the factor A will equal the sum of:

Corrosion allowance =	0.025
Mill tolerance = $0.125 \times 0.154 =$	0.019
Thread depth (from Table C4.4) = $0.070 + 0.015 =$	0.085
Total $A =$	0.129

Note: 1 in = 25.4 mm

The minimum required wall thickness plus allowance is

$$t_m = 0.012 \text{ in} + 0.129 \text{ in} = 0.141 \text{ in (3.6 mm)}$$

Select the next larger commercially available wall thickness for use. In this case standard weight pipe with a wall thickness of 0.154 in (4 mm) is suitable for the service.

Mechanical strength should be considered as the overriding wall thickness needed to withstand the shear loads at hangers, the rough handling during installation, and unanticipated use of the pipe such as for scaffolding or hoisting after installation.

If in the above example the pipe was used for 5-psig (34 kPa) steam, the wall thickness needed to withstand the pressure would be 0.0005 in. The allowances do not change so the minimum pipe wall thickness required would be 0.0005 in (0.013 mm) + 0.129 in, which is 0.1295 in (3.3 mm). This points out that the prime consider-



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Material Properties AISI 4140

Engineering Data: Material View

AISI 4140 (JIS SCM440) 2

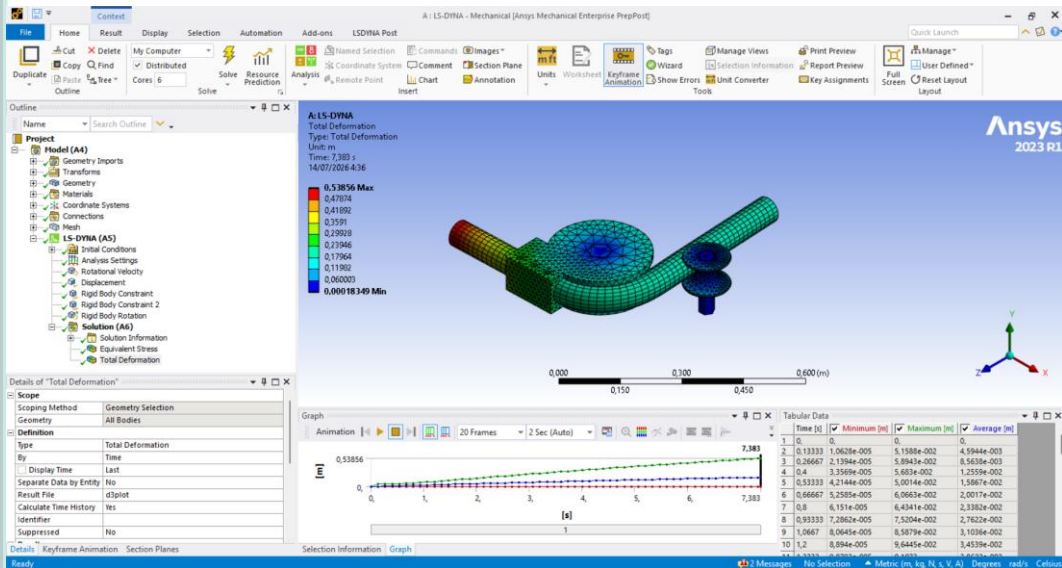
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	2,05e+11 Pa
Poisson's Ratio	0,29000
Bulk Modulus	1,627e+11 Pa
Shear Modulus	7,9457e+10 Pa
Bilinear Isotropic Hardening	

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



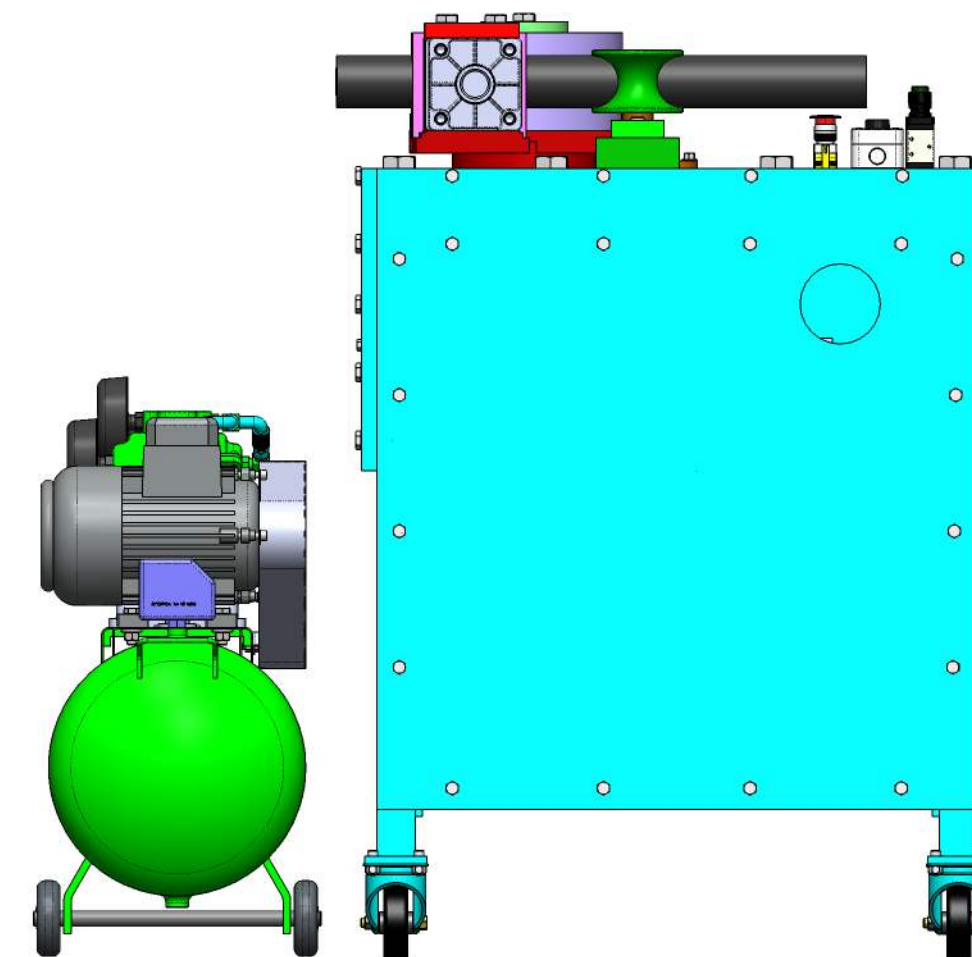
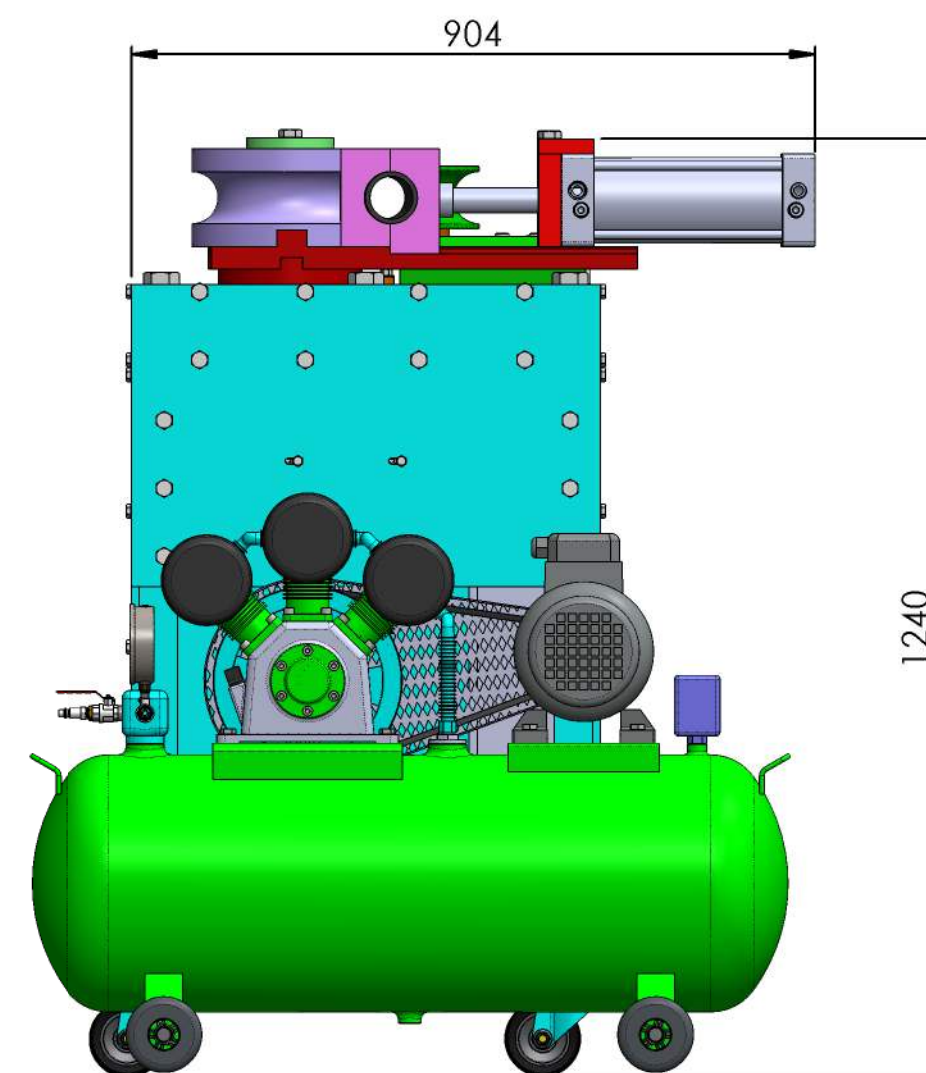
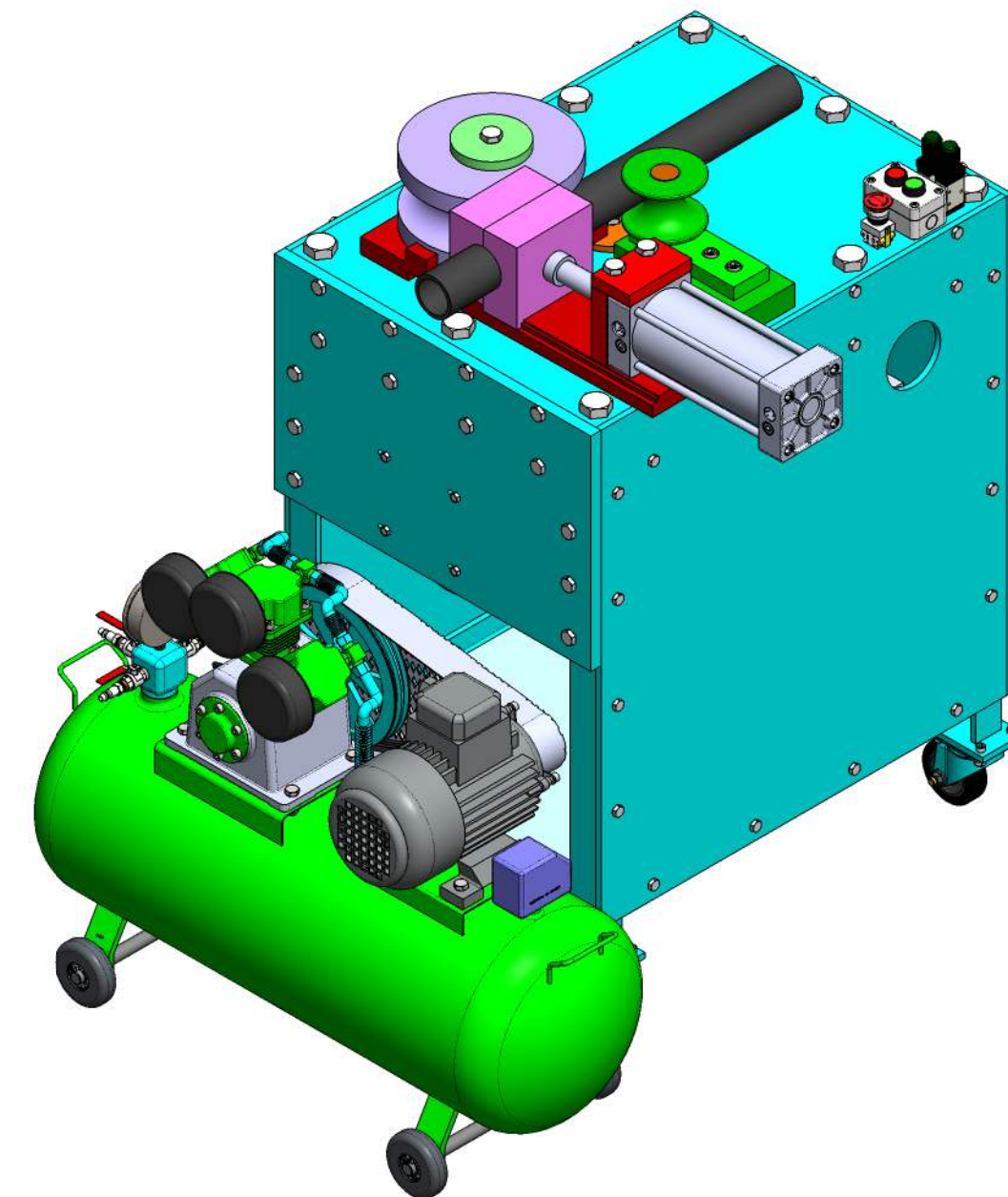
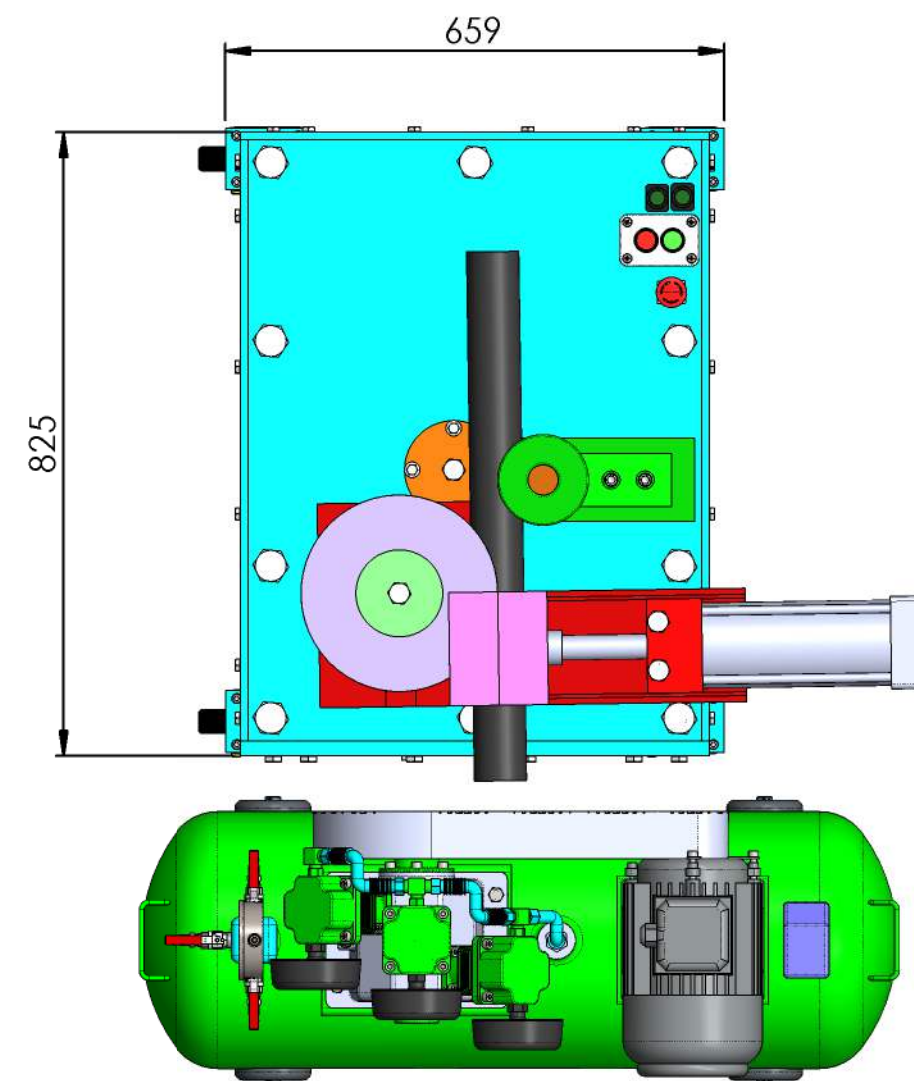
Lampiran 5 Dokumentasi Proses Simulasi Pada Ansys LS-DYNA



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

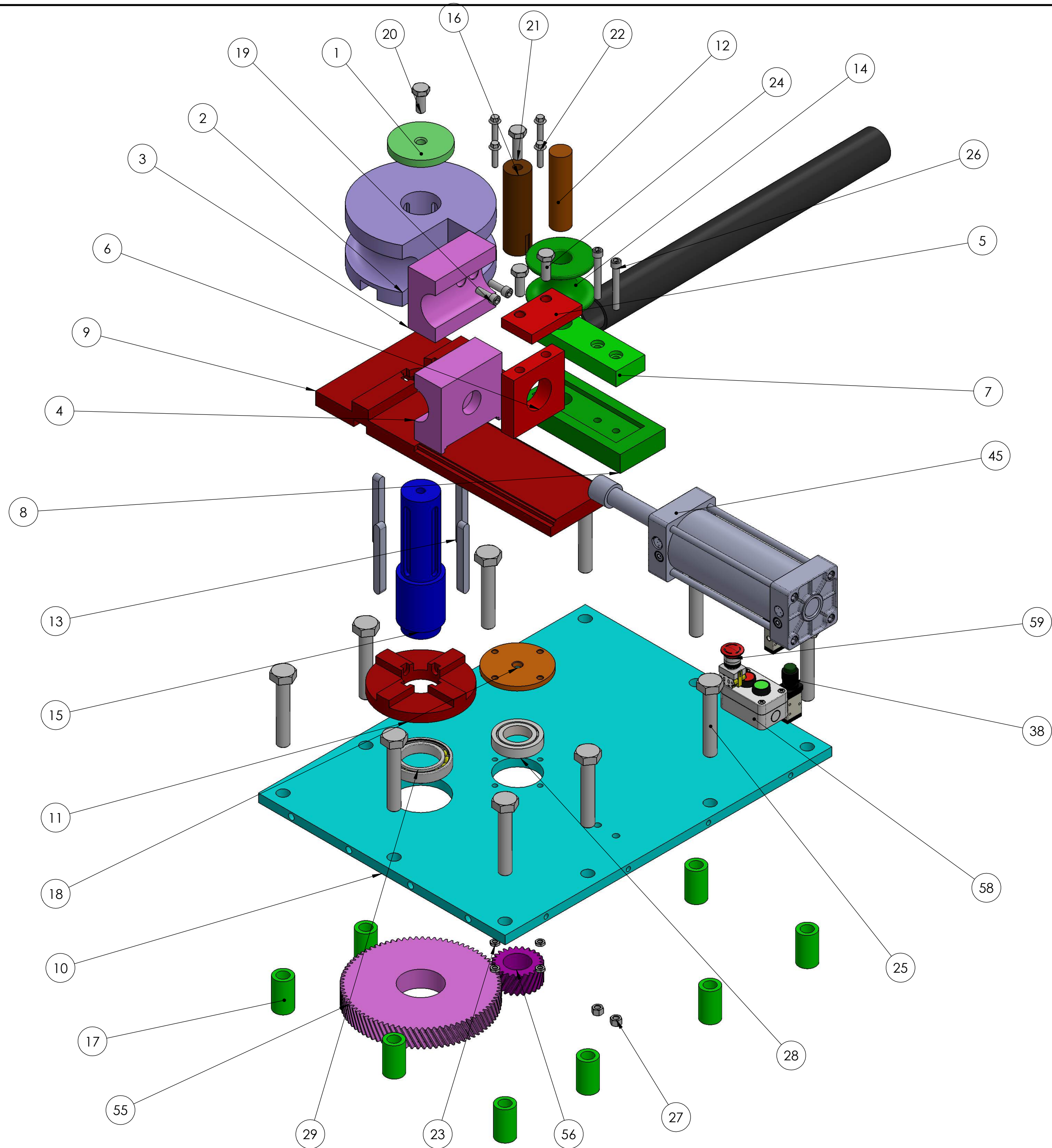
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



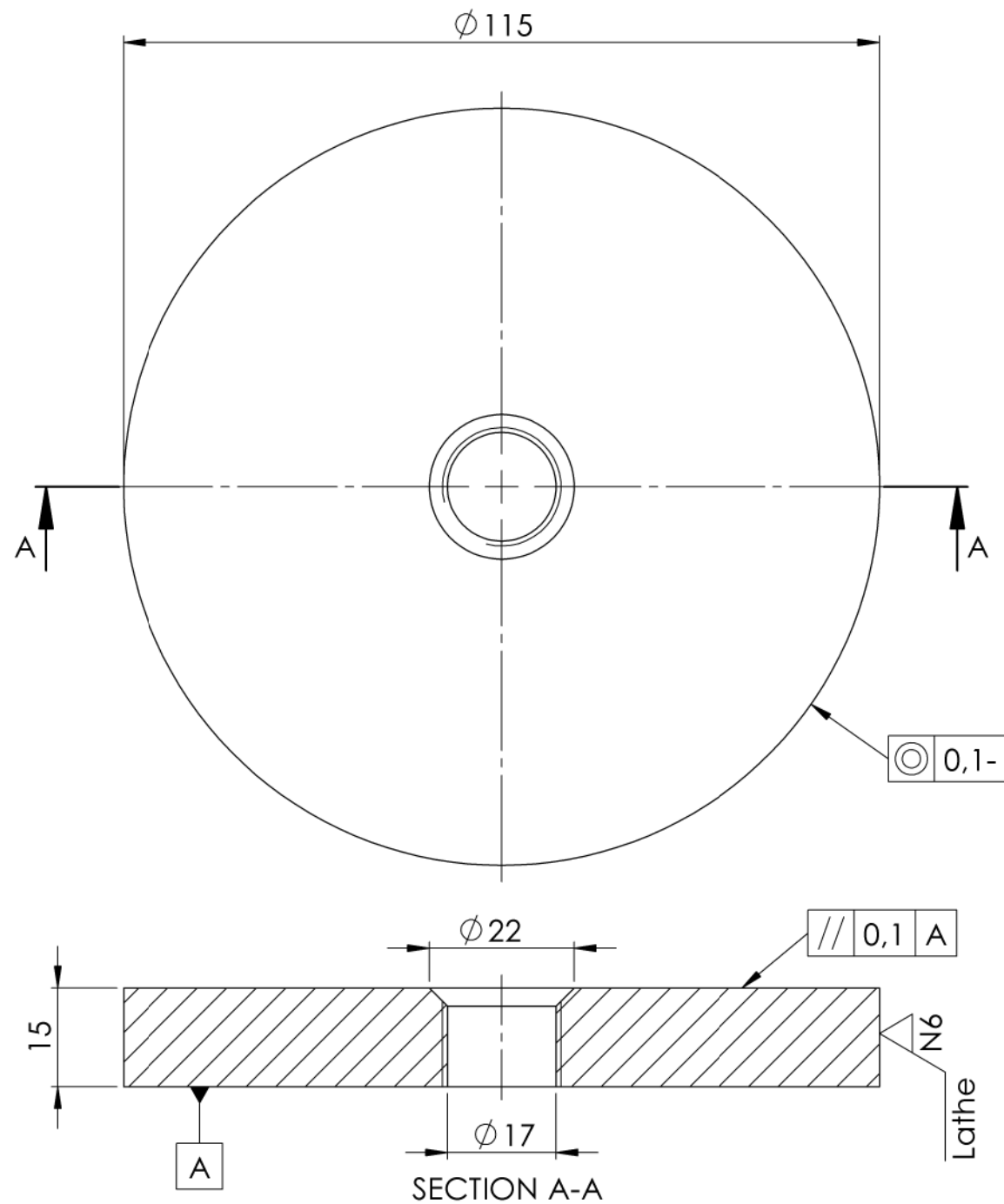
Jumlah	Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Main Assembly		
			Skala	Digambar	Zezero
			1 : 10	Diperiksa	Radhi
			POLITEKNIK NEGERI JAKARTA		
			PNJ / 8A		
			A2		



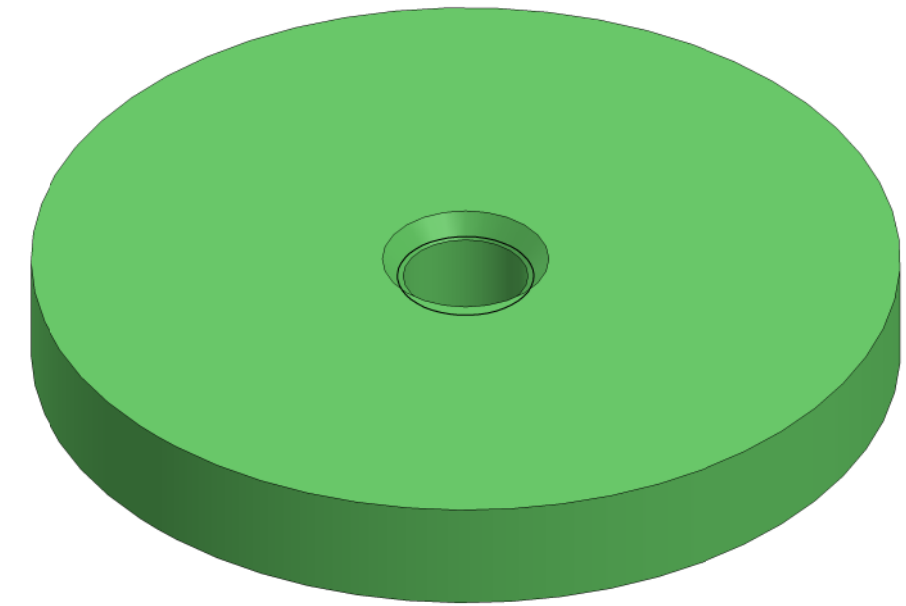


		1	Emergency Button	36				
		1	Push Button	35				
		1	Pipe	34	SA213 T12	OD57xID51		
		1	Small Helix Gear	33	Alloy Steel			
		1	Big Helix Gear	32	Alloy Steel			
		1	Pneumatic Actuator	31				
		2	Penumatic Push Button	30				
		1	Bearing 6014	29	Grade 5	OD42xID14.95		
		1	Bearing 6210	28	Grade 5	OD90xID50		
		2	Nut M12	27	Grade 5	M12X10		
		1 0	Bolt M24	26	Grade 5	M24x10		
		4	Nut M10	25	Grade 5	M10x10		
		4	Flange Screw M10	24	Grade 5	M10x1.5x40-26N		
		2	Hex Screw M16	23	Grade 5	M16x2x45-45N		
		1	Hex Screw M16	22	Grade 5	M16x2x50-50N		
		1	Bolt M16	21	Grade 5	M16x2x40-40N		
		2	Bolt M12	20	Grade 5	M12x1.75x35		
		2	Bolt M12	19	Grade 5	M12x1.75x35		
		1	Upper Small Shaft Cap	18	AISI 4140	φ 130x10		
		1 0	Retaining Cylinder	17	AISI 4140	φ 40x70		
		1	Small Shaft	16	AISI 4140	φ 50x170		
		1	Large Shaft	15	AISI 4140	φ 69x289		
		1	Pipe Roller	14	AISI 4140	φ 120x83		
		1	Slot Pin	13	AISI 4140	130x15x15		
		1	Pipe Roller Pin	12	AISI 4140	φ 40x156		
		1	Lower Rotator	11	AISI 4140	φ 190x35		
		1	Upper Layer Machine Table	10	AISI 4140	546x270x52		
		1	Pneumatic Cylinder Mount	9	AISI 4140	546x270x52		
		1	Lower Pipe Roller Mount	8	AISI 4140	245x70x40		
		1	Upper Pipe Roller Mount	7	AISI 4140	205x70x33		
		1	Welding Pneumatic Mount	6	AISI 4140	125x122x30		
		1	Upper Pneumatic Mount	5	AISI 4140	125x73x20		
		1	Square Pipe Dies 2	4	AISI 4140	150x139x65		
		1	Square Pipe Dies 1	3	AISI 4140	150x129x65		
		1	Round Pipe Dies	2	AISI 4140	φ 260x129		
		1	Round Cap Dies	1	AISI 4140	φ 115x15		
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :					
						Skala 1 : 5	Digambar	Zezero
							Diperiksa	Radhi
						POLITEKNIK NEGERI JAKARTA		PNJ / 8A
								A2

1

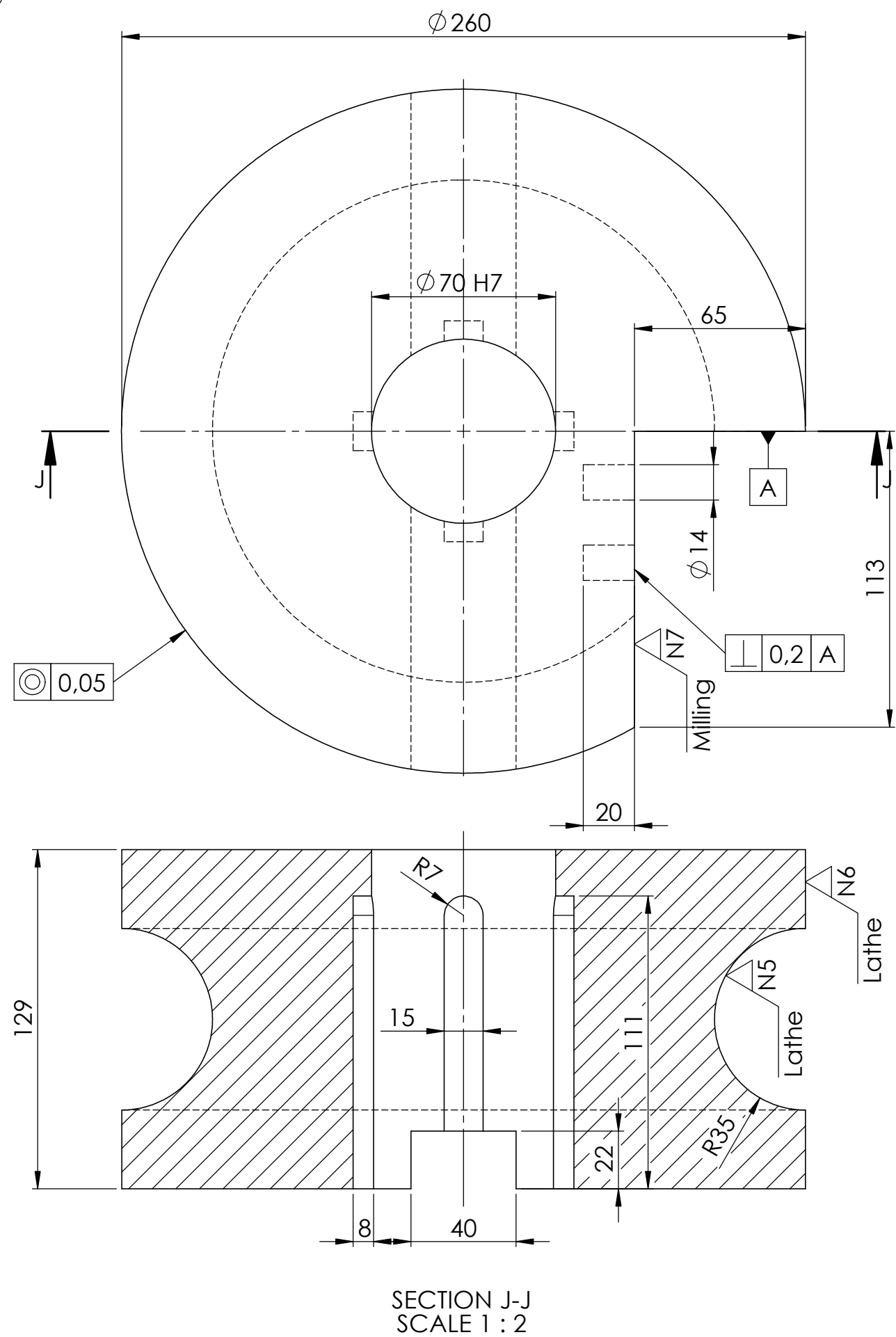


Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

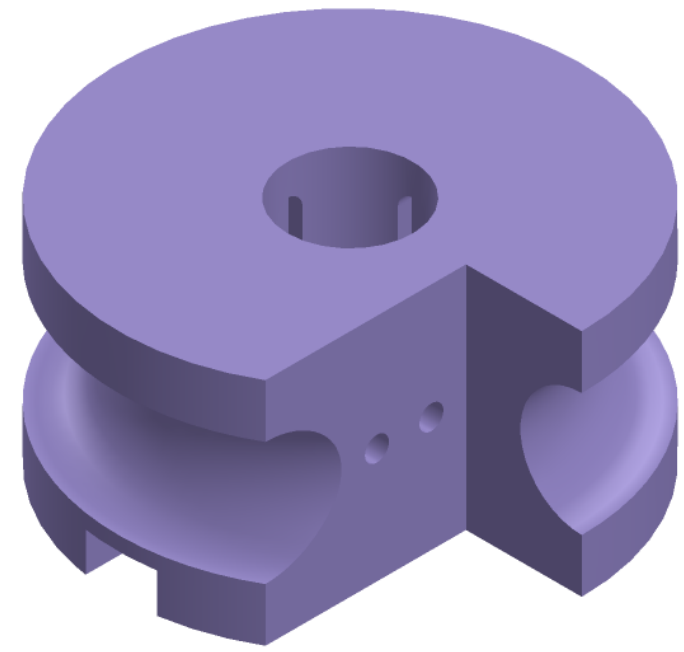


		1	Round Cap Die	1	AISI 4140	φ 115x15	
Jumlah	Nama Bagian		No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :				
Part Drawing					Skala	Digambar	Zezero
					1 : 1	Diperiksa	Radhi
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA					PNJ / 8A		A3

2



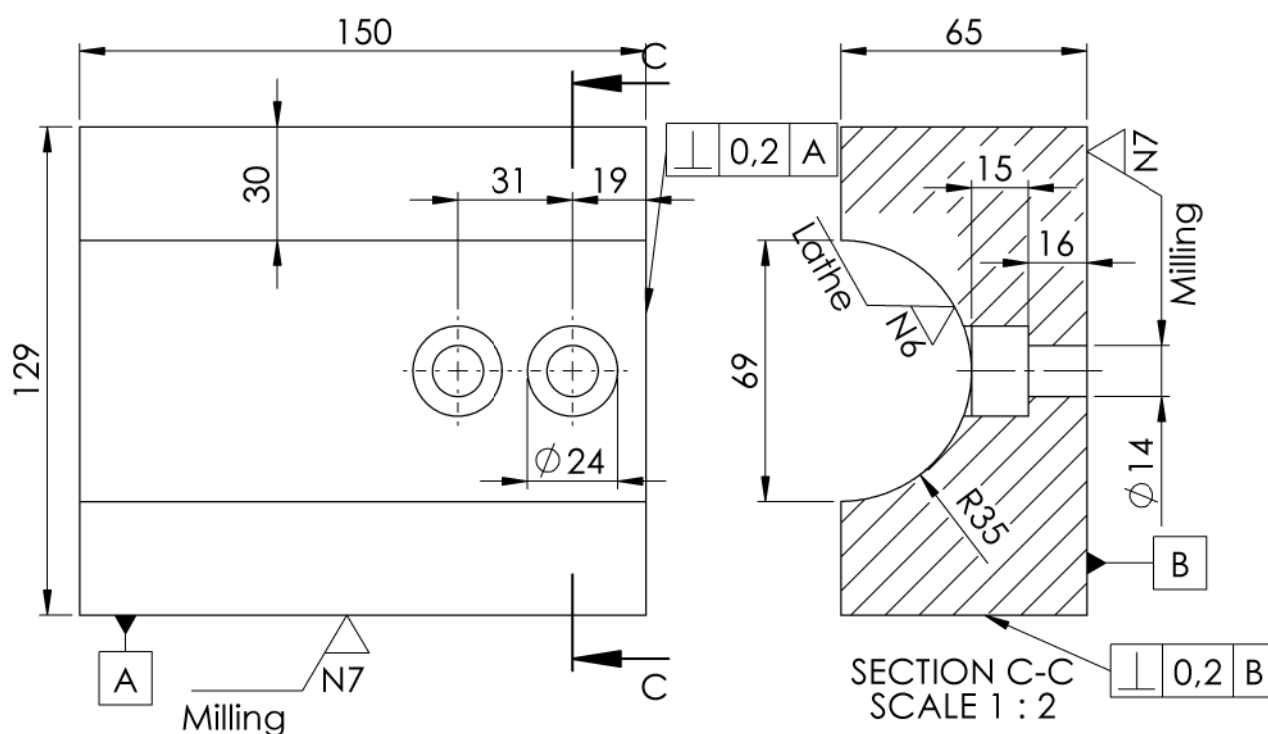
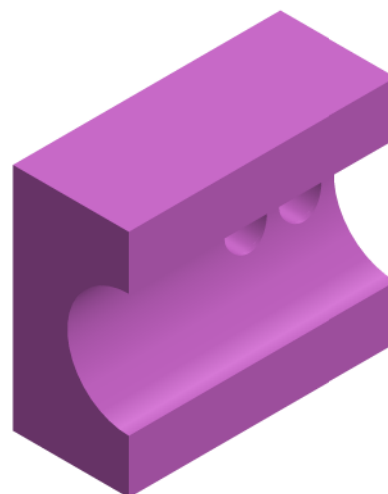
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi							
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	$\pm 0,5$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$



		1	Round Pipe Dies	2	AISI 4140	$\phi 260 \times 129$	
Jumlah			Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :				
			Part Drawing			Skala 1 : 2	Digambar Zezero
							Diperiksa Radhi
			POLITEKNIK NEGERI JAKARTA			PNJ / 8A	
						A3	

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

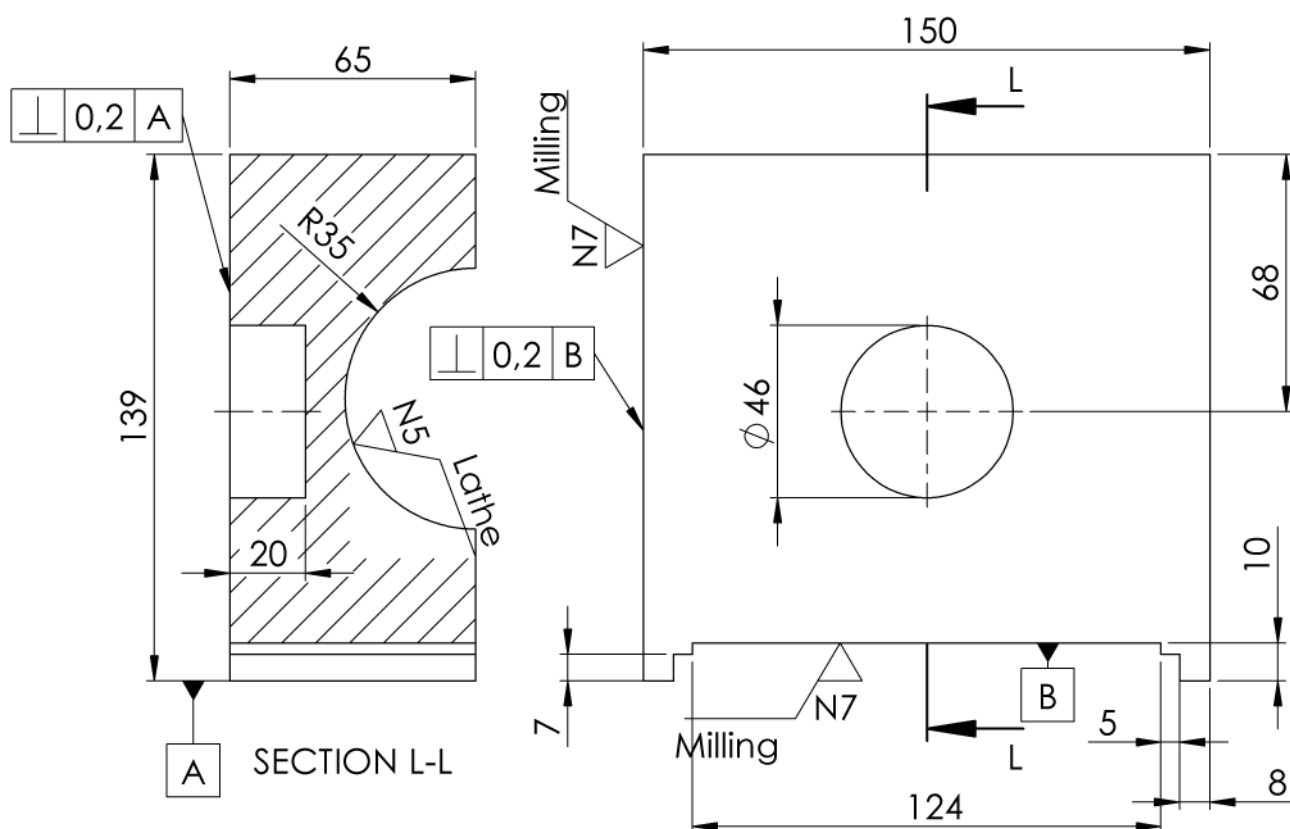
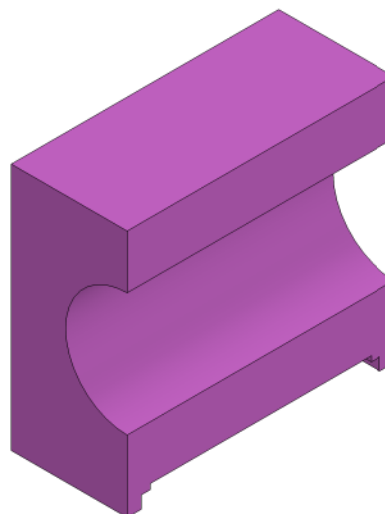
3



1	Square Pipe Dies 1	3	AISI 4140	150x129x65	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		Skala
					1 : 2
			Politeknik Negeri Jakarta		Digambar Diperiksa
			PNJ / 8A		Zezero Radhi
					A4

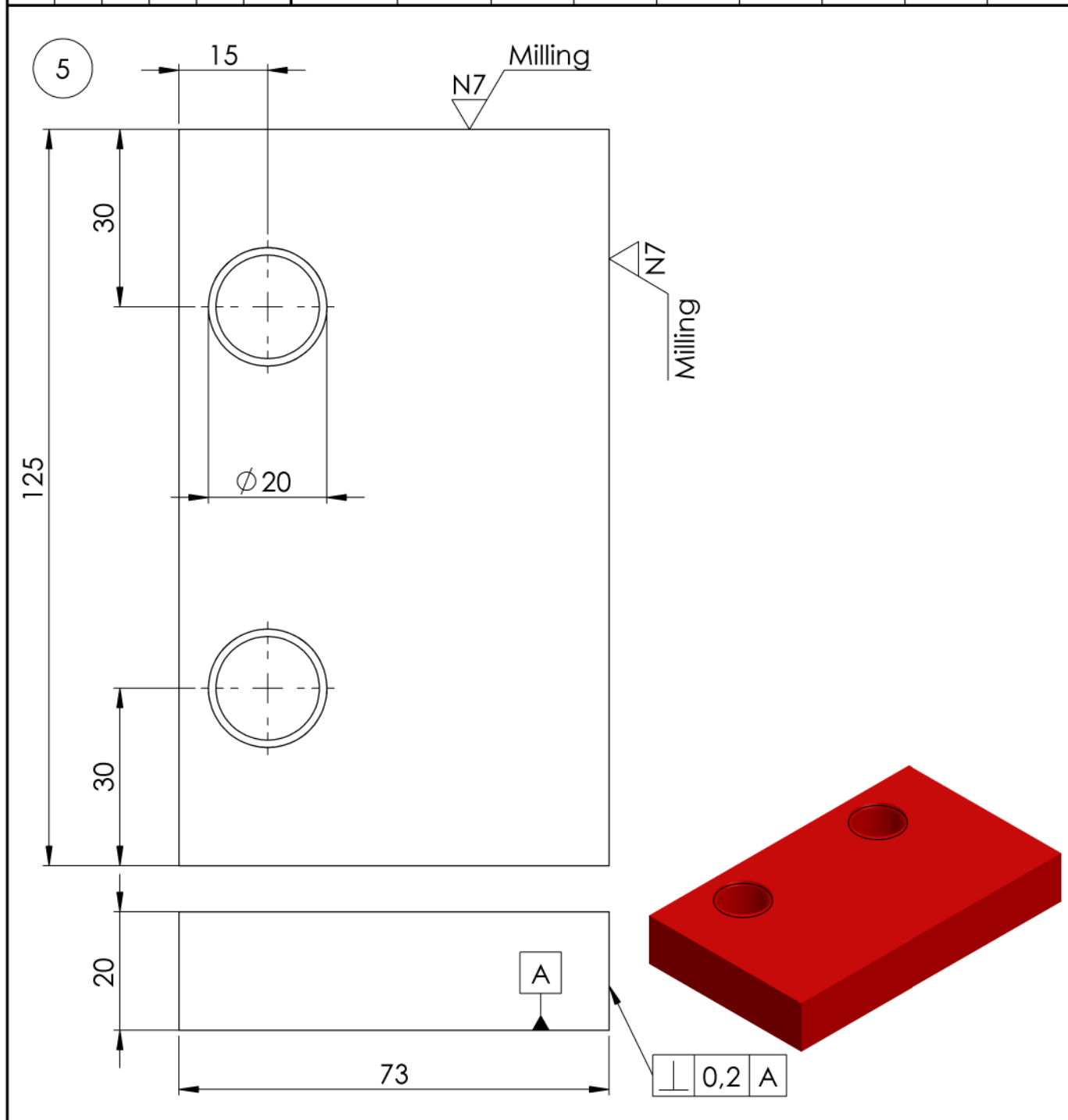
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

4



1	Square Pipe Dies 2	4	AISI 4140	150x139x65	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		Skala 1 : 2
			Politeknik Negeri Jakarta		Digambar Zezero Diperiksa Radhi
			PNJ / 8A		A4

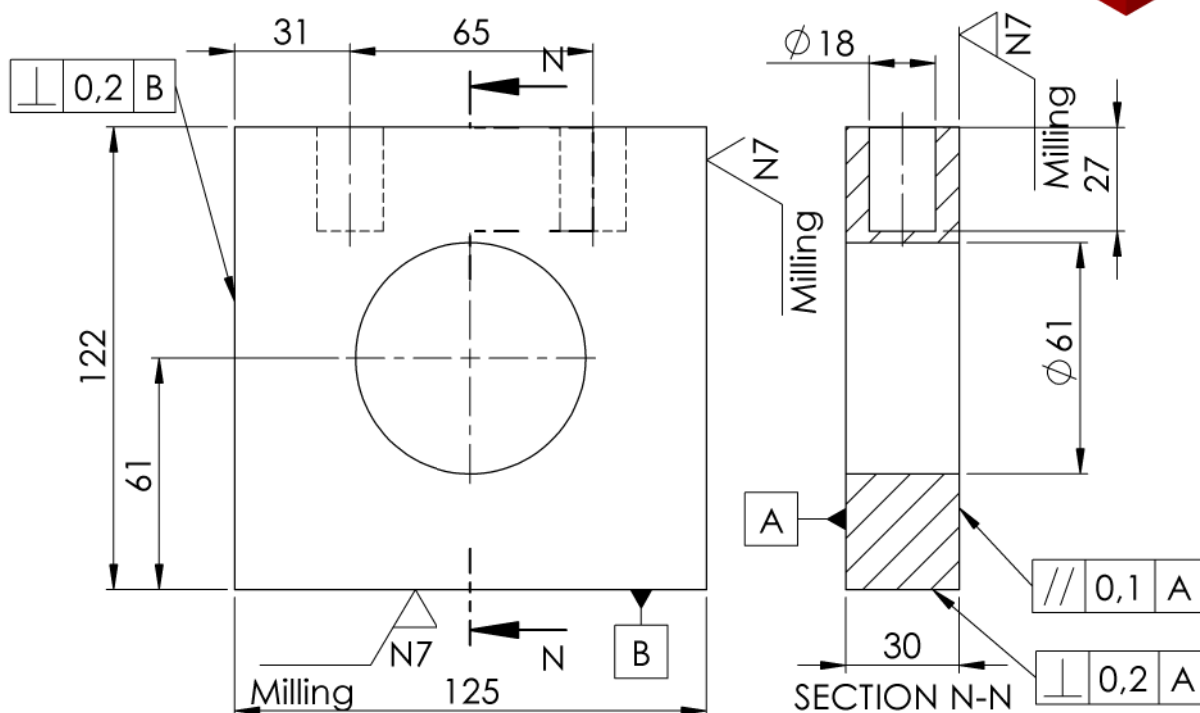
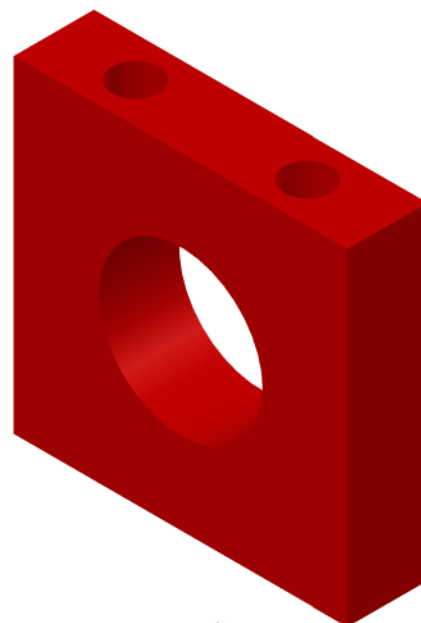
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

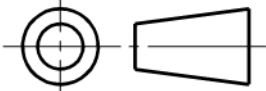


1	Upper Pneumatic Mount	5	AISI 4140	125x73x20	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		
			Skala	Digambar	Zezero
			1 : 1	Diperiksa	Radhi
Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A		
			A4		

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

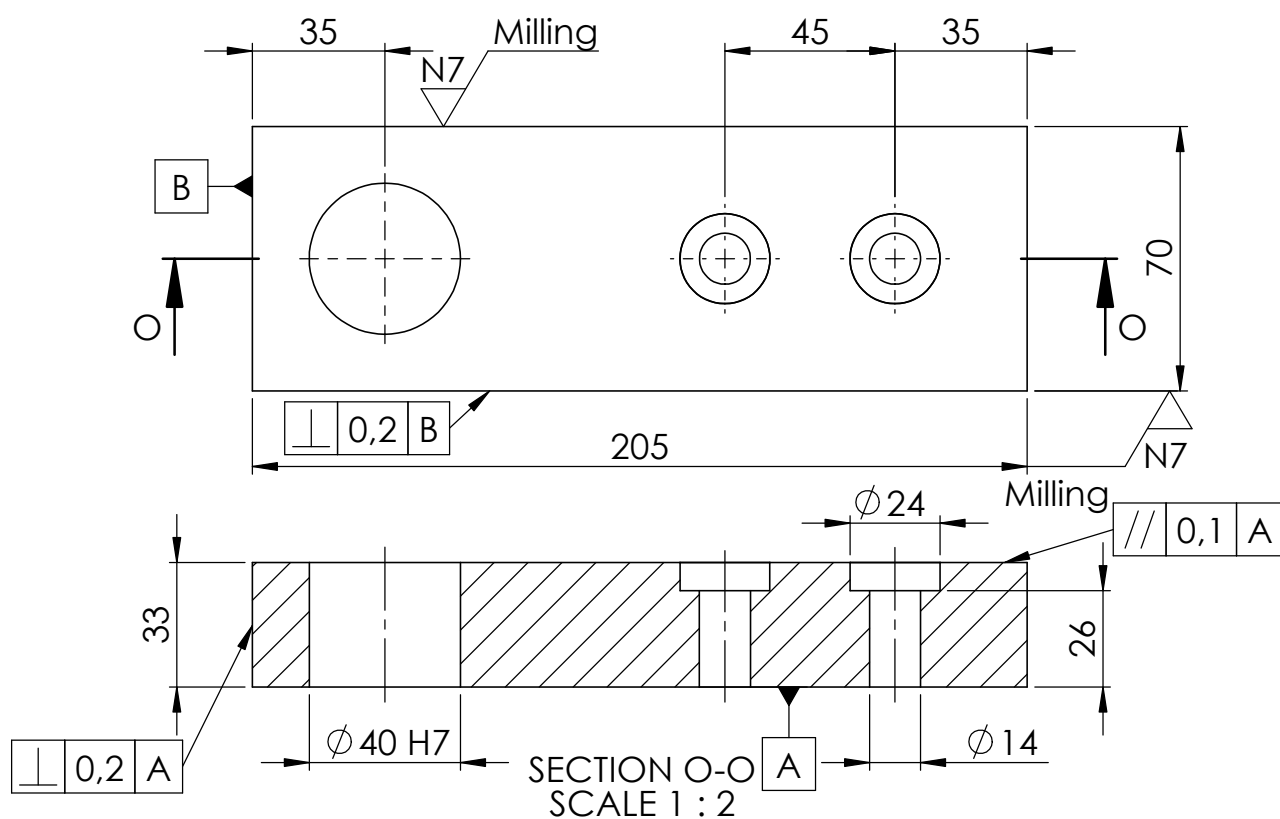
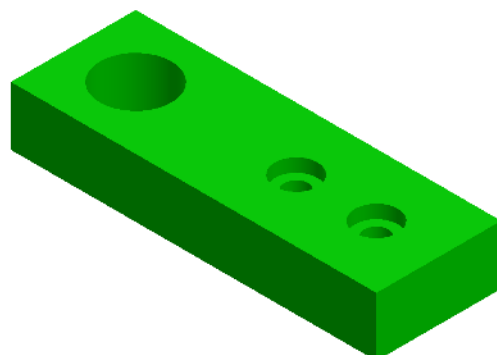
6



1			Welding Pneumatic Mount		6	AISI 4140	125x122x30			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

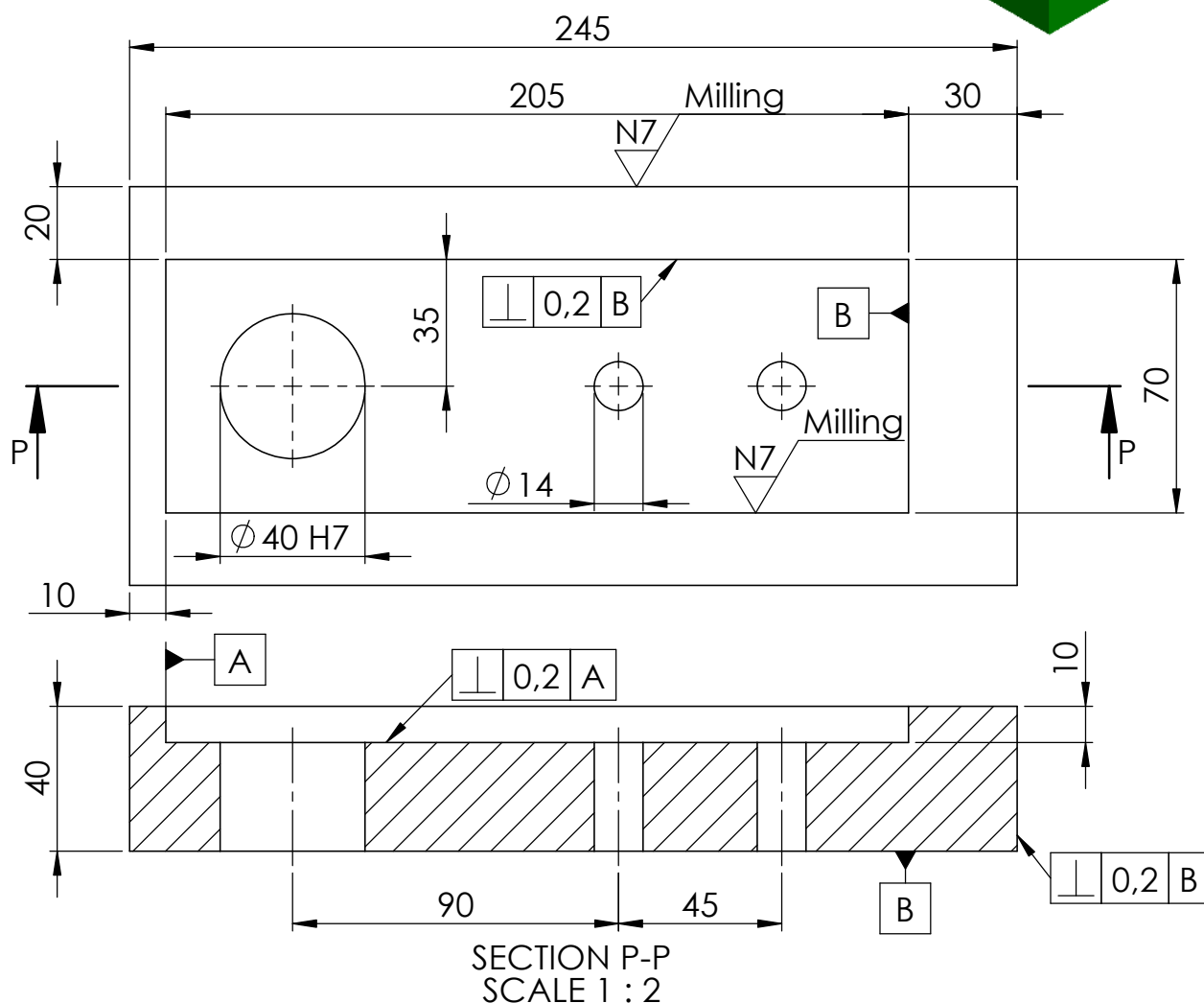
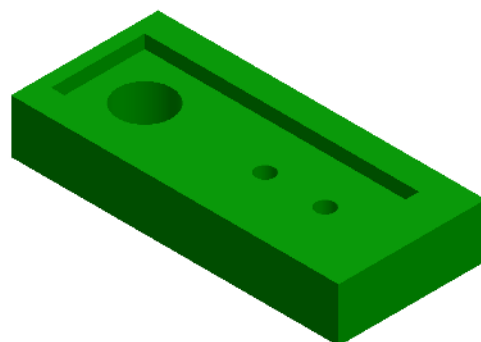
7



1	Upper Pipe Roller Mount	7	AISI 4140	205x70x33	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		Skala 1 : 2
			Politeknik Negeri Jakarta		Digambar Diperiksa Zezero Radhi
			PNJ / 8A		A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

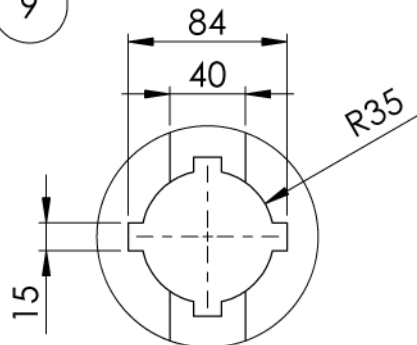
8



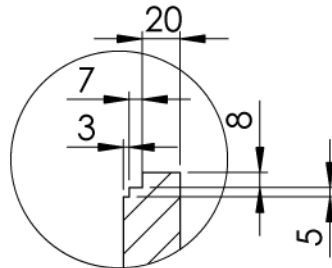
1	Lower Pipe Roller Mount	8	AISI 4140	245x70x40	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		Skala 1 : 2
			Politeknik Negeri Jakarta		Digambar Diperiksa Zezero Radhi
			PNJ / 8A		A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

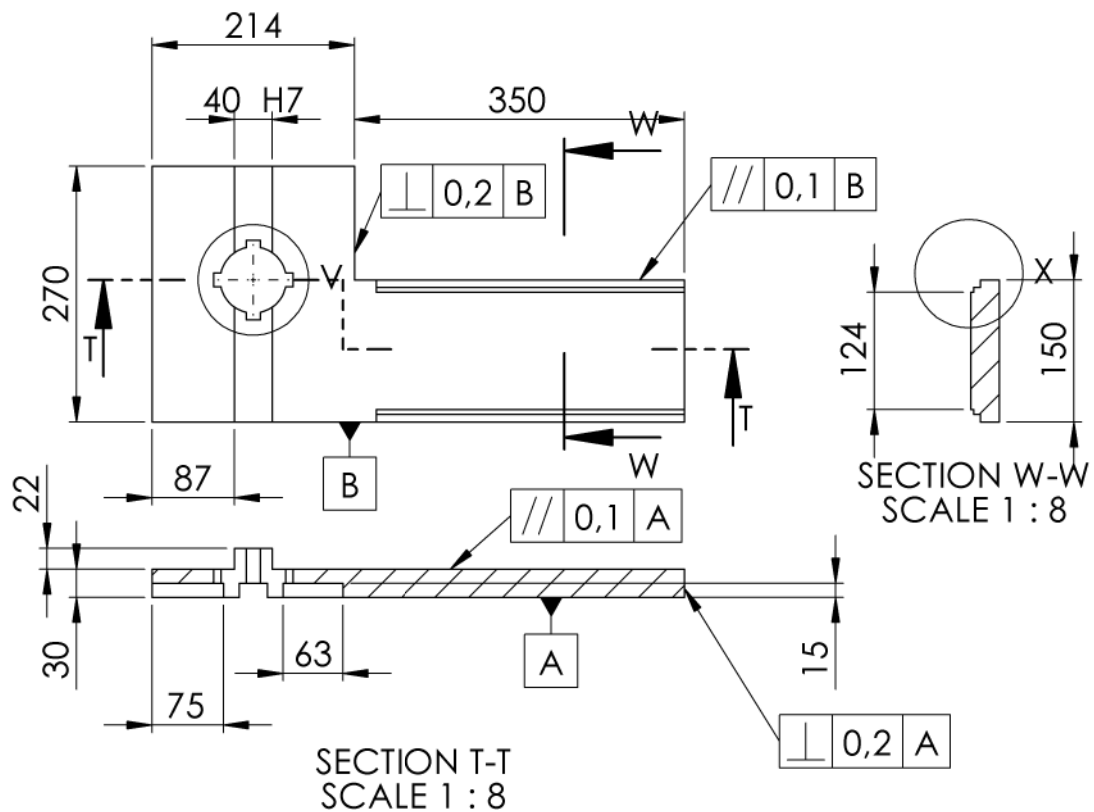
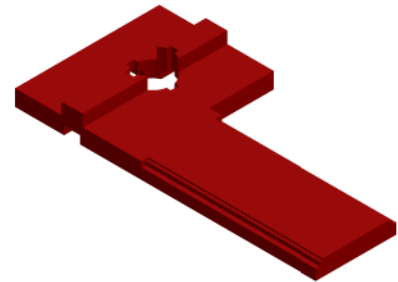
9

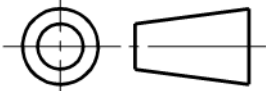


DETAIL V
SCALE 1 : 4



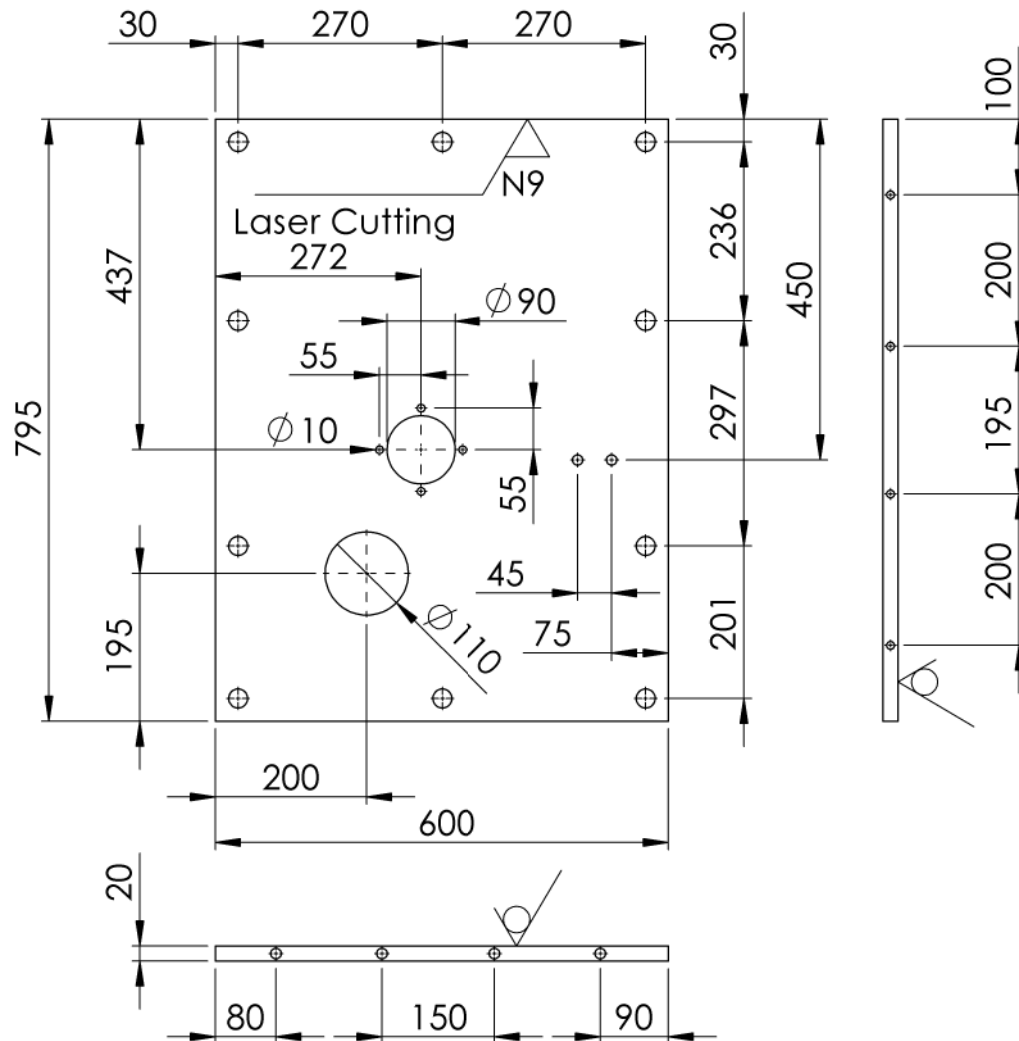
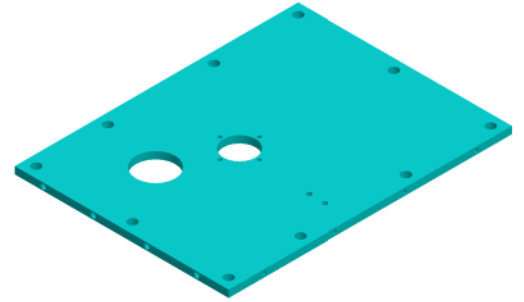
DETAIL X
SCALE 1 : 4

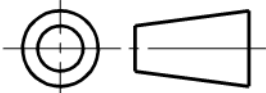


1			Pneumatic Cylinder Mount		9	AISI 4140	564x270x52			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

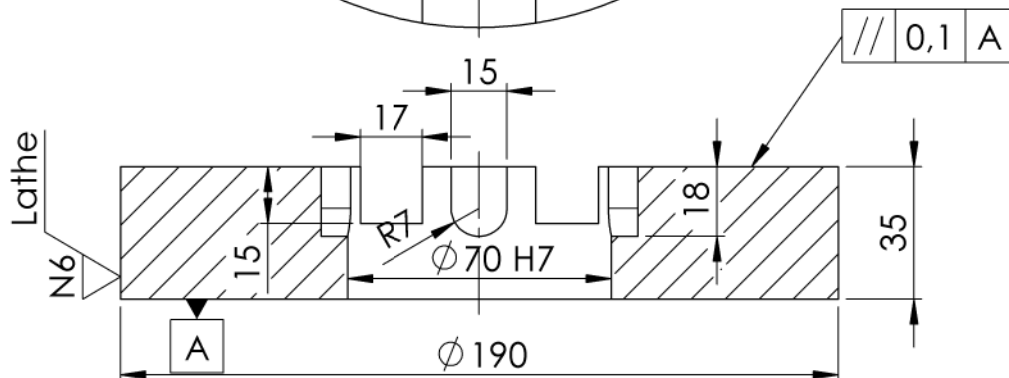
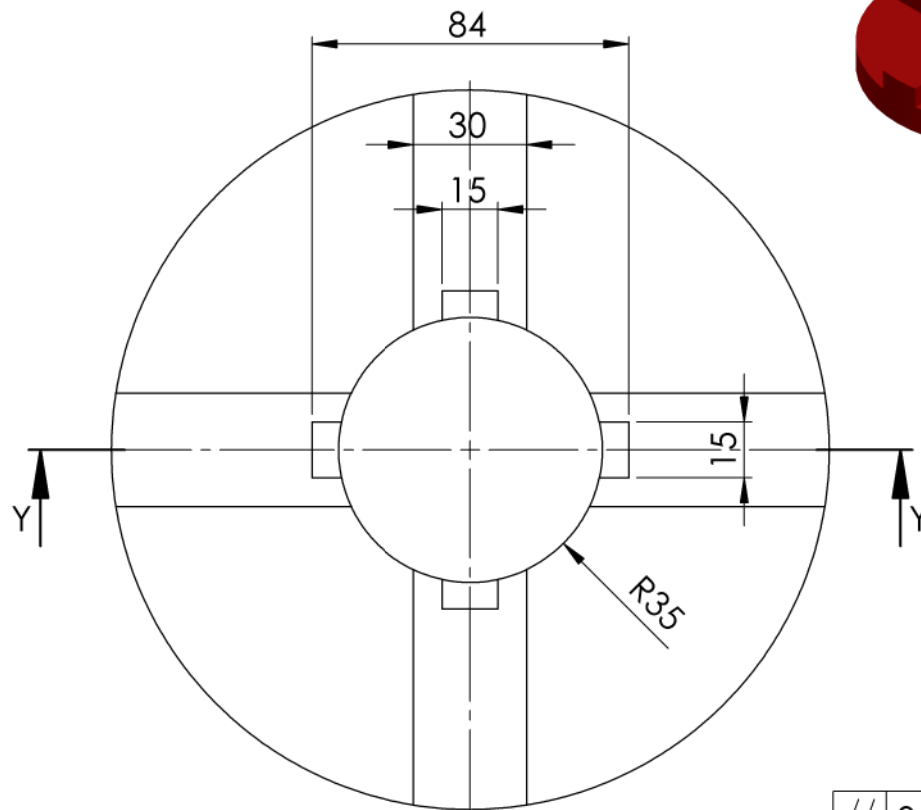
10



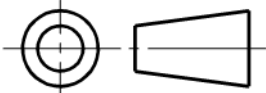
1			Upper Layer Machine		10	AISI 4140	795x600x20			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

11

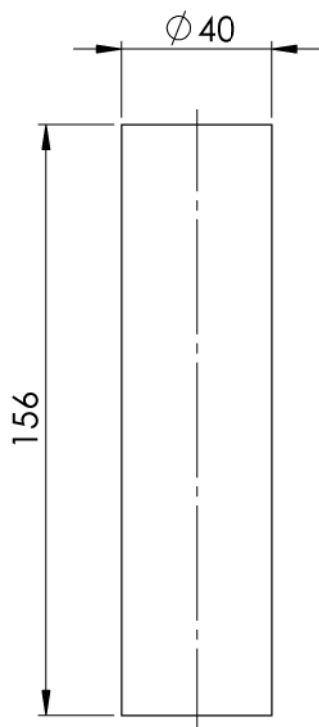


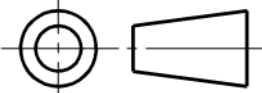
SECTION Y-Y
SCALE 1 : 2

1			Lower Rotator		11	AISI 4140	ø 190x35			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

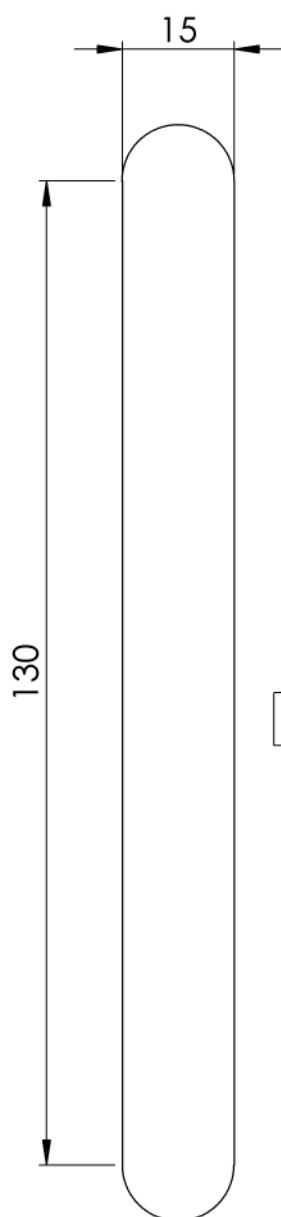
12



1			Pipe Roller Pin	12	AISI 4140	Ø 40x156			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :						
			Part Drawing			Skala	Digambar	Zezero	
						1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A			A4

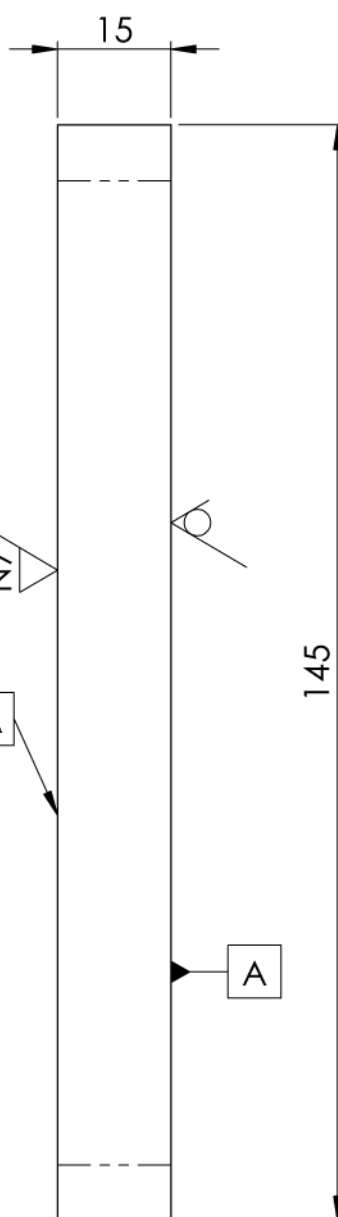
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

13



Milling
N7

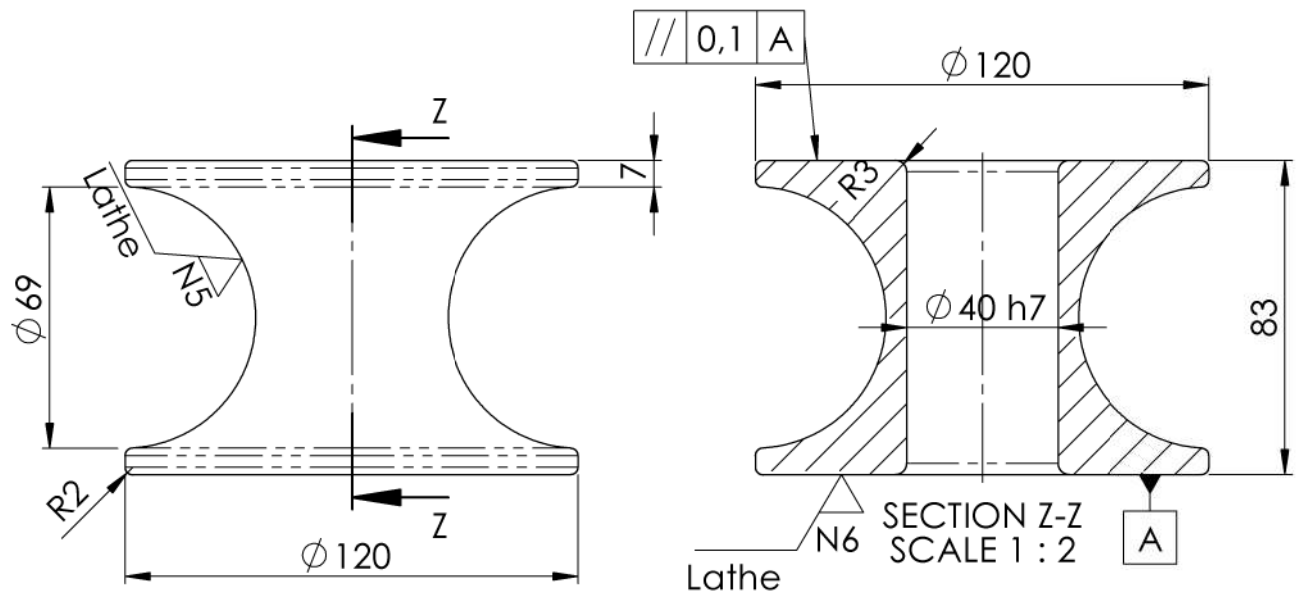
0,1 A

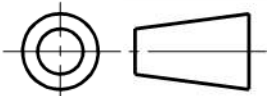


1	Slot Pin	13	AISI 4140	130x15x15	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing		Skala 1 : 1
			Politeknik Negeri Jakarta		Digambar Zezero Diperiksa Radhi
			PNJ / 8A		A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

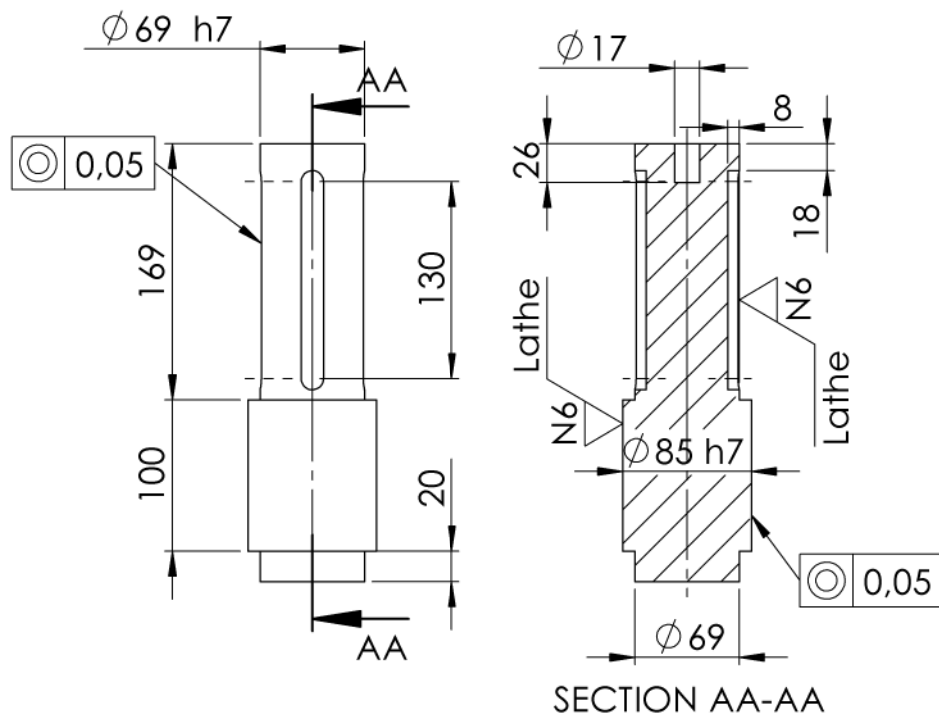
14

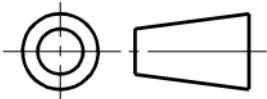


1			Pipe Roller		14	AISI 4140	ϕ 120x83			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

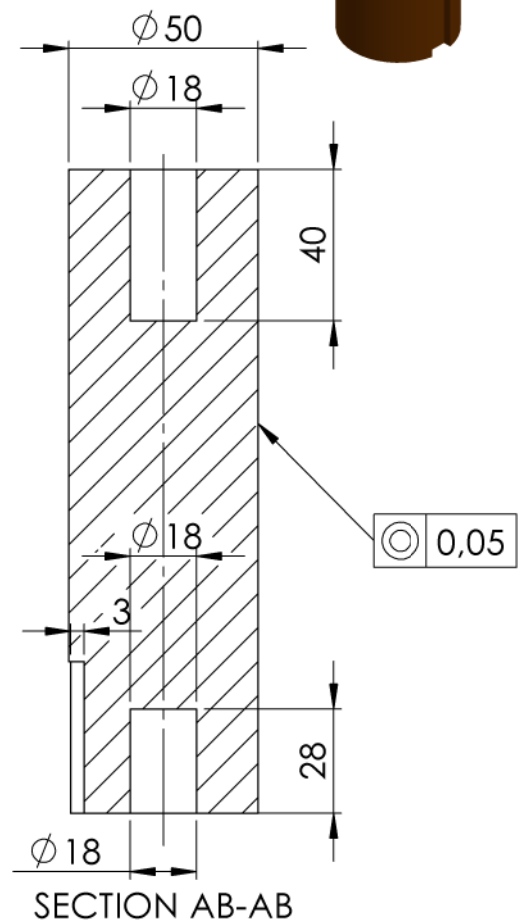
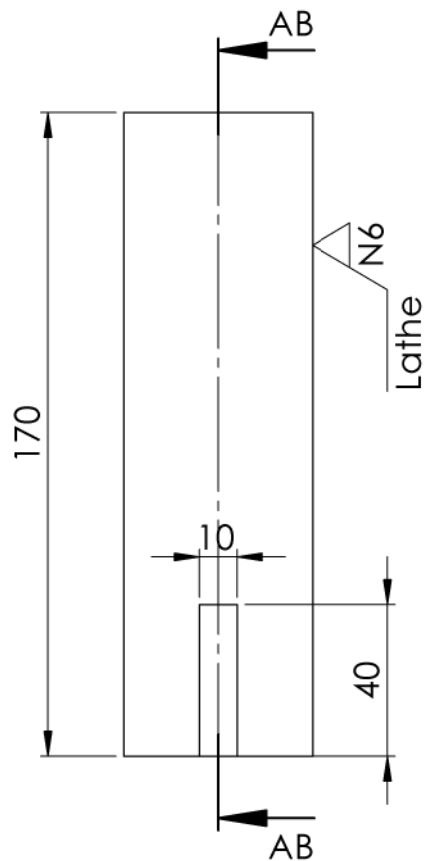
15

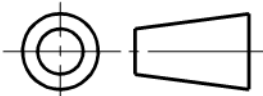


1			Large Shaft		15	AISI 4140	ø 69x289			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Component				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 5	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

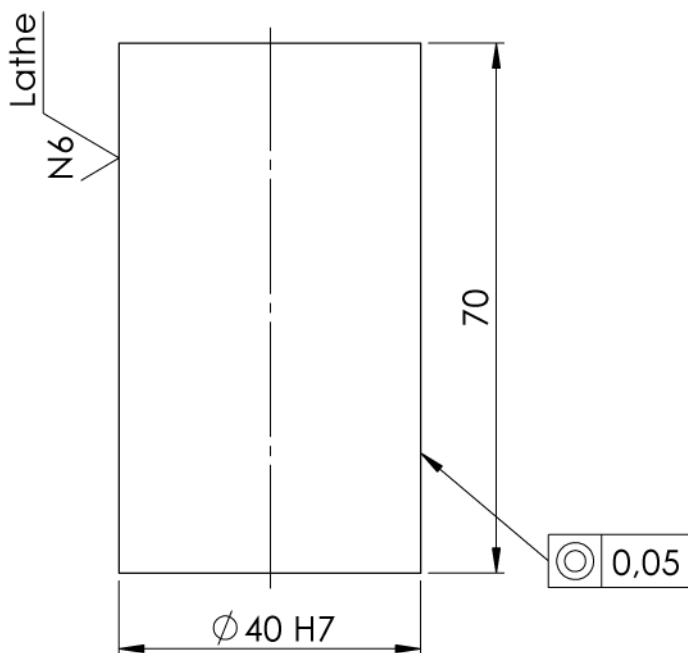
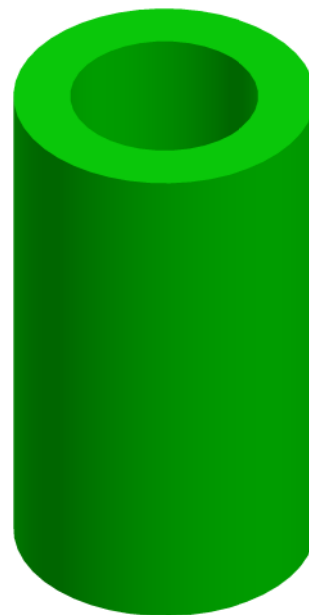
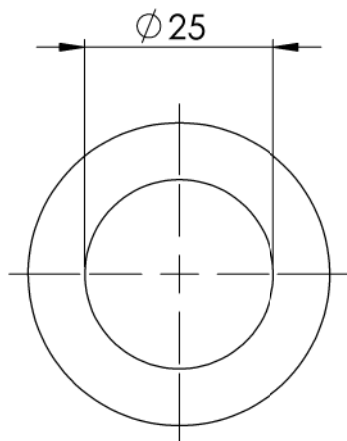
16

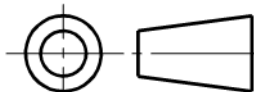


1			Small Shaft		16	AISI 4140	Ø 50x170			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

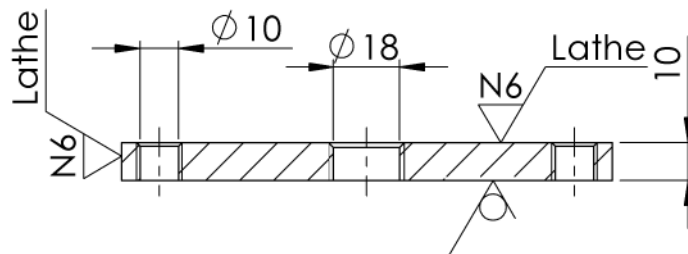
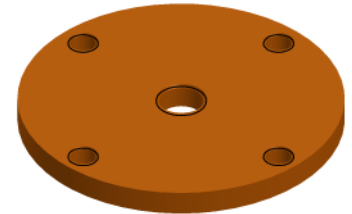
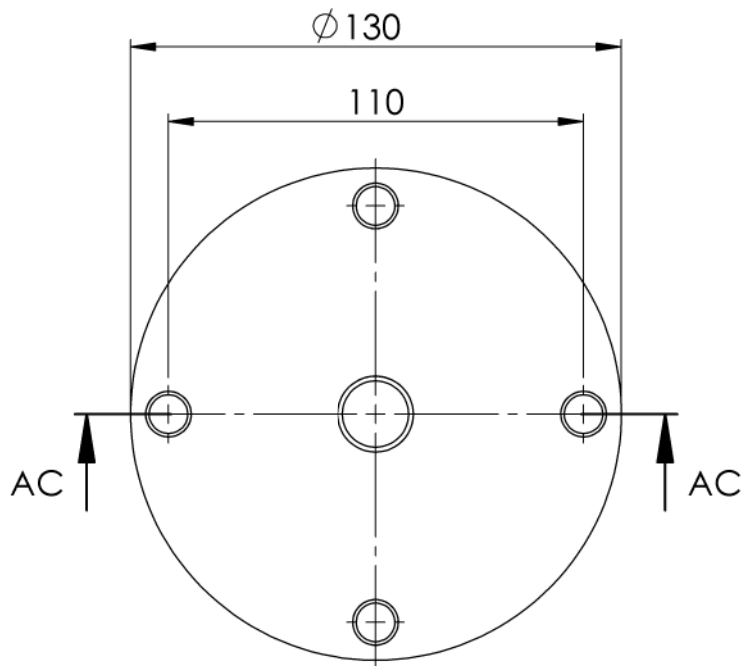
17



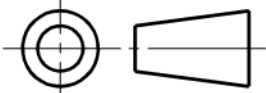
1			Retaining Cylinder	17	AISI 4140	ϕ 40x70			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :						
			Part Drawing			Skala	Digambar	Zezero	
						1 : 1	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A			A4

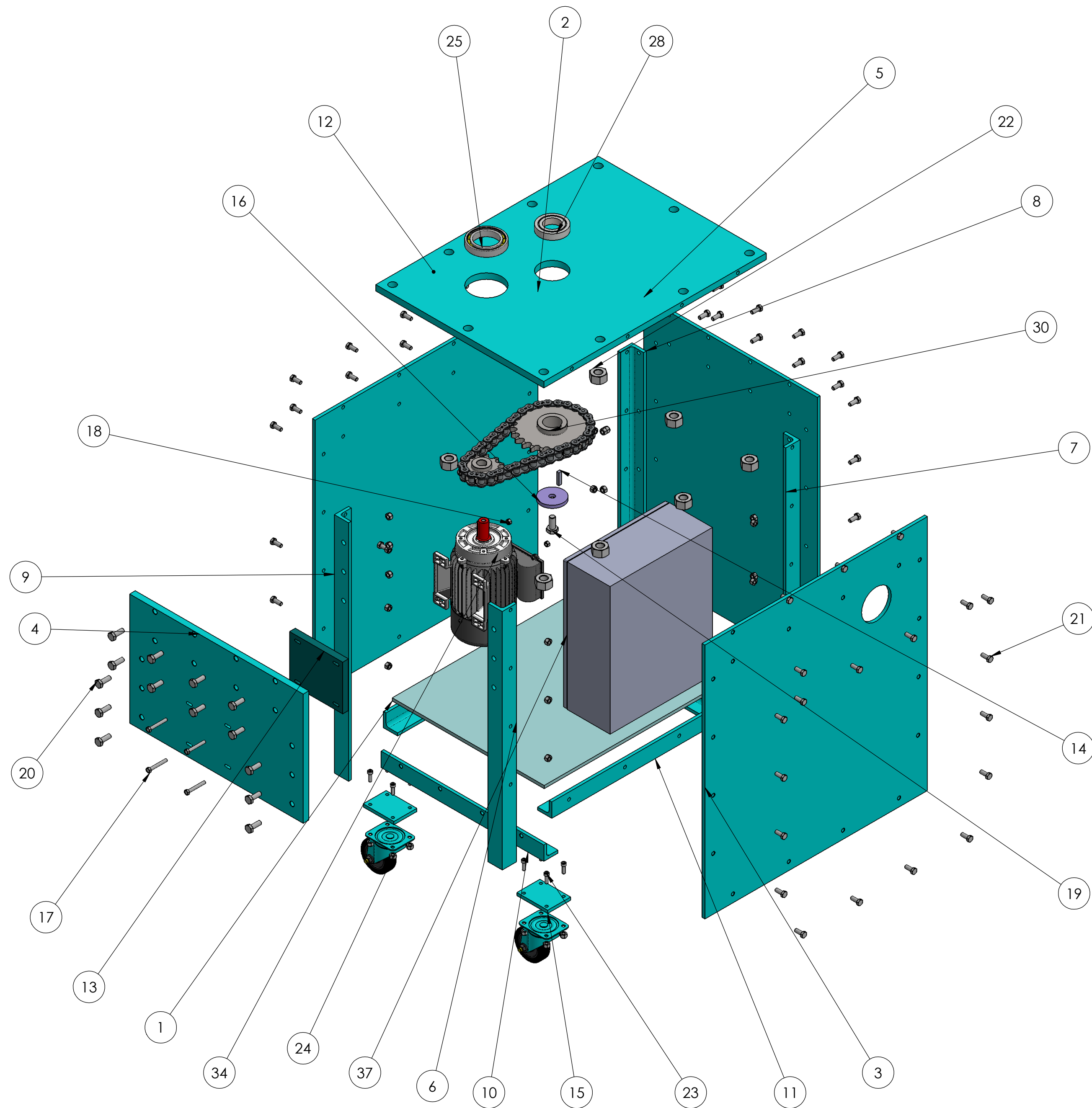
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

8



SECTION AC-AC
SCALE 1 : 2

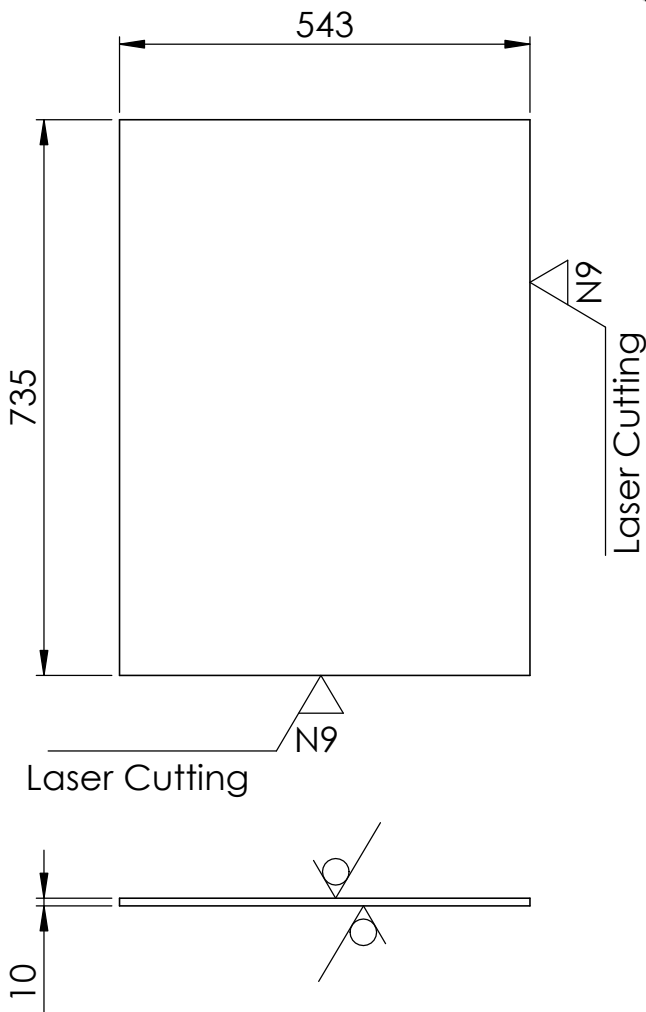
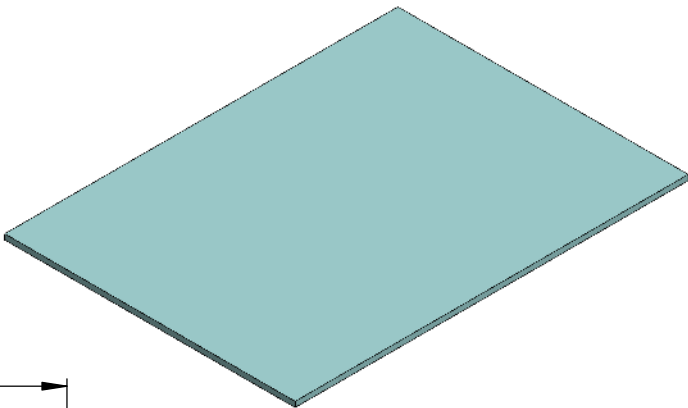
1			Upper Small Shaft Cap		18	AISI 4140	ø 130x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

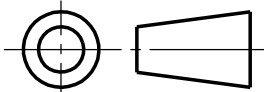


	1	Panel Shell Assy	30	-	50x40x30	
	1	Caster Wheel	29	-		
	1	Motor 220v	28	-		
	1	Chain & Sprocket Assy	27	-		
	1	Bearing 6210	26	Grade 5	OD42xID14.95	
	1	Bearing 6014	25	Grade 5	OD90xID50	
1	6	Bolt M8	24	Grade 5	M8x1.25x25	
	8	Bolt M16	23	Grade 5	M16x2x45-45N	
6	0	Bolt M10	22	Grade 5	M10x1.5x25-25N	
1	4	Bolt M12	21	Grade 5	M12x1.75x35-35N	
	1	Bolt M16	20	Grade 5	M16x2x35-35N	
4	6	Nut M10	19	Grade 5	M10x12	
	4	Nut M8	18	Grade 5	M8x10	
	4	Bolt M8	17	Grade 5	M8x1.25x60-38N	
	1	Lower Small Shaft Cap	16	AISI 4140	80x10	
	4	Leveling Foot	15	AISI 4140	110x80x10	
	1	Small Shaft Pin	14	AISI 4140	8x10x40	
	1	Motor Base Plate	13	AISI 4140	190x160x21	
	1	Lower Layer Machine Table	12	AISI 4140	600x795x10	
	2	Horizontal Leg 2	11	AISI 4140	51x51x581	
	2	Horizontal Leg 1	10	AISI 4140	51x51x738	
	1	Vertical Leg 4	9	AISI 4140	51x51x800	
	1	Vertical Leg 3	8	AISI 4140	51x51x800	
	1	Vertical Leg 2	7	AISI 4140	51x51x800	
	1	Vertical Leg 1	6	AISI 4140	51x51x800	
	1	Side Machine Cover	5	AISI 4140	620x848x10	
	1	Motor Mount Machine Cover	4	AISI 4140	620x400x20	
	1	Front Machine Cover	3	AISI 4140	795x848x10	
	1	Rear Machine Cover	2	AISI 4140	795x848x10	
	1	Lower Base	1	AISI 4140	543x735x10	
Jumlah		Nama Bagian	No.Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :			
			Explode View Sub Assy 2			Skala 1 : 5
			POLITEKNIK NEGERI JAKARTA			Digambar Diperiksa
			PNJ / 8A			Zezero Radhi
						A2

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

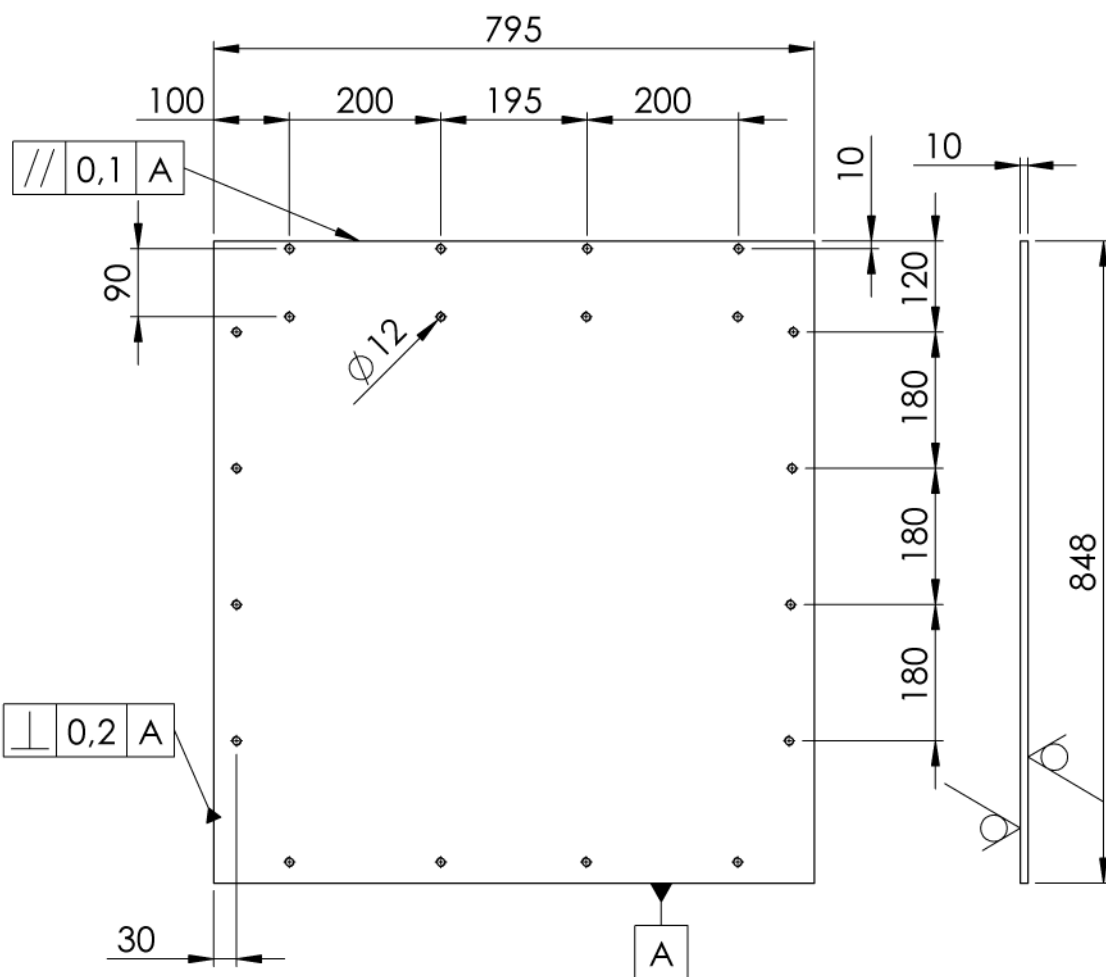
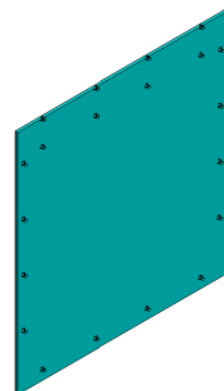
1

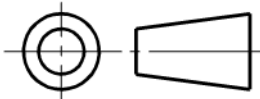


1			Lower Base		1	AISI 4140	543x735x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala 1 : 10	Digambar	Zezero	
								Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

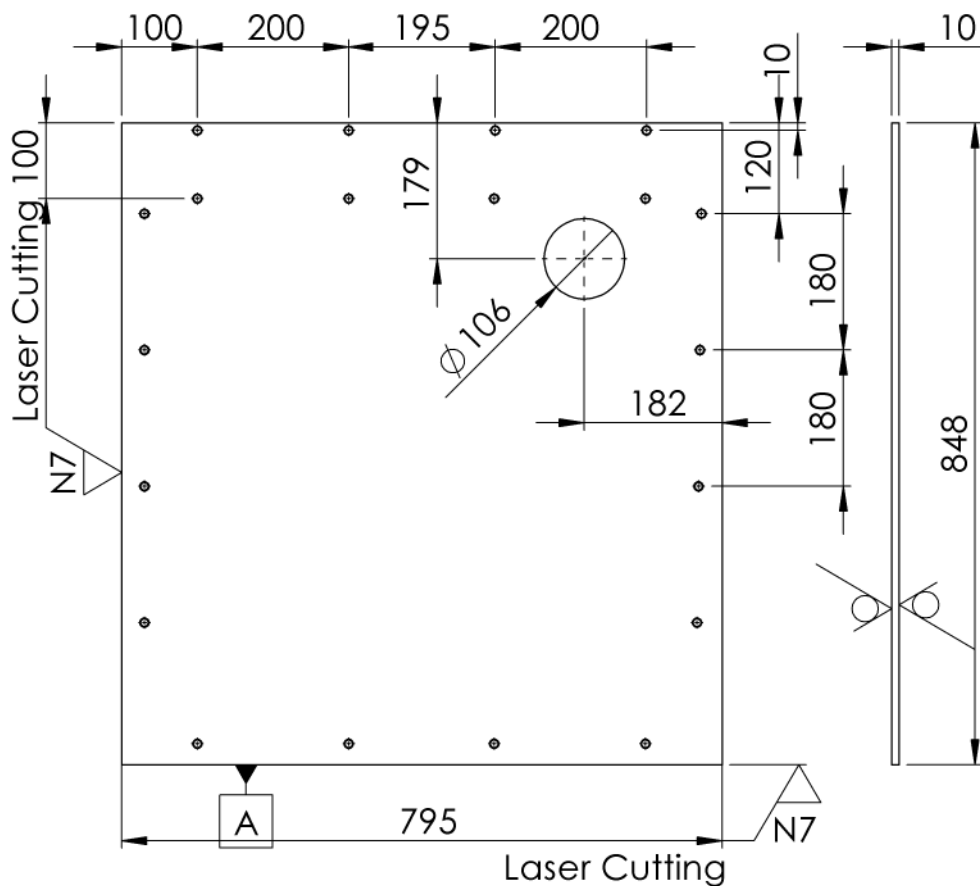
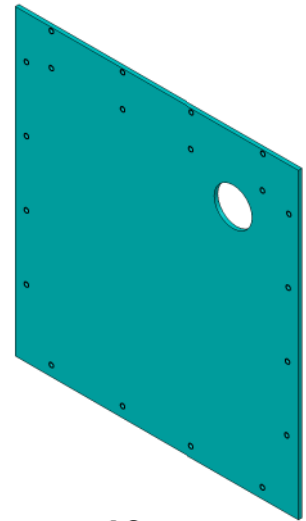
2

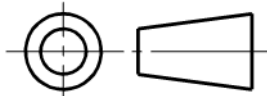


1			Rear Machine Cover		2	AISI 4140	795x848x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

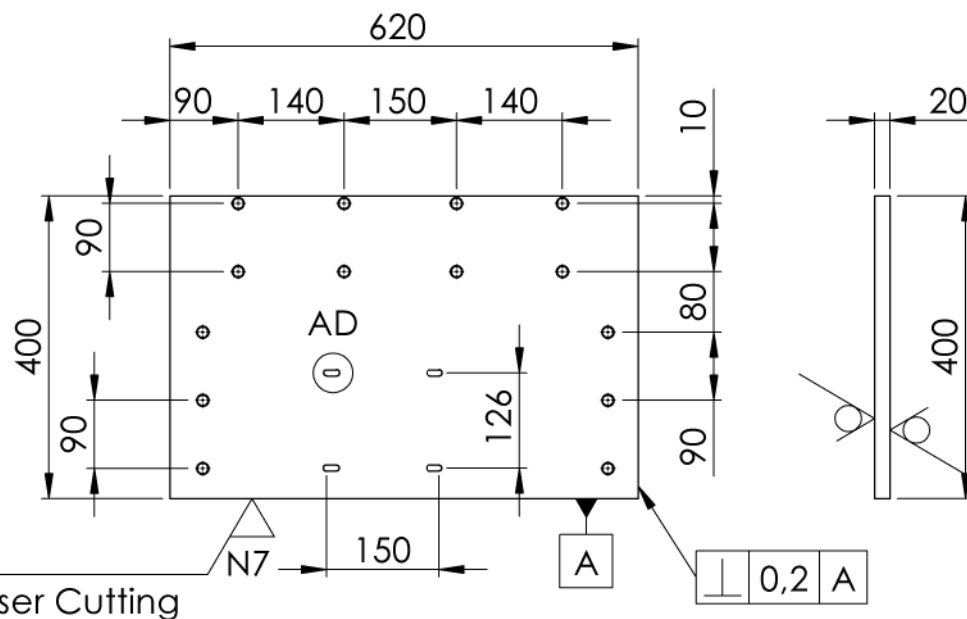
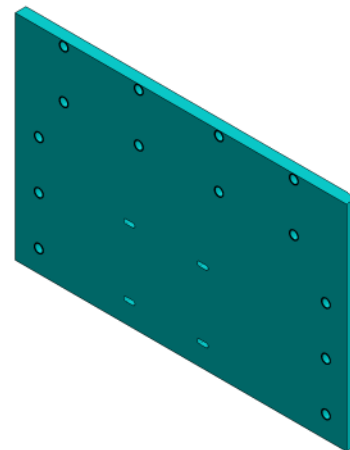
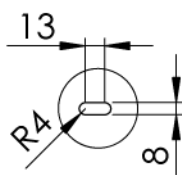
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

3

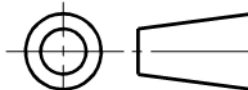


Jumlah			Front Machine Cover		3	AISI 4140	795x848x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

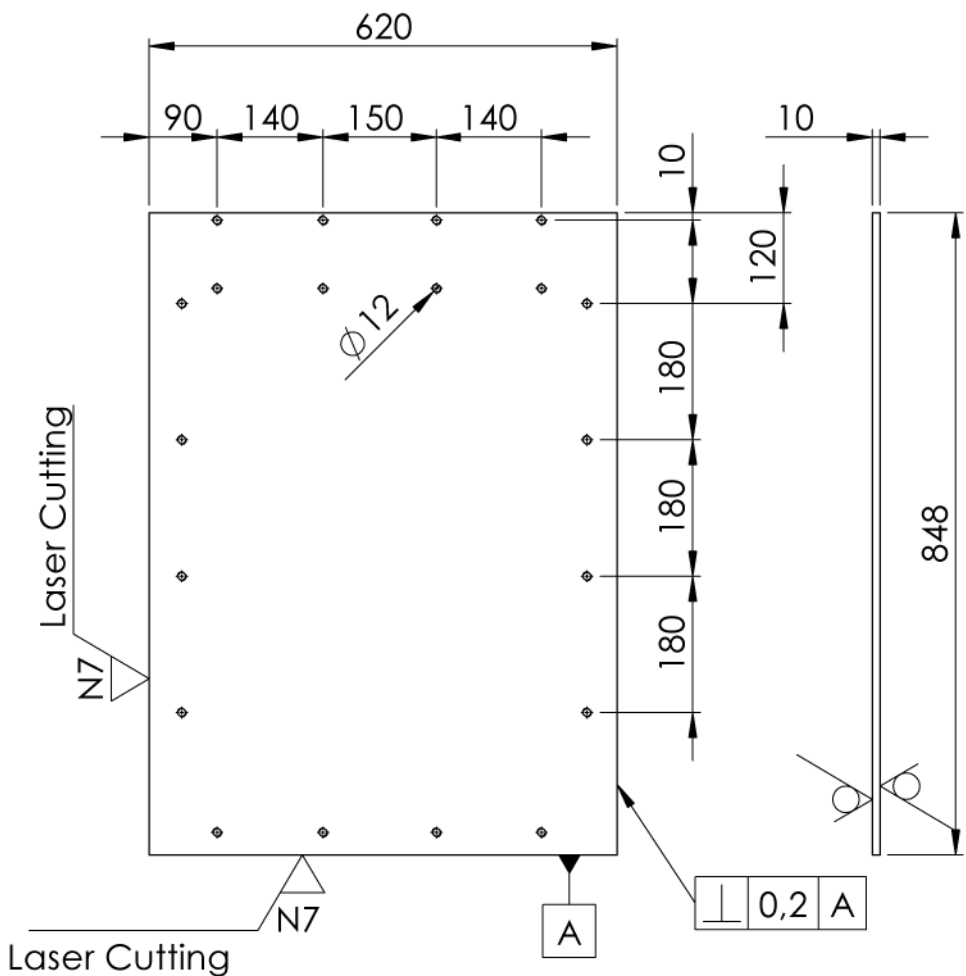
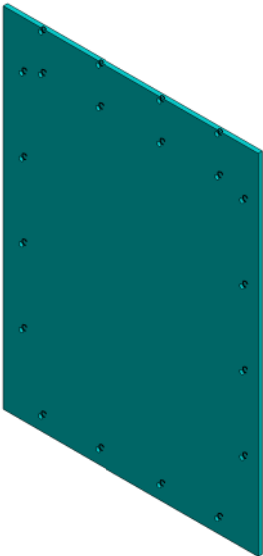


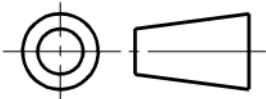
Laser Cutting

1			Motor Mount Machine Cover		4	AISI 4140		620x400x20			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan		Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :								
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero		
							1 : 10	Diperiksa	Radhi		
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A				A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

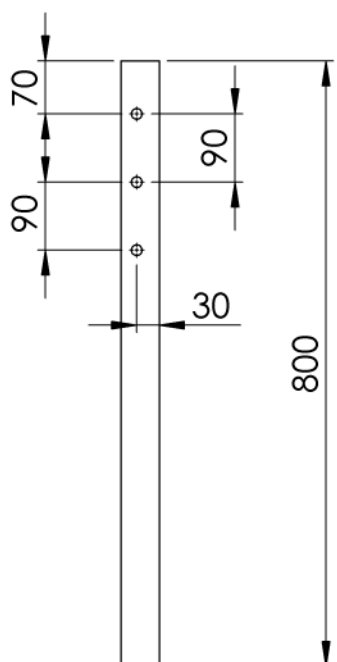
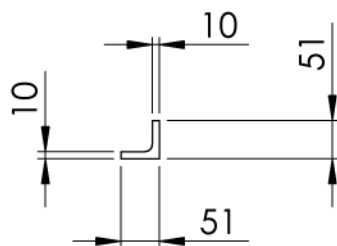
5



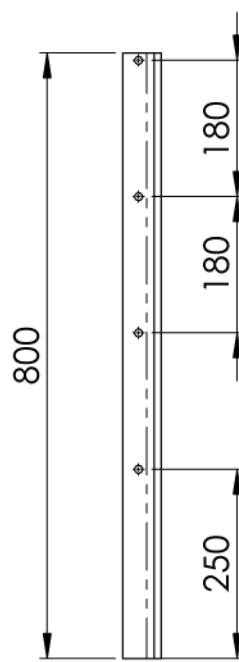
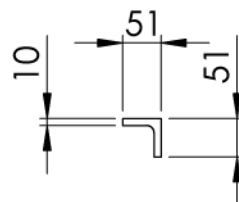
Jumlah			Side Machine Cover	5	AISI 4041	620x848x10			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
Part Drawing						Skala	Digambar	Zezero	
						1 : 10	Diperiksa	Radhi	
						Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A
									A4

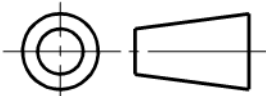
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

6



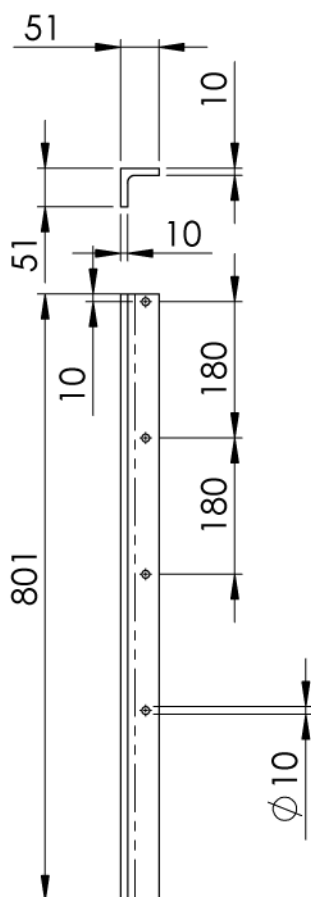
7



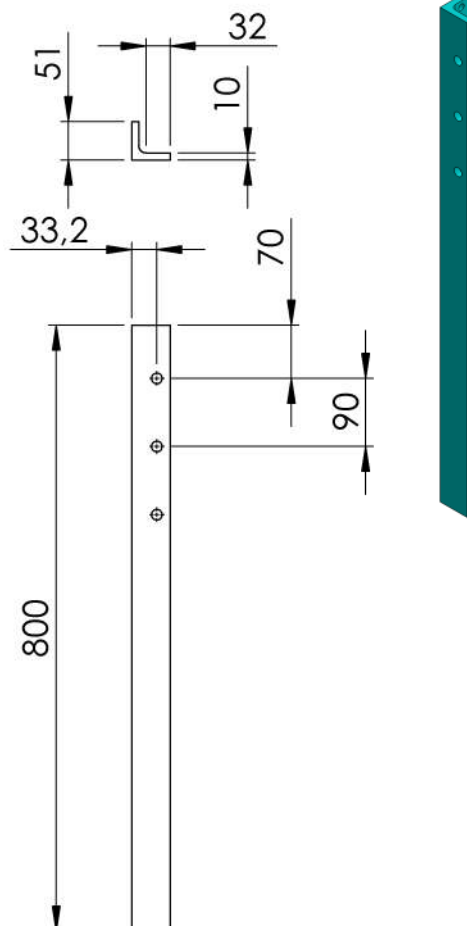
1	Vertikal Leg 2	7	Galvanis	51x51x800			
1	Vertikal Leg 1	6	Galvanis	51x51x800			
Jumlah		Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan	
III	II	I	Perubahan :				
Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
				1 : 10	Diperiksa	Radhi	
Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A		A4	

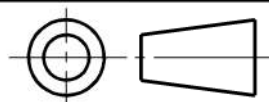
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

8



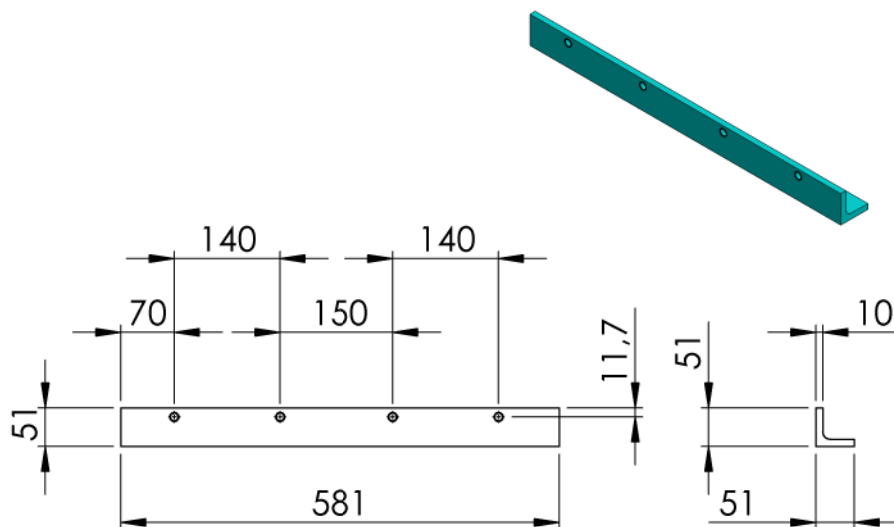
9



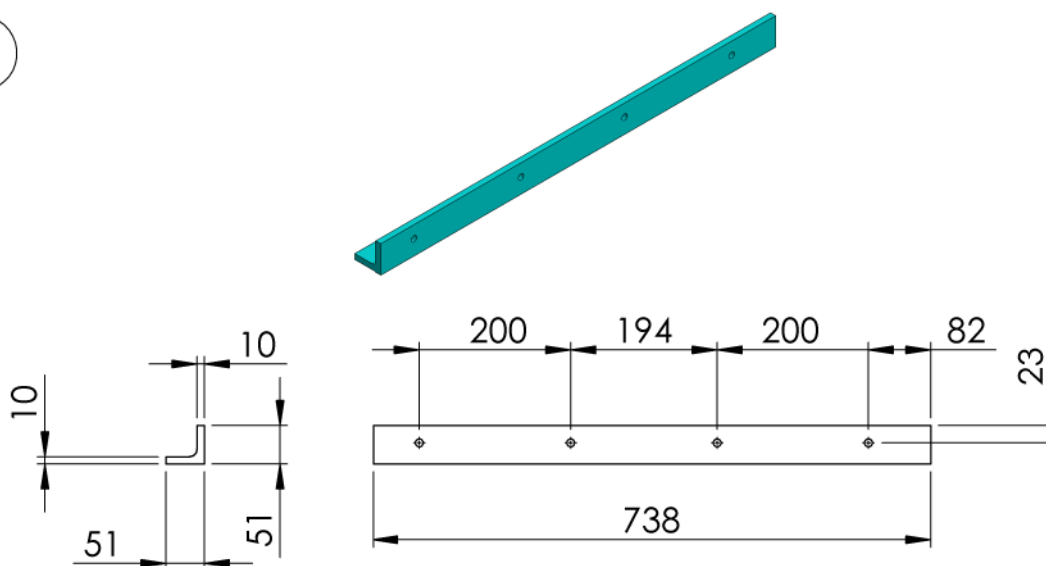
1	Vertikal Leg 4		9	AISI 4140	51x51x800				
1	Verikal Leg 3		8	AISI 4140	51x51x800				
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			Part Drawing			Skala	Digambar	Zezero	
						1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A			A4

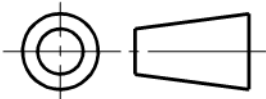
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

10



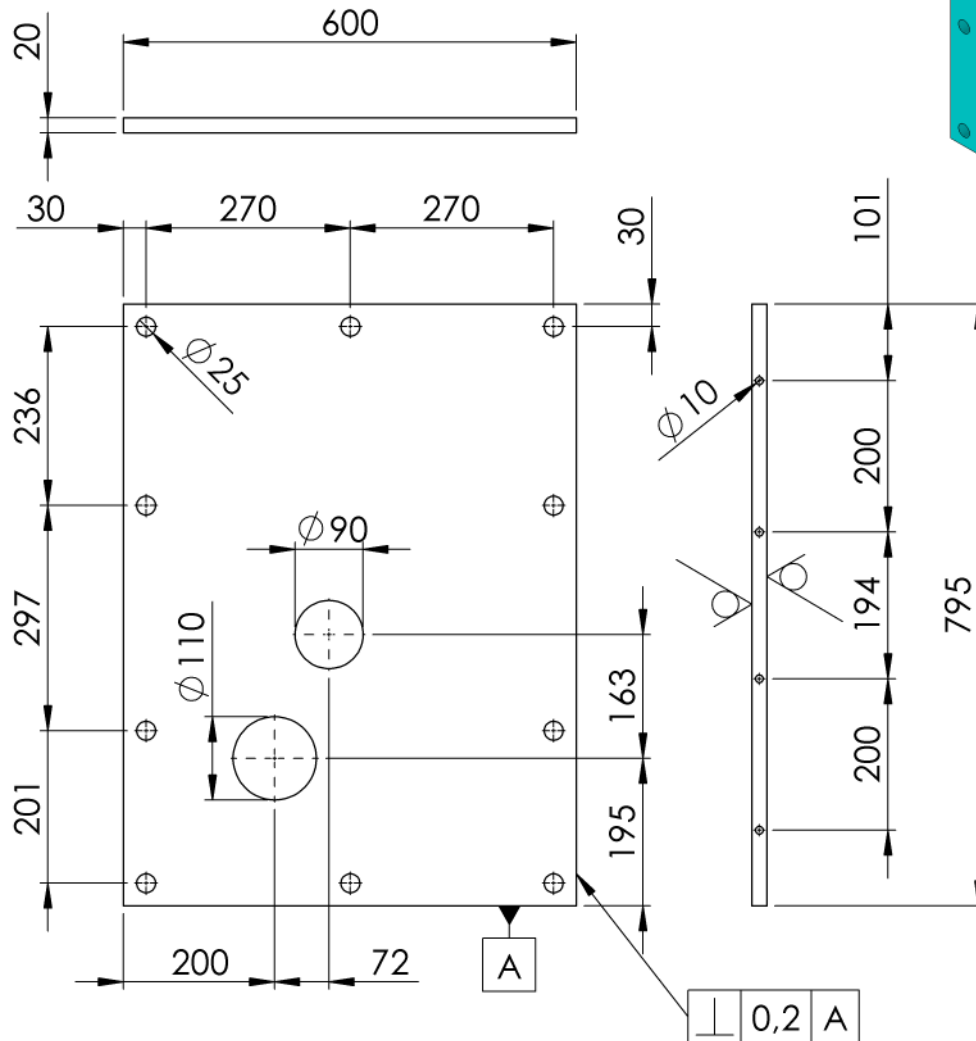
11



2			Horizontal Leg 2		11	AISI 4140	51x51x581			
2			Horizontal Leg 1		10	AISI 4140	51x51x738			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 10	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

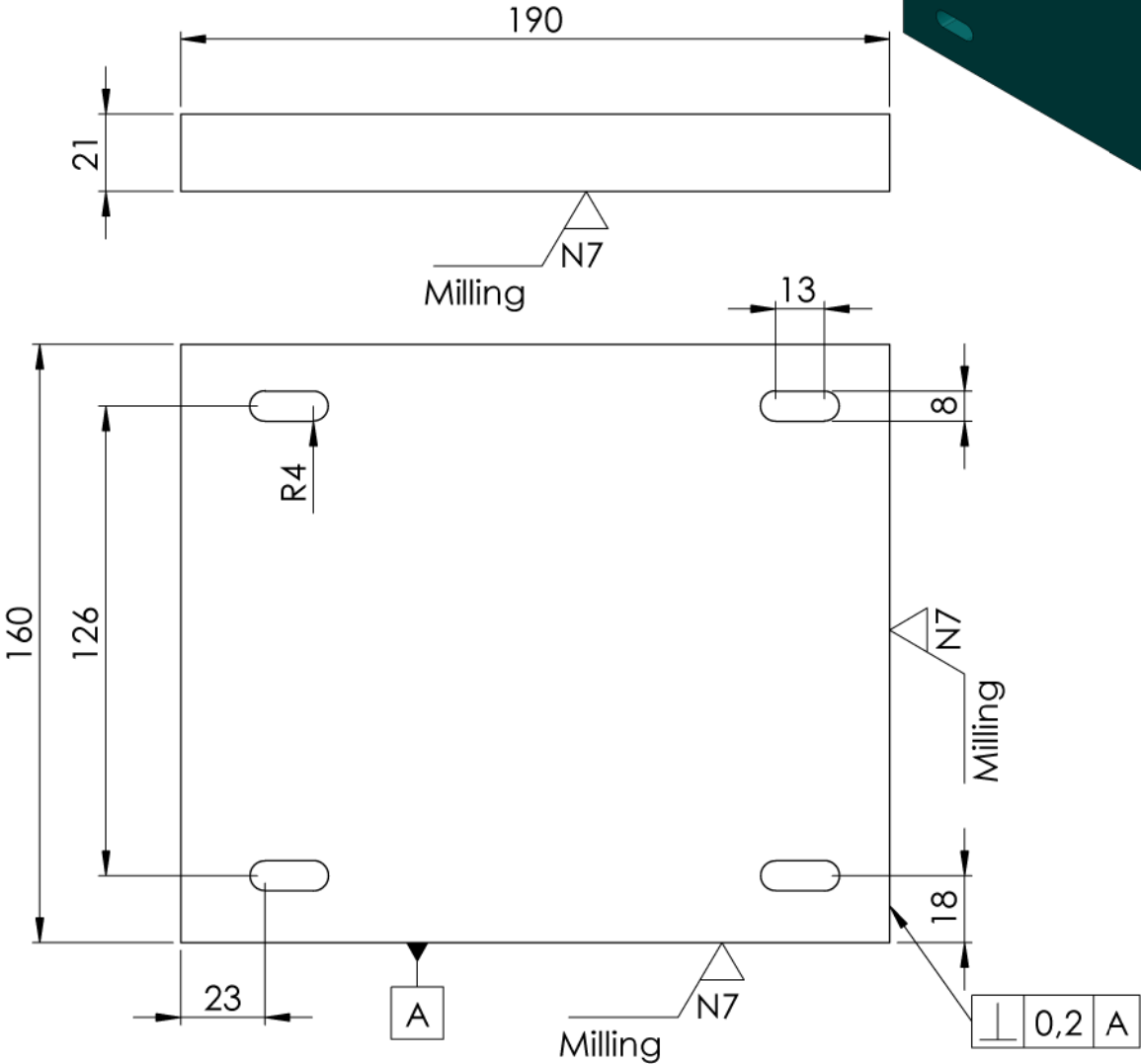
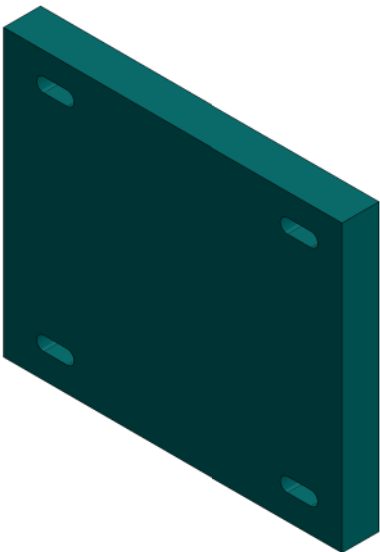
12

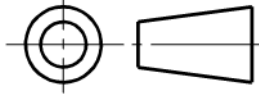


1	Lower Layer Machine Table	12	AISI 4140	600x795x10	
Jumlah	Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :		
			Part Drawing Politeknik Negeri Jakarta		
			Skala	Digambar	Zezero
			1 : 10	Diperiksa	Radhi
			PNJ / 8A		A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang dizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

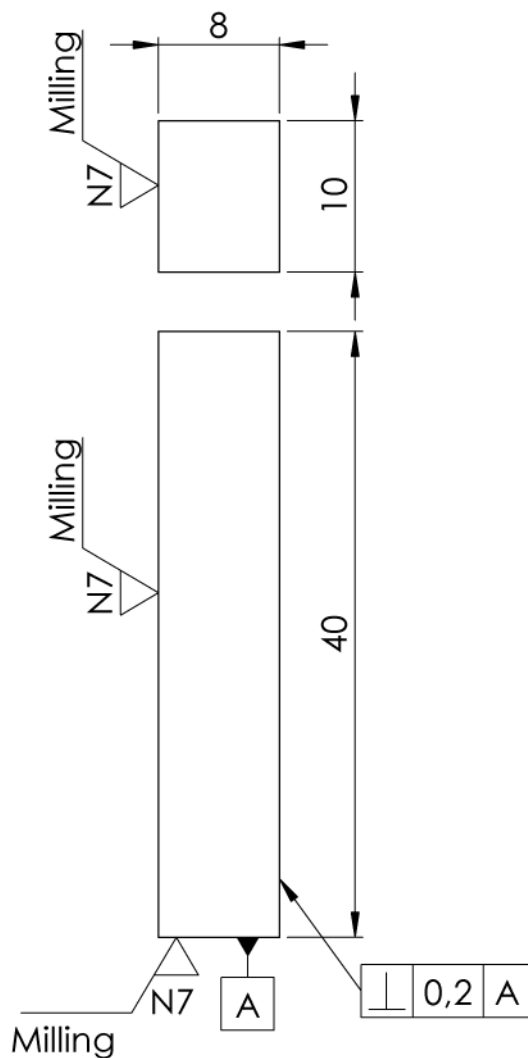
13

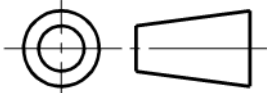


1			Motor Base Plate		13	AISI 4140	190x160x21				
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan		
III	II	I	Perubahan :								
Part Drawing						Skala 1 : 2	Digambar	Zezero			
							Diperiksa	Radhi			
Politeknik Negeri Jakarta						PNJ / 8A			A4		

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

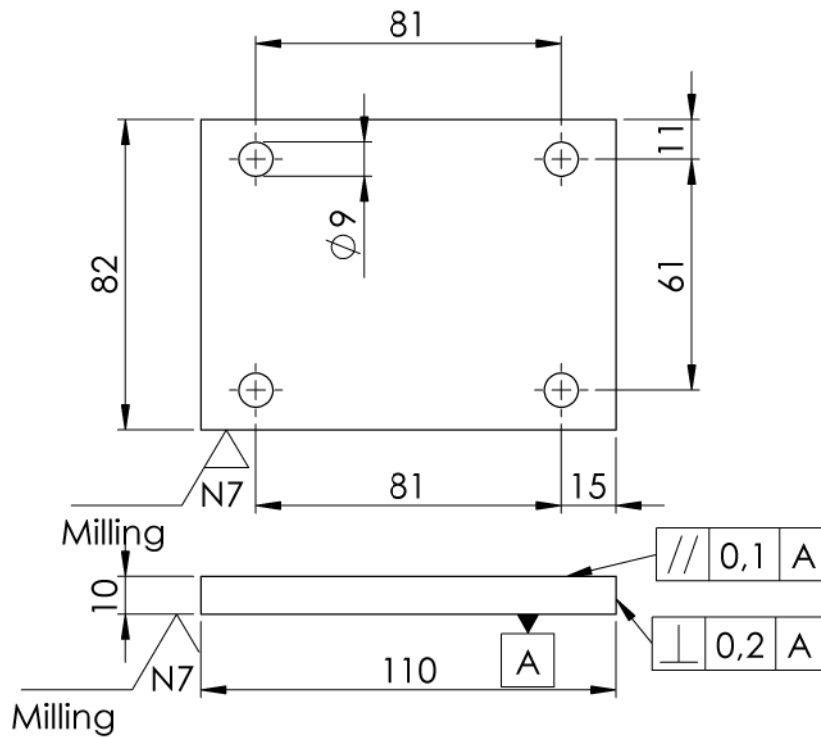
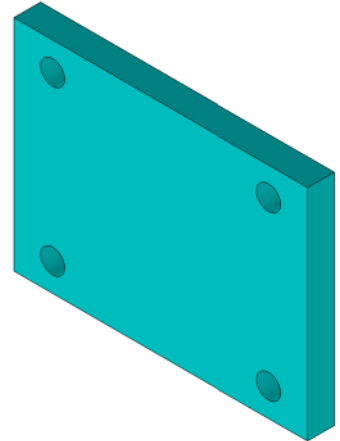
14

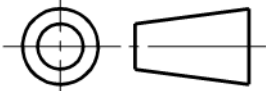


1			Small Shaft Pin	14	AISI 4140	8x10x40			
Jumlah			Nama Bagian	No. Bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			Part Drawing			Skala	Digambar	Zezero	
						2 : 1	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta			PNJ / 8A			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

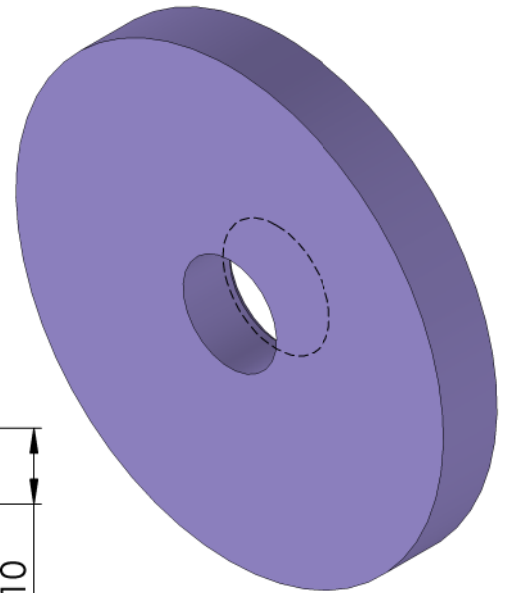
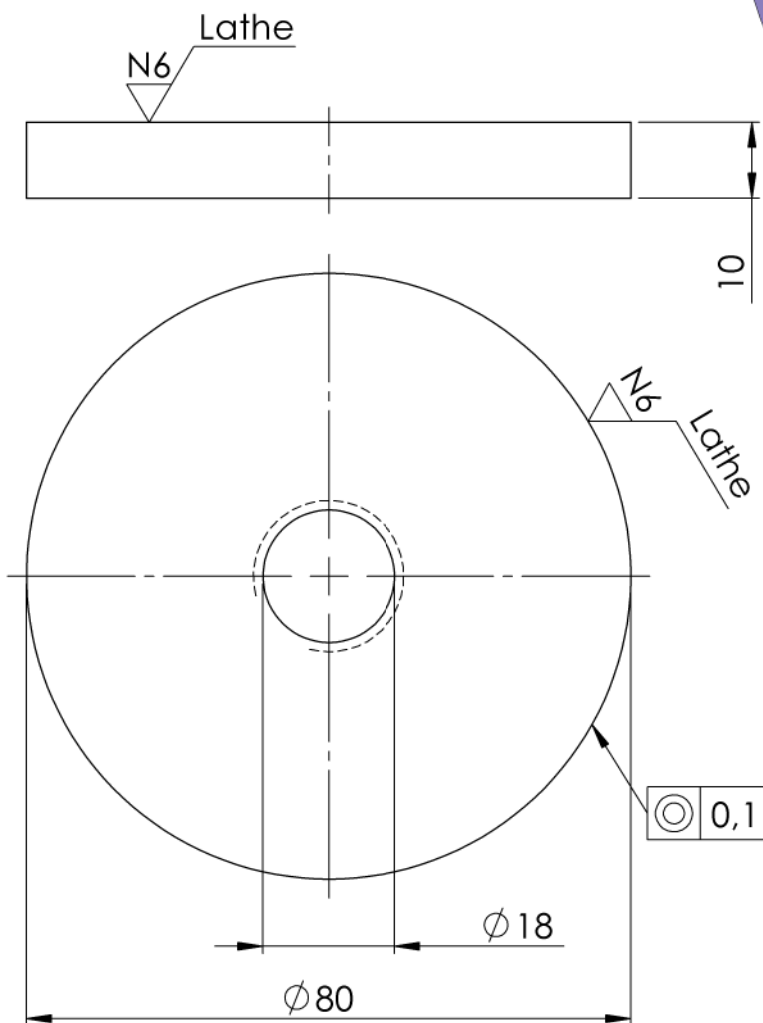
15

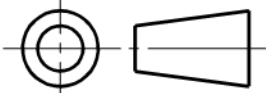


4			Leveling Shoe		15	AISI 4140	110x80x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 2	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

16



1			Lower Small Shaft Cap		16	AISI 4140	ϕ 80x10			
Jumlah			Nama Bagian		No. Bag	Bahan	Ukuran		Keterangan	
III	II	I	Perubahan :							
			Part Drawing				Skala	Digambar	Zezero	
							1 : 1	Diperiksa	Radhi	
			Politeknik Negeri Jakarta				PNJ / 8A			