

**ANALISIS PENGARUH *LAYOUT* DAN *FEEDING SYSTEM*
INJECTION MOLDING BESERTA DESAIN MOLD
(STUDI KASUS CETAKAN KETUPAT)**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Aji Mukti Tamtomo

No. Mahasiswa : 16525084

NIRM : 2016080677

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**ANALISIS PENGARUH *LAYOUT* DAN *FEEDING SYSTEM*
INJECTION MOLDING BESERTA DESAIN MOLD
(STUDI KASUS CETAKAN KETUPAT)**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Aji Mukti Tamtomo
No. Mahasiswa : 16525084
NIRM : 2016080677

Yogyakarta, 21 Juni 2021

Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

ANALISIS PENGARUH *LAYOUT* DAN *FEEDING SYSTEM* *INJECTION MOLDING* BESERTA DESAIN MOLD (STUDI KASUS CETAKAN KETUPAT)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Aji Mukti Tamtomo

No. Mahasiswa : 16525084

NIRM : 2016080677

Tim Penguji

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

Ketua



Tanggal : 09 Juli 2021

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

Anggota I



Tanggal : 07 Juli 2021

Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc.

Anggota II



Tanggal : 07 Juli 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Rusdiyono, S.T., M.Eng.



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Aji Mukti Tamtomo menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Karya Tulis Akhir ini tidak merupakan plagiat dari Skripsi/Karya Tulis orang lain. Jika kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia gelar akademik yang telah saya peroleh dibatalkan. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 16 Juli 2021

Penulis,



Aji Mukti Tamtomo

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dan ucapan terima kasih kepada :

Bapak Kuntadi dan Ibu Karti Rahayu

Terima kasih kepada orang tua saya yang telah mendukung dan mendoakan saya sehingga saya sampai di titik ini. Terima kasih atas segala perjuangan dan kasih sayang yang kalian berikan kepada saya. Semoga gelar dan kelulusan yang saya peroleh dapat membanggakan dan membahagiakan kalian.

Luthfika Prima Novirani

Terima kasih telah menemani, mendukung dan membantu saya sampai saat ini.

Aji Mukti Tamtomo

Terima kasih atas segalanya. Terima kasih atas kekuatanmu, perjuanganmu dan kegigihanmu sehingga kamu bisa sampai di titik ini. Perjalanan masih panjang.

HALAMAN MOTTO

“ Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim, no. 2699)

“ Hal pertama yang kubangun dalam diriku untuk bisa menghadapi hari dengan semangat adalah menciptakan sebanyak – banyaknya pikiran positif.”

(Merry Riana)



KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Simulasi *Injection Molding* dan Desain Mold Serta *Modeling* Studi Kasus Cetakan Ketupat” dengan cukup baik dan lancar.

Tugas akhir ini disusun untuk sebagai syarat lulus kuliah jenjang Strata 1 Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah membantu penulis dalam proses pengerjaannya. Penulis banyak mendapatkan dukungan, dalam bentuk moral maupun material, oleh sebab itu kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Kuntadi dan Ibu Karti Rahayu selaku orang tua yang selalu mendoakan dan mendukung secara moral dan material sehingga penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing penulis selama melaksanakan tugas akhir, yang telah memberikan arahan dan nasihat.
5. Mahasiswa bimbingan pak Arif, yang membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Luthfika Prima Novirani, yang telah membantu dan mendukung saya dalam segala hal dari awal kuliah hingga saat ini.
7. Teman – teman saya, yang selalu memberikan *support* serta memberikan bantuan moral kepada saya selama menyelesaikan tugas akhir.
8. Aji Mukti Tamtomo diri saya sendiri, terima kasih telah bekerja sama dan terima kasih telah berjuang.

ABSTRAK

Ketupat adalah makanan wajib bagi masyarakat Indonesia terutama umat Muslim saat perayaan Hari Raya Idul Fitri dan Idul Adha. Ketika menjelang Hari Raya permintaan pasar terhadap cetakan ketupat meningkat drastis dibanding hari – hari biasa. Cetakan ketupat yang sampai sekarang masih banyak digunakan berasal dari janur kuning yang dianyam sedemikian rupa sehingga membentuk ketupat. Beberapa masyarakat ada yang menggunakan plastik es sebagai pengganti cetakan ketupat, tetapi menurut BPOM hal tersebut beresiko mempengaruhi kesehatan dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian apabila cetakan ketupat dibuat dari plastik HDPE dengan referensi merek *Tupperware* yang lebih aman dan diproduksi secara masal menggunakan proses *injection molding*. Pada penelitian ini penulis meneliti tentang simulasi *injection molding*, desain mold dan *modeling* studi kasus cetakan ketupat. Dalam tugas akhir ini dilakukan perancangan *feeding system* seperti *gate*, *runner*, dan *sprue*. Selain itu dalam tugas akhir ini juga dilakukan simulasi *injection molding* dan perancangan *molbase* dengan memperhatikan *feeding system*, *quality prediction* dan *filling time*. Penentuan *mold* cetakan ketupat ini mengikuti panduan *Moldflow Design Guide* dan katalog LKM tipe 5050. Tahap akhir dari perancangan ini adalah menentukan jenis mesin *injection molding* yang dapat digunakan untuk mencetak produk.

Kata kunci : desain produk, cetakan ketupat, *injection molding*.

ABSTRACT

Ketupat is a primary food for Indonesian people, especially Muslims during the celebration of Eid al-Fitr and Eid al-Adha. When approach the day, market demand for ketupat molds increased drastically compared to ordinary days. The ketupat mold that is still widely used today comes from yellow leaves which are woven in such a way so they form a diamond. Some people use ice plastic as a substitute for ketupat molds, but according to BPOM this is at risk of affecting health in a certain period of time. Therefore, the author conducted a study if the diamond mold is made of HDPE plastic with a reference to the Tupperware brand which is safer and mass-produced using the injection molding process. In this study, the authors examine the injection molding simulation, mold design and modeling of the diamond mold case study. In this final project, the design of feeding system such as gate, runner, and sprue is carried out. Furthermore, in this final project, injection molding simulations and moldbase designing were also carried out by taking into account the feeding system, quality prediction and filling time. Determination of this ketupat mold follows the Moldflow Design Guide and the LKM catalog type 5050. The final stage of this design is to determine the type of injection molding machine that can be used to print the product.

Keyword : product design, ketupat mold, injection molding

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| Halaman Judul | i |
| Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing | ii |
| Lembar Pengesahan Dosen Penguji | iii |
| surat pernyataan keaslian..... | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| Halaman Motto | vi |
| Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih | vii |
| Abstrak | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| Daftar Isi | x |
| Daftar Tabel | xiii |
| Daftar Gambar | xiv |
| Daftar Notasi..... | xvii |
| Bab 1 Pendahuluan | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| 1.6.1 BAB I – Pendahuluan | 3 |
| 1.6.2 BAB II – Tinjauan Pustaka..... | 3 |
| 1.6.3 BAB III – Metode Penelitian..... | 4 |
| 1.6.4 BAB IV – Hasil dan Pembahasan..... | 4 |
| 1.6.5 BAB V – Penutup..... | 4 |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.1 Kajian Pustaka | 5 |
| 2.2 Dasar Teori | 7 |
| 2.2.1 Injection Molding | 7 |
| 2.2.2 Desain Produk | 8 |

| | | |
|------------------------------|---|----|
| 2.2.3 | Mold Injeksi..... | 8 |
| 2.2.4 | Desain Mold | 9 |
| 2.2.5 | <i>Bio-based Plastics</i> | 9 |
| 2.2.6 | HDPE..... | 10 |
| Bab 3 Metode Penelitian..... | | 11 |
| 3.1 | Alur Penelitian | 11 |
| 3.2 | Kriteria Desain..... | 12 |
| 3.3 | Alat dan Bahan..... | 13 |
| 3.3.1 | Laptop..... | 13 |
| 3.3.2 | 3D Printer | 13 |
| 3.3.3 | PLA..... | 14 |
| 3.3.4 | Kompor..... | 14 |
| 3.3.5 | Panci | 14 |
| 3.3.6 | Beras | 15 |
| 3.3.7 | Neraca analog | 15 |
| 3.3.8 | Autodesk Inventor 2017 & 2020 | 15 |
| 3.3.9 | Autodesk Moldflow Adviser 2019 | 15 |
| 3.4 | Perancangan | 16 |
| Bab 4 PEMBAHASAN | | 17 |
| 4.1 | Identifikasi Produk..... | 17 |
| 4.2 | Perancangan Produk | 18 |
| 4.2.1 | Perancangan Produk Perangkat Lunak | 18 |
| 4.2.2 | Hasil Perancangan Produk..... | 23 |
| 4.3 | Hasil Analisis | 25 |
| 4.3.1 | Hasil Simulasi Desain Cetakan Ketupat..... | 25 |
| 4.4 | Perancangan <i>Moldbase</i> Produk Plastik..... | 38 |
| 4.4.1 | Langkah Proses Desain..... | 39 |
| 4.4.2 | Hasil Desain Mold | 46 |
| 4.4.3 | Hasil Uji Fisik Prototipe Cetakan Ketupat | 47 |
| 4.4.4 | Hasil Uji Material HDPE Produk Tupperware..... | 52 |
| 4.5 | Perhitungan Clamping Force | 55 |
| 4.6 | Pemilihan Mesin Injeksi | 56 |

| | |
|---|----|
| Bab 5 KESIMPULAN | 58 |
| 5.1 Kesimpulan | 58 |
| 5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya | 58 |
| Daftar Pustaka | 59 |
| LAMPIRAN | 61 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 <i>Melt Temperature, Mold Temperature</i> dan <i>Injection Pressure</i> material HDPE..... | 10 |
| Tabel 4-1 Data Produk..... | 17 |
| Tabel 4-2 Tuntutan Perancangan..... | 17 |
| Tabel 4-3 Karakteristik HDPE | 17 |
| Tabel 4-4 Parameter Simulasi <i>Injection Molding</i> | 25 |
| Tabel 4-5 Hasil Simulasi Variasi Beda Tekanan..... | 34 |
| Tabel 4-6 Hasil Simulasi Beda Jumlah Gate | 37 |
| Tabel 4-7 Hasil Simulasi Beda Jumlah Gate | 52 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 <i>Pressure-loading</i> cairan ke dalam cavity | 7 |
| Gambar 2.2 Profil beban mekanik..... | 7 |
| Gambar 2.3 Massa jenis dan titik leleh plastik..... | 9 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 11 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian..... | 12 |
| Gambar 3.3 Perangkat keras laptop..... | 13 |
| Gambar 3.4 Flashforge 3D Printer | 13 |
| Gambar 3.5 Material PLA | 14 |
| Gambar 3.6 Kompor Gas..... | 14 |
| Gambar 3.7 Panci | 14 |
| Gambar 3.8 Beras | 15 |
| Gambar 3.9 Neraca analog | 15 |
| Gambar 4.1 Desain cetakan ketupat 1.0 <i>base</i> | 18 |
| Gambar 4.2 Desain cetakan ketupat 1.0 <i>top</i> | 18 |
| Gambar 4.3 Prototipe cetakan ketupat 1.0..... | 19 |
| Gambar 4.3 Desain cetakan ketupat 2.0 <i>base</i> | 19 |
| Gambar 4.4 Desain cetakan ketupat 2.0 <i>top</i> | 19 |
| Gambar 4.5 Prototipe cetakan ketupat 2.0..... | 20 |
| Gambar 4.6 Desain cetakan ketupat 3.0 <i>base</i> | 20 |
| Gambar 4.7 Desain cetakan ketupat 3.0 <i>top</i> | 20 |
| Gambar 4.8 Desain cetakan ketupat 3.0 <i>base</i> | 21 |
| Gambar 4.9 Prototipe cetakan ketupat 3.0 <i>top</i> | 21 |
| Gambar 4.10 Prototipe cetakan ketupat 3.0..... | 21 |
| Gambar 4.11 Desain cetakan ketupat 4.0 <i>top</i> | 22 |
| Gambar 4.12 Desain cetakan ketupat 4.0 <i>base</i> | 22 |
| Gambar 4.13 Prototipe cetakan ketupat 4.0 <i>top</i> | 22 |
| Gambar 4.14 Prototipe cetakan ketupat 4.0 <i>base</i> | 23 |
| Gambar 4.15 Prototipe cetakan ketupat 4.0..... | 23 |
| Gambar 4.16 Disassembly cetakan ketupat..... | 24 |
| Gambar 4.17 Assembly cetakan ketupat | 24 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.18 Fill Time | 26 |
| Gambar 4.19 Injection Pressure..... | 26 |
| Gambar 4.20 Quality Prediction..... | 26 |
| Gambar 4.21 <i>Layout Cavity Radial dan Star Runner System</i> | 27 |
| Gambar 4.22 Fill Time radial 1 | 27 |
| Gambar 4.23 Quality Prediction radial 1 | 28 |
| Gambar 4.24 Fill Time radial 2 | 28 |
| Gambar 4.25 Quality Prediction radial 2..... | 28 |
| Gambar 4.26 Hasil simulasi injection pressure P = 80 MPa | 29 |
| Gambar 4.27 Hasil simulasi fill time P = 80 MPa..... | 29 |
| Gambar 4.28 Hasil simulasi <i>quality prediction</i> P = 80 MPa..... | 30 |
| Gambar 4.29 Hasil simulasi injection pressure P = 90 MPa | 30 |
| Gambar 4.30 Hasil simulasi fill time P = 90 MPa..... | 30 |
| Gambar 4.31 Hasil simulasi quality prediction P = 90 MPa | 31 |
| Gambar 4.32 Hasil simulasi injection pressure P = 100 MPa | 31 |
| Gambar 4.33 Hasil simulasi fill time P = 100 MPa..... | 31 |
| Gambar 4.34 Hasil simulasi quality prediction P = 100 MPa | 32 |
| Gambar 4.35 Hasil simulasi injection pressure P = 105 MPa | 32 |
| Gambar 4.36 Hasil simulasi fill time P = 105 MPa..... | 32 |
| Gambar 4.37 Hasil simulasi quality prediction P = 105 MPa | 33 |
| Gambar 4.38 Hasil simulasi injection pressure P = 110 MPa | 33 |
| Gambar 4.39 Hasil simulasi fill time P = 110 MPa..... | 33 |
| Gambar 4.40 Hasil simulasi quality prediction P = 110 MPa | 34 |
| Gambar 4.41 Hasil simulasi fill time 1 gate | 35 |
| Gambar 4.42 Hasil simulasi quality prediction 1 gate..... | 35 |
| Gambar 4.43 Hasil simulasi fill time 2 gate | 36 |
| Gambar 4.44 Hasil simulasi quality prediction 2 gate..... | 36 |
| Gambar 4.45 Hasil simulasi fill time 3 gate | 36 |
| Gambar 4.46 Hasil simulasi quality prediction 3 gate..... | 37 |
| Gambar 4.47 Cacat produk <i>Air Traps</i> | 38 |
| Gambar 4.48 Cacat produk Weld Lines | 38 |
| Gambar 4.49 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050 | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.50 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050 | 40 |
| Gambar 4.51 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050 | 40 |
| Gambar 4.52 Top Clamping Plate | 41 |
| Gambar 4.53 <i>Cavity Plate</i> tampak atas | 41 |
| Gambar 4.54 <i>Cavity Plate</i> tampak bawah | 42 |
| Gambar 4.55 <i>Core Plate</i> tampak atas | 42 |
| Gambar 4.56 <i>Core Plate</i> tampak bawah..... | 43 |
| Gambar 4.57 <i>Cavity</i> | 43 |
| Gambar 4.58 <i>Core</i> | 44 |
| Gambar 4.59 Support Plate..... | 44 |
| Gambar 4.60 Spacer Block..... | 45 |
| Gambar 4.61 Ejector Plate..... | 45 |
| Gambar 4.62 Ejector Base Plate | 46 |
| Gambar 4.63 Bottom Clamping Plate | 46 |
| Gambar 4.64 <i>Moldbase</i> Cetakan Ketupat..... | 47 |
| Gambar 4.65 <i>Moldbase</i> Cetakan Ketupat Transparan..... | 47 |
| Gambar 4.66 Hasil Ketupat 100 gr beras | 48 |
| Gambar 4.67 Deformasi plastis pada prototipe cetakan ketupat | 48 |
| Gambar 4.68 Hasil ketupat dengan isian 50 gram..... | 49 |
| Gambar 4.69 Ketebalan hasil ketupat dengan isian 50 gram | 50 |
| Gambar 4.70 Hasil ketupat dengan isian 80 gram..... | 50 |
| Gambar 4.71 Ketebalan hasil ketupat dengan isian 80 gram | 51 |
| Gambar 4.72 Kerusakan prototipe cetakan ketupat..... | 51 |
| Gambar 4.73 Perhitungan <i>Clamp Force</i> | 55 |
| Gambar 4.74 Engel Victory | 56 |
| Gambar 4.75 Spesifikasi Mesin Injeksi Plastik Engel Victory | 57 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|-------------|------------------------------|
| $P_{(inj)}$ | : Tekanan Injeksi aktual |
| A | : <i>Clamping Force Area</i> |
| F_c | : <i>Clamping Force</i> |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketupat adalah makanan wajib bagi masyarakat Indonesia terutama umat Muslim saat perayaan Hari Raya Idul Fitri dan Idul Adha. Ketika menjelang Hari Raya permintaan pasar terhadap cetakan ketupat meningkat drastis dibanding hari – hari biasa. Cetakan ketupat yang sampai sekarang masih banyak digunakan berasal dari janur kuning yang dianyam sedemikian rupa sehingga membentuk ketupat.

Menganyam cetakan ketupat tidaklah mudah, karena membutuhkan keterampilan agar cetakan bisa tidak mudah lepas ketika digunakan untuk memasak ketupat. Selain itu menganyam cetakan ketupat harus cepat agar dalam waktu yang relatif singkat dapat menghasilkan banyak cetakan. Seiring berkembangnya zaman, generasi penerus yang memiliki kemampuan membuat cetakan ketupat dari janur kuning semakin berkurang. Padahal permintaan pasar terhadap cetakan ketupat setiap tahunnya relatif sama mungkin bahkan meningkat karena selain menjelang hari raya pedagang makanan yang menggunakan bahan dasar ketupat juga membutuhkan cetakan ketupat.

Permasalahan yang sering ditemui penulis pada ketupat adalah ketupat cepat basi dan berlendir karena menurut food.detik.com ketupat cepat basi karena saat direbus janur akan mengeluarkan lendir. Banyak masyarakat yang mengatasi masalah – masalah tersebut dengan cara mengganti cetakan ketupat menggunakan plastik es, tetapi hal tersebut sangat tidak dianjurkan karena tidak semua jenis plastik es aman untuk memasak ketupat. Menurut klikdokter.com, dikutip dari situs pom.go.id, Penny K. Lukito selaku Kepala Badan POM mengajak masyarakat untuk mengetahui terlebih dahulu perihal plastik yang biasanya digunakan untuk memasak lontong. Menurutnya, jika dimasak menggunakan plastik yang sesuai, lontong tersebut tak akan menyebabkan kanker dan mandul.

Berdasarkan hal – hal tersebut penulis memutuskan untuk melakukan penelitian apabila cetakan ketupat dibuat dari plastik HDPE dengan referensi

merek *Tupperware* dan diproduksi secara massal menggunakan proses *injection molding*. Pada penelitian ini penulis meneliti tentang simulasi *injection molding*, desain mold dan *modeling* studi kasus cetakan ketupat.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas pada proposal ini adalah :

1. Bagaimana *layout feeding system* yang optimal untuk *injection molding* profil belah ketupat (cetakan ketupat)?
2. Bagaimana pengaruh *layout feeding system* terhadap *quality prediction*?
3. Bagaimana pengaruh ukuran *gate* pada proses *injection molding* profil belah ketupat cetakan ketupat?
4. Berapa tekanan injeksi yang diperlukan pada proses *injection molding* cetakan ketupat?

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini agar ruang lingkup pembahasan menjadi jelas dan tidak meluas ke hal-hal yang tidak diinginkan. Pembatasan masalah dalam penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil penelitian berupa desain dan simulasi *injection molding*.
2. Material plastik yang digunakan untuk prototipe adalah PLA.
3. Material produk mengacu pada material HDPE produk merk Tupperware.
4. Perangkat lunak desain yang digunakan adalah Autodesk Inventor 2017
5. Perangkat lunak simulasi yang digunakan adalah Autodesk Moldflow Adviser 2019.
6. Penelitian hanya sampai dengan pengujian kapasitas cetakan dan menggunakan prototipe 3D Print.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membuat desain alat/produk untuk menggantikan cetakan ketupat tradisional.
2. Mengetahui pengaruh *layout feeding system*, jumlah gate dan tekanan injeksi terhadap *quality prediction injection molding* profil belah ketupat (cetakan ketupat).
3. Membuat desain mold yang optimal untuk cetakan ketupat.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat penelitian ini dibagi menjadi beberapa kepentingan, yaitu :

- a. Meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan materi yang telah didapatkan di perkuliahan.
- b. Mahasiswa dapat mengetahui permasalahan yang terjadi pada pembuatan dan perancangan alat dan sistem yang dirancang.
- c. Dapat memberikan solusi dari permasalahan yang dihadapi oleh penulis dan masyarakat.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Proposal Tugas Akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

1.6.1 BAB I – Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang dari masalah yang akan diangkat dan dibahas pada proposal ini.

1.6.2 BAB II – Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang kajian pustaka dan dasar teori yang akan digunakan dalam penelitian dan perancangan.

1.6.3 BAB III – Metode Penelitian

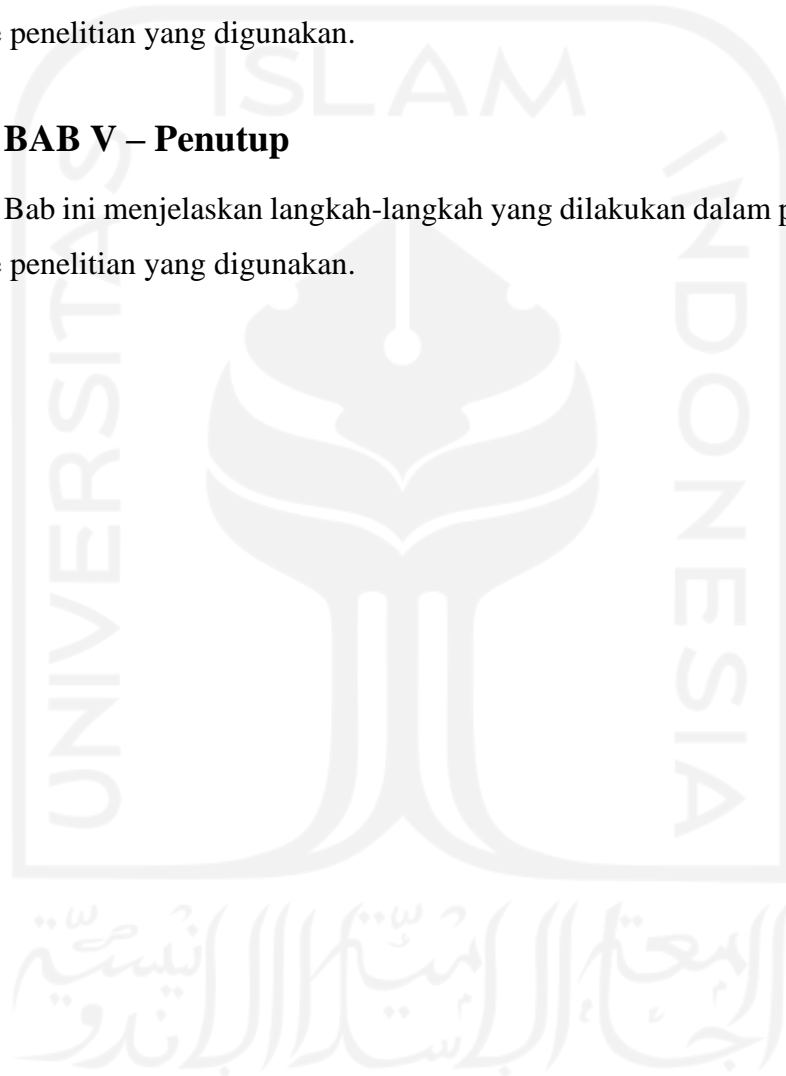
Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

1.6.4 BAB IV – Hasil dan Pembahasan

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

1.6.5 BAB V – Penutup

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



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berikut beberapa kajian pustaka dari penelitian – penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sebagai bahan acuan bagi penelitian kali ini.

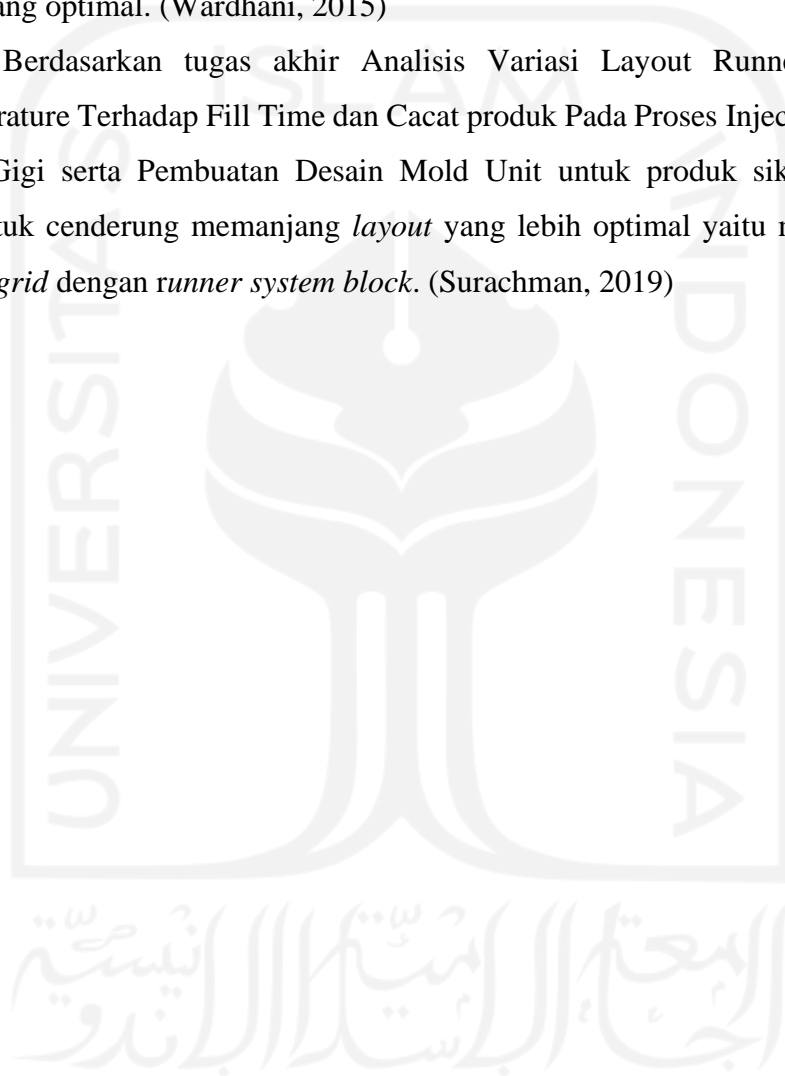
Pada jurnal Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses Injection Molding, peneliti melihat peluang bisnis dengan bertambahnya jumlah permintaan knob kompor gas kemudian peneliti merancang *mold injection molding* knob kompor gas agar dapat menambah kapasitas produksi. Perancangan yang dilakukan peneliti menggunakan metode *Verein Deutsche Ingenieuer 2222 (VDI 2222)*. Jenis material plastik yang digunakan adalah Polyoxymethylene (POM) atau Acetal (Yulianto, 2014).

Jurnal berikutnya adalah Perancangan *Injection Molding* dengan Sistem *Three Plate Mold* Pada Produk *Glove Box*, pada jurnal ini peneliti bertujuan untuk menghasilkan produk berkualitas dengan melakukan analisis jenis runner, gate dan cooling paling optimal kemudian menghitung *clamping force*, sistem ejector, tebal *support plate* dan diameter baut *stopper* yang aman digunakan, dengan menggunakan produk sampel yang telah dimodifikasi yaitu *glove box*, kemudian merancang sistem *three-plate mold* pada produk *glove box* (Mufid, 2017).

Jurnal selanjutnya yaitu Rancang Bangun Cetakan Souvenir Plastik dengan Mesin Injection Molding Bertekanan 1.960 Kg/Cm^2 , peneliti mengamati banyak benda di sekitar yang terbuat dari plastik yang dibuat menggunakan proses *injection molding* salah satunya adalah souvenir. Peneliti berinisiatif untuk membuat suatu rancang bangun cetakan untuk souvenir plastik. Dalam rancang bangun cetakan ini sistem yang digunakan adalah sistem *two plate mould* /satu bukaan. Runner yang digunakan adalah bentuk parabola, jenis gate yang digunakan adalah edge gate. Bahan yang akan digunakan untuk rancang bangun cetakan adalah St 37. Cavity yang digunakan dalam pembuatan souvenir plastik ini adalah sebanyak 2 buah cavity (Sergio, 2019).

Pada jurnal Optimasi Desain Mold untuk Mereduksi Cacat Flash dan Shrinkage pada Produk Paku Kotak dengan Menggunakan Software Simulasi Moldflow Penempatan penulis mengoptimasi desain mold untuk mengurangi cacat produk. Pada penelitian ini produk berbentuk balok dan peneliti memilih menggunakan *layout H pattern*. Menurut penulis perpaduan beberapa parameter seperti lokasi gate, tekanan injeksi dan *cylinder temperature* untuk mendapatkan hasil yang optimal. (Wardhani, 2015)

Berdasarkan tugas akhir Analisis Variasi Layout Runner dan Melt Temperature Terhadap Fill Time dan Cacat produk Pada Proses Injection Molding Sikat Gigi serta Pembuatan Desain Mold Unit untuk produk sikat gigi yang berbentuk cenderung memanjang *layout* yang lebih optimal yaitu menggunakan *layout grid* dengan *runner system block*. (Surachman, 2019)



2.2 Dasar Teori

2.2.1 Injection Molding

Injection molding adalah proses berulang di mana plastik yang dilelehkan (diplastiskan) disuntikkan (dipaksa) ke dalam mold cavity atau beberapa cavity, di mana ia ditahan di bawah tekanan sampai dikeluarkan dalam keadaan padat, pada dasarnya menduplikasi mold cavity (gambar 1-1). Cetakan dapat terdiri dari single cavity atau beberapa cavity yang sama atau berbeda, masing-masing terhubung ke flow channel, atau runner, yang mengarahkan aliran lelehan ke individual cavity (gambar 1-2). Tiga operasi dasar yang terjadi: (1) memanaskan plastik dalam unit injeksi atau plastisasi sehingga plastik leleh akan mengalir di bawah tekanan, (2) memungkinkan plastik meleleh dalam cetakan, dan (3) membuka cetakan untuk mengeluarkan cetakan yang dicetak produk (Rosato D.V et al, 2000).

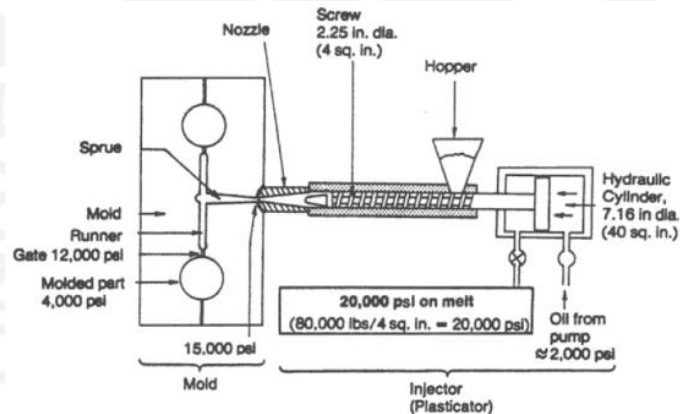


Fig. 1-11 Pressure-loading melt into the cavity.

Gambar 2.1 *Pressure-loading* cairan ke dalam cavity

(Rosato D.V, 2000)

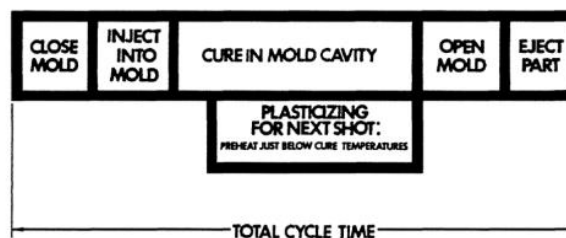


Fig. 1-12 Mechanical load profile.

Gambar 2.2 Profil beban mekanik

(Rosato D.V, 2000)

2.2.2 Desain Produk

Menurut KBBI desain berarti kerangka bentuk, rancangan, motif, pola atau corak. Secara historis penggunaan kata ‘desain’ secara historis, tidak bisa dipisahkan dari kegiatan senirupa dalam arti luas (kbbi.web.id). Istilah “desain” sendiri dipakai, awalnya untuk menggantikan istilah jurusan ‘seni-interior’ di ITB pada tahun 1969. Kemudian sejalan dengan tuntutan zaman, istilah ini dipakai sebagai penamaan jurusan baru pada tahun 1971, yaitu jurusan desain produk, jurusan desain interior, jurusan desain grafis, jurusan desain tekstil (istilah jurusan kemudian diganti menjadi studio, dan sejak tahun 1984 diganti lagi menjadi program studi). Istilah ‘desain’ tetap konsisten dipakai dan dianggap sebagai cabang dari ilmu kesenirupaan. (Sachari, 2000)

2.2.3 Mold Injeksi

Mold injeksi adalah rangkaian mekanik yang terdiri dari bagian yang tergantung pada produk dan bagian yang tidak tergantung pada produk. Bentuk dan ukuran geometris sistem rongga (*cavity system*) ditentukan secara langsung oleh produk cetakan plastik. Jadi bagian fungsional dari sistem *cavity* tidak tergantung produk. Selain tugas utama membentuk produk, cetakan injeksi juga harus memenuhi sejumlah tugas seperti distribusi lelehan (*distribution of melt*), mendinginkan bahan yang meleleh, mengeluarkan produk yang telah dicetak, gerakan mentransmisikan (*transmitting motion*), menjaga, dan meluruskan bagian cetakan. Bagian fungsional untuk memenuhi tugas-tugas ini biasanya serupa dalam struktur dan bentuk geometris untuk cetakan injeksi yang berbeda. Struktur dan bentuk geometrisnya tidak tergantung pada produk cetakan plastik, sedangkan ukurannya dapat diubah sesuai dengan produk plastik. Penting bagi perancang cetakan (*mold designers*) untuk memilih komponen-komponen penting yang bekerja dalam bagian perakitan yang memerlukan perencanaan dan pengecekan dimensi dan toleransi yang tepat (Fuh J. Y. H. et al, 2004).

2.2.4 Desain Mold

Dalam pencetakan termoplastik, cetakan melakukan tiga fungsi dasar: pembentukan bahan cair ke dalam bentuk produk, menghilangkan panas untuk pemadatan, dan mengeluarkan bagian padat. Dari tiga, pembuangan panas biasanya membutuhkan waktu terlalu lama dan memiliki efek langsung terbesar pada waktu siklus. Meskipun ini, desain cetakan saluran pendingin sering menjadi renungan di proses desain cetakan; setelah *feed system*, mekanisme cetakan, dan desain *ejection system* yang sudah dirancang. Akibatnya, banyak desain pendingin harus mengakomodasi ruang yang tersedia dan kenyamanan pemesinan daripada kebutuhan termodinamika produk dan cetakan (Lanxess Energizing Chemistry)

2.2.5 Bio-based Plastics

Bio-based plastics atau bioplastik adalah plastik yang berbahan dasar dari bahan alami seperti tumbuhan dan hewan yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Ada beberapa jenis bioplastik dan subdivisi lanjutannya yang dapat dibuat, misalnya berbeda pada tingkat biodegradabilitasnya atau pada kemiripan molekulernya dengan plastik *fossil-based* yang ada. Contohnya, bioplastik PET (polyethylene terephthalate) atau bioplastik PE (polyethylene) pada dasarnya identik dengan PET atau PE *fossil-based*, dan disebut ‘turunan’ bioplastik karena alasan ini. Berikut ini adalah tabel massa jenis dan titik leleh dari jenis – jenis plastik. (Alaerts Luc et al, 2018)

| Plastic Type | ρ (kg/m ³) | T _m (°C) |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Polyethylene terephthalate (PET) | 1350–1390 | 255 |
| High-density polyethylene (HDPE) | 930–970 | 125 |
| Polyvinyl chloride (PVC) | 1100–1450 | 210 |
| Polylactic acid (PLA) | 1200–1450 | 155–165 |
| Poly-3-hydroxybutyrate (PHB) | 1300 | 180 |
| Polyethylene furanoate (PEF) | 1400–1550 | 225 |

The ranges are based on the results of a general search on the internet, completed by data retrieved in the references consulted for this paper.

Gambar 2.3 Massa jenis dan titik leleh plastik

(Alaerts Luc et al, 2018)

2.2.6 HDPE

High-density polyethylene diproduksi dari polimerisasi dari *ethylene* (kondisi temperatur dan tekanan rendah yang biasanya dibandingkan dengan pembuatan *low-density polyethylene*). Material yang bebas dari percabangan, yang mungkin disebabkan oleh penggunaan *stereospecific catalysts*. Karena keteraturan molekul, HDPE memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi (dibandingkan dengan LDPE).

Tingkat kristalinitas yang lebih tinggi berkontribusi pada kepadatan yang lebih tinggi, kekuatan tarik, distorsi panas suhu, viskositas, dan ketahanan kimia. HDPE lebih tahan terhadap permeabilitas daripada LDPE. Kekuatan benturan lebih rendah. Sifat-sifat HDPE dikendalikan oleh kepadatannya dan distribusi berat molekul. Nilai cetakan injeksi biasanya memiliki sempit distribusi berat molekul. Jika densitasnya 0,91 hingga 0,925 g / cm³, material tersebut dikenal sebagai tipe 1, bahan tipe 2 memiliki kerapatan dalam kisaran 0,926 hingga 0,94 g / cm³ dan material tipe 3 memiliki kepadatan pada kisaran 0,94 hingga 0,965 g / cm³. Dibawah ini adalah kondisi proses injection molding untuk material HDPE. (Shoemaker Jay, 2006)

Plastik HDPE merupakan material termoplastik yang memiliki kemampuan ketahanan terhadap suhu tinggi mencapai 126,7°C serta tidak mudah robek (Fauziah, 2016)

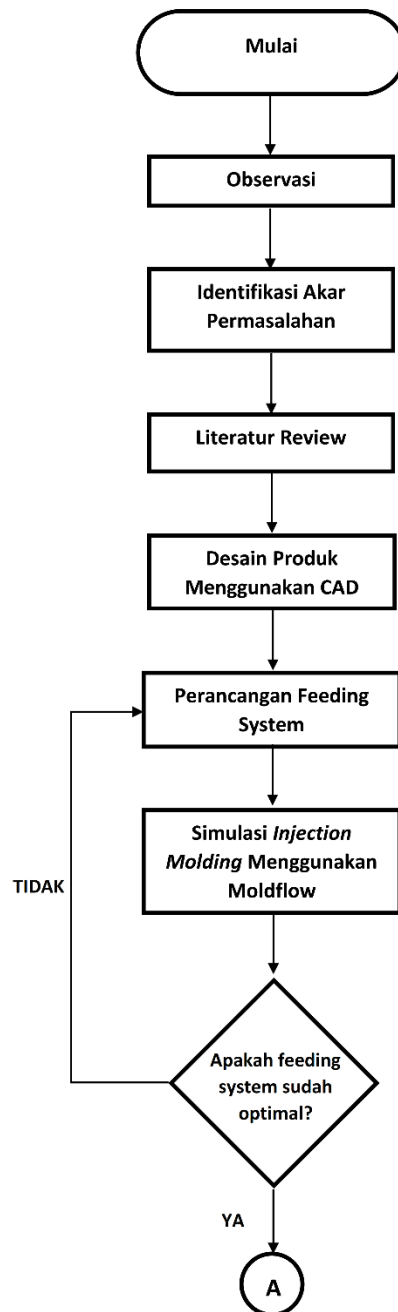
Tabel 2.1 *Melt Temperature, Mold Temperature dan Injection Pressure* material HDPE

| Melt Temperature (°C) | Mold Temperature (°C) | Injection Pressure (MPa) |
|---|--|--------------------------|
| 180 – 280 | 20 – 95 | 70 – 105 |
| 200 – 250 (disarankan untuk resin dengan berat molekular tinggi) | Temperatur lebih tinggi disarankan untuk ketebalan sampai 6mm dan temperatur lebih rendah untuk ketebalan > 6mm) | - |

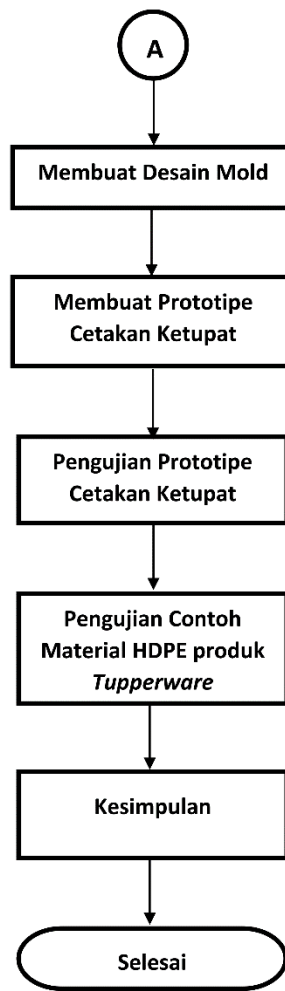
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Diagram alir penelitian ini dengan beberapa tahap penelitian yang dilakukan dapat dilihat dalam bagan gambar 3-1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Kriteria Desain

Desain cetakan ketupat dalam penelitian ini memiliki kriteria desain seperti di bawah ini :

1. Menghasilkan ukuran ketupat yang identik dengan hasil ketupat dengan cetakan tradisional.
2. Tahan panas hingga 100°C.
3. Dapat digunakan memasak berulang hingga lebih dari 5 kali.
4. Tidak membuat ketupat menjadi beracun, berwarna dan berbau.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Laptop

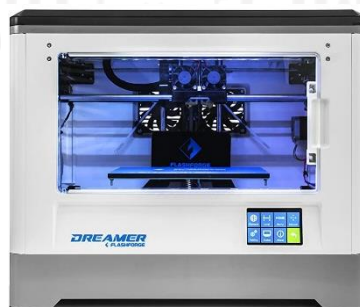


Gambar 3.3 Perangkat keras laptop
(bhinneka.com)

Tabel 3-1 Spesifikasi perangkat keras laptop

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| <i>Operation System</i> | Windows 10 Home |
| <i>Processor</i> | Intel® |
| CPU | Core™ i7-9750H @2.60 GHz |
| VGA | NVIDIA GTX 1660 Ti |
| <i>Installed Memory (RAM)</i> | 8 GB |
| <i>System Type</i> | 64-Bit <i>Operating System</i> |

3.3.2 3D Printer



Gambar 3.4 Flashforge 3D Printer
(amazon.com)

Pada penelitian ini penulis menggunakan mesin *3D Printer* merk Flashforge untuk pembuatan prototipe. Mesin *3D printer* ini milik Teknik Mesin FTI UII yang berada di Laboratorium Mekatronika.

3.3.3 PLA



Gambar 3.5 Material PLA

(tokopedia.com)

Pada penelitian ini penulis menggunakan material PLA sebagai material prototipe yang dibuat menggunakan 3D Printer.

3.3.4 Kompor



Gambar 3.6 Kompor Gas

(lazada.co.id)

3.3.5 Panci



Gambar 3.7 Panci

3.3.6 Beras



Gambar 3.8 Beras

(nusadaily.com)

Pada penelitian ini penulis menggunakan beras jenis IR 64 untuk bahan ketupat pada proses pengujian prototipe cetakan.

3.3.7 Neraca analog



Gambar 3.9 Neraca analog

Pada penelitian ini penulis menggunakan neraca analog untuk mengukur berat beras yang akan direbus.

3.3.8 Autodesk Inventor 2017 & 2020

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak dari Autodesk yang dapat digunakan untuk membuat desain 3D dan simulasi. Penulis menggunakan perangkat lunak ini untuk membuat desain cetakan ketupat.

3.3.9 Autodesk Moldflow Adviser 2019

Autodesk Moldflow merupakan perangkat lunak dari Autodesk yang dapat digunakan untuk mensimulasikan proses *injection molding*. Penulis menggunakan

perangkat lunak ini untuk mensimulasikan proses *injection molding* rancangan produk cetakan ketupat.

3.4 Perancangan

Perancangan cetakan ketupat ini dimulai dengan munculnya permasalahan yang sering dihadapi penulis seperti yang telah dijelaskan. Kemudian penulis mencari produk serupa yang ada di pasaran. Ternyata produk cetakan ketupat belum ada di pasaran. Maka dari itu, penulis memutuskan untuk merancang produk tersebut semirip mungkin dengan cetakan ketupat tradisional yang terbuat dari janur kuning.

Produk cetakan ketupat ini dirancang dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti ukuran, lubang sirkulasi, mekanisme pengunci dan proses manufaktur produk. Ukuran dibuat semirip mungkin dengan cetakan ketupat pada umumnya agar ukuran ketupat yang dihasilkan tidak terlalu besar atau terlalu kecil. Lubang sirkulasi diperhatikan dan dibuat mirip dengan cetakan ketupat tradisional untuk jalan masuk air ketika beras dimasak agar menjadi ketupat. Mekanisme pengunci dirancang sedemikian rupa agar ketika beras dimasak dan mengembang menjadi ketupat cetakan tidak terbuka sendiri karena tekanan atau yang lainnya. Proses manufaktur juga tidak lupa diperhatikan agar produk ini bisa dibuat dan dipasarkan.

BAB 4

PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Produk

Dalam proses perancangan produk perlu memperhatikan data produk dan proses manufaktur produk tersebut. Pada tabel 4-1 ditunjukkan data produk cetakan ketupat, pada tabel 4-2 ditunjukkan tuntutan perancangan produk dan tabel 4-3 ditunjukkan spesifikasi material yang akan digunakan.

Tabel 4-1 Data Produk

| Data Produk | |
|----------------|---------------------------|
| Nama | Cetakan Ketupat |
| Warna | Kuning |
| Material | HDPE |
| Dimensi Produk | 124.7 mm x 105 mm x 60 mm |

Tabel 4-2 Tuntutan Perancangan

| Tuntutan Perancangan | |
|---------------------------------|-----------------------|
| <i>Jenis mold</i> | <i>Two plate mold</i> |
| <i>Jumlah cavity & core</i> | 4 |
| <i>Runner Layout</i> | Star |
| <i>Standart moldbase</i> | - |

Tabel 4-3 Karakteristik HDPE

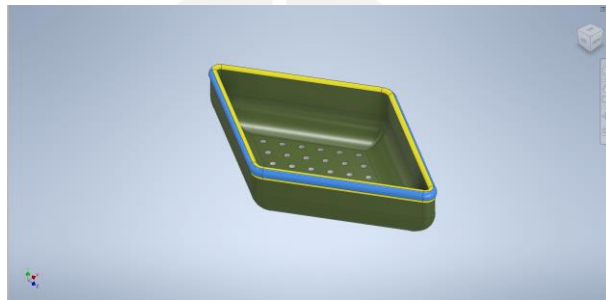
| | |
|--|---------|
| Berat Jenis (gr/cm^2) | 1.0541 |
| <i>Mold temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$) | 25-80 |
| <i>Melt temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$) | 200-280 |
| <i>Injection pressure</i> (MPa) | 50-100 |

4.2 Perancangan Produk

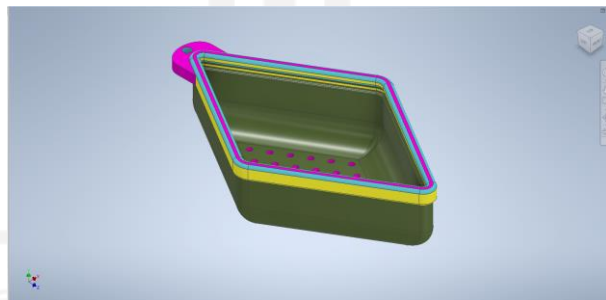
4.2.1 Perancangan Produk Perangkat Lunak

Berdasarkan latar belakang di atas dan berdasarkan hasil literatur *review* yang telah dilakukan, maka dibuatlah rancangan cetakan ketupat berbahan dasar plastik HDPE yang menjadi alternatif dari cetakan ketupat tradisional yang terbuat dari janur.

Dalam proses perancangan produk ini mengalami beberapa kali revisi desain berikut ini adalah beberapa desain yang telah dibuat prototipe dalam *3D print*.



Gambar 4.1 Desain cetakan ketupat 1.0 *base*

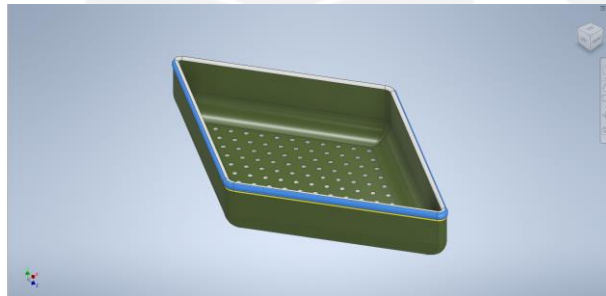


Gambar 4.2 Desain cetakan ketupat 1.0 *top*

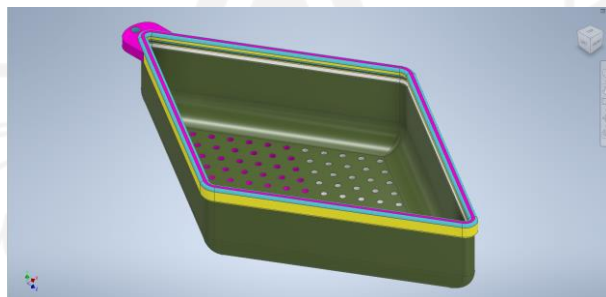


Gambar 4.3 Prototipe cetakan ketupat 1.0

Pada desain cetakan ketupat 1.0 ini diketahui terdapat kekurangan dan kesalahan setelah dibuat prototipe menggunakan 3D Print, kekurangan dan kesalahan tersebut yaitu ukuran yang terlalu kecil untuk ukuran ketupat pada umumnya. Sistem penguncian desain cetakan ketupat 1.0 mengacu pada beberapa produk *tupperware*.



Gambar 4.3 Desain cetakan ketupat 2.0 base

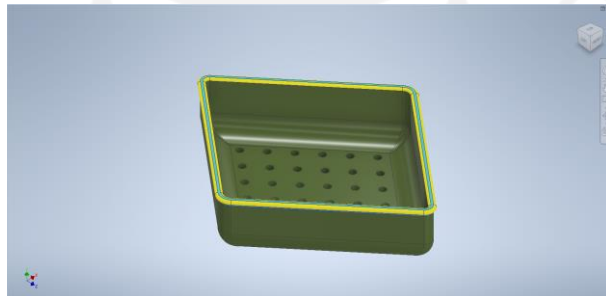


Gambar 4.4 Desain cetakan ketupat 2.0 top

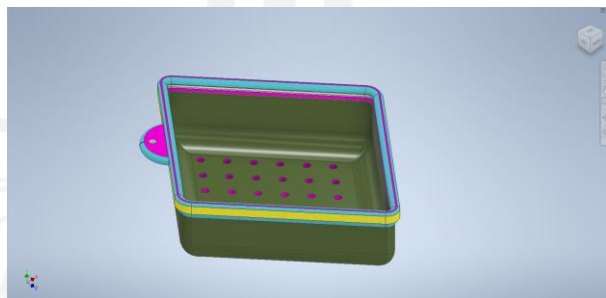


Gambar 4.5 Prototipe cetakan ketupat 2.0

Setelah memperbaiki desain cetakan ketupat 1.0 dengan memperbesar ukuran produk pada desain cetakan ketupat 2.0 ternyata masih terdapat kekurangan yaitu lubang – lubang untuk sirkulasi air dan udara terlalu kecil dan jumlah terlalu banyak selain itu bentuk cetakan kurang proporsional karena terlalu lonjong.



Gambar 4.6 Desain cetakan ketupat 3.0 base



Gambar 4.7 Desain cetakan ketupat 3.0 top



Gambar 4.8 Desain cetakan ketupat 3.0 base



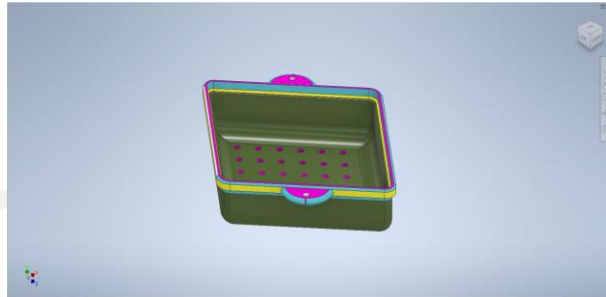
Gambar 4.9 Prototipe cetakan ketupat 3.0 top



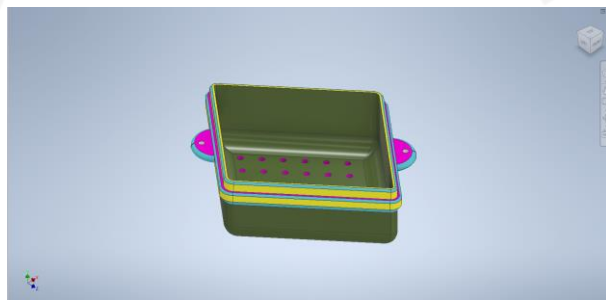
Gambar 4.10 Prototipe cetakan ketupat 3.0

Perbaikan desain kedua yaitu memperbaiki panjang diagonal, ukuran volume cetakan agar bentuk lebih proporsional, ukuran lubang sirkulasi dan ukuran sistem pengunci. Tetapi setelah dibuat prototipe 3D print cetakan bisa di *assembly*

tetapi sulit dilepas karena bagian *base* tidak terdapat pegangan dan juga desain bagian pengunci masih belum tepat karena masih terkendala pada bagian sudut – sudut.



Gambar 4.11 Desain cetakan ketupat 4.0 *top*



Gambar 4.12 Desain cetakan ketupat 4.0 *base*



Gambar 4.13 Prototipe cetakan ketupat 4.0 *top*



Gambar 4.14 Prototipe cetakan ketupat 4.0 *base*

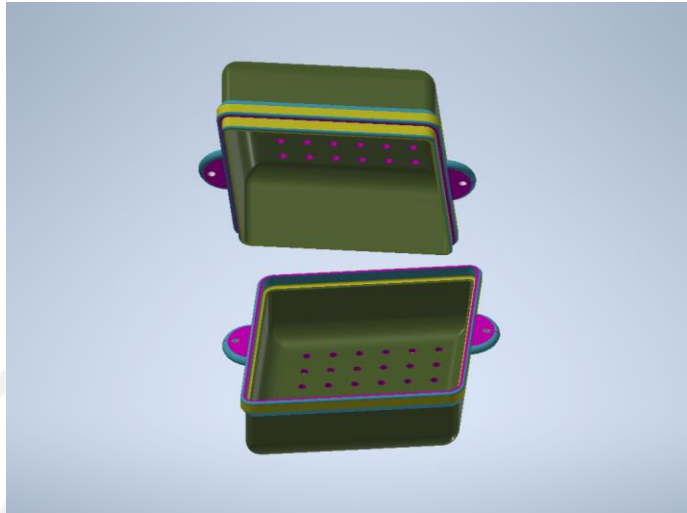


Gambar 4.15 Prototipe cetakan ketupat 4.0

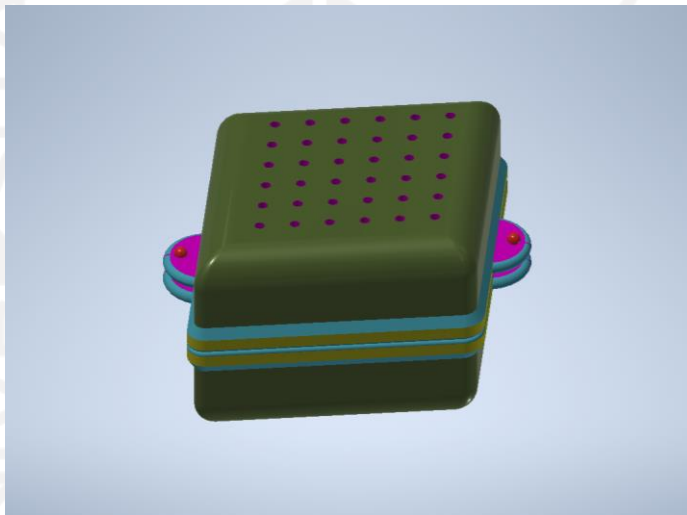
Berdasarkan saran pembimbing desain sistem pengunci diubah menggunakan sistem suaian dan ditambah dengan pin pengunci, selain itu juga ada penambahan jumlah pegangan pada masing – masing part.

4.2.2 Hasil Perancangan Produk

Produk yang telah dirancang kemudian disatukan (*di-assembly*), berikut ini adalah *part list* dari produk cetakan ketupat :



Gambar 4.16 Disassembly cetakan ketupat



Gambar 4.17 Assembly cetakan ketupat

الجمهورية الإسلامية اندونيسية
UNIVERSITAS

4.3 Hasil Analisis

4.3.1 Hasil Simulasi Desain Cetakan Ketupat

Dalam simulasi injeksi molding cetakan ketupat penentuan ukuran *feeding system* mengikuti panduan dari Shoemaker J, 2006. Berikut ini adalah hasil simulasi desain cetakan ketupat menggunakan Autodesk Moldflow Adviser 2019:

4.3.1.1 Analisis Variasi *Layout*

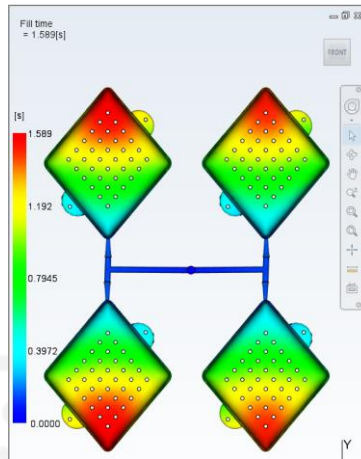
Analisis variasi *layout cavity* bertujuan untuk menentukan layout paling optimal pada proses simulasi *injection molding* produk dengan fill time yang cepat, *injection pressure* yang tepat dan cacat produk yang paling rendah.

Tabel 4-4 Parameter Simulasi *Injection Molding*

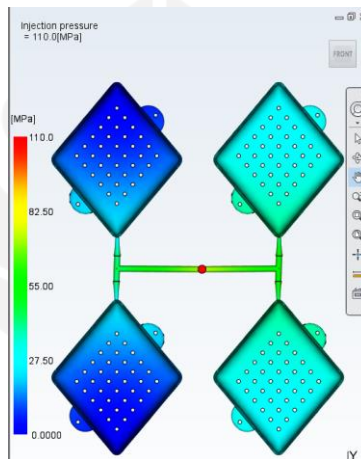
| Parameter yang Digunakan | |
|-------------------------------|---|
| <i>Layout cavity</i> | <i>Grid dan radial</i> |
| <i>Layout runner</i> | <i>H pattern dan star</i> |
| Jenis <i>runner</i> | <i>Circular</i> |
| Jumlah <i>cavity</i> | 4 |
| <i>Mold temperature</i> | 50 °C |
| <i>Max Injection pressure</i> | 110 MPa |
| <i>Melt temperature</i> | 260 °C |
| <i>Output Analisis</i> | <i>Fill time, injection pressure dan quality prediction</i> |

1. *Runner System H Pattern*

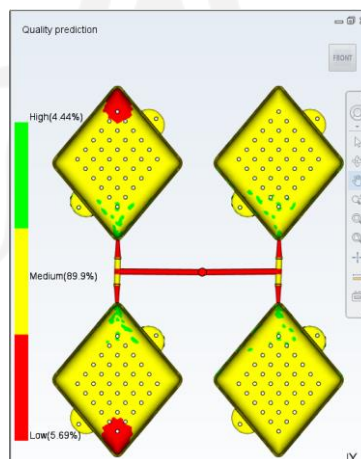
Hasil analisis pada *layout cavity grid* dengan *runner system H pattern* membutuhkan waktu selama 1.589 detik seperti pada gambar (4.17) untuk mengisi *cavity* dengan material plastik dengan tekanan 110 MPa seperti pada gambar (4.18). *Quality prediction* runner system H pattern *high* 4.44%, *medium* 89.9% dan *low* 5.69% dapat dilihat pada gambar (4.19).



Gambar 4.18 Fill Time



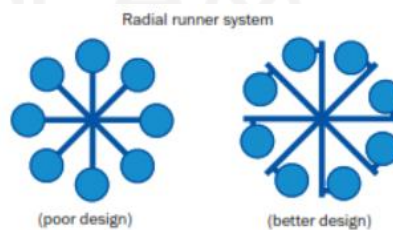
Gambar 4.19 Injection Pressure



Gambar 4.20 Quality Prediction

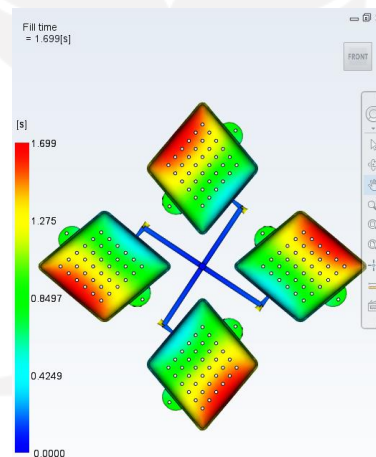
2. Runner System Star

Menurut Shoemaker J, 2006 desain layout cavity dan runner system yang lebih baik seperti pada gambar (4-20) Hasil analisis pada *layout cavity radial* dengan *runner system star* membutuhkan waktu selama 1.699 detik seperti pada gambar (4.21) untuk mengisi cavity dengan material plastik dengan tekanan 89.86 MPa seperti pada gambar (4.22). Presentase *quality prediction star runner system high* 29.9%, *medium* 68.0% dan *low* 2.15% dapat dilihat pada gambar (4.23).

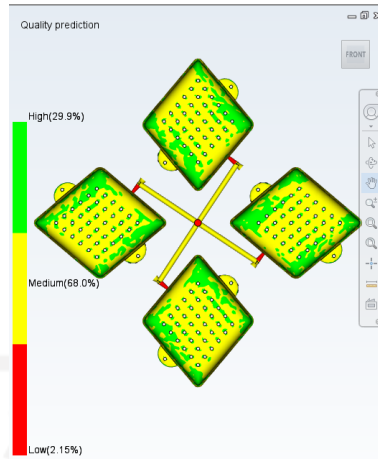


Gambar 4.21 Layout Cavity Radial dan Star Runner System

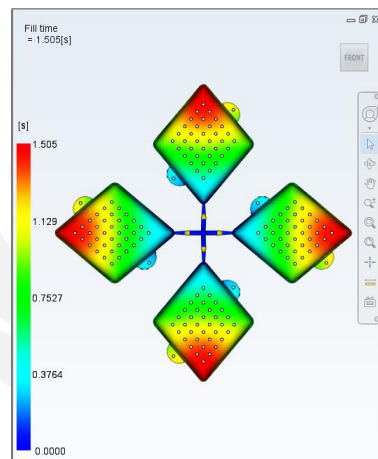
(Shoemaker J, 2006)



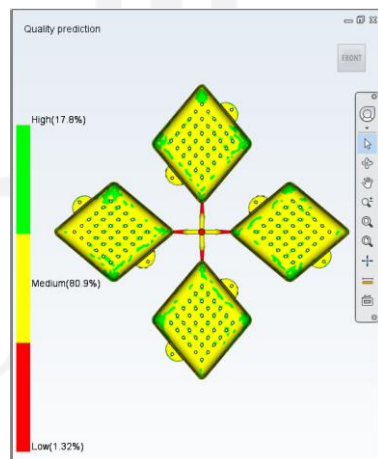
Gambar 4.22 Fill Time radial 1



Gambar 4.23 Quality Prediction radial 1



Gambar 4.24 Fill Time radial 2



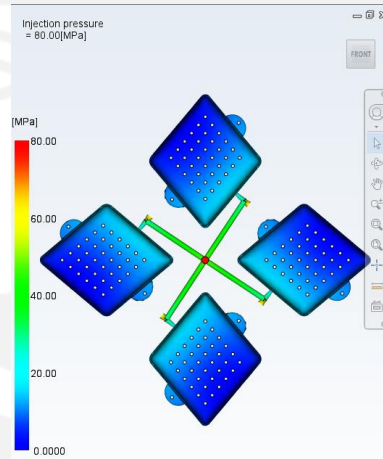
Gambar 4.25 Quality Prediction radial 2

Perbandingan hasil simulasi dari kedua parameter tersebut yaitu jenis *radial 1* lebih baik karena dengan *fill time* 1.699, *injection pressure* 89.96 MPa dengan *quality prediction high* 29.9%, *medium* 68.0% dan *low* 2.15%.

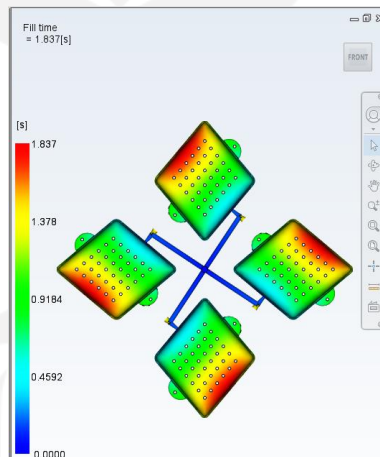
4.3.1.2 Analisis Variasi Beda Tekanan

Analisis *cavity radial layout* dengan jenis *star runner pattern* dengan variasi tekanan 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 105 MPa dan 110 MPa. Dengan parameter konstan *layout cavity radial* untuk mendapatkan hasil *fill time* dan *quality prediction*.

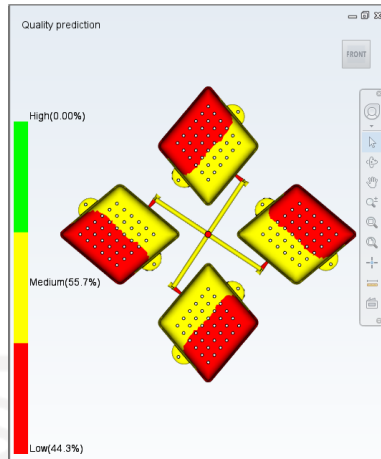
1. Hasil analisis dengan tekanan 80 MPa



Gambar 4.26 Hasil simulasi injection pressure P = 80 MPa

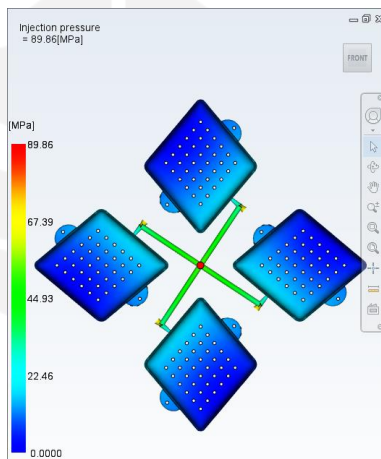


Gambar 4.27 Hasil simulasi fill time P = 80 MPa

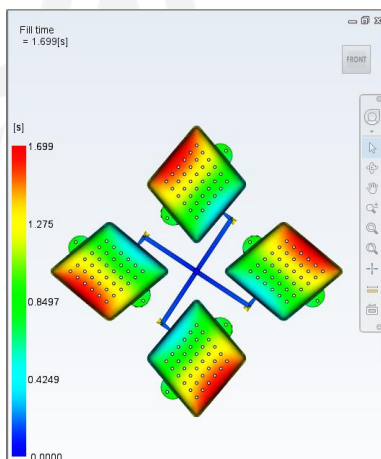


Gambar 4.28 Hasil simulasi *quality prediction* P = 80 MPa

2. Hasil analisis dengan tekanan 90 MPa



Gambar 4.29 Hasil simulasi *injection pressure* P = 90 MPa

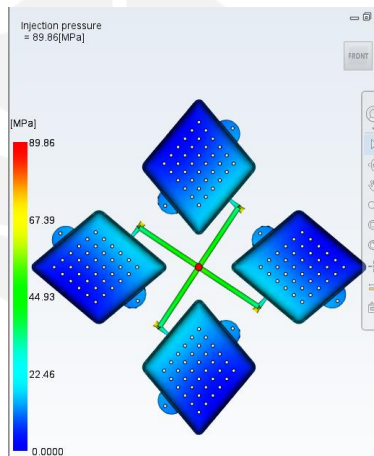


Gambar 4.30 Hasil simulasi *fill time* P = 90 MPa

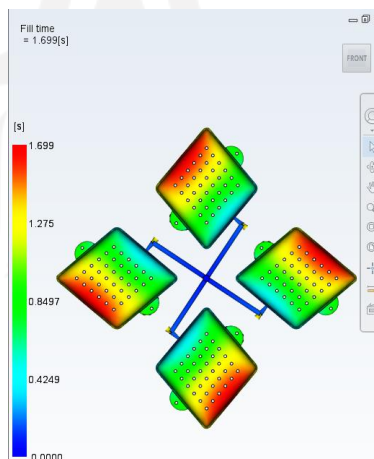


Gambar 4.31 Hasil simulasi quality prediction P = 90 MPa

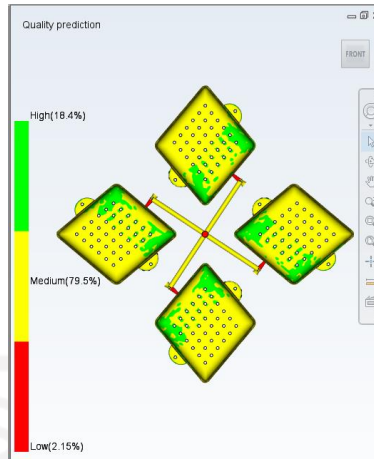
3. Hasil analisis dengan tekanan 100 MPa



Gambar 4.32 Hasil simulasi injection pressure P = 100 MPa

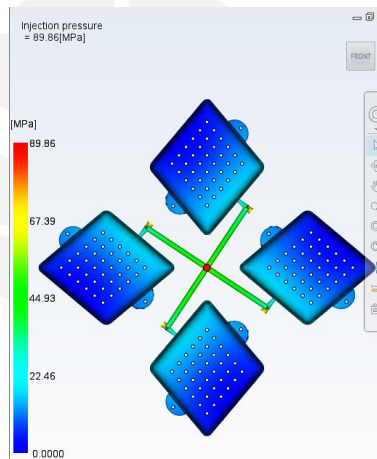


Gambar 4.33 Hasil simulasi fill time P = 100 MPa

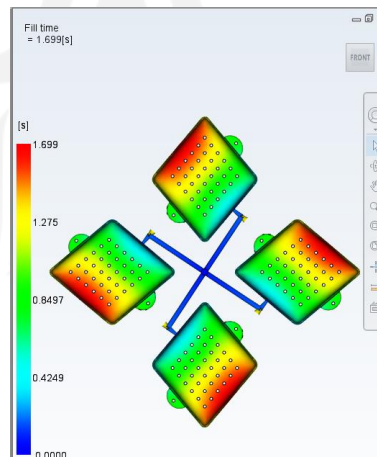


Gambar 4.34 Hasil simulasi quality prediction P = 100 MPa

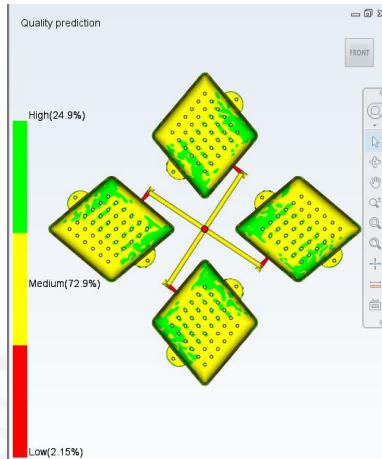
4. Hasil analisis dengan tekanan 105 MPa



Gambar 4.35 Hasil simulasi injection pressure P = 105 MPa

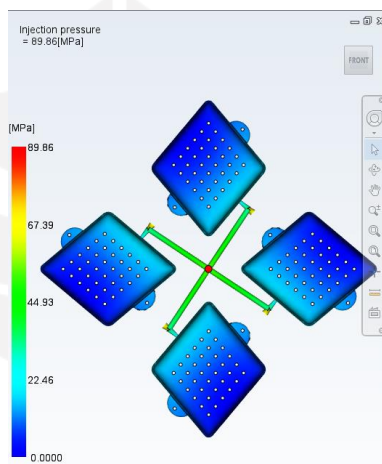


Gambar 4.36 Hasil simulasi fill time P = 105 MPa

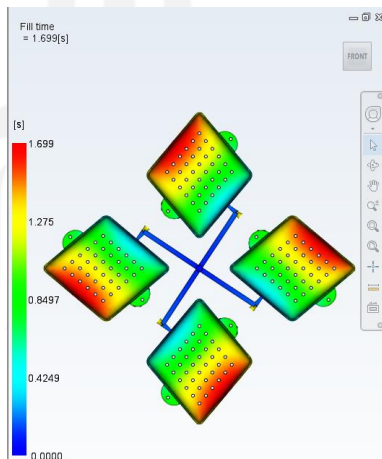


Gambar 4.37 Hasil simulasi quality prediction P = 105 MPa

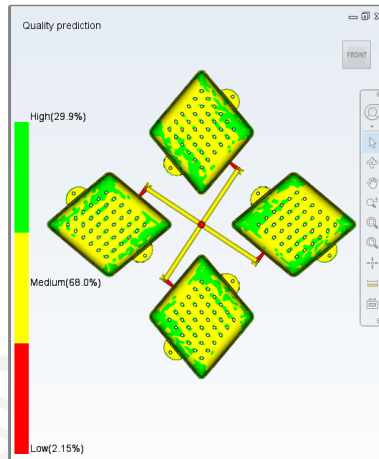
5. Hasil analisis dengan tekanan 110 MPa



Gambar 4.38 Hasil simulasi injection pressure P = 110 MPa



Gambar 4.39 Hasil simulasi fill time P = 110 MPa



Gambar 4.40 Hasil simulasi quality prediction P = 110 MPa

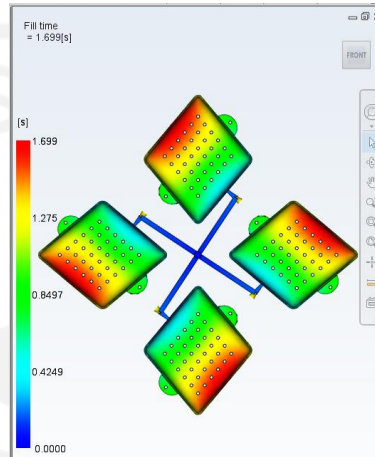
Tabel 4-5 Hasil Simulasi Variasi Beda Tekanan

| No | P (MPa) | Gate / diameter (mm) | Runner (mm) | Sprue (mm) | Mold temp. (°C) | Melt temp. (°C) | Fill time (detik) | Max. Injection Pressure (MPa) | Q prediction % (Hi ; Med ; Lo) |
|----|---------|------------------------|-------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 80 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.837 | 80 | 0.00 ; 55.7 ; 44.3 |
| 2 | 90 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.699 | 90 | 1.68 ; 96.2 ; 2.15 |
| 3 | 100 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.699 | 100 | 18.4 ; 79.5 ; 2.15 |
| 4 | 105 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.699 | 105 | 24.9 ; 72.9 ; 2.15 |
| 5 | 110 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.699 | 110 | 29.9 ; 68.0 ; 2.15 |

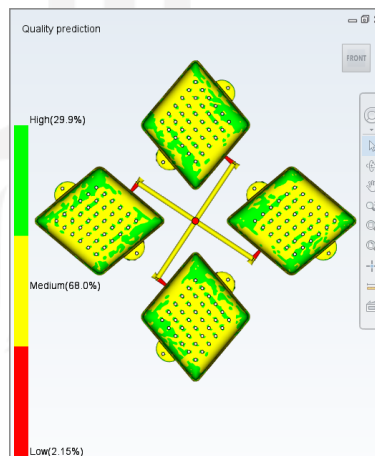
4.3.1.3 Analisis Variasi Jumlah Gate

Analisis *cavity radial layout* dengan *star runner pattern* menggunakan tekanan 110 MPa dan variasi jumlah gate 1, 2 dan 3. Dengan parameter konstan *layout cavity radial* untuk mendapatkan hasil *fill time* dan *quality prediction*.

1.

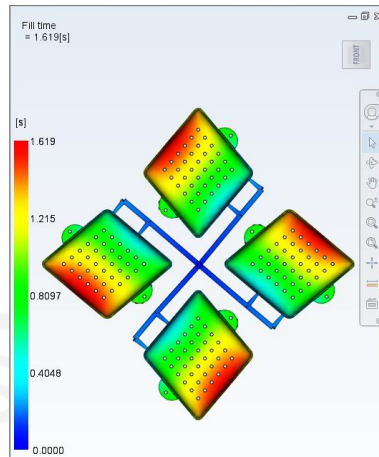


Gambar 4.41 Hasil simulasi fill time 1 gate

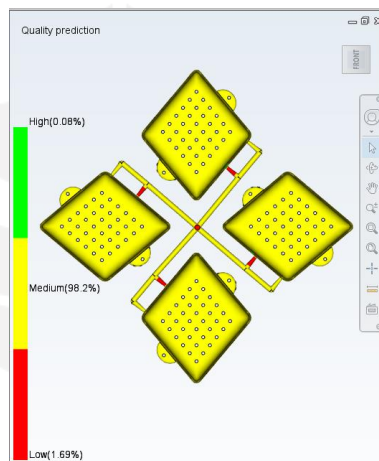


Gambar 4.42 Hasil simulasi quality prediction 1 gate

2.

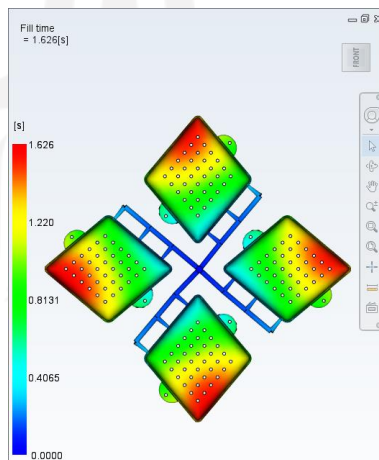


Gambar 4.43 Hasil simulasi fill time 2 gate

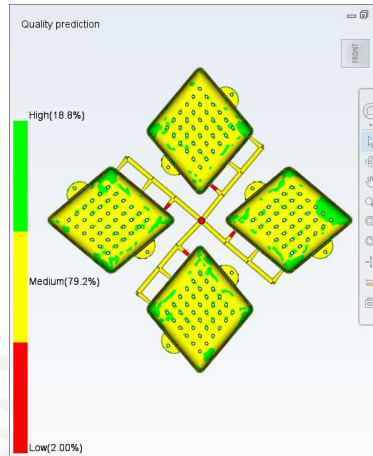


Gambar 4.44 Hasil simulasi quality prediction 2 gate

3.



Gambar 4.45 Hasil simulasi fill time 3 gate



Gambar 4.46 Hasil simulasi quality prediction 3 gate

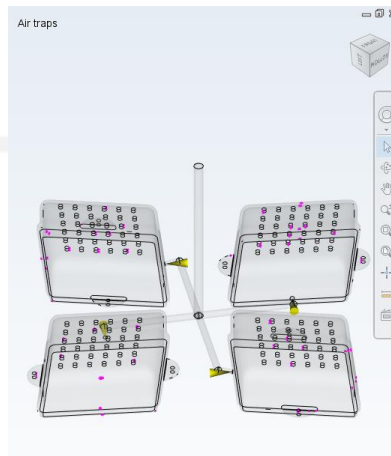
Tabel 4-6 Hasil Simulasi Beda Jumlah Gate

| No | P (MPa) | Gate / diameter (mm) | Runner (mm) | Sprue (mm) | Mold temp. (°C) | Melt temp. (°C) | Fill time | Q prediction % (Hi ; Med ; Lo) |
|----|---------|----------------------|-------------|------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------------|
| 1 | 110 | 1 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.699 | 29.9 ; 68.0 ; 2.15 |
| 2 | 110 | 2 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.619 | 0.08 ; 98.2 ; 1.69 |
| 3 | 110 | 3 5 to 3 tapered | 5 | 6.5 | 50 | 260 | 1.626 | 18.8 ; 79.2 ; 2.00 |

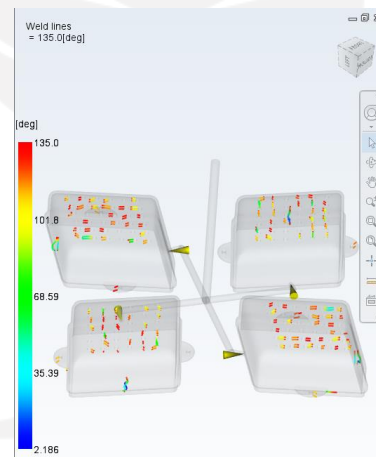
Hasil analisis *radial cavity layout* dengan *star runner system* dengan 3 gate mendapatkan *fill time* 1.626 yaitu 0.073 detik lebih cepat daripada dengan 1 gate. Hasil quality prediction presentase *high quality* 1 gate lebih tinggi tetapi presentase *low quality* juga lebih tinggi. Presentase *low quality* tidak menjadi persoalan karena pada hasil simulasi bagian *low quality* hanya pada *runner system* yang tidak berpengaruh pada kualitas produk, tetapi menurut simulasi hasil produk dengan 1 gate memiliki *high quality* lebih tinggi.

Kriteria layout yang optimal menurut penulis adalah dengan waktu yang tersingkat menghasilkan *quality prediction* yang terbaik. Jadi, *layout* yang optimal untuk mencetak produk cetakan ketupat adalah *radial layout star runner pattern* dengan 1 gate *tapered* 5 mm - 3 mm, diameter runner 5 mm dan diameter sprue 6.5 mm.

Produk dan layout ini belum sepenuhnya sempurna. Dari hasil simulasi masih ada cacat produk yang dihasilkan diantaranya *air traps* dan *weld lines* seperti di gambar 4.47 dan 4.48 dibawah ini.



Gambar 4.47 Cacat produk Air Traps



Gambar 4.48 Cacat produk Weld Lines

4.4 Perancangan Moldbase Produk Plastik

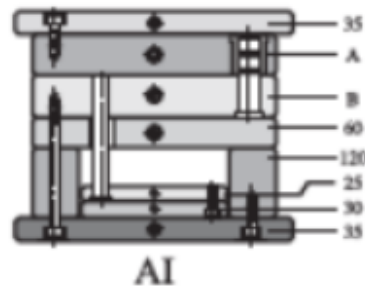
Perancangan *moldbase* dibuat berdasarkan dari bentuk dan ukuran produk serta *feeding system* yang telah dirancang dan disimulasikan sebelumnya menggunakan Autodesk Moldflow. *Layout* yang dipilih adalah *radial layout* dengan *star runner system* berdiameter 5 mm serta 1 gate (Gambar), karena layout ini menghasilkan menghasilkan fill time cukup cepat tetapi menghasilkan quality

prediction yang paling baik diantara layout yang lain. Pemilihan *moldbase* sesuai dengan katalog LKM Two Plate Base Plate yang dirancang menggunakan Autodesk Powershape 2018.

4.4.1 Langkah Proses Desain

1. *Moldbase*

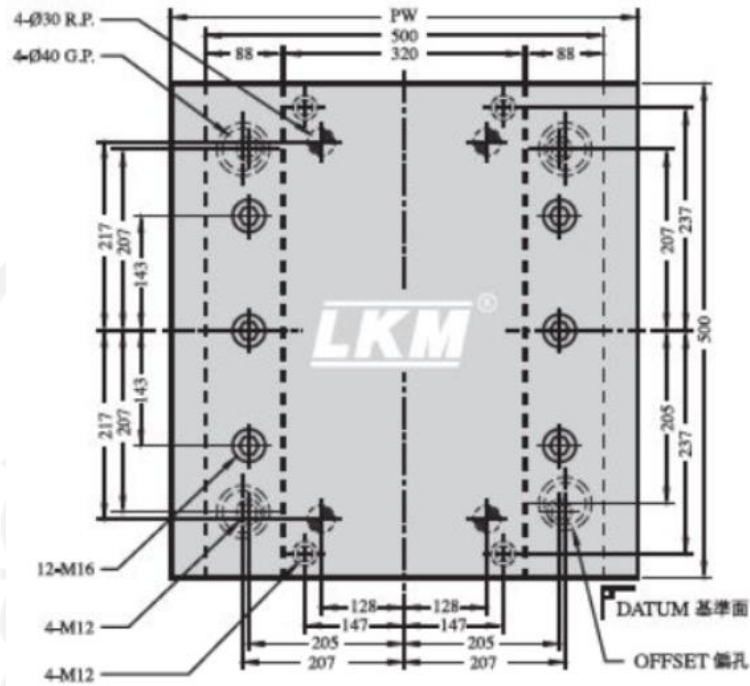
Standar yang digunakan untuk merancang *moldbase* produk cetakan ketupat sesuai dengan standar LKM (Lung Kee Mould Base) *Side Gate System* tipe 5050. Penentuan tipe *moldbase* untuk produk cetakan ketupat menyesuaikan dengan ukuran 4 *cavity* dan *core*. Dasar penentuan komponen, ukuran dan material dari *moldbase* sesuai dengan LKM (Lung Kee Mould Base) *Side Gate System* tipe 5050. Berikut ini merupakan gambar dan ukuran dari *moldbase* LKM *side gate system* tipe 5050 :



Gambar 4.49 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050

(Lung Kee Group)

5050



Gambar 4.50 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050
(Lung Kee Group)

| | |
|------------------|-----|
| 面板宽度/Plate Width | PW |
| 直身模/H-Type | 500 |
| 工字模/I-Type | 600 |

| AB板厚度/AB Plate Thickness | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |
| 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | |

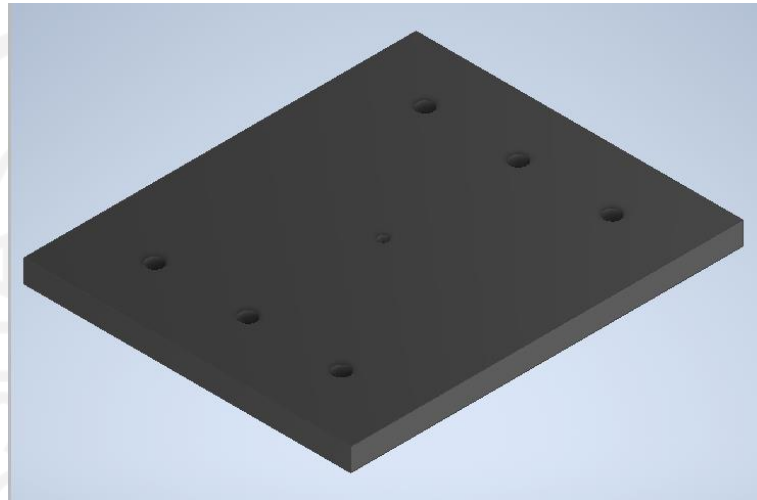
| | |
|--------------------------|-----------|
| 标准方铁/Spacer Block | 120 |
| 加高方铁/Higher Spacer Block | 150 180 |

| | |
|--------------|-------------|
| 吊环丝孔/Eyebolt | M30/M16/M12 |
|--------------|-------------|

Gambar 4.51 Dimensi Moldbase LKM tipe 5050
(Lung Kee Group)

2. *Top Clamping Plate*

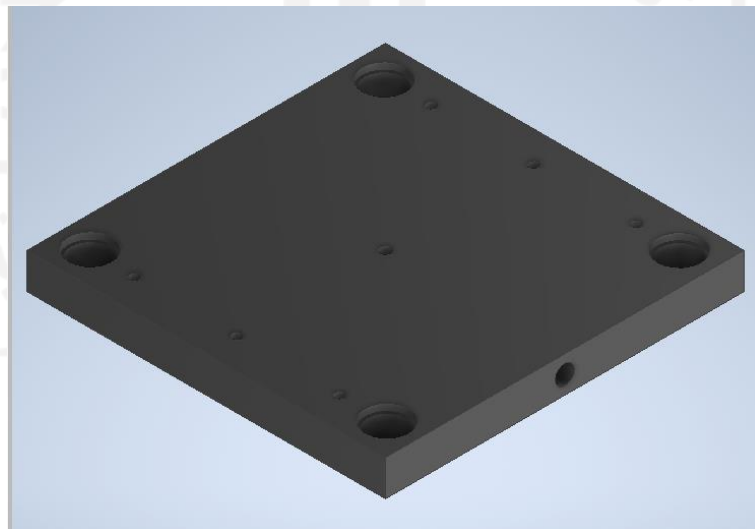
Plat utama yang menghubungkan moldbase dengan keseluruhan *plastic injection molding system*. *Top Clamping Plate* terletak pada bagian paling atas pada rangkaian *moldbase*. Sesuai dengan *moldbase* LKM tipe 5050 plat ini memiliki ukuran panjang dan lebar 600 mm x 500 mm dan ketebalan 35 mm. Berikut adalah gambar dari *Top Clamping Plate* :



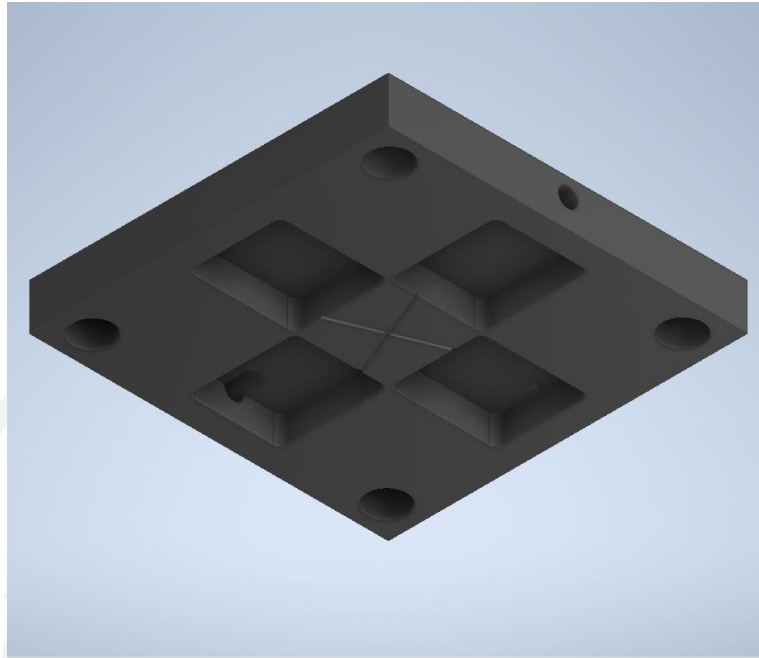
Gambar 4.52 Top Clamping Plate

3. *Cavity and Core Plate*

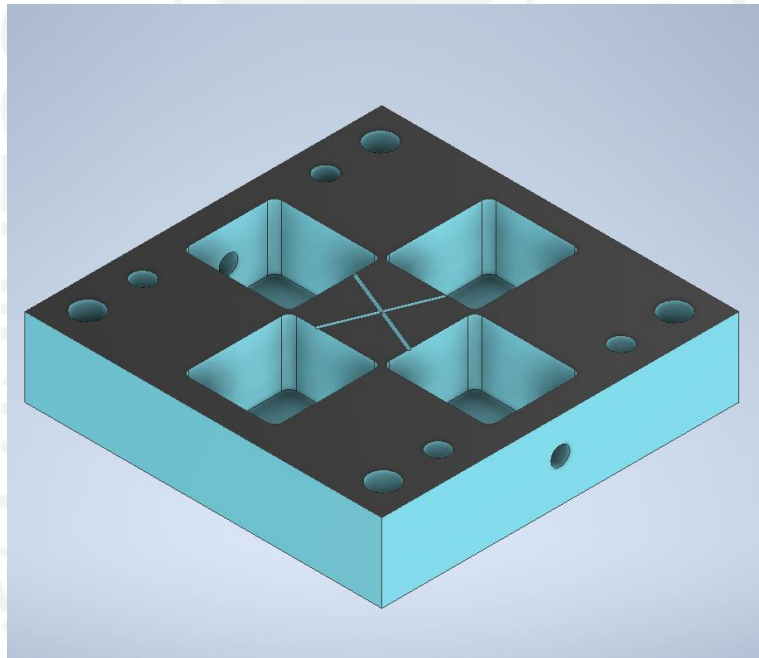
Plat yang berfungsi sebagai tempat *cavity* dan *core*. Berikut adalah gambar *cavity* dan *core plate* :



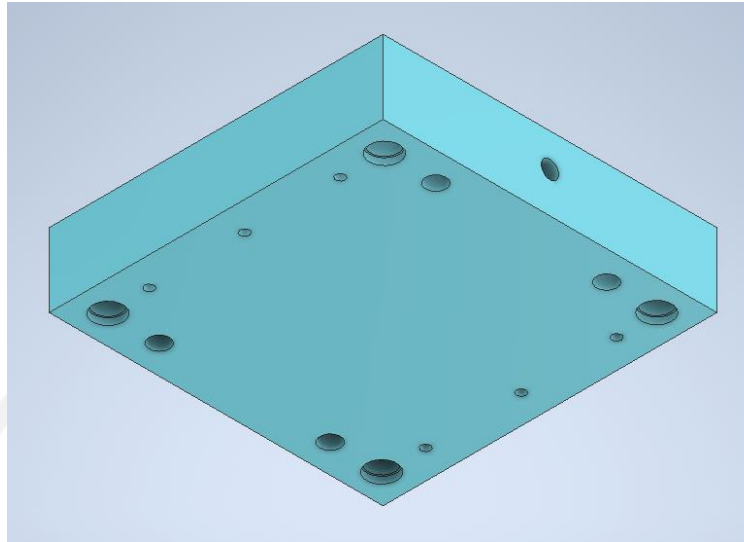
Gambar 4.53 Cavity Plate tampak atas



Gambar 4.54 *Cavity Plate* tampak bawah



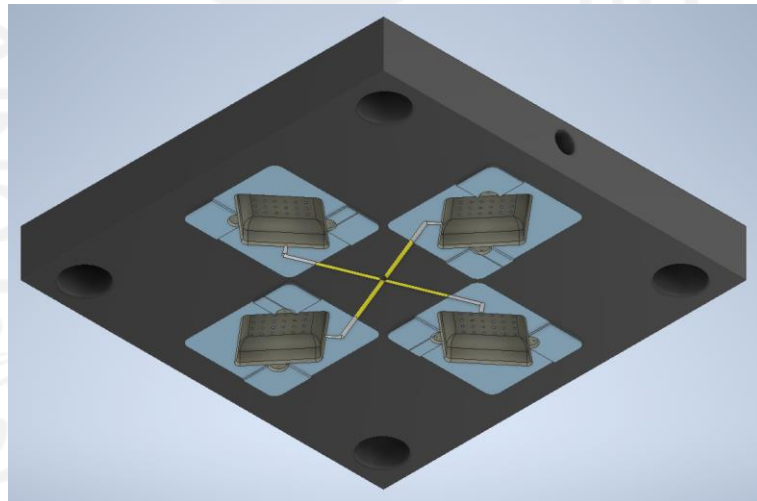
Gambar 4.55 *Core Plate* tampak atas



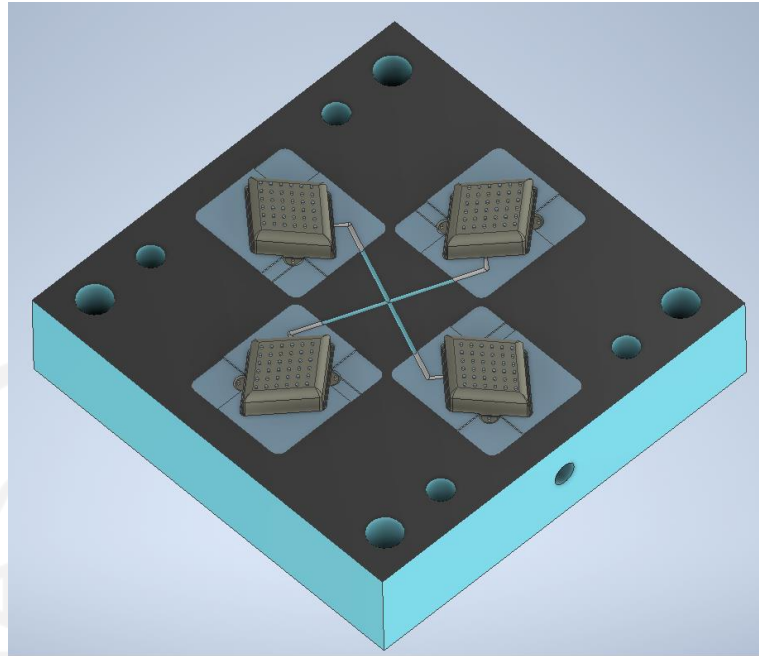
Gambar 4.56 Core Plate tampak bawah

4. *Cavity dan Core*

Cavity dan core adalah bagian dari *moldbase* yang paling penting karena bagian yang akan membentuk produk yang dirancang. Pada gambar 4.51 berikut ini adalah gambar dari *cavity* dan *core* :



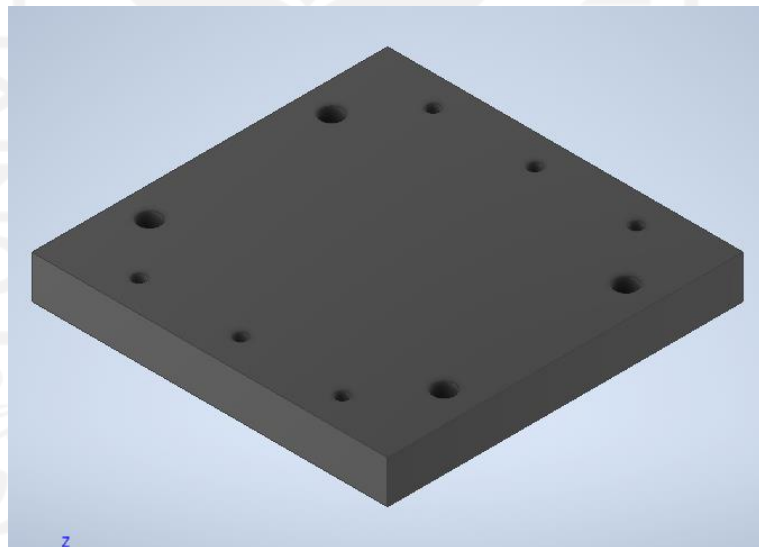
Gambar 4.57 Cavity



Gambar 4.58 Core

5. *Support Plate*

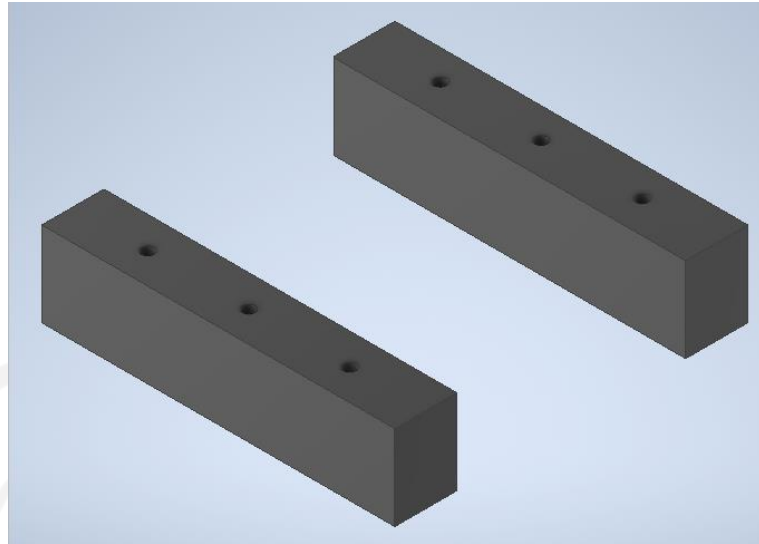
Support plate berfungsi untuk menopang *core plate*. Gambar support plate ditunjukkan pada gambar 4.53 dibawah ini :



Gambar 4.59 Support Plate

6. *Spacer Block*

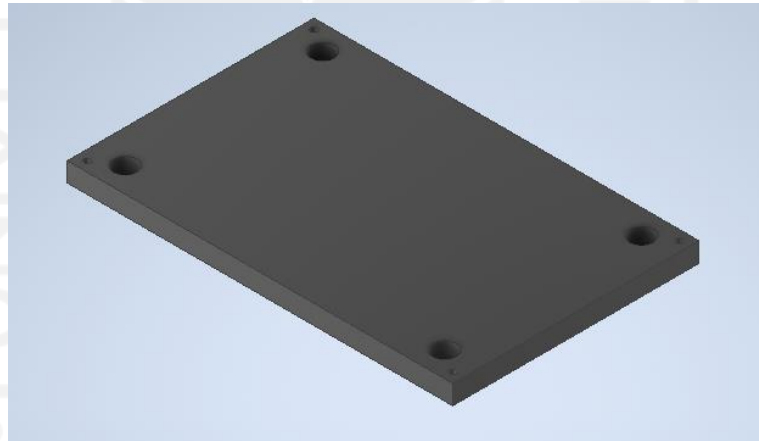
Spacer block merupakan komponen dari *molbase* yang berfungsi untuk memberikan ruang antara *support plate* dan *bottom clamping plate* sehingga *ejector system* dapat bergerak. Pada gambar 4.54 berikut ini ditunjukkan gambar *spacer block* dari *molbase* :



Gambar 4.60 Spacer Block

7. *Ejector Plate*

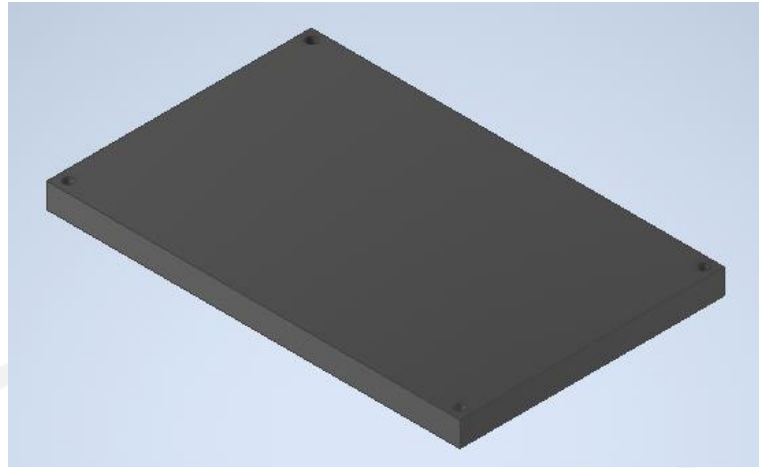
Ejector Plate berfungsi untuk mengikat *return pin* yang termasuk dalam rangkaian *ejector system*. Gambar 4.55 di bawah ini menunjukkan gambar *ejector plate* dari rangkaian *moldbase* :



Gambar 4.61 Ejector Plate

8. *Ejector Base Plate*

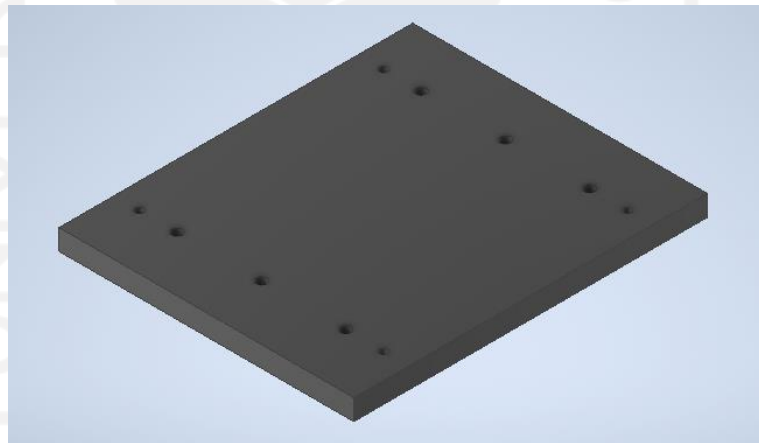
Ejector Base Plate berfungsi untuk menopang *return pin* yang termasuk dalam rangkaian *ejector system*. Gambar 4.56 di bawah ini menunjukkan gambar *ejector plate* dari rangkaian *moldbase* :



Gambar 4.62 Ejector Base Plate

9. *Bottom Clamping Plate*

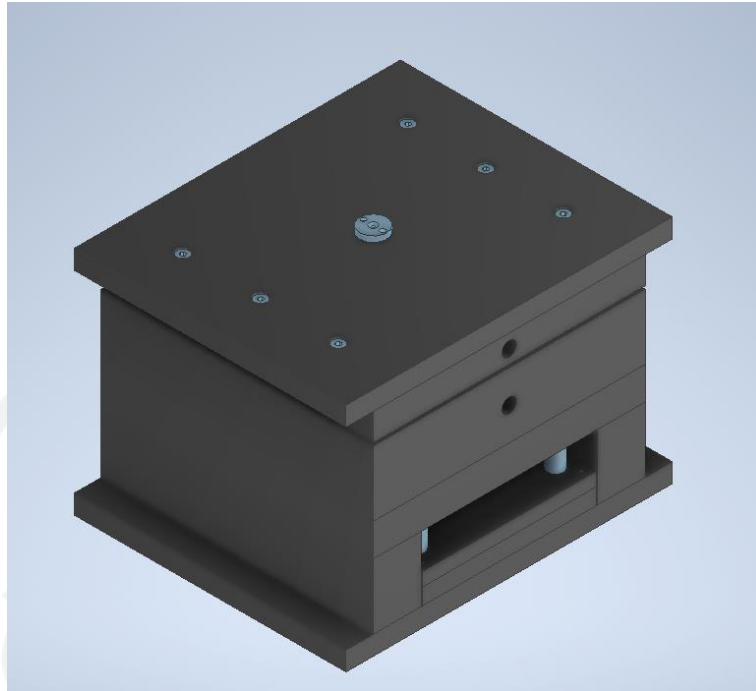
Bottom Clamping Plate adalah plat yang berada di bagian paling bawah *moldbase* yang berfungsi untuk mengikat *mold* dengan mesin injeksi molding. Gambar 4.57 dibawah ini menunjukkan gambar dari *Bottom Clamping Plate* :



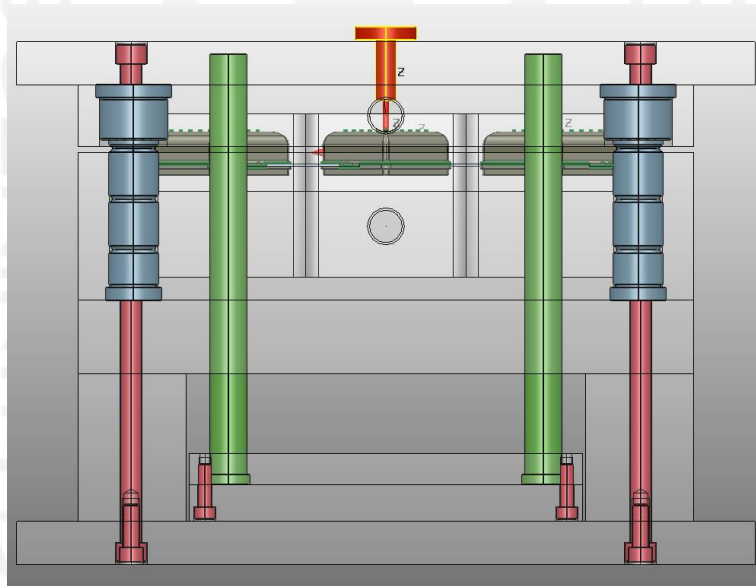
Gambar 4.63 Bottom Clamping Plate

4.4.2 Hasil Desain Mold

Hasil desain komponen yang telah dirancang pada sub-bab 4.4.1 digabung menjadi satu rangkaian *moldbase* seperti yang ditunjukkan gambar 4.58 dan 4.59 di bawah ini :



Gambar 4.64 Moldbase Cetakan Ketupat



Gambar 4.65 Moldbase Cetakan Ketupat Transparan

4.4.3 Hasil Uji Fisik Prototipe Cetakan Ketupat

Berikut ini adalah hasil uji prototipe cetakan ketupat dengan variasi beras 50 gram, 80 gram, 10 gram dengan cara direbus :



Gambar 4.66 Hasil Ketupat 100 gr beras



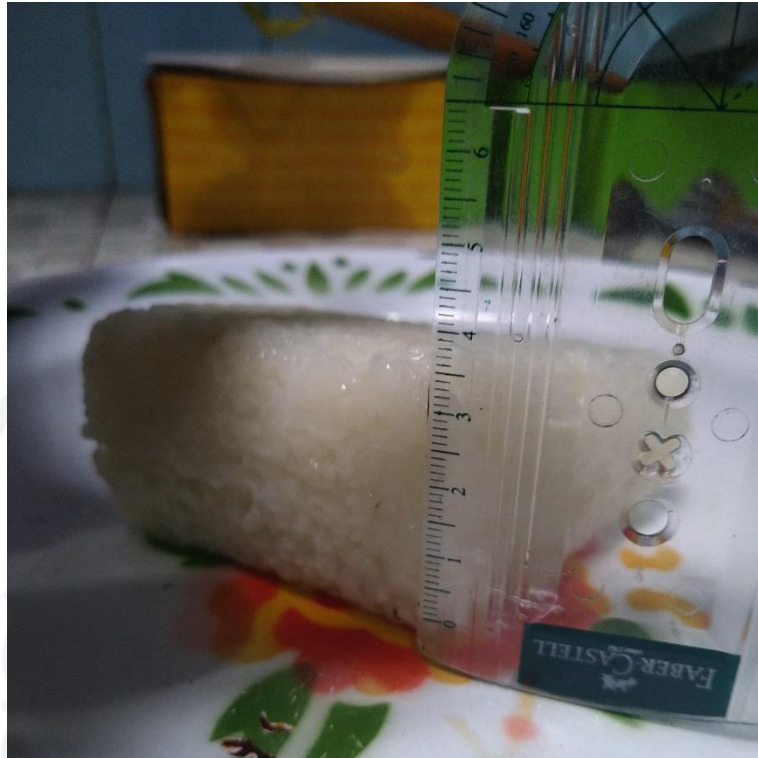
Gambar 4.67 Deformasi plastis pada prototipe cetakan ketupat

Pengujian pertama penulis menggunakan berat isian beras masyarakat pada umumnya yaitu $\pm \frac{1}{3}$ cetakan beras setelah ditimbang ukuran untuk desain cetakan ketupat yaitu 100 gram. Setelah itu cetakan yang telah diisi beras di rebus di air mendidih, tetapi setelah waktu 1 menit 46 detik cetakan terbuka sendiri karena

tidak kuat menahan beras yang mulai mengembang. Selain itu cetakan juga hanya menggunakan sistem suaian. Setelah diperhatikan ternyata ada bagian dari cetakan yang mengalami deformasi plastis seperti yang ditunjukkan Gambar 4.38 yang mengakibatkan cetakan tidak kuat menahan isian beras yang mengembang hanya menggunakan sistem suaian.



Gambar 4.68 Hasil ketupat dengan isian 50 gram



Gambar 4.69 Ketebalan hasil ketupat dengan isian 50 gram

Pada pengujian kedua isian ketupat dikurangi menjadi 50 gram beras kemudian direbus dalam air mendidih selama 1 jam dan penguncian cetakan ketupat dibantu dengan kawat untuk mengantisipasi kejadian pada pengujian pertama terulang kembali. Hasil dari ketupat dengan isian beras 50 gram dapat dilihat pada Gambar 4.48 dan untuk ukuran ketebalan ketupat dapat dilihat pada gambar 4.49.



Gambar 4.70 Hasil ketupat dengan isian 80 gram



Gambar 4.71 Ketebalan hasil ketupat dengan isian 80 gram

Pada pengujian ketiga cetakan ketupat diisi dengan 80 gram beras kemudian direbus dalam air mendidih selama 1 jam dan penguncian cetakan ketupat dibantu dengan kawat untuk mengantisipasi kejadian pada pengujian pertama terulang kembali. Hasil dari ketupat dengan isian beras 80 gram dapat dilihat pada Gambar 4.50 dan untuk ukuran ketebalan ketupat dapat dilihat pada gambar 4.51.



Gambar 4.72 Kerusakan prototipe cetakan ketupat



Setelah pengujian ketiga dengan isian 80 gram beras, prototipe mengalami kerusakan seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.52. Kerusakan tersebut disebabkan oleh beberapa hal yaitu :




1. Desakan yang terjadi karena isian cetakan mengembang menjadi ketupat
2. Prototipe sudah lapuk karena direbus beberapa kali
3. Prototipe dibuat menggunakan proses 3D Print dengan *infill density* 30% sehingga ikatan antar molekul kurang




4.4.4 Hasil Uji Material HDPE Produk Tupperware



Berikut ini adalah hasil dari uji material HDPE dengan sampel produk dari merk Tupperware dengan ketebalan ± 1 mm. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali perebusan dengan masing – masing perebusan selama 1 jam.

Tabel 4-7 Hasil Simulasi Beda Jumlah Gate

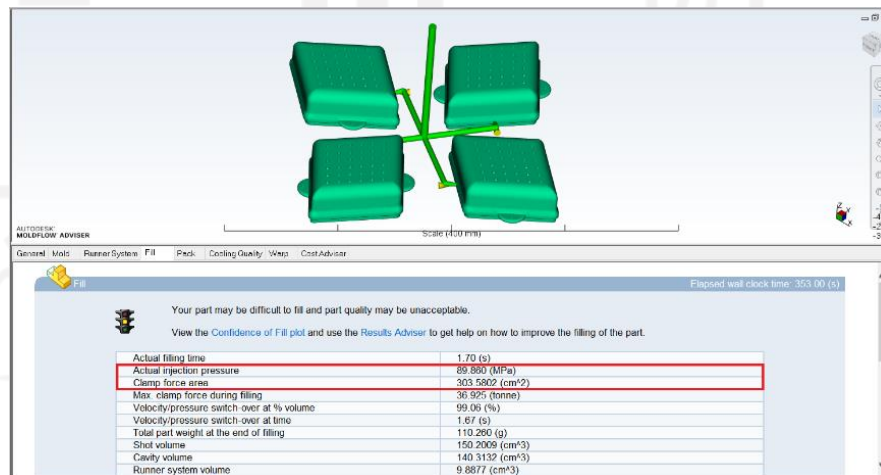
| Pengujian Ke - | Waktu Perebusan | Hasil |
|----------------|-----------------|--|
| 1 | 1 Jam |  |
| 2 | 1 Jam |  |

| | | |
|---|-------|--|
| 3 | 1 Jam |  |
| 4 | 1 Jam |  |
| 5 | 1 Jam |  |

| | | |
|---|-------|--|
| 6 | 1 Jam |  |
| 7 | 1 Jam |  |
| 8 | 1 Jam |  |

| | | |
|----|-------|---|
| 9 | 1 Jam |  |
| 10 | 1 Jam |  |

4.5 Perhitungan Clamping Force



Gambar 4.73 Perhitungan *Clamp Force*

Diketahui:

$$P \text{ (inj act)} = 89,860 \text{ MPa}$$

$$A = 303,5802 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ditanya} = F_c?$$

$$\begin{aligned}
 F_c &= P_{(\text{inj act})} \times A \\
 &= 8986 \text{ N/cm}^2 \times 303,5802 \text{ cm}^2 \\
 &= 2.727.971,6772 \text{ N} \\
 &= 2.727,9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai *clamp force* (F_c) sebesar 2.727,9 kN. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan spesifikasi mesin injeksi yang cocok untuk *mold* produk plastik yang telah dirancang, berdasarkan nilai *clamp force*.

4.6 Pemilihan Mesin Injeksi

Berdasarkan hasil perhitungan *clamping force* dari hasil simulasi, mesin injeksi yang dipilih dengan salah satu spesifikasinya yaitu harus memiliki kekuatan *clamping force* lebih besar dari 2.727,9 kN. Dengan mempertimbangkan *Factor of Safety* salah satu mesin yang dapat digunakan adalah Engel Victory 500 dengan kapasitas *clamp force* dapat mencapai 5000 kN. Pada gambar 4.61 dan 4.62 di bawah ini adalah gambar mesin injeksi Engel Victory 500 beserta spesifikasinya :



Gambar 4.74 Engel Victory
(Sumber : indiamart.com)

| ENGEL victory | | 60 | 200 | 300 | 500 | 650 | 800 | 1000 | 1500 | 2400 | 3600 | 5100 | #100 | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|--|--|
| lit. mm | mm | 15 | 18 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | | |
| ENGEL victory 28 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 40 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 50 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 60 | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 70 | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 80 | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 90 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 110 | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 120 | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 140 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 160 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 180 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 200 | 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 220 | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 280 | 280 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 300 | 340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 350 | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 400 | 450 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 450 | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENGEL victory 500 | 560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ENGEL victory tech ENGEL victory spes & tech

Gambar 4.75 Spesifikasi Mesin Injeksi Plastik Engel Victory
(Sumber : engelglobal.com)



BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan semua rangkaian penelitian dari perancangan produk cetakan ketupat didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dirancang cetakan ketupat berbahan HDPE.
2. Berdasarkan hasil simulasi, *Radial layout* dengan *runner system star* 1 gate tapered 5 mm to 3 mm, runner 5 mm, sprue 6.5mm merupakan susunan yang paling optimal dengan *fill time* 1.699 detik, *pressure* yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan sebesar 89.860 MPa, *quality prediction* High 29.9% ; Medium 68% ; Low 2.15%.
3. Telah dirancang *mold* dari desain cetakan ketupat sesuai hasil simulasi yang paling optimal.
4. Berdasarkan hasil perhitungan *clamp force* salah satu mesin yang dapat dipilih untuk injeksi plastik produk yang telah dirancang yaitu Engel Victory 500 dengan kapasitas *clamp force* dapat mencapai 5000 kN.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki. Oleh sebab itu untuk meminimalisir kekurangan pada penelitian “Perancangan dan Simulasi Injection Molding Cetakan Ketupat Berbahan Dasar Plastik HDPE” selanjutnya diantaranya yaitu :

1. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan bahan HDPE untuk prototype.
2. Melakukan pengujian fisik cetakan dengan bahan HDPE.

DAFTAR PUSTAKA

- Archer, L Bruce. 1965. Systematic Method for Designers. Council of Industrial Design. London
- Bryce D. M. 1998. Plastic Injection Molding Mold Design and Construction Fundamentals. Society of Manufacturing Engineers. Dearborn. Michigan.
- Fauziah, K. N. 2016. Pengembangan Produk Ketupat Cepat Masak. Skripsi di Institut Pertanian Bogor, 46h.
- Fuh J. Y. H. dkk. 2004. Computer-Aided Injection Mold Design And Manufacture Hal 32. CRC Press. New York
- Klikdokter.com
- LANXESS. 2007. *Part and Mold Design Guide*. LANXESS Corporation.
- Mufid, Ali Khaerul dkk. 2017. Perancangan Injection Molding dengan Sistem Three Plate Mold pada Produk Glove Box. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta
- Pom.go.id
- Rahmadi, Isnaini dkk. 2019. Teknologi Pengolahan Ketupat: Perubahan Karakteristik Fisikokimia dan Mikrobiologi selama Pengolahan dan Penyimpanan. Institut Pertanian Bogor.
- Rosato D.V. dkk. 2000. Injection Molding Handbook (The Complete Injection Molding Process) hal 4. Springer Science+Business Media. New York.
- Sachari, Agus dan Sunarya, Yan Yan. 2000. Pengantar Tinjauan Desain. ITB.Bandung

Shoemaker, Jay. 2006. *Moldflow Design Guide: A Resource for Plastic Engineers*.

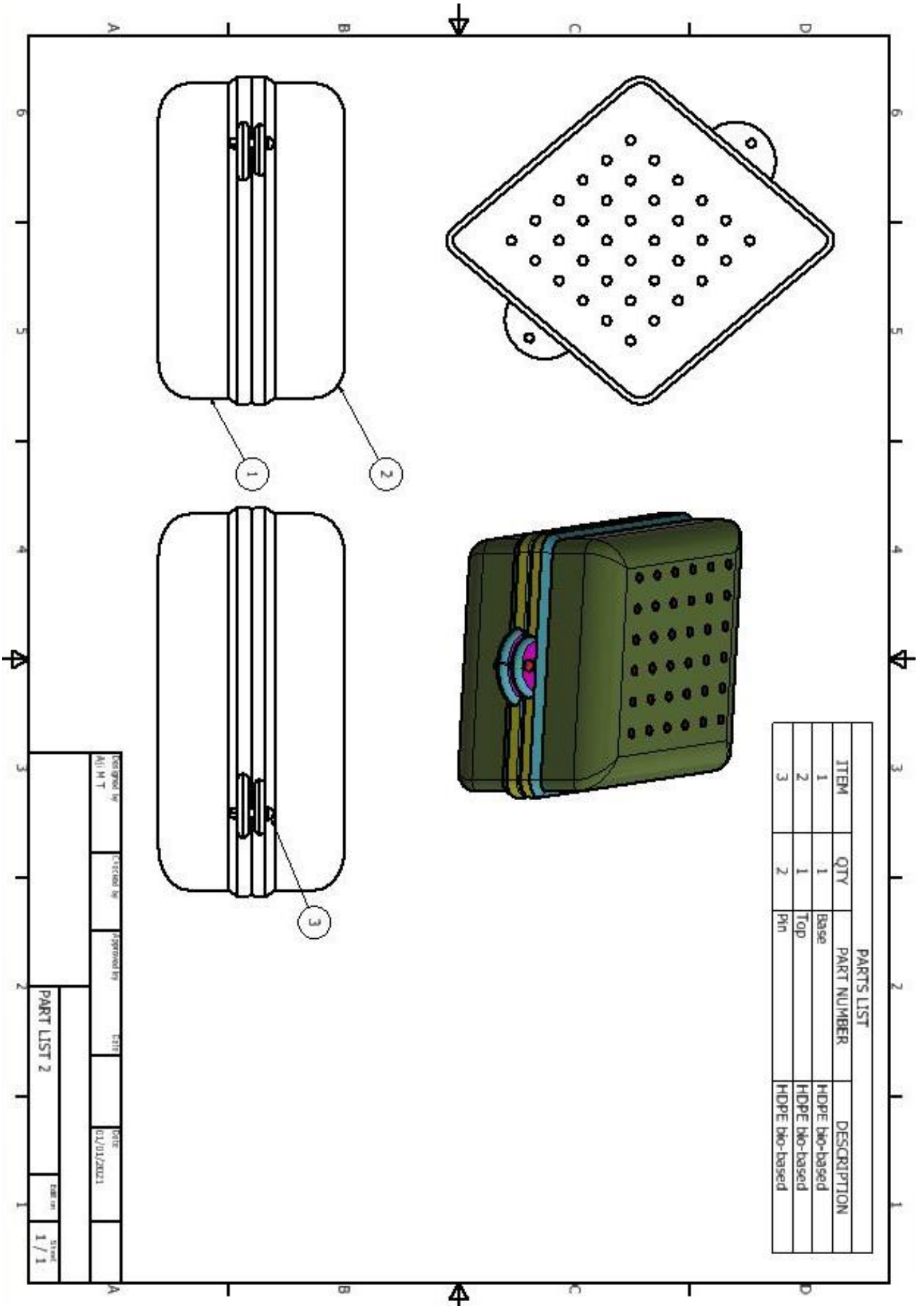
1 ed. Framingham, Massachusetts, U.S.A: Moldflow Corporation.

Surachman, Agus. 2019. Analisis Variasi *Layout Runner* dan *Melt Temperature* Terhadap *Fill Time* dan Cacat Produk pada Proses *Injection Molding* Sikat Gigi serta Pembuatan Desain *Mold Unit*.

Wardhani, Erfina Ayu. dkk. 2015. Optimasi Desain Mold untuk Mereduksi Cacat Flash dan Shrinkage pada Produk Paku Kotak dengan Menggunakan Software Simulasi Moldflow. Jurnal ROTOR vol. 8 No. 1. Universitas Jember.

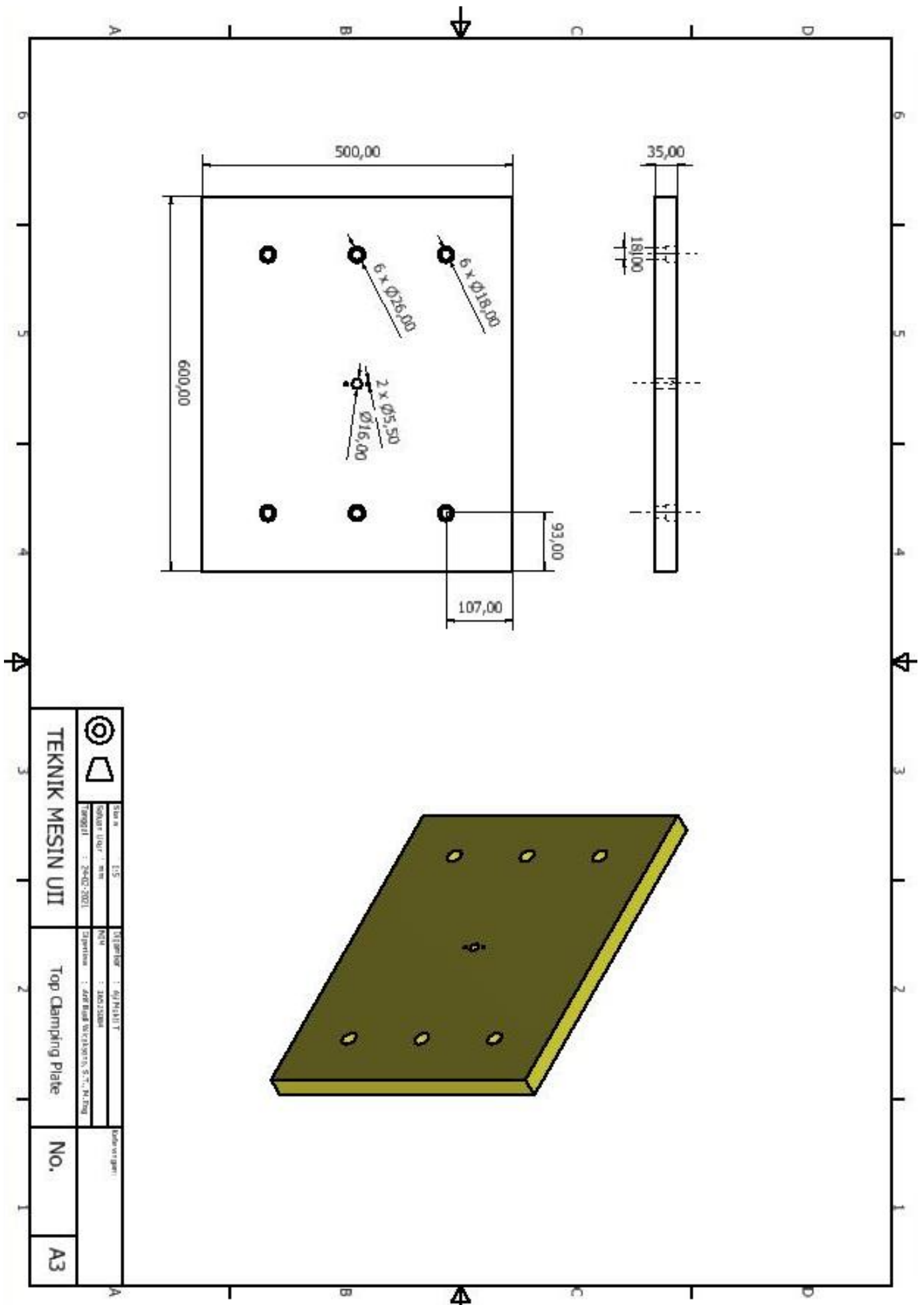
Yulianto, Irwan dkk. 2014. Rancangan Desain *Mold* Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses *Injection Molding*. Institut Teknologi Nasional. Bandung

LAMPIRAN

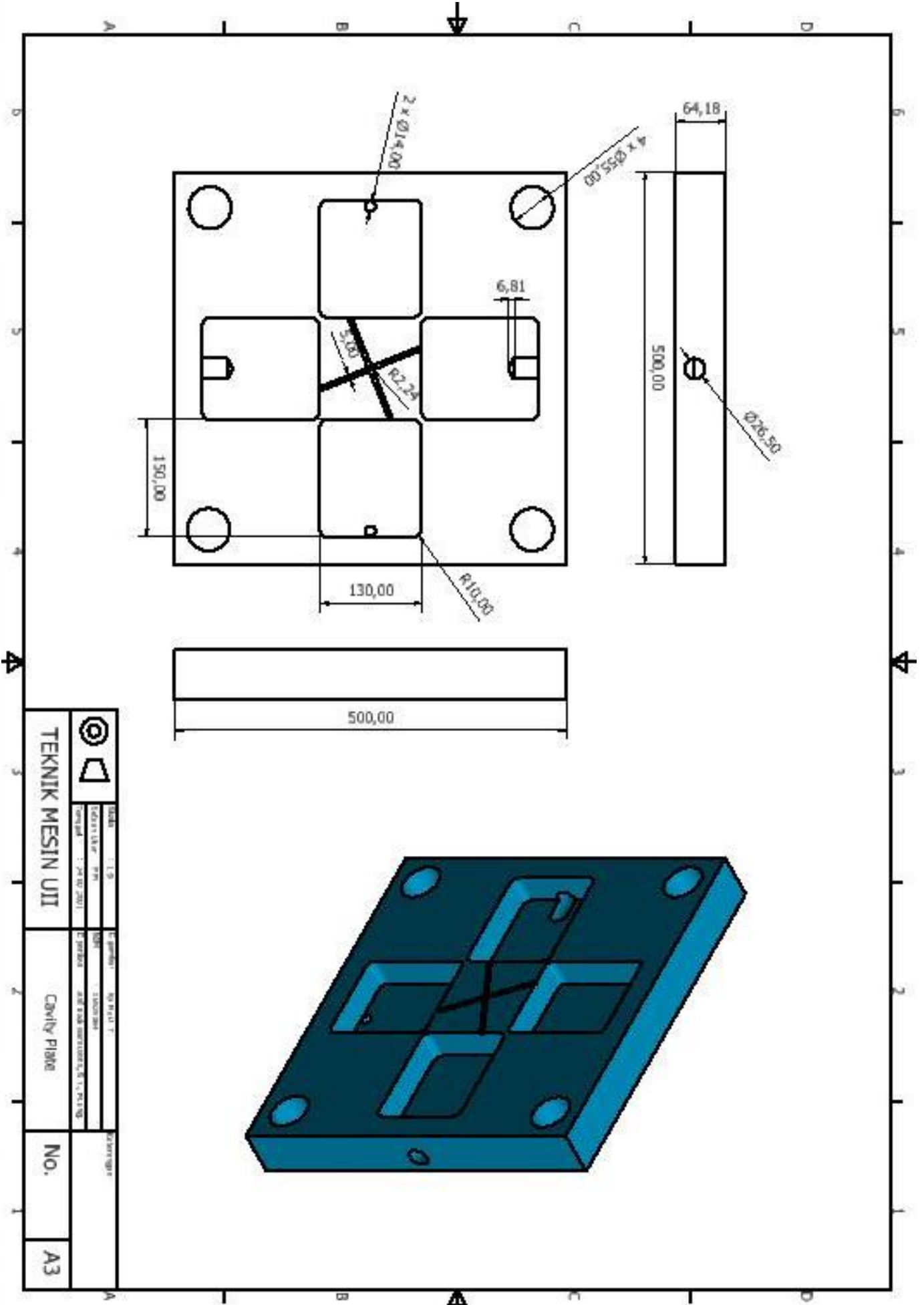


| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|-------------|-----------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 1 | Base | HIDPE Iko-based |
| 2 | 1 | Top | HIDPE Iko-based |
| 3 | 2 | Pin | HIDPE Iko-based |

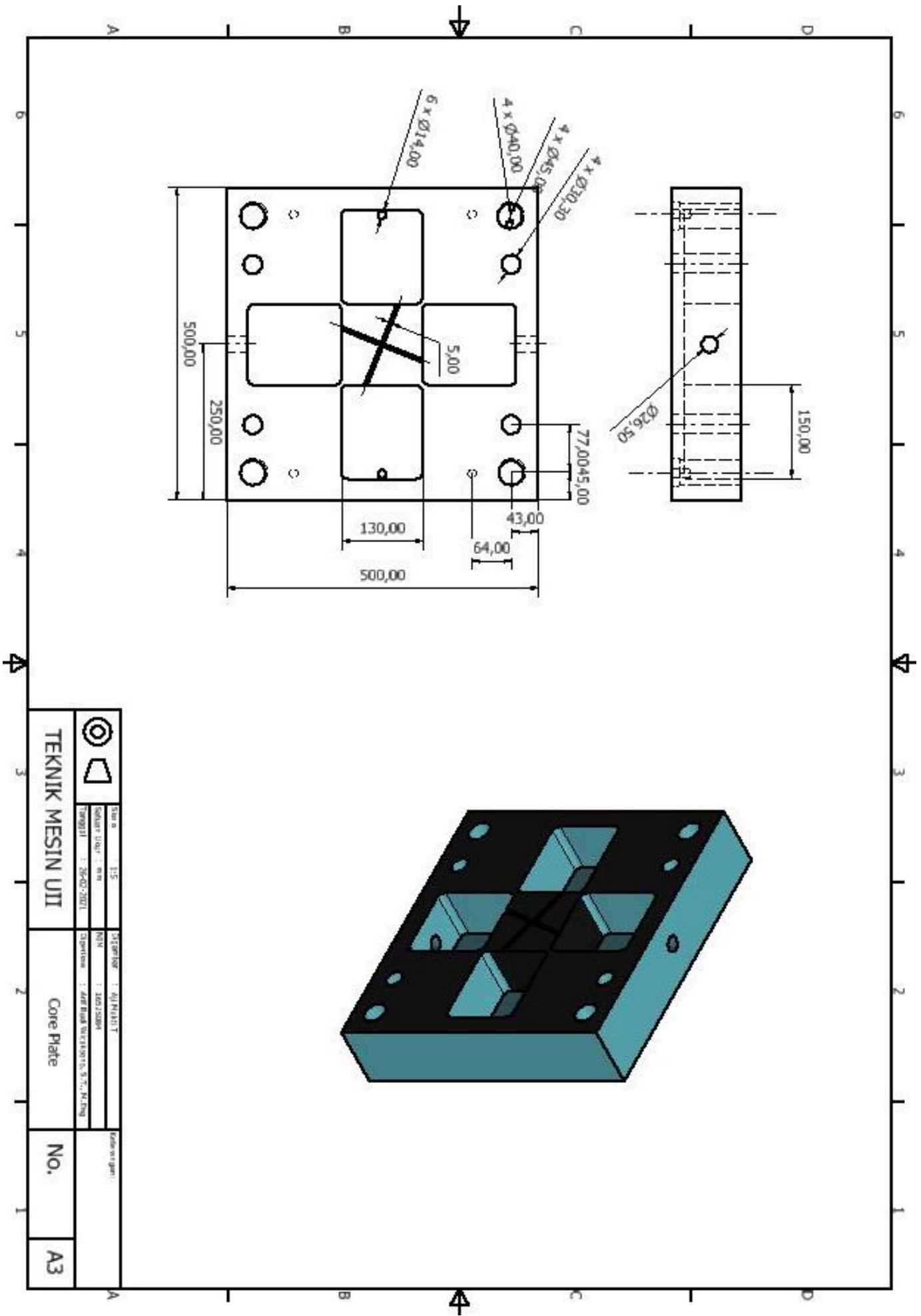
| | | | | |
|-------------|------------|-------------|------------|------|
| Designed by | Checked by | Approved by | DATE | DATE |
| Alu M T | | | 01/01/2021 | |
| PART LIST 2 | | | | |
| Scale | Sheet | | | |
| 1 / 1 | 1 / 1 | | | |



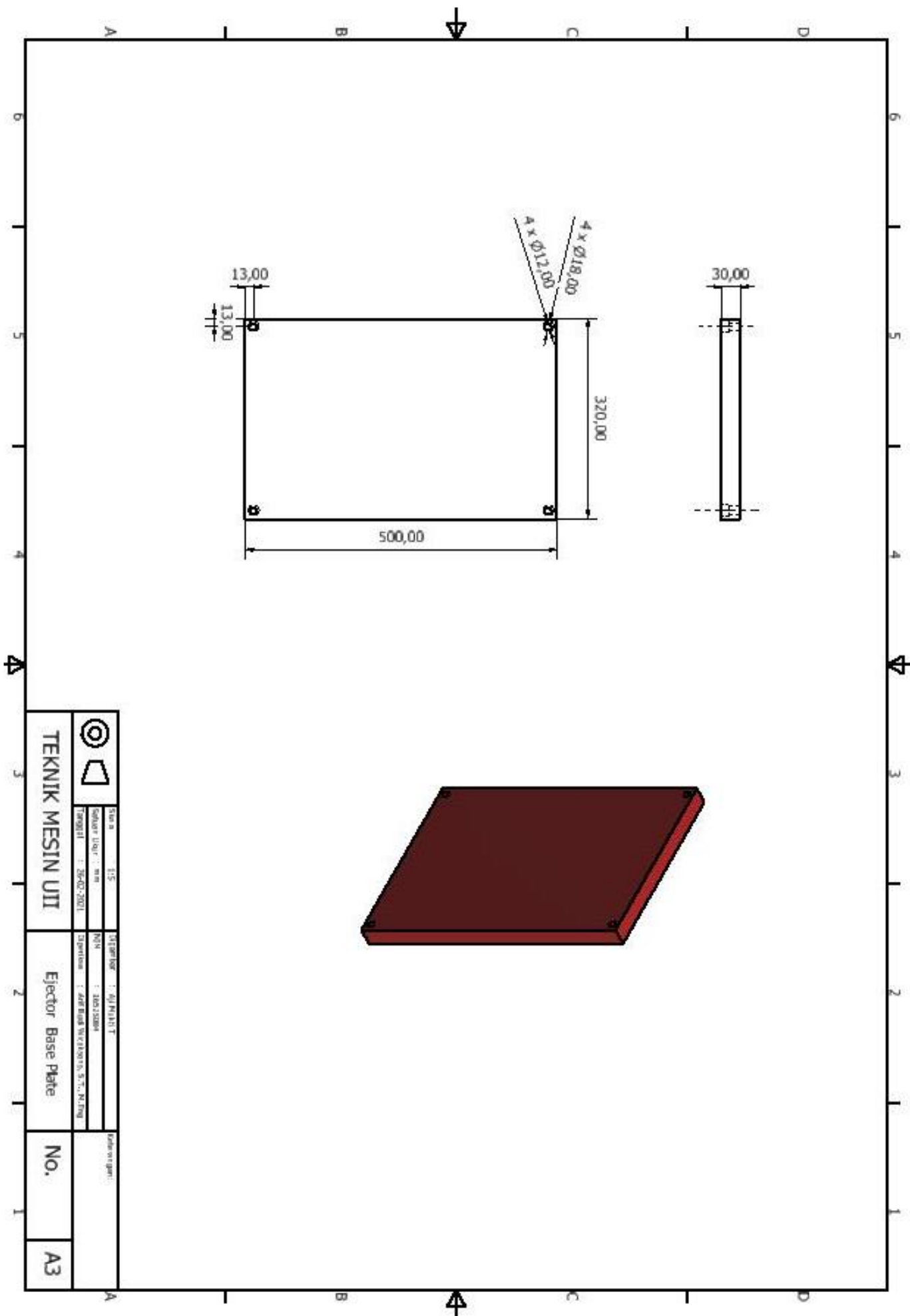
| | | | | |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------|-----|----|
| | Nama : LIS | NIM/No. Reg. : 601191017 | No. | A3 |
| | Judul : Top Clamping Plate | Nama Dosen : | | |
| TEKNIK MESIN UII | Tanggal : 26-02-2021 | Disusun : | No. | A3 |



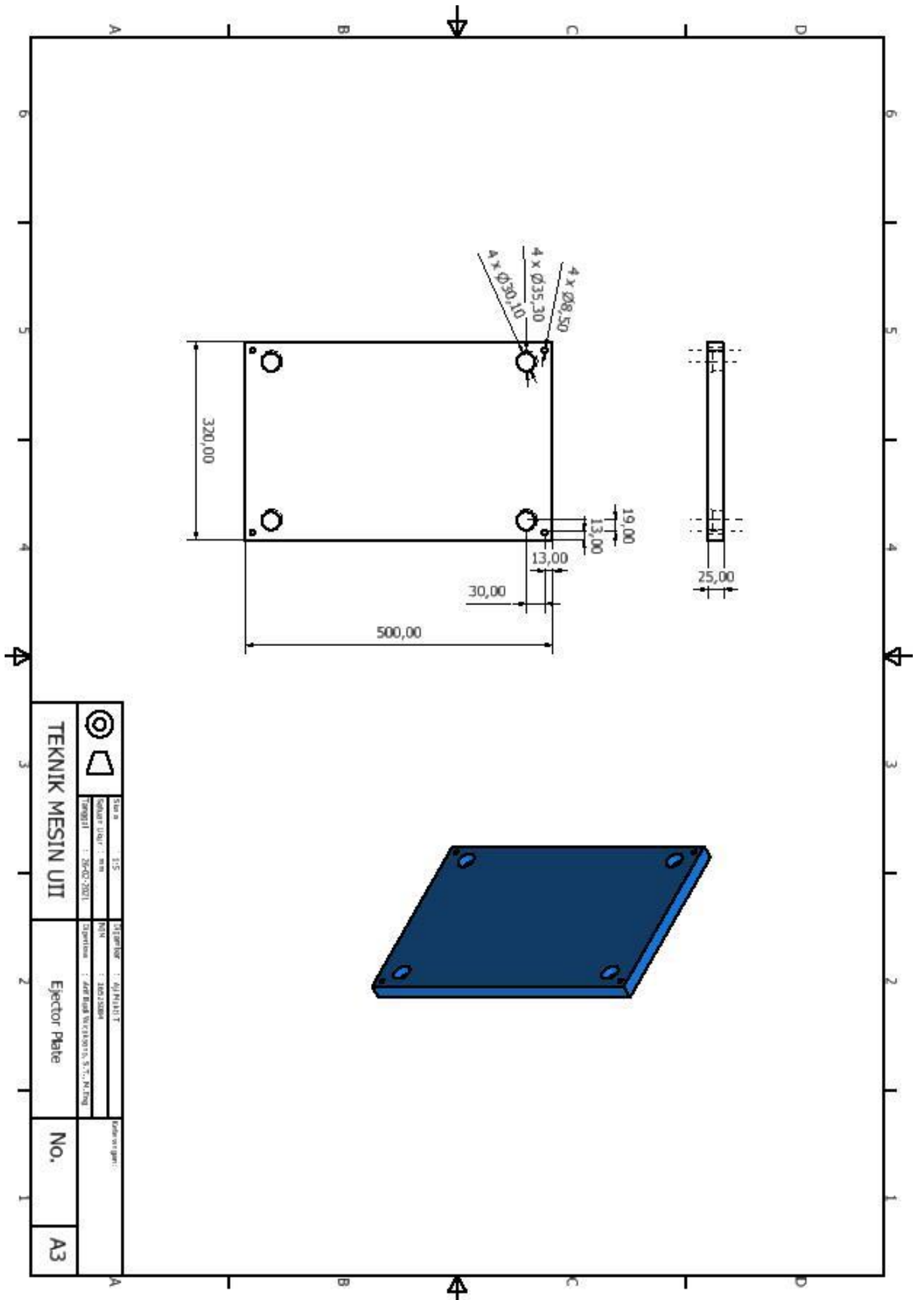
| | | | | | |
|--|--|--|--------------|-----|----|
| | TEKNIK MESIN UII | | Cavity Plate | NO. | A3 |
| | Nama : ... Kelas : ... Tanggal : ... | No. urut : ... No. urut : ... No. urut : ... | | | |



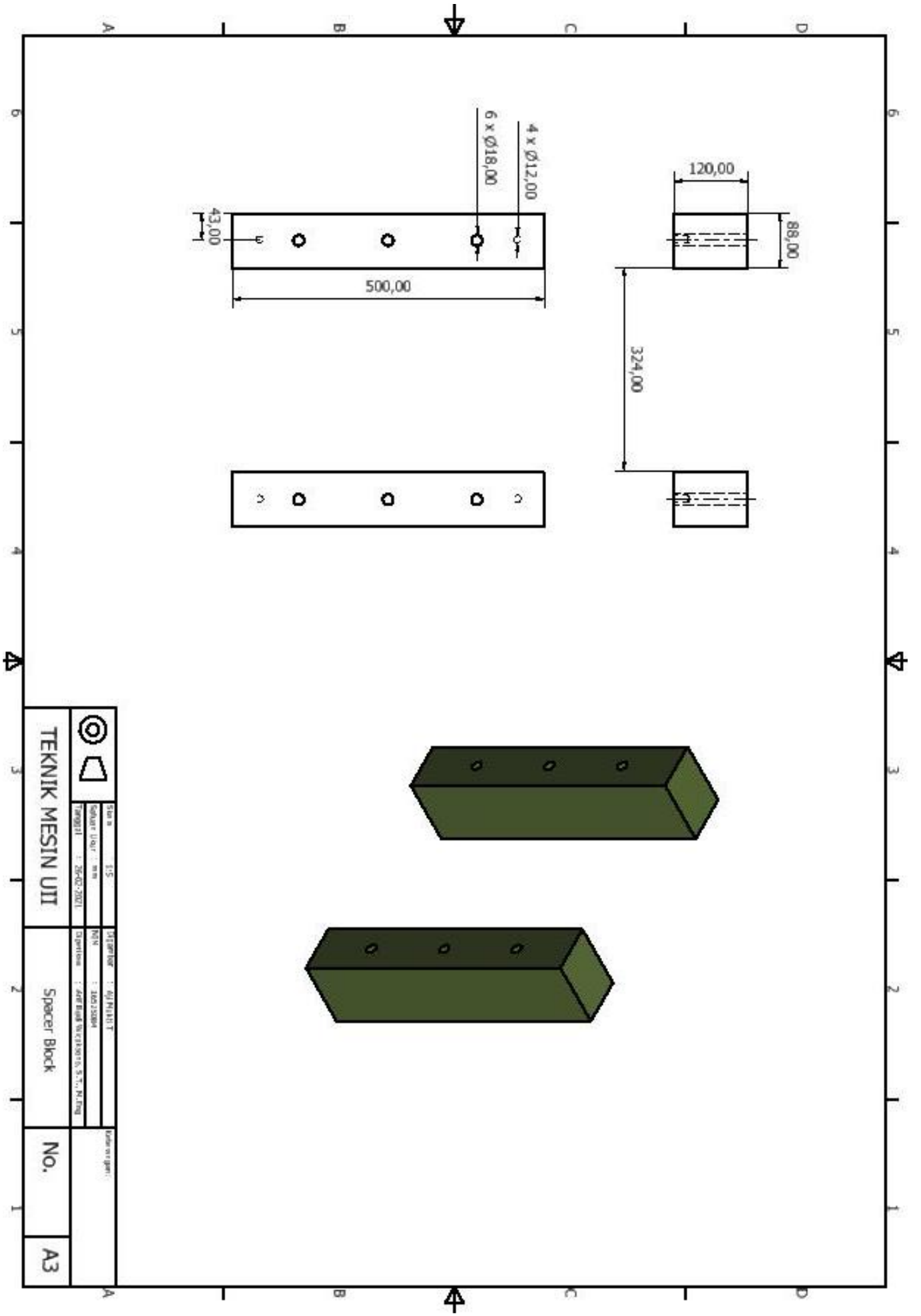
| | | | | | |
|--|--|---|------------|-----|----|
| | Nama : ... NPM : ... Tanggal : ... | Disain oleh : ... NPM : ... Disain oleh : ... | Core Plate | No. | A3 |
| | TEKNIK MESIN UTI | | | | |



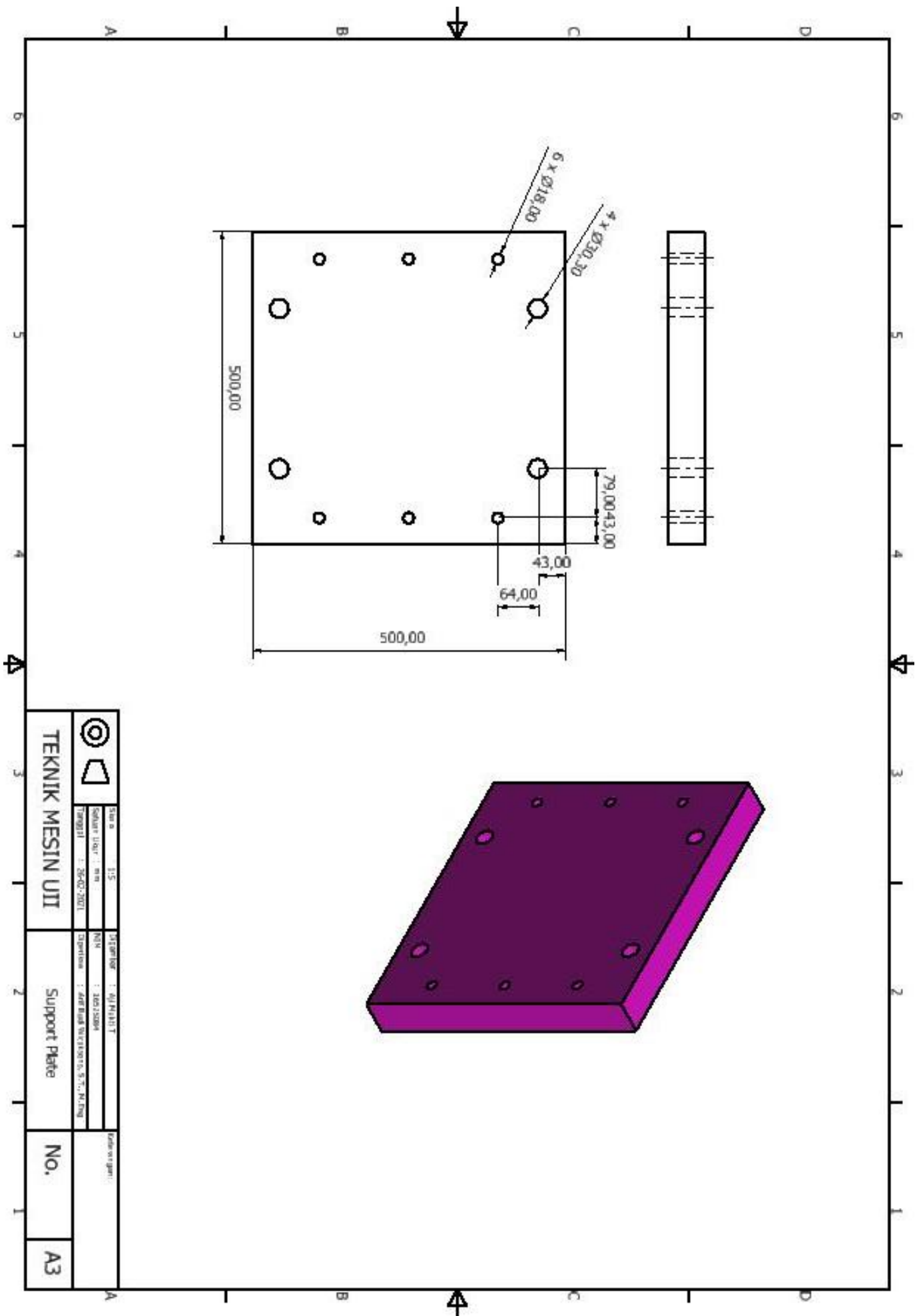
| | | | |
|---------------------------|---|--|-------------|
| | Nama : ... NPM : ... Tanggal : 26-02-2021 | Mata Kuliah : ... Dosen : ... Disusun oleh : ... | No. : A3 |
| | TEKNIK MESIN UJI | | |
| Ejector Base Plate | | | |



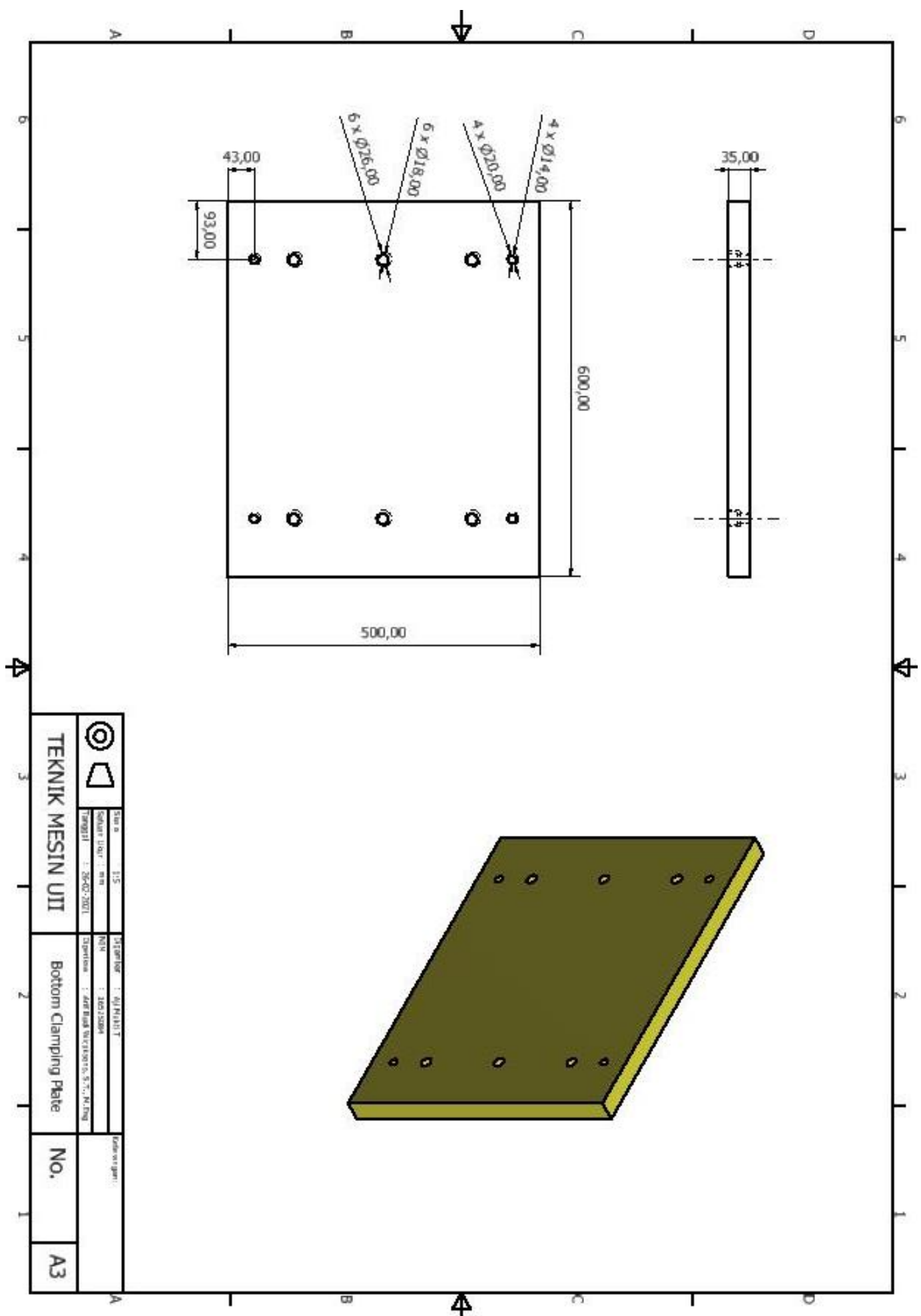
| | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|-----|-----|
| | Nama : SIS | NIM : 40119010101 | No. | No. |
| | Kelas / Jurusan : mek | Departemen : | | |
| TEKNIK MESIN UTI | | Ejector Plate | | |
| Judul : | | No. | | |
| A3 | | | | |



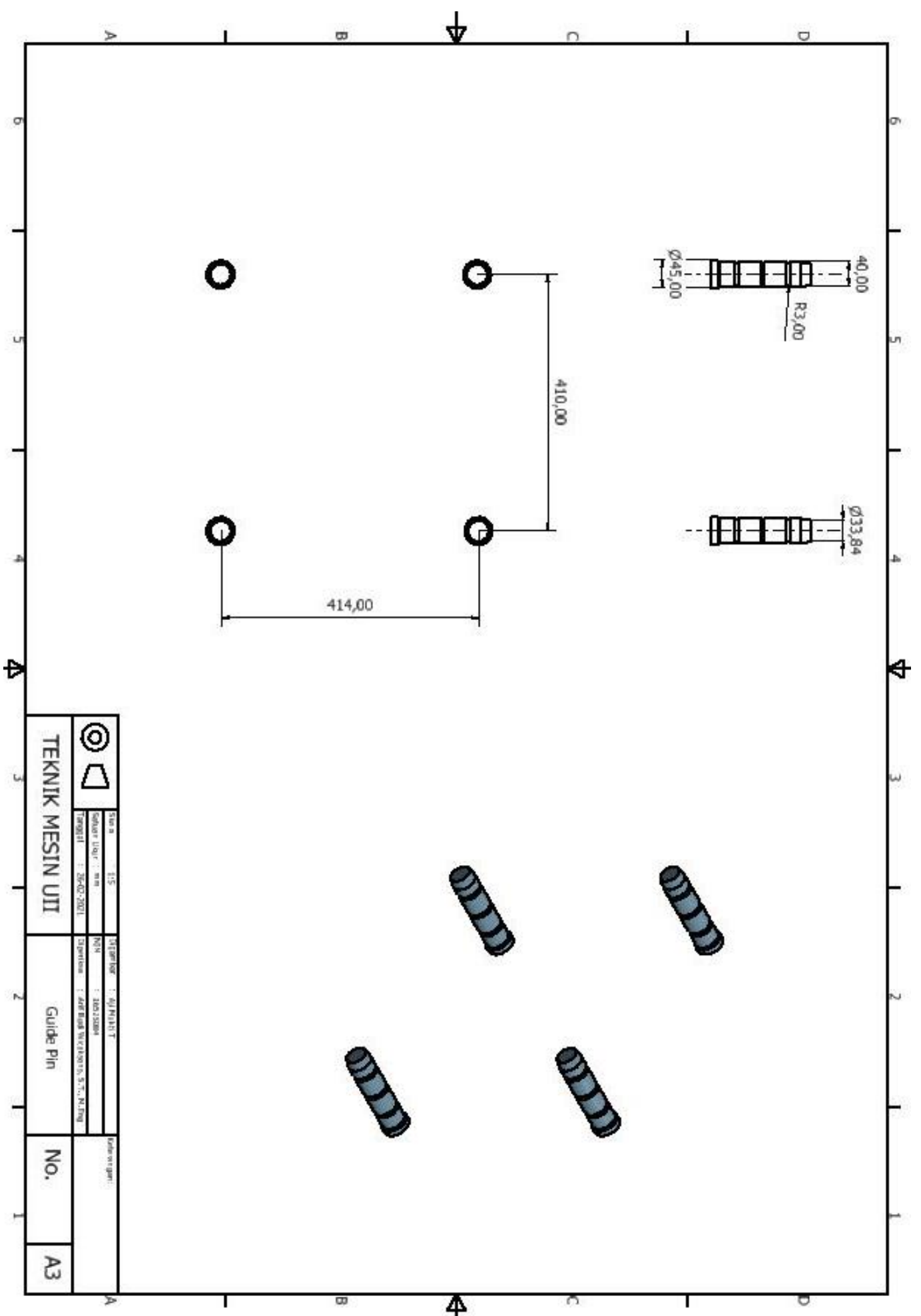
| | | | | |
|--|--|---|-----------------------|----|
| | Nama : SIS Nomor Induk : 10020001 Tanggal : 26-02-2021 | Mekanik : Aji Pratomo NIM : 10020001 Departemen : Teknik Mesin (S1), FT-Eng | Nomor gambar : NO. | A3 |
| | TEKNIK MESIN UTI | | | |



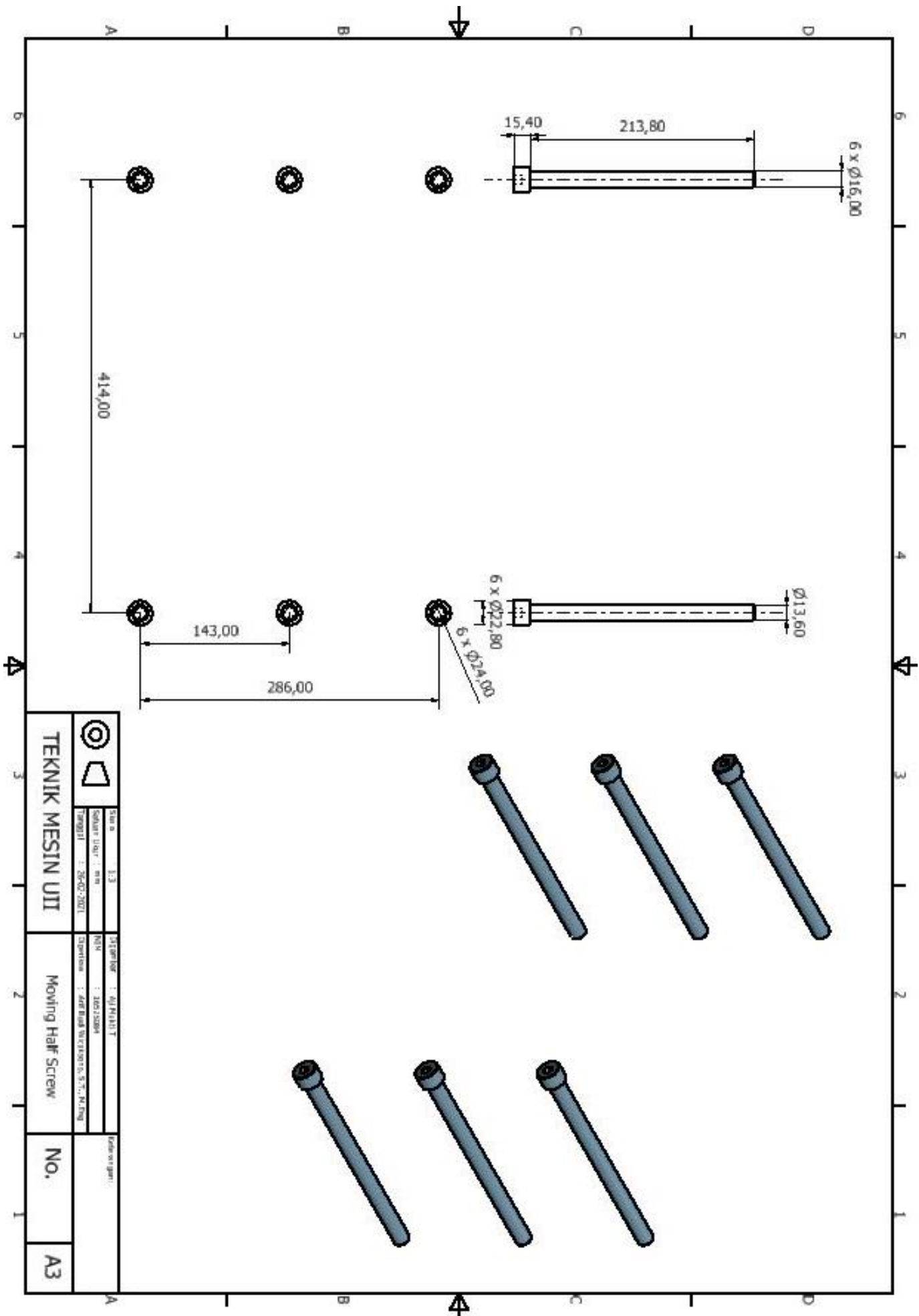
| | | | | |
|--|---|--------------------------|----------------|----------------|
| | Nama : 115 Kelas / Jurusan : Tanggal : 26-02-2021 | Disiplin : Disiplin : | No. : No. : | No. : No. : |
| | TEKNIK MESIN UII | Support Plate | | |

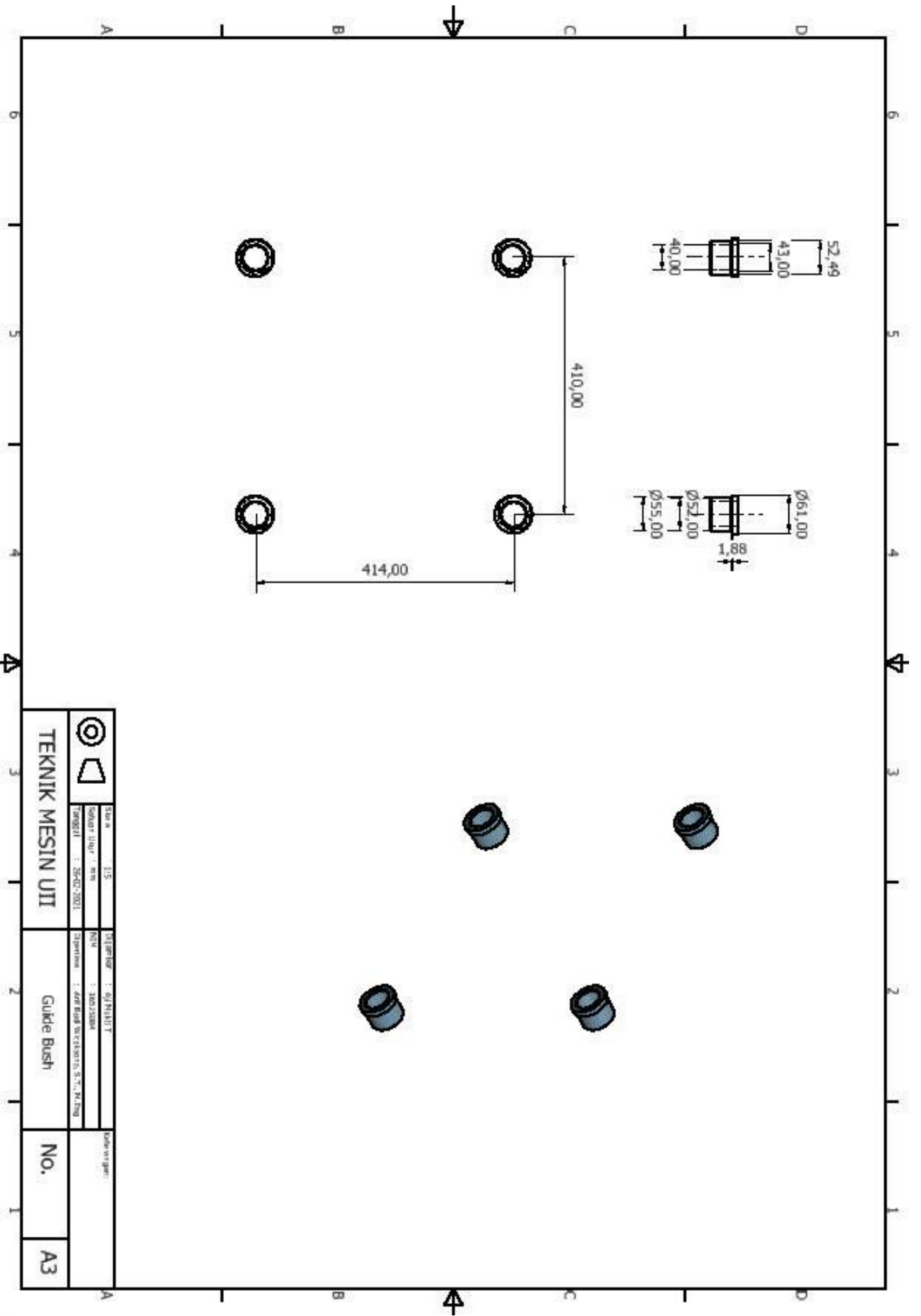


| | | | | | |
|--|------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | TEKNIK MESIN III | | Disain dan Gambar : 26-02-2021 | Disain dan Gambar : 26-02-2021 | Disain dan Gambar : 26-02-2021 |
| | Bottom Clamping Plate | | | | |

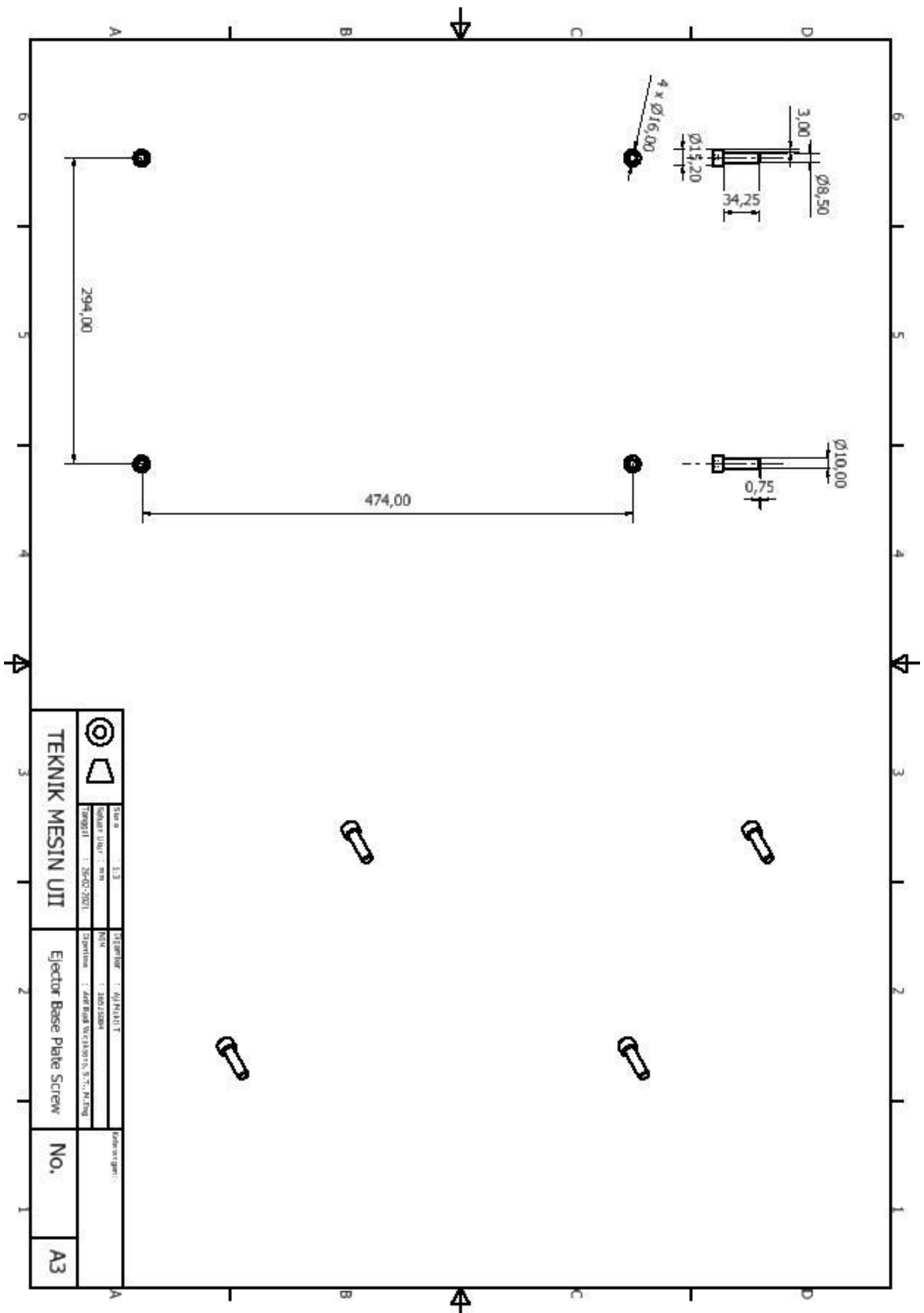


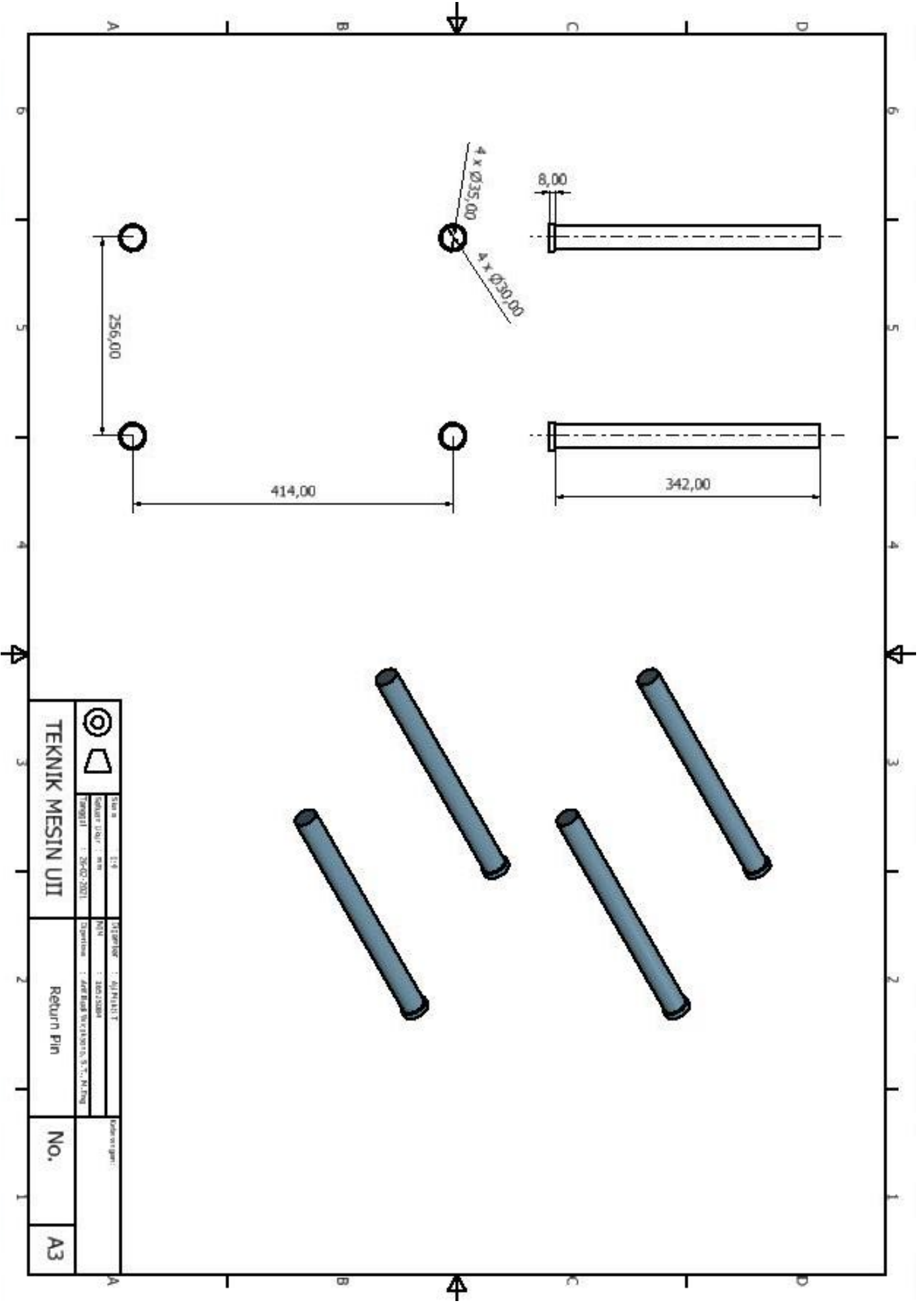
| | | | |
|-----------|---|---|-----------------|
| | Nama : EIS Nomor Ujian : ... Tanggal : 26-02-2021 | Departemen : AGRIKULTUR NPM : ... Departemen : AGRIKULTUR | Judul Laporan : |
| | TEKNIK MESIN UII | | |
| Guide Pin | | | A3 |



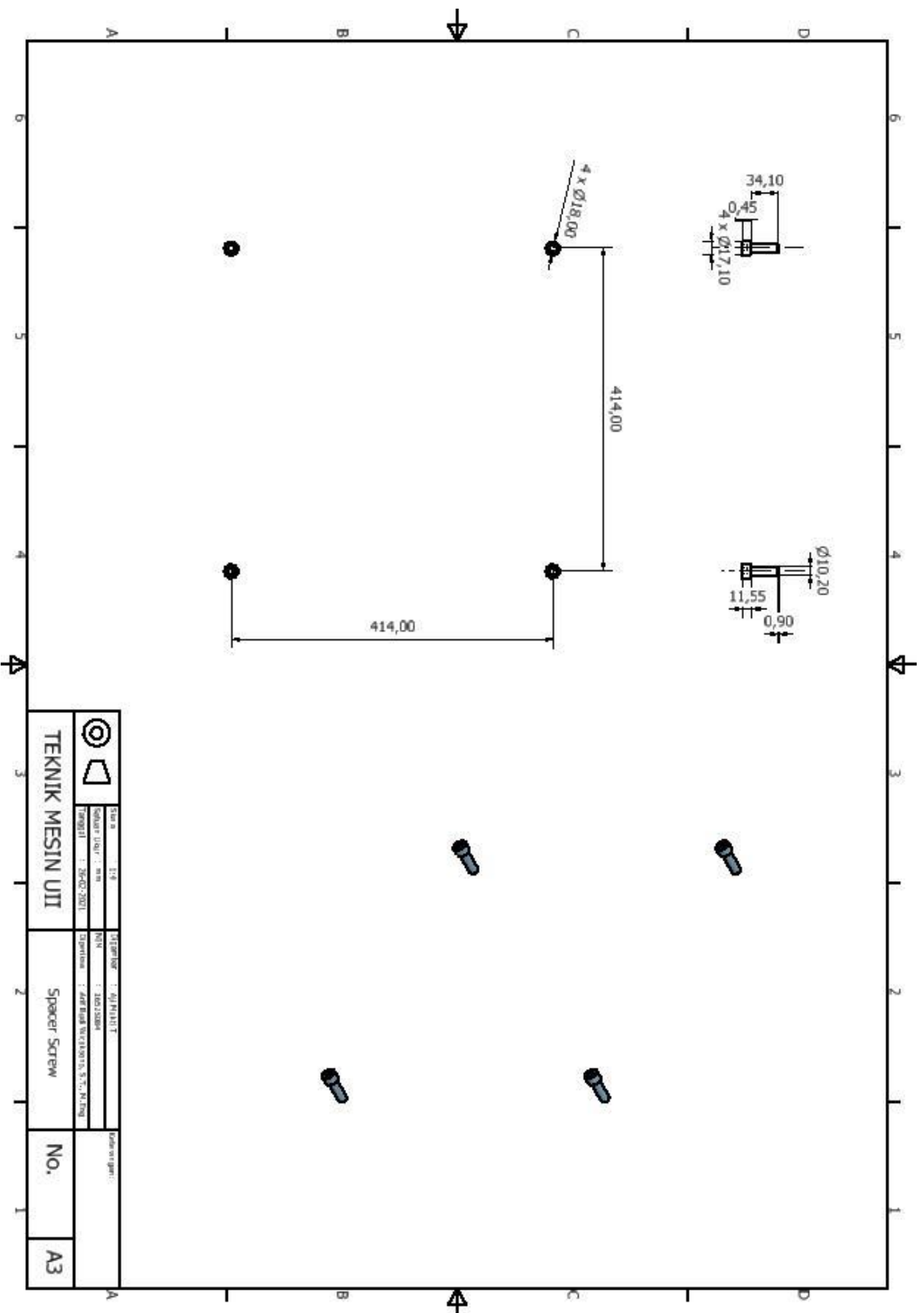


| | | | | |
|--|--|---|-----|----|
| | Nama : EIS Nomor Urut : ... Tanggal : 20-02-2021 | Disiplin : ... Nama : ... No. : ... | No. | A3 |
| | TEKNIK MESIN UJI | Gukie Bush | | |





| | | | |
|--|--|---|-----------------|
| | Nama : ... Nomor : ... Tanggal : ... | Organisasi : ... Jurusan : ... Disusun oleh : ... | No. : ... A3 |
| | Return pin | | |



| | | | |
|--------------|--|---|-------------|
| | Nama : ... Nomor Ujian : ... Tanggal : ... | Organisasi : ... Nama : ... Pekerjaan : ... | No. : A3 |
| | TEKNIK MESIN UTI | | |
| Spacer Screw | | No. : A3 | |