

**PROSES PEMBUATAN MASTER LENSA POLIMER DENGAN 3D  
PRINTING**

**TUGAS AKHIR**

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

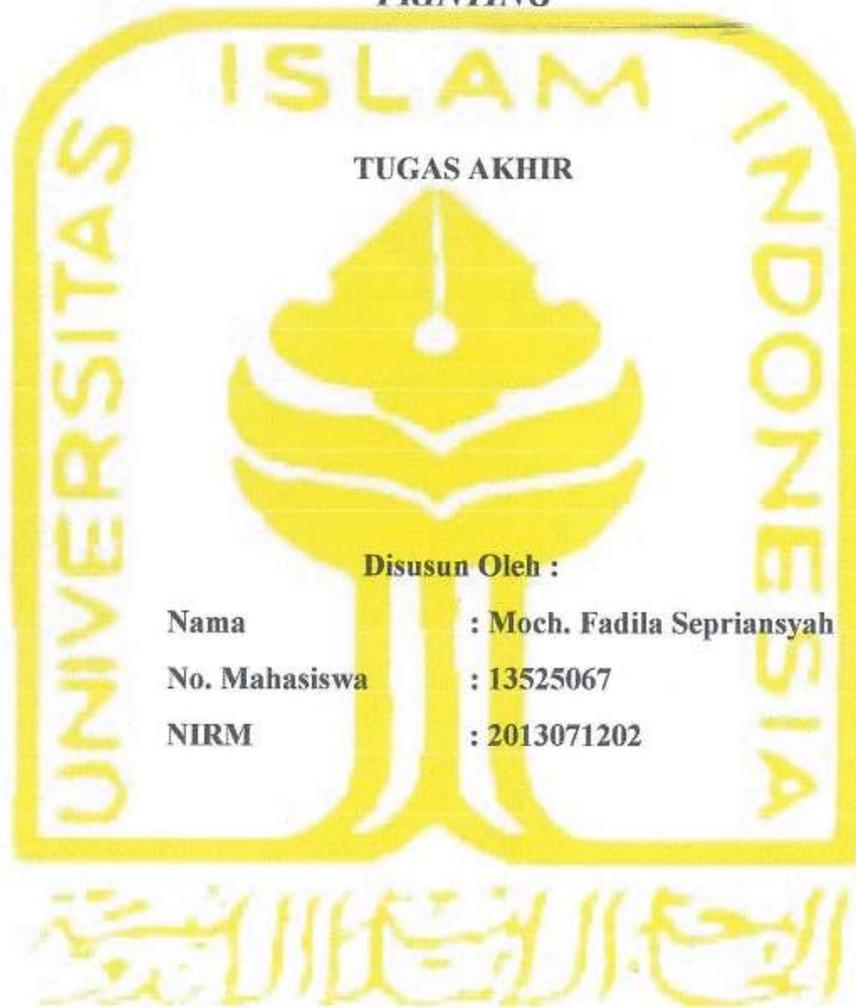


**Disusun Oleh :**

**Nama : Moch. Fadila Sepriansyah**  
**No. Mahasiswa : 13525067**  
**NIRM : 2013071202**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**  
**PROSES PEMBUATAN MASTER LENS A POLIMER DENGAN 3D**  
**PRINTING**

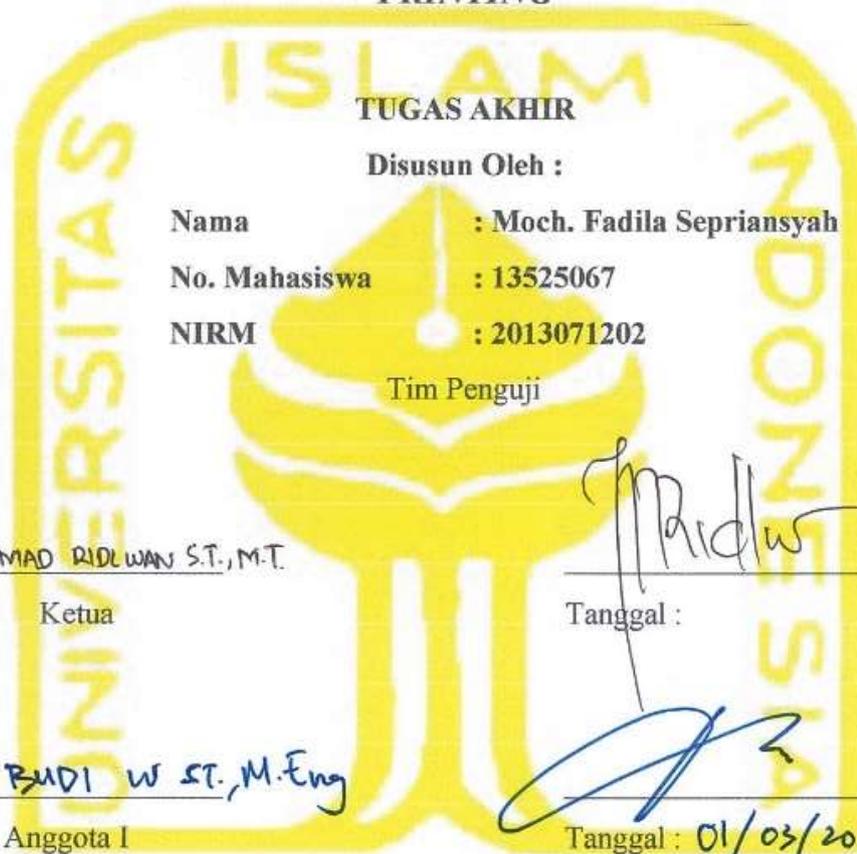


Yogyakarta, 22 Januari 2018

Pembimbing I,

Muhammad Ridlwan S. T., M. T.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**  
**PROSES PEMBUATAN MASTER LENS A POLIMER DENGAN 3D**  
**PRINTING**



**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Moch. Fadila Sepriansyah**

**No. Mahasiswa : 13525067**

**NIRM : 2013071202**

Tim Penguji

MUHAMMAD RIDLWAN S.T., M.T.

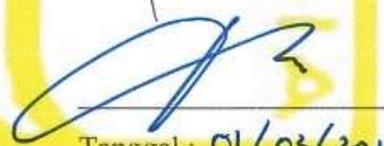
Ketua



Tanggal :

ARIF BUDI W ST., M.Eng

Anggota I



Tanggal : 01/03/2018

SANTO AJIE DHEWANTO, S.T.M.M.

Anggota II



Tanggal : 01/03/2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Eng. Risdiyono S. T., M. Eng.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Dengan segala puja dan puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa Allah SWT dan atas dukungan serta doa dari orang-orang tercinta, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya penulis haturkan syukur dan terima kasih kepada :

Kedua orang tua yang sudah memberikan suport, doa dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Dosen pembimbing, penguji dan pengajar yang telah tulus dan ikhlas dalam meluangkan waktunya untuk menuntun dan membimbing penulis dengan sabar.

Teman-teman Teknik Mesin UII yang selalu memberikan semangat dan bantuan yang sangat berarti bagi penulis.

Terima kasih yang sebesar - besarnya penulis ucapkan kepada semua orang yang telah memberikan jasanya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna untuk kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

## HALAMAN MOTTO

*“Diwajibkan atasmu berperang, suatu kewajiban yang tidak kamu sukai. Banyak sekali kewajiban yang tidak disukai, justru membawa kebaikan bagimu dan banyak yang kamu suka justru membawa bencana bagimu. Allah Yang Mahatahu sedang kamu tidak mengetahuinya.”*

(Q.S. Al-Baqarah : 216)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “PROSES PEMBUATAN MASTER LENS POLIMER DENGAN 3D PRINTING”.

Penulisan Tugas Akhir ini dilaksanakan untuk memenuhi syarat kelulusan untuk mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Penulisan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, bantuan, nasihat dan saran serta kerjasama dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, segala hambatan tersebut akhirnya dapat diatasi dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Selanjutnya dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis banyak diberi bantuan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan segala nikmat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang saya cintai yang selalu memberikan do'a, motivasi dan bantuan baik berupa moril dan materi.
3. Muhammad Ridlwan, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan kesempatan dan bantuan kepada penulis untuk melakukan Tugas Akhir.
4. Seluruh teman-teman saya yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Terakhir semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk generasi penerus bangsa.

Yogyakarta, 22 Januari 2018



Moch. Fadila Sepriansyah

# **PROSES PEMBUATAN MASTER LENSA POLIMER DENGAN 3D PRINTING**

***Moch. Fadila Sepriansyah***

## **ABSTRAK**

*Di era modern ini perkembangan teknologi terutama pada mesin 3d printing sudah banyak digunakan masyarakat dan perusahaan-perusahaan untuk membuat suatu produk. 3d printing digunakan dalam membuat suatu benda dari sebuah desain menjadi sebuah bentuk tiga dimensi yang dapat dibuat menjadi benda yang mempunyai volume.*

*Proses pembuatan lensa yang sudah ada pada saat ini dibagi menjadi empat tahapan, yang pertama adalah peleburan material bahan pembentuk lensa, yang kedua adalah pencetakan dimana material yang sudah dilebur akan dibentuk, yang ketiga adalah pendinginan dimana tujuan proses ini agar lensa tidak mudah retak, yang keempat dan terakhir adalah penyelesaian dimana lensa yang sudah didinginkan akan dibersihkan sisa-sisa serpihan yang masih ada.*

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah produk berupa master lensa kaca pembesar menggunakan bantuan 3d printing yang lebih bagus dan/atau lebih murah dari produk serupa yang telah ada. Dalam pembuatan desain lensa kaca pembesar menggunakan software solidwork 2014 dan software Cura pada mesin 3D printing. Produk yang dihasilkan dari mesin 3d printing selanjutnya masuk proses finishing dimana proses ini meliputi pendempulan dan penyemprotan epoxy agar produk yang dibuat menggunakan mesin 3d printing lebih rapat dan bentuk dimensi yang diinginkan tercapai.*

*Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah produk lensa kaca pembesar yang terbuat dari Polymer. Produk tersebut memiliki keunggulan yang lebih murah dari produk lensa kaca pembesar yang berbahan dasar kaca.*

***Kata Kunci : Lensa Kaca Pembesar, Polymer, 3D Printing.***

# THE PROCESS OF MAKING A POLYMER LENS MASTER WITH 3D PRINTING

*Moch. Fadila Sepriansyah*

## ABSTRACT

*In this modern era of technological developments, especially in 3d printing machine has been widely used community and companies to make a product. 3d printing is used in making an object from a design into a three-dimensional form that can be made into an object that has volume.*

*The process of preparing the existing lens is currently divided into four steps, the first is the melting of the lens forming material, the second is the placement where the melted materials will be formed, the third is the cooling where the purpose of this process is make that lens is not easily cracked, fourth and last is the settlement where the cooled lens will be cleaned up of the remaining debris.*

*The purpose of this research is to make a product of master magnifying glass lens using the help of 3d printing better and / or cheaper than similar products that already exist. In the making of design of magnifying glass lens using software Solidwork 2014 and Cura software on 3d printing machine. The products that produced from the 3d printing machine subsequently enter the finishing process where this process includes coincidence and epoxy spraying, so that, the product that made by using the 3d printing machine is denser and the desired dimensional shape is achieved.*

*The end result of this research is a magnifying glass lens product made from Polymer. That product has a cheaper advantage than a product that have a magnifying glass lens based.*

**Keyword : Magnifying glass lens, Polymer, 3D Printing.**

## PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini saya, Moch. Fadila Sepriansyah menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Proses Pembuatan Master Lensa Polimer Dengan *3D Printing*”, adalah hasil dari tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat sebagian maupun keseluruhan tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri dan tidak terdapat bagian tulisan yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa menyantumkan penulis aslinya.

Apabila saya melakukan perbuatan yang bertentangan dengan hal tersebut, baik sengaja maupun tidak sengaja, dengan ini saya menyatakan menarik tugas akhir yang saya ajukan sebagai hasil tulisan saya sendiri. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan menyalin tulisan orang lain tanpa menyantumkan penulisnya, saya menerima sanksi dan ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, 22 Januari 2018



Moch. Fadila Sepriansyah

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	iv
Halaman Motto .....	v
Kata Pengantar.....	vi
Abstrak .....	vii
Abstract.....	viii
Pernyataan Orisinalitas Tugas Akhir .....	ix
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	4
2.2.1 <i>3D Printing</i> .....	4
2.2.2 Polimer .....	5
2.2.3 Polylactic Acid ( PLA) .....	5
2.2.4 Solidwork .....	5
2.2.5 Cura .....	5
2.2.6 Dempul .....	6
2.2.7 Epoxy.....	7

2.2.8	Lensa.....	7
2.2.9	Lensa Cembung .....	7
2.2.10	Pembuatan Lensa.....	8
2.2.11	Indeks Bias .....	9
Bab 3 Metode Penelitian .....		10
3.1	Alur Penelitian .....	10
3.2	Peralatan dan Bahan.....	10
3.3	Pembuatan Desain Master Lensa.....	11
3.3.1	Penentuan Dimensi Dari Master Lensa .....	11
3.3.2	Pembuatan Desain Menggunakan <i>Software</i> SolidWorks .....	12
3.3.3	Slicing Desain Master Lensa Menggunakan <i>Software</i> Cura .....	13
3.4	Proses <i>3D Printing</i> .....	15
3.5	Proses <i>Finishing</i> Master.....	17
3.6	Proses Pembuatan Lensa.....	17
Bab 4 Hasil dan Pembahasan .....		18
4.1	Hasil Perancangan.....	18
4.1.1	Desain Master Lensa .....	18
4.2	Cara Pemesinan <i>3D Printing</i> .....	19
4.3	Hasil <i>3D Printing</i> .....	20
4.3.1	Hasil 3D Printing Posisi Horizontal .....	20
4.3.2	Hasil 3D Printing Posisi Horizontal Dengan Support .....	21
4.3.3	Hasil 3D Printing Posisi Vertical .....	23
4.3.4	Hasil 3D Printing Posisi Vertical Dengan Support .....	26
4.3.5	Perbandingan Waktu Proses Produk Dari Berbagai Posisi .....	27
4.4	Hasil <i>Finishing</i> Master Lensa .....	28
4.5	Hasil Pengujian .....	30
4.5.1	Metode Menggunakan Cahaya .....	30
4.5.2	Metode Pengukuran Menggunakan <i>Dial Indicator</i> .....	33
4.6	Analisis dan Pembahasan.....	37
4.6.1	Analisis dan Pembahasan Hasil <i>3D Printing</i> .....	37
4.6.2	Analisis dan Pembahasan Hasil <i>Finishing</i> .....	38

4.6.3	Analisis dan Pembahasan Pengujian Metode Cahaya .....	38
4.6.4	Analisis dan Pembahasan Pengujian Metode Pengukuran Menggunakan Dial Indicator .....	40
Bab 5	Penutup.....	42
5.1	Kesimpulan .....	42
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya .....	42
Daftar Pustaka	.....	43
Lampiran.....		45

## DAFTAR TABEL

<i>Table 2-1</i> Tabel Indeks Bias .....	9
<i>Table 4-1</i> Perbandingan Waktu Proses <i>3D Printing</i> .....	28
<i>Table 4-2</i> Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Mesin <i>3D Printing</i> .....	4
Gambar 2-2 Polylactic Acid .....	5
Gambar 2-3 Dempul .....	6
Gambar 2-4 Jenis Lensa Cembung .....	7
Gambar 2-5 Pengaturan Posisi Pengujian Lensa Dengan Cahaya .....	8
Gambar 3-1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	10
Gambar 3-2 Gambar 2D Desain Master Lensa 1 .....	12
Gambar 3-3 Gambar 2D Desain Master Lensa 2 .....	12
Gambar 3-4 Gambar 3D Desain Master Lensa .....	12
Gambar 3-5 Penyimpanan Desain Master Lensa Dengan Format STL .....	13
Gambar 3-6 Masuk Ke <i>Software Cura</i> .....	13
Gambar 3-7 Pilih Menu <i>Custom FDM Printer</i> Lalu Pilih <i>Add Printer</i> .....	14
Gambar 3-8 Pilih Jenis Mesin <i>3D Printing</i> Yang Akan Digunakan .....	14
Gambar 3-9 Pilih Open File Untuk Memasukkan File Yang Akan Di <i>Slicing</i> .....	14
Gambar 3-10 Memasukkan Desain Ke Cura .....	15
Gambar 3-11 Desain Master Lensa Sudah di <i>Slicing</i> Dan Siap Untuk Disimpan di <i>Micro sd</i> .....	15
Gambar 3-12 Memasang <i>Micro sd</i> Yang Berisi File G-Code <i>Slicing</i> Desain Master Lensa Yang Akan Di <i>Print</i> .....	16
Gambar 3-13 Memastikan Mesin <i>3D Printing</i> Sudah Menyala, Setelah Itu Pilih <i>Print</i> .....	16
Gambar 3-14 Pilih File Yang Akan Di Print Oleh Mesin <i>3D Printing</i> .....	16
Gambar 3-15 Proses <i>Finishing</i> Master Lensa .....	17
Gambar 4-1 Desain Master Lensa 1 .....	18
Gambar 4-2 Desain Master Lensa 2 .....	18
Gambar 4-3 Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Horizontal</i> .....	20
Gambar 4-4 Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Horizontal</i> .....	20
Gambar 4-5 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Horizontal</i> .....	21
Gambar 4-6 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Horizontal</i> .....	21
Gambar 4-7 Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Horizontal</i> Dengan <i>Support</i> .....	22

Gambar 4-8 Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Horizontal</i> dengan <i>Support</i> .....	22
Gambar 4-9 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Horizontal</i> Dengan <i>Support</i> .....	23
Gambar 4-10 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Horizontal</i> Dengan <i>Support</i> .....	23
Gambar 4-11 Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Vertical</i> .....	24
Gambar 4-12 Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Vertical</i> .....	24
Gambar 4-13 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Vertical</i> .....	25
Gambar 4-14 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Vertical</i> .....	25
Gambar 4-15 Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Vertical</i> Dengan <i>Support</i> .....	26
Gambar 4-16 Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Vertical</i> Dengan <i>Support</i> .....	26
Gambar 4-17 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 1 Posisi <i>Vertical</i> Dengan <i>Support</i> .....	27
Gambar 4-18 Hasil <i>3D Printing</i> Desain Master Lensa 2 Posisi <i>Vertical</i> Dengan <i>Support</i> .....	27
Gambar 4-19 Hasil <i>Finishing</i> Desain Master Lensa 1 .....	29
Gambar 4-20 Hasil <i>Finishing</i> Desain Master Lensa 2 .....	29
Gambar 4-21 Susunan Peralatan dan Bahan.....	31
Gambar 4-22 Pengujian Dengan Desain Master Lensa 1 .....	32
Gambar 4-23 Bayangan Yang Dihasilkan Dengan Desain Master Lensa 1 .....	32
Gambar 4-24 Pengujian Dengan Desain Master Lensa 2.....	33
Gambar 4-25 Bayangan Yang Dihasilkan Dengan Desain Master Lensa 2.....	33
Gambar 4-26 Desain Master Lensa 1 Yang Sudah Diberi Tanda Untuk Pengukuran ...	34
Gambar 4-27 Desain Master Lensa 2 Yang Sudah Diberi Tanda Untuk Pengukuran ...	34
Gambar 4-28 Proses Pengukuran Kelengkungan Master Lensa .....	35
Gambar 4-29 Grafik Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator Master Lensa 1 .	36
Gambar 4-30 Grafik Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator Master Lensa 2 .	36
Gambar 4-31 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Kaca .....	38
Gambar 4-32 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 1 .....	39
Gambar 4-33 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 2 .....	39
Gambar 4-34 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Kaca.....	39

Gambar 4-35 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 1..... 40

Gambar 4-36 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 2..... 40

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan mesin *3d printing* di era modern ini semakin banyak. Tidak hanya diperuntukkan untuk penggunaan di bidang yang berhubungan dengan teknologi saja, *3d printing* sudah digunakan dalam bidang kesehatan seperti dalam pembuatan tangan robot, rekonstruksi wajah, dan lain-lain.

Aplikasi lensa cembung pada saat ini sudah sangat banyak digunakan di kehidupan sehari-hari. Salah satu aplikasi penggunaan lensa cembung pada saat ini yang paling banyak digunakan adalah untuk membuat lensa kaca pembesar. Tujuan adanya lensa kaca pembesar adalah untuk memperbesar objek penglihatan.

Proses pembuatan lensa berawal dari peleburan material pembentuk kaca seperti pasir silika, sodium oksida, dan kalsium oksida dilebur dengan suhu tinggi sehingga bahan pembentuk akan mencair dan siap untuk dicetak. Setelah material dilebur maka masuk proses pencetakan dimana pada proses ini material yang sudah cair dimasukkan kedalam cetakan lalu mesin akan menekan agar didapat bentuk lensa yang diinginkan. Proses selanjutnya adalah pendinginan dimana pada proses ini bertujuan agar lensa tidak mudah retak. Proses akhir adalah penyelesaian dimana pada proses ini lensa yang sudah jadi di haluskan agar tidak ada sisa-sisa serpihan yang tertinggal (Sudrajattulloh, 2013).

Dengan melihat proses pembuatan lensa cembung yang sangat panjang dan memerlukan waktu yang lama pada era modern ini konsumen menginginkan lensa cembung khususnya untuk membuat lensa kaca pembesar yang dapat didesain sesuai keinginan konsumen dan pembuatannya tidak harus secara masal.

Penggunaan mesin *3d printing* dianggap sangat mudah dalam penggunaannya dan produk yang diinginkan dapat dibuat sesuai keinginan konsumen. Hasil dari produk yang dibuat mesin *3d printing* juga sangat teliti. Melihat dari latar belakang yang ada tentang pembuatan lensa, apakah *3d printing* mampu untuk membuat master lensa dengan baik.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah yang berkaitan dengan pembuatan lensa ini adalah :

1. Apakah dengan menggunakan mesin *3d printing* dapat menghasilkan master lensa yang layak digunakan untuk pembuatan lensa cembung ?
2. Apakah hasil lensa yang dibuat menggunakan *3d printing* didapat titik fokus dan pembesaran yang diinginkan ?
3. Apa saja kendala yang dihadapi saat proses pembuatan master lensa ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari proses pembuatan lensa dengan *3d printing* adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan desain menggunakan *software* solidwork 2014.
2. Proses *slicing* dilakukan dengan *software* cura 2.5.0.
3. Tidak membahas pemrograman dan *firmware* pada *software* cura.
4. Pengaturan proses *3d printing* pada *software* cura hanya dilakukan pada pengaturan *recommended solid* 100%.
5. Hanya melakukan *printing* menggunakan mesin *3d printing* B01.
6. Pada proses *printing* hanya menggunakan material PLA diameter 1,75 mm.
7. Dibatasi hanya pada proses pembuatan master lensa dari *polymer* PLA.
8. Lensa kaca pembesar yang dibuat adalah lensa kaca pembesar dengan titik fokus sejauh 70 mm.
9. Proses pembuatan lensa dilakukan di Pesona Creative.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian dan pembuatan produk ini adalah membuat sebuah lensa menggunakan bantuan *3d printing* sebagai pembuatan master dari lensa kaca pembesar, master ini akan dibuat lensa yang lebih bagus dan/atau lebih murah dibandingkan dengan pembuatan lensa menggunakan metode yang sudah ada.

Tujuan lainnya dari penelitian dan pembuatan produk ini adalah dengan pembuatan master lensa menggunakan bantuan *3d printing* diharapkan dapat menggantikan metode pembuatan lensa yang sudah ada pada saat ini dan mengetahui kendala yang terjadi pada saat pembuatan master lensa menggunakan *3d printing*.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari :

1. Bab 1 Pendahuluan berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan laporan Tugas Akhir.
2. Bab 2 Tinjauan Pustaka berisi tentang kajian pustaka dan dasar teori yang melandasi penelitian ini.
3. Bab 3 Metodologi Penelitian berisi penjelasan tentang alat dan bahan serta metode proses pembuatan lensa dengan *3d printing*.
4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan berisi tentang penjelasan hasil perancangan dan hasil pengujian dari produk yang dibuat.
5. Bab 5 Penutup berisikan kesimpulan dan saran.
6. Bagian akhir memuat tentang daftar pustaka serta lampiran-lampirannya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Proses *3d printing* adalah sebuah proses pembuatan benda tiga dimensi yang memiliki volume dan dapat dipegang dimana awal dari proses ini adalah pembuatan desain secara *digital* menggunakan bantuan *software*.

Proses *3d printing* melakukan bantuan perangkat lunak untuk melakukan suatu proses yang dinamakan *slicing* atau pengirisan model *3d* yang sudah di desain menjadi beberapa lapisan, lapisan-lapisan ini yang akan dikerjakan oleh mesin *3d printing* (partner3d.com, 2017) .

Pada proses *3d printing* material yang digunakan adalah PLA atau *Polactic Acid*. PLA adalah satu jenis *polyester alifatik* yang didapat dari asam laktat dari sumber yang terbarukan seperti gula, pati-patian, selulosa dan gliserin sisa biodiesel (Nasiri, 2009).

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 3D Printing**

Pada tahun 1984 Charles Hull menciptakan sebuah teori yaitu teori stereo lithography yaitu proses penyetakan yang memungkinkan membuat objek *3d* yang akan dibuat dari data digital. Teori stereo lithography populer sampai akhir tahun 1980an.

*3D printing* adalah bentuk teknologi manufaktur aditif dimana mesin akan membuat benda berbentuk tiga dimensi dengan cara membuat dengan meletakkan lapisan material secara berturut-turut (Tyagi, 2018).



**Gambar 2-1 Mesin 3D Printing**

## 2.2.2 Polimer

Polimer adalah senyawa makromolekul yang terbentuk dari susunan-susunan ulang molekul kecil (monomer) yang saling berikatan. Reaksi penggabungan monomer-monomer kecil menjadi polimer disebut reaksi polimerisasi (Efan, 2011).

## 2.2.3 Polylactic Acid (PLA)

Polylactic Acid (PLA) adalah salah satu produk biopolimer yang sering digunakan pada saat ini karena sudah banyak literatur yang membahas tentang bahan ini. Harga dari PLA ini relatif murah dan memiliki sifat yang baik untuk membuat suatu produk (Avérous, 2008).



Gambar 2-2 Polylactic Acid

## 2.2.4 Solidwork

Aplikasi Solidwork adalah *software* desain mekanis yang memungkinkan penggunaannya untuk merancang desain dengan cepat dimana dengan menggunakan aplikasi ini penggunaannya dapat membuat desain sekaligus mensimulasikan (Dassault, 2009).

## 2.2.5 Cura

Cura adalah salah perangkat lunak yang bertujuan untuk mempersiapkan desain yang sudah dirancang dengan cara melakukan proses *slicing* (membuat desain menjadi lapisan per lapisan) lalu akan menghasilkan *g-code* untuk dibuat menggunakan mesin *3d printing* (Ultimaker, 2015). Beberapa pengaturan yang dapat diatur di *software* cura antara lain :

1. *Layer Height*  
Untuk mengatur tinggi setiap lapisan.
2. *Wall Thickness*

Untuk mengatur ketebalan dinding luar lapisan arah *horizontal*.

3. *Infill Density*

Untuk mengatur kerapatan.

4. *Printing Temperature*

Untuk mengatur suhu yang digunakan.

5. Diameter

Untuk mengatur diameter bahan yang digunakan.

6. *Print Speed*

Untuk mengatur kecepatan keluarnya bahan yang digunakan mesin *3d printing*.

7. *Travel Speed*

Untuk mengatur kecepatan pergerakan proses *3d printing*.

8. *Support*

Untuk memberikan benda bantuan pada produk yang dibuat oleh mesin *3d printing*.

### 2.2.6 Dempul

Dempul adalah lapisan dasar yang digunakan untuk memberikan bentuk produk agar lebih terlihat bagus dan jelas. Dempul juga bisa dikatakan adalah lapisan dasar yang digunakan untuk mengisi bagian-bagian yang terjadi kerusakan, aplikasi dari penggunaan dempul sering terlihat pada saat perbaikan bodi mobil yang rusak (Argana, 2013).



**Gambar 2-3 Dempul**

### 2.2.7 Epoxy

*Epoxy* adalah bahan kimia yang biasa digunakan sebagai bahan adhesif dan lapisan pelindung yang sangat baik karena memiliki kekuatan yang tinggi, dan daya rekat yang kuat. Selain itu epoxy juga baik digunakan untuk ketahanan terhadap bahan kimia, sifat isolasi, penyusutan rendah, stabilitas dimensi, dan ketahanan lelehnya (Harvianto Pramanta & Sulistijono, 2012).

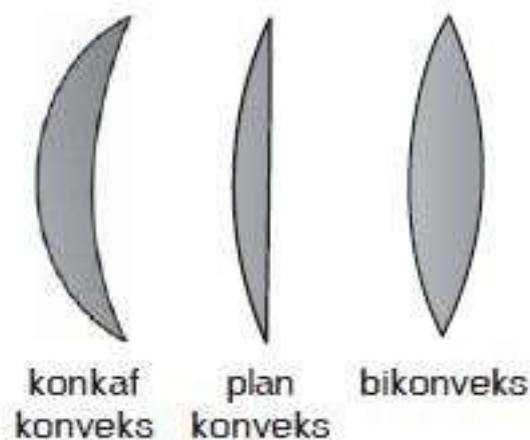
### 2.2.8 Lensa

Lensa adalah sebuah benda berbentuk bening yang dibatasi oleh dua permukaan atau lebih yang salah satu bagiannya berbentuk melengkung. Produk yang terbuat dari lensa yang sering dijumpai di kehidupan sehari-hari seperti kacamata, spion, lensa kamera, dan lain-lain (Atophysics, 2008).

### 2.2.9 Lensa Cembung

Lensa cembung adalah lensa yang bagian tengahnya memiliki ketebalan lebih daripada bagian tepi atau bagian lainnya. Lensa ini bersifat mengumpulkan sinar sehingga disebut juga lensa konvergen (Atophysics, 2008).

Ada 3 jenis lensa cembung yaitu konkaf konveks (cembung-cekung), plan konveks (cembung-datar), dan bikonveks (cembung-cembung).

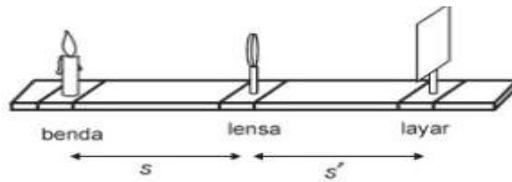


**Gambar 2-4 Jenis Lensa Cembung**

**Sumber : (Master Teacher, 2016)**

Rumus dari persamaan umum cermin adalah :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \text{ dimana } f = \frac{1}{2} R \text{ (Kuswanto, 2011)}$$



**Gambar 2-5 Pengaturan Posisi Pengujian Lensa Dengan Cahaya**

**Sumber : (Ahmad Manurul Hakim, 2017)**

Keterangan :

$s$  = jarak benda (cahaya) dengan lensa

$s'$  = jarak lensa dengan layar

$f$  = jarak titik fokus

$R$  = jari-jari kelengkungan

Penggunaan lensa cembung dalam kehidupan sehari-hari sangat banyak, berikut akan diberikan contoh penggunaan lensa cembung di kehidupan sehari-hari :

1. Lup
2. Mikroskop
3. Teropong
4. Kamera
5. Kacamata Plus
6. Proyektor
7. Kamera *Handphone*
8. Cermin Tikungan Jalan
9. Periskop
10. Spion (Maressa, 2017)

### **2.2.10 Pembuatan Lensa**

Proses pembuatan lensa yang sudah ada pada saat ini dibagi menjadi empat tahapan :

1. Peleburan

Pada proses ini bahan pembentuk kaca dileburkan dengan suhu  $1261^{\circ}\text{C}$  dengan maksud agar semua material mencair dan menghasilkan kaca yang bening.

2. Pencetakan

Pada proses ini kaca yang sudah dileburkan akan dicetak menggunakan mesin dengan cara cairan kaca akan ditekan oleh mesin untuk menghasilkan bentuk lensa yang diinginkan.

3. Pendinginan

Pada proses ini kaca yang sudah dicetak akan dipanaskan kembali dengan temperature mendekati suhu ruangan dengan tujuan agar lensa tidak mudah retak.

4. Penyelesaian

Proses terakhir dalam pembuatan lensa yaitu penyelesaian yaitu proses membersihkan sisa-sisa serpihan yang ada pada lensa dengan cara pengikisan atau menggunakan bahan kimia (Sudrajattulloh, 2013).

### 2.2.11 Indeks Bias

Indeks bias adalah sifat fisika, seperti titik didih, yang dapat digunakan untuk menentukan identitas dan kemurnian cairan. Indeks bias merupakan sifat fisik yang sangat sensitif, semakin dekat indeks bias yang teramati dengan indeks bias yang tercantum pada literatur, semakin murni senyawa tersebut (Hardani, Hidayat, & Dewi, 2016).

**Table 2-1 Tabel Indeks Bias**

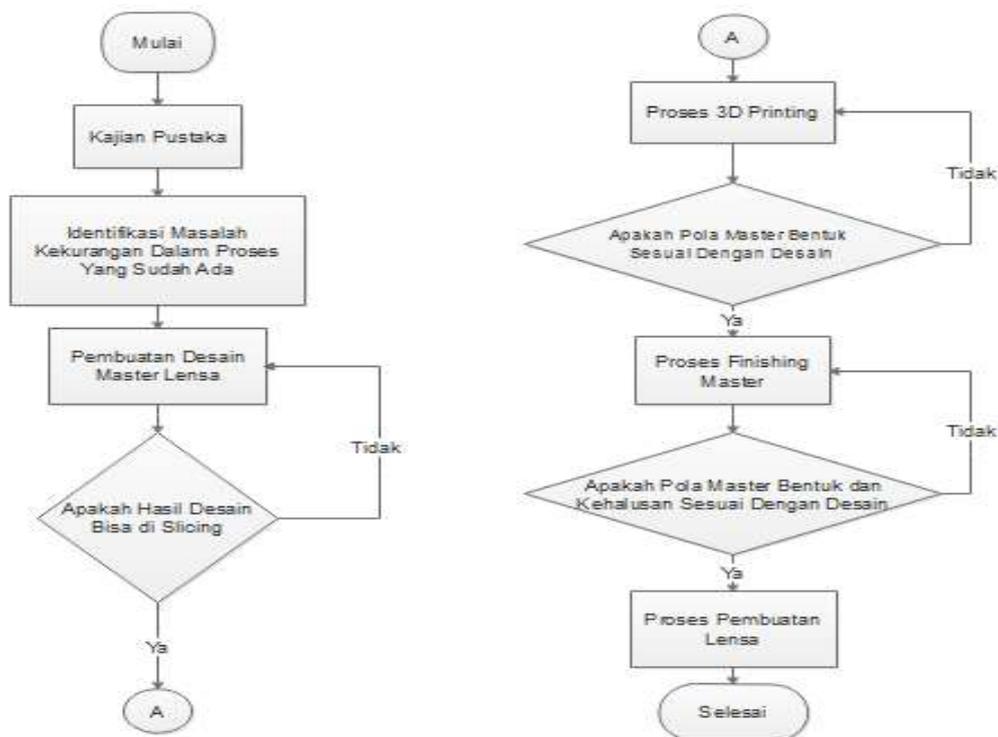
Tabel Indeks Bias Beberapa zat	
Medium	$n = c/v$
Udara hampa	1,0000
Udara (pada STP)	1,0003
Air	1,333
Es	1,31
Alkohol etil	1,36
Gliserol	1,48
Benzena	1,50
Kaca	
Kuarsa lebur	1,46
Kaca korona	1,52
Api cahaya/kaca flinta	1,58
Lucite atau plexiglass	1,51
Garam dapur (Natrium Klorida)	1,53
Berlian	2,42

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Peneleitian Tugas Akhir ini memiliki beberapa tahapan penelitian yang dilakukan sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 3-1 di bawah ini.



**Gambar 3-1** *Flowchart* Penelitian

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

Berikut ini adalah peralatan dan bahan yang digunakan :

1. Mesin 3D *Printing* B 01
2. PLA 1,75 mm
3. *Micro sd*
4. Dempul
5. Epoxy
6. Amplas

### 3.3 Pembuatan Desain Master Lensa

Kriteria desain lensa kaca pembesar ini adalah :

1. Lensa yang dibuat adalah lensa yang mempunyai titik fokus sejauh 70 mm.
2. Lensa yang dibuat adalah lensa kaca pembesar.
3. Lensa yang dibuat berbahan *polymer*
4. Lensa yang dibuat dalam lensa cembung bikonveks

Dari kriteria diatas, maka akan melalui beberapa tahapan untuk membuat desain dari lensa kaca pembesar tersebut antara lain :

#### 3.3.1 Penentuan Dimensi Dari Master Lensa

Pembuatan desain master lensa cembung menggunakan mesin *3D printing* yang akan dibuat adalah lensa cembung bikonveks (cembung-cembung). Tetapi pada penelitian ini akan dibuat 2 desain yang berbeda yang pertama pemodelan lensa cembung plan konveks (cembung-datar) dengan hasil akhirnya adalah dua lensa berbentuk plan konveks setelah itu akan disatukan bagian datarnya dan akan nampak seperti lensa cembung bikonveks, yang kedua pemodelan lensa cembung bikonveks (cembung-cembung).

Desain dari produk yang akan dibuat menggunakan *software* solidwork 2014 dimana bentuk dan dimensi merujuk kepada hasil perhitungan yang dihitung menggunakan rumus. Sesuai dengan kriteria yang diinginkan yaitu membuat lensa dengan titik fokus yang diinginkan sejauh 70 mm maka langkah yang harus dicari adalah menentukan kelengkungan dari lensa tersebut menggunakan rumus :

$$F = \frac{1}{2} R$$

Dimana : F = Titik Fokus ( mm )

R = Jari-Jari Kelengkungan Lensa ( mm )

Dari rumus diatas maka dapat dicari untuk kelengkungan lensa dengan titik fokus yang dituju adalah 70 mm maka diperoleh jari-jari kelengkungan lensa adalah :

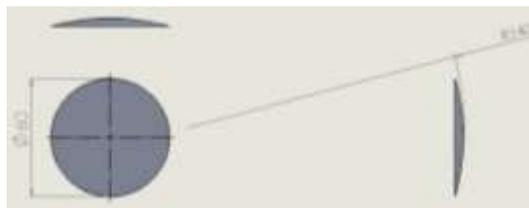
$$70 \text{ mm} = \frac{1}{2} R$$

$$140 \text{ mm} = R$$

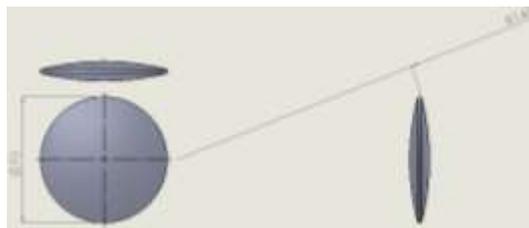
Dengan menggunakan rumus diatas maka didapat bahwa kelengkungan dari lensa yang mempunyai titik fokus 70 mm adalah kelengkungan yang memiliki jari-jari 140 mm.

### 3.3.2 Pembuatan Desain Menggunakan *Software* SolidWorks

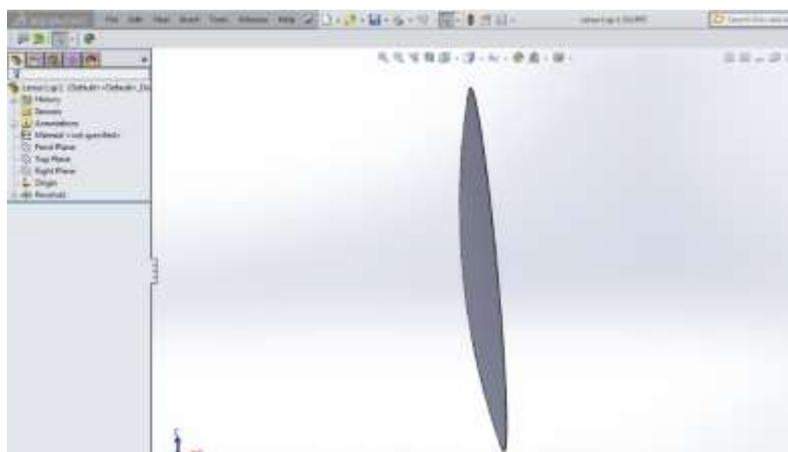
Setelah didapat ukuran-ukuran dari lensa yang diinginkan maka langkah selanjutnya adalah pembuatan desain menggunakan *software* SolidWorks. Dari ukuran yang didapat menggunakan rumus adalah lensa dengan kelengkungan dengan jari-jari 140 mm. Gambar 3-2 sampai Gambar 3-3 adalah gambar dari rancangan master lensa yang akan dibuat.



**Gambar 3-2 Gambar 2D Desain Master Lensa 1**

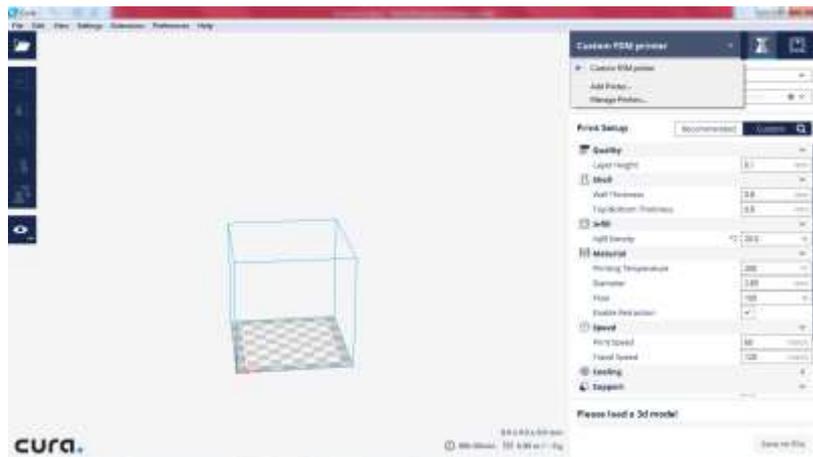


**Gambar 3-3 Gambar 2D Desain Master Lensa 2**

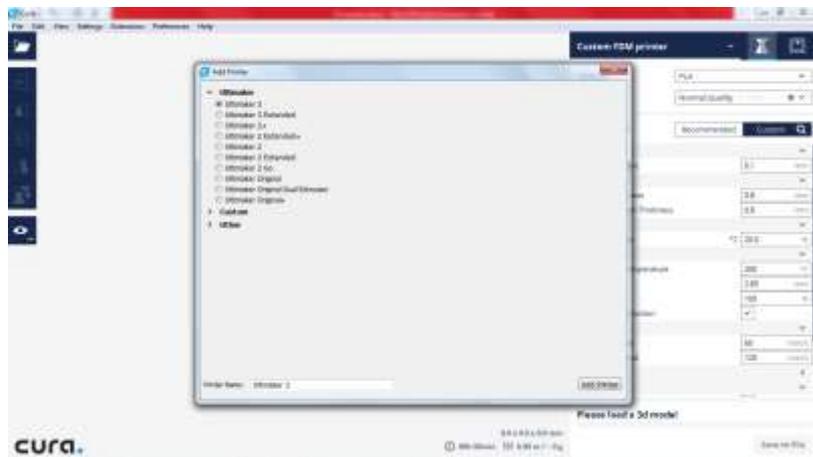


**Gambar 3-4 Gambar 3D Desain Master Lensa**

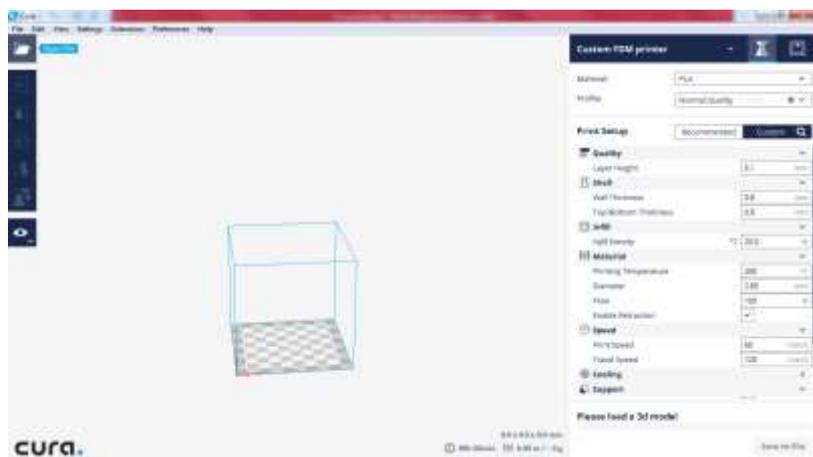




Gambar 3-7 Pilih Menu *Custom FDM Printer* Lalu Pilih *Add Printer*



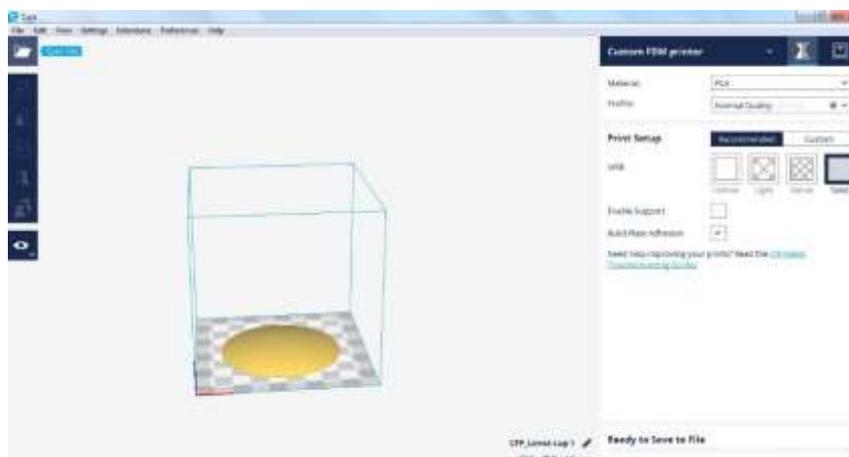
Gambar 3-8 Pilih Jenis Mesin *3D Printing* Yang Akan Digunakan



Gambar 3-9 Pilih *Open File* Untuk Memasukkan File Yang Akan Di *Slicing*



**Gambar 3-10 Memasukkan Desain Ke Cura**



**Gambar 3-11 Desain Master Lensa Sudah di Slicing Dan Siap Untuk Disimpan di *Micro sd***

### **3.4 Proses 3D Printing**

Pada proses *3d printing* mesin yang digunakan adalah mesin *3d printing* B 01 dengan material yang digunakan untuk hasil *printing* adalah PLA. Gambar 3-12 sampai Gambar 3-14 menunjukkan proses *3d printing* dari master lensa yang dikerjakan oleh mesin *3d printing*.



**Gambar 3-12 Memasang *Micro sd* Yang Berisi File *G-Code Slicing* Desain Master Lensa Yang Akan Di *Print***



**Gambar 3-13 Memastikan Mesin *3D Printing* Sudah Menyala, Setelah Itu Pilih *Print***



**Gambar 3-14 Pilih File Yang Akan Di Print Oleh Mesin *3D Printing***

### 3.5 Proses *Finishing* Master

Pada prosesn *finishing* master dilakukan dengan tujuan agar bentuk, ukuran, dan kehalusan dari master lensa yang dibuat sesuai dengan yang diinginkan. Peralatan dan bahan yang digunakan pada proses ini adalah dempul dan epoxy. Gambar 3-15 menunjukkan pengerjaan proses *finishing* master lensa.



**Gambar 3-15 Proses Finishing Master Lensa**

### 3.6 Proses Pembuatan Lensa

Proses pembuatan lensa dibantu oleh Pesona Creative. Pesona Creative adalah salah satu toko pembuatan souvenir seperti piala dan medali yang berada di Jalan Mas Suharto Jambu, Tegal Panggung, Danurejan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. Proses pembuatan lensa dikerjakan oleh Pesona Creative dengan menggunakan master yang sudah penulis buat.

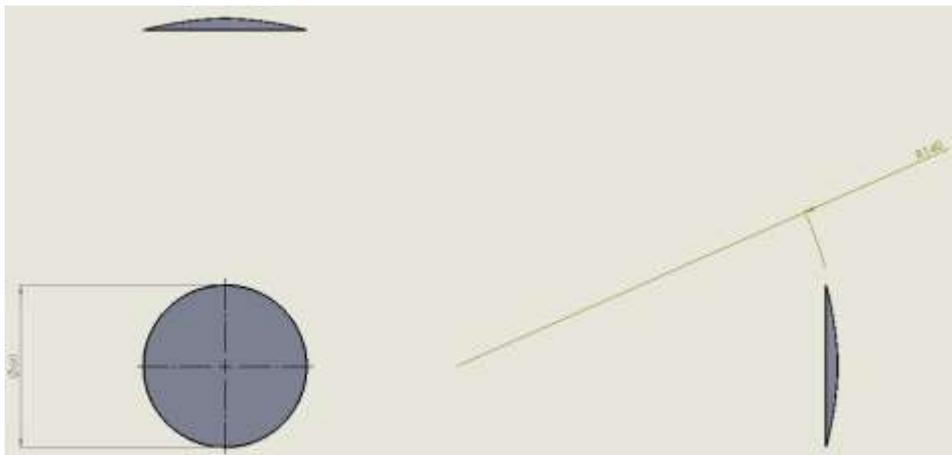
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

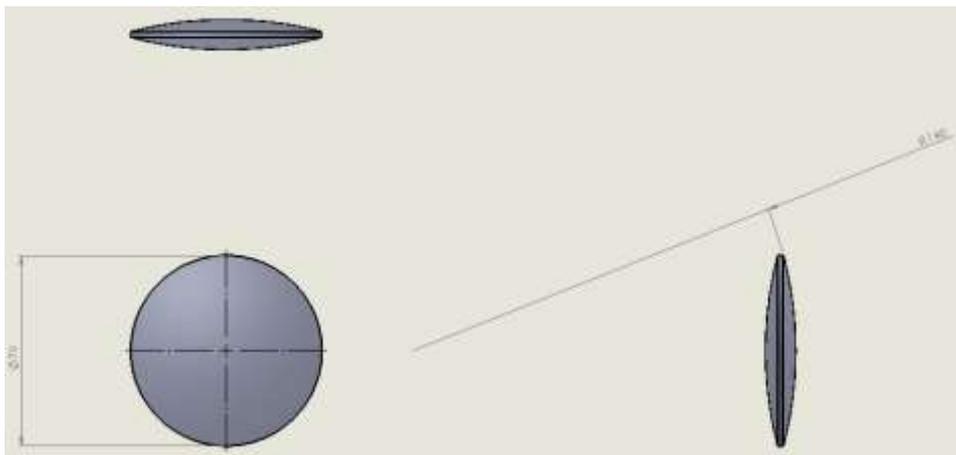
#### 4.1 Hasil Perancangan

Berikut ini ditampilkan hasil dari perancangan untuk master lensa.

##### 4.1.1 Desain Master Lensa



**Gambar 4-1 Desain Master Lensa 1**



**Gambar 4-2 Desain Master Lensa 2**

Desain master lensa menggunakan ukuran yang sudah ditentukan. Dimana ukuran ini dicari menggunakan rumus yang sudah ada dengan acuan titik fokus yang diinginkan adalah lensa cembung dengan titik fokus 70 mm. Desain yang dibuat ada 2 dengan alasan

ingin mencari hasil yang paling bagus diantara dua desain untuk digunakan dalam pembuatan lensa.

## 4.2 Cara Pemesinan 3D Printing

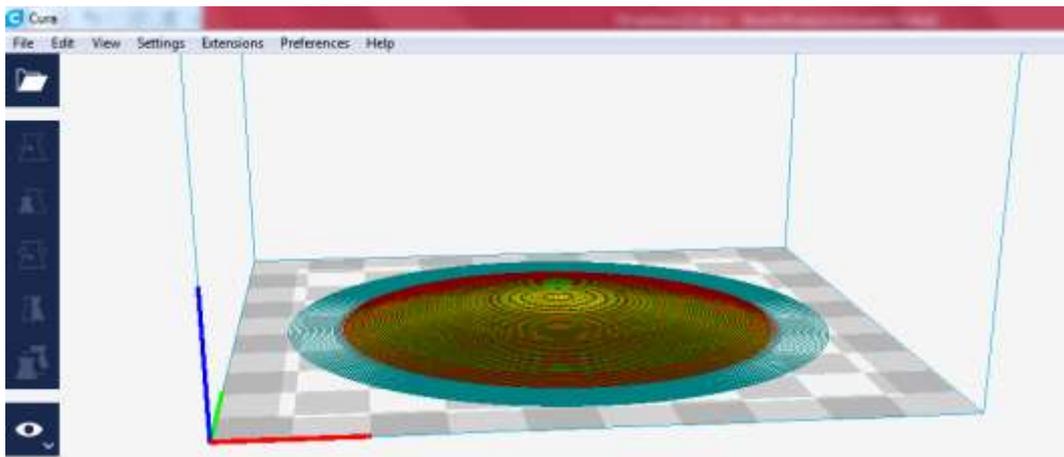
Pada penelitian ini pemesinan *3d printing* dilakukan untuk menghasilkan benda 3 dimensi yang nantinya akan digunakan sebagai master untuk pembuatan lensa kaca pembesar. Berikut cara pemakaian mesin *3d printing* :

1. Langkah pertama yaitu pembuatan desain, desain yang saya buat menggunakan *software* solidworks 2014.
2. Setelah desain sudah dibuat, desain tersebut disimpan dengan format .stl dengan alasan agar dapat digunakan pada saat menggunakan *software* cura.
3. Desain yang sudah berformat .stl setelah itu akan dilakukan proses *slicing* menggunakan *software* cura 2.5.0. Tujuan dari penggunaan *software* cura ini adalah desain yang dibuat menggunakan *software* solidworks dapat dibuat oleh mesin *3d printing*.
4. Setelah desain sudah masuk kedalam *software* cura, tentukan pengaturan dari produk *3d printing* yang akan dibuat. Pengaturan yang penulis lakukan adalah pengaturan produk *3d printing* dengan type solid dengan alasan karena master yang akan dibuat adalah master yang berbentuk padat.
5. Jika pengaturan sudah selesai lakukan proses *slicing* dimana bertujuan agar desain 3 dimensi akan terbentuk menjadi lapisan per lapisan karena proses *3d printing* dilakukan bertahap.
6. Setelah proses *slicing* selesai maka simpan data tersebut kedalam *micro sd*.
7. Setelah G Code sudah disimpan di *micro sd* maka pindahkan *micro sd* ke mesin *3d printing*.
8. Sebelum menyalakan mesin *3d printing* pastikan semua kabel utama sudah terpasang, *micro sd* sudah dipasang di mesin *3d printing* dan PLA sudah menyambung kedalam mesin *3d printing*.
9. Setelah semua peralatan dan bahan sudah dianggap siap, lakukan proses *3D printing* dengan cara pada layar mesin *3d printing* pilih menu print setelah itu pilih *slicing* lensa yang ingin dilakukan proses *printing* setelah itu tinggal menunggu hasil produk yang dibuat dari mesin *3d printing*.

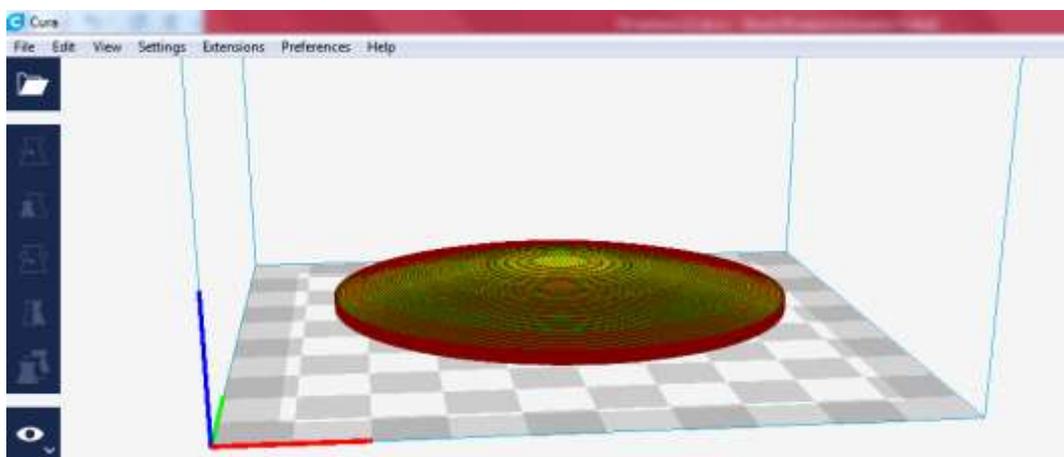
## 4.3 Hasil 3D Printing

### 4.3.1 Hasil 3D Printing Posisi Horizontal

Pada proses pemesinan *3d printing* posisi *horizontal* desain atau produk yang akan dicetak dilakukan dengan posisi tertidur. Gambar 4-3 sampai Gambar 4-4 akan menjelaskan tentang gambaran tentang produk yang akan dilakukan *printing* dengan posisi *horizontal* dan Gambar 4-5 sampai Gambar 4-6 akan menjelaskan hasil dari *printing* posisi *horizontal*.



Gambar 4-3 Desain Master Lensa 1 Posisi *Horizontal*



Gambar 4-4 Desain Master Lensa 2 Posisi *Horizontal*



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-5 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 1 Posisi Horizontal**



Tampak Atas

Tampak Bawah

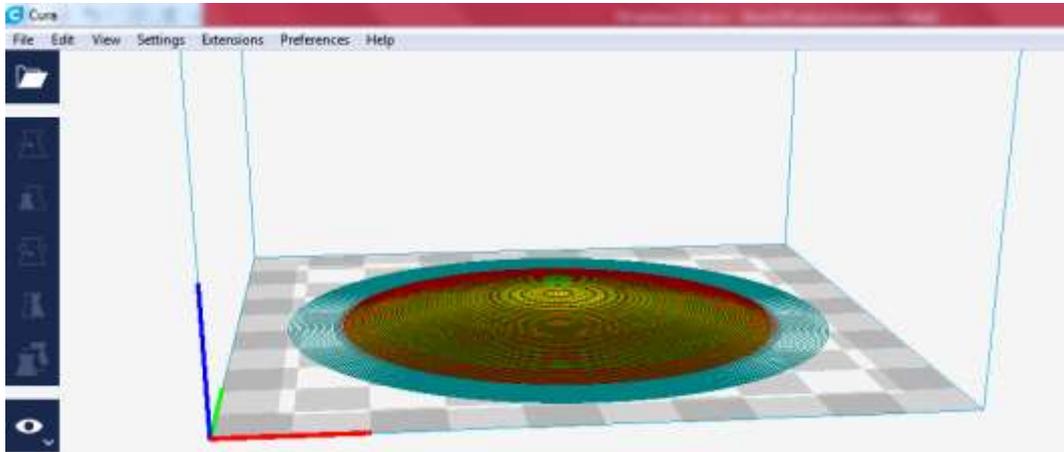
**Gambar 4-6 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 2 Posisi Horizontal**

#### **4.3.2 Hasil 3D Printing Posisi Horizontal Dengan Support**

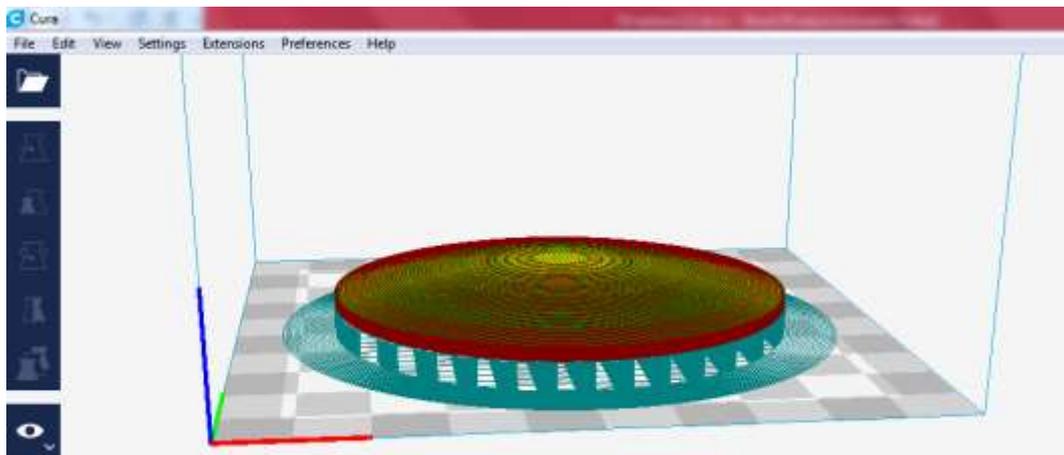
Pada proses pemesinan *3d printing* posisi *horizontal* dengan *support* desain atau produk yang akan dicetak dilakukan dengan posisi tertidur sama seperti proses *3d printing* posisi *horizontal* yang berbeda adalah pada proses ini menggunakan bantuan *support*.

*Support* adalah produk yang dibuat menggunakan mesin *3d printing* bertujuan untuk membantu pada saat proses *3d printing* khususnya untuk desain yang memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Gambar 4-7 sampai Gambar 4-8 akan menjelaskan tentang

gambaran tentang produk yang akan dilakukan *printing* dengan posisi *horizontal* dengan *support* dan Gambar 4-9 sampai Gambar 4-10 akan menjelaskan hasil dari *printing* posisi *horizontal* dengan *support*.



**Gambar 4-7 Desain Master Lensa 1 Posisi *Horizontal* Dengan *Support***



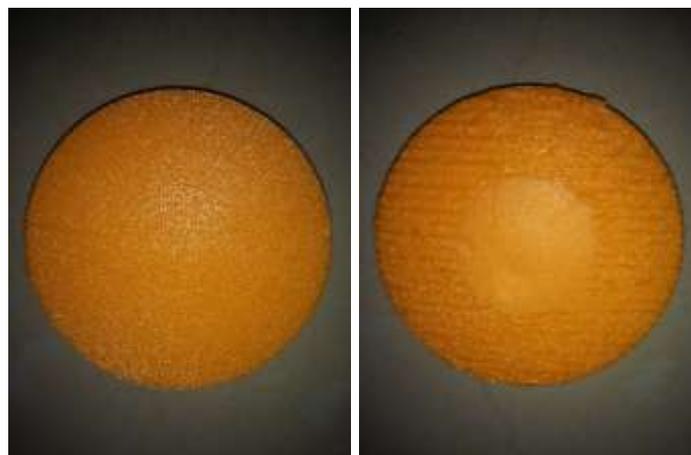
**Gambar 4-8 Desain Master Lensa 2 Posisi *Horizontal* dengan *Support***



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-9 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 1 Posisi *Horizontal* Dengan *Support***



Tampak Atas

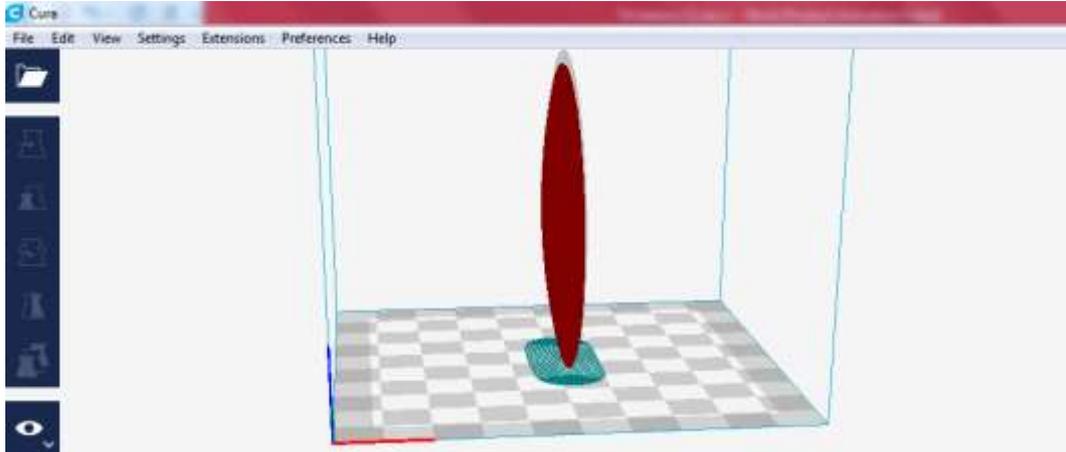
Tampak Bawah

**Gambar 4-10 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 2 Posisi *Horizontal* Dengan *Support***

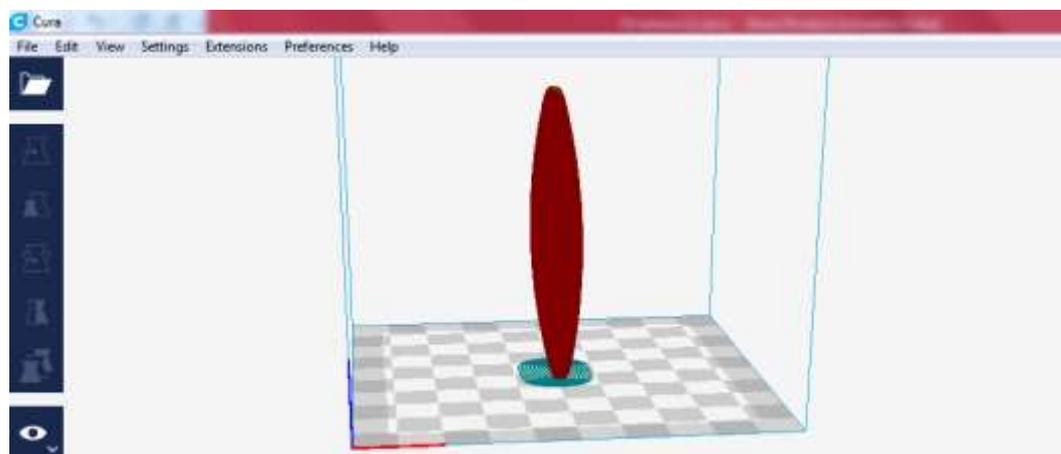
### **4.3.3 Hasil 3D Printing Posisi Vertical**

Proses pemesinan *3d printing* posisi *vertical* desain atau produk yang akan dicetak dilakukan dengan posisi berdiri. Gambar 4-11 sampai Gambar 4-12 akan menjelaskan tentang gambaran tentang produk yang akan dilakukan *printing* dengan posisi *vertical*

dan Gambar 4-13 sampai Gambar 4-14 akan menjelaskan hasil dari *printing* posisi *vertical*.



**Gambar 4-11 Desain Master Lensa 1 Posisi *Vertical***



**Gambar 4-12 Desain Master Lensa 2 Posisi *Vertical***



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-13 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 1 Posisi *Vertical***



Tampak Atas

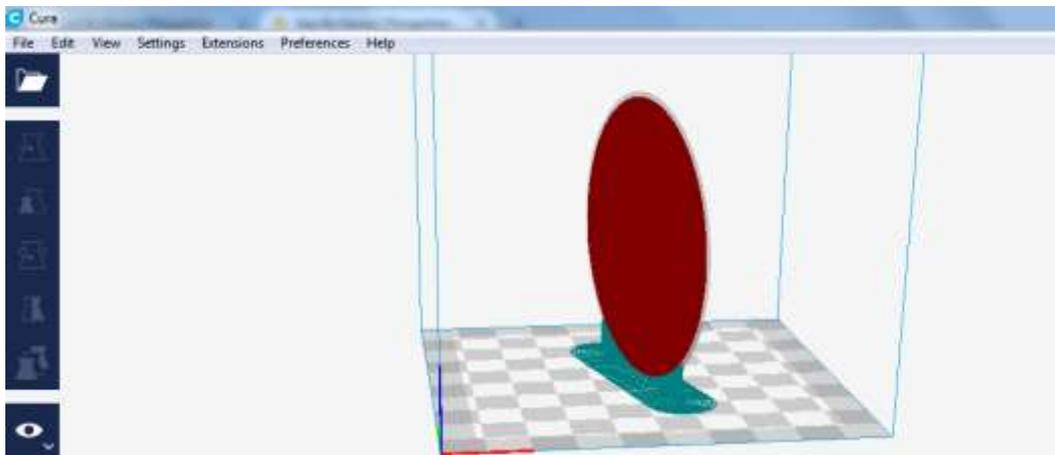
Tampak Bawah

**Gambar 4-14 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 2 Posisi *Vertical***

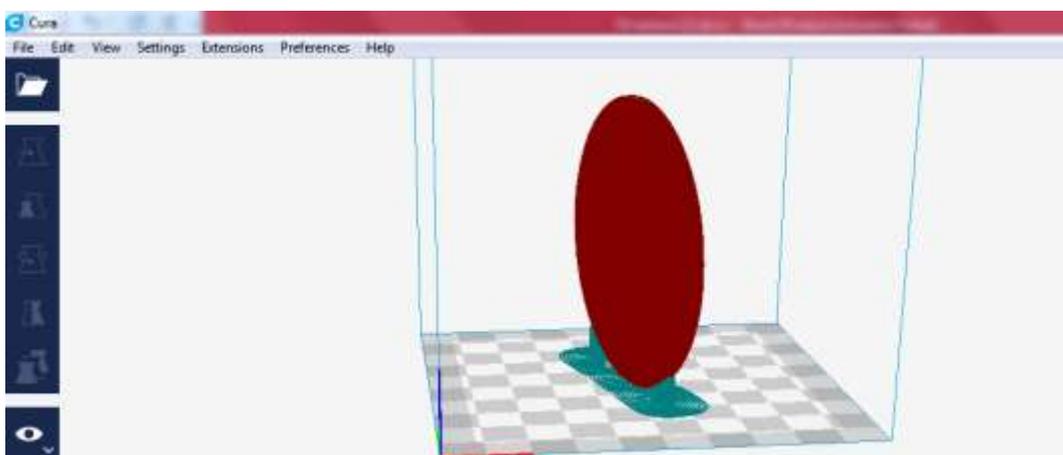
#### 4.3.4 Hasil 3D Printing Posisi Vertical Dengan Support

Pada proses pemesanan *3d printing* posisi *vertical* dengan *support* desain atau produk yang akan dicetak dilakukan dengan posisi berdiri sama seperti proses *3d printing* posisi *vertical* yang berbeda adalah pada proses ini menggunakan bantuan *support*.

*Support* adalah produk yang dibuat menggunakan mesin *3d printing* bertujuan untuk membantu pada saat proses *3d printing* khususnya untuk desain yang memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Gambar 4-15 sampai Gambar 4-16 akan menjelaskan tentang gambaran tentang produk yang akan dilakukan *printing* dengan posisi *vertical* dengan *support* dan Gambar 4-17 sampai Gambar 4-18 akan menjelaskan hasil dari *printing* posisi *vertical* dengan *support*.



**Gambar 4-15 Desain Master Lensa 1 Posisi *Vertical* Dengan *Support***



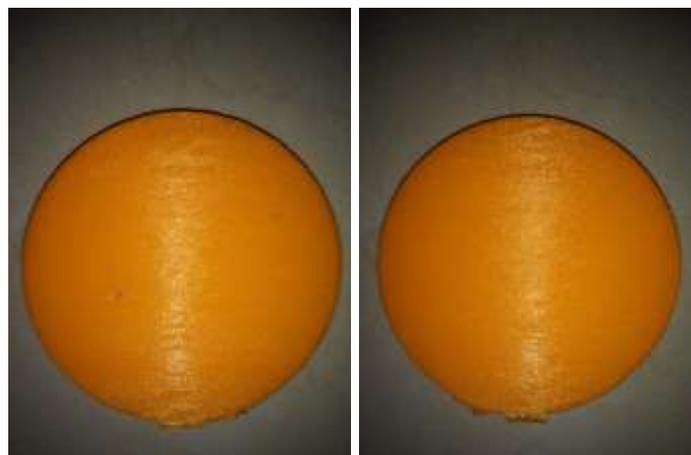
**Gambar 4-16 Desain Master Lensa 2 Posisi *Vertical* Dengan *Support***



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-17 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 1 Posisi Vertical Dengan Support**



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-18 Hasil 3D Printing Desain Master Lensa 2 Posisi Vertical Dengan Support**

#### **4.3.5 Perbandingan Waktu Proses Produk Dari Berbagai Posisi**

Setelah melakukan proses *3d printing* dari berbagai posisi maka akan mendapat waktu yang berbeda pada setiap prosesnya. Berikut akan dijelaskan pada *Table 4-1* perbandingan waktu setiap proses yang sudah dikerjakan.

**Table 4-1 Perbandingan Waktu Proses 3D Printing**

No	Desain	Jenis Lensa	Posisi	Support	Waktu	Total Waktu
1	Desain 1	Lensa Cembung Plan Konveks	<i>Horizontal</i>	-	2 Jam 30 Menit	5 Jam
2	Desain 1	Lensa Cembung Plan Konveks	<i>Horizontal</i>	√	2 Jam 30 Menit	5 Jam
3	Desain 1	Lensa Cembung Plan Konveks	<i>Vertical</i>	-	-	-
4	Desain 1	Lensa Cembung Plan Konveks	<i>Vertical</i>	√	3 Jam 18 Menit	6 Jam 36 Menit
5	Desain 2	Lensa Cembung Bikonveks	<i>Horizontal</i>	-	5 Jam 40 Menit	5 Jam 40 Menit
6	Desain 2	Lensa Cembung Bikonveks	<i>Horizontal</i>	√	6 Jam 24 Menit	6 Jam 24 Menit
7	Desain 2	Lensa Cembung Bikonveks	<i>Vertical</i>	-	-	-
8	Desain 2	Lensa Cembung Bikonveks	<i>Vertical</i>	√	7 Jam 25 Menit	7 Jam 25 Menit

#### 4.4 Hasil *Finishing* Master Lensa

Pada proses *finishing* master lensa bertujuan untuk membuat suatu master lensa yang memiliki kehalusan yang baik dan menutup atau menambal master lensa yang memiliki celah atau rongga yang harus ditutup. Berikut langkah pada saat proses *finishing* master lensa :

1. Langkah pertama yaitu siapkan maste lensa yang akan dilakukan proses *finishing*, dempul dan epoxy sebagai material penghalus master, dan kuas untuk mengoleskan dempul.
2. Lakukan proses pendempulan dengan cara mengoleskan dempul ke master lensa, lakukan setipis mungkin agar dimensi dari master lensa yang sudah dibuat menggunakan mesin *3d printing* tidak berubah. Proses ini dilakukan berulang sampai menutupi semua bagian dari master.
3. Setelah master sudah tertutup oleh dempul, lihat kembali apakah ada kesalahan pada pendempulan, jika ada haluskan master hasil pendempulan dengan amplas lalu lakukan pendempulan kembali.
4. Jika master sudah dirasa cukup bagus pada saat diberikan dempul keringkan master hasil pendempulan selama satu hari.

5. Setelah itu pastikan master lensa sudah kering dan dempul sudah menyatu dengan master, jika dirasa sudah kering master boleh ditutup kembali dengan epoxy agar lubang yang belum tertutup oleh dempul dapat ditutup oleh epoxy.
6. Setelah epoxy sudah merata pada master tunggu sehari untuk mengeringkan cairan dari epoxy yang sudah diberikan pada permukaan lensa.



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-19 Hasil *Finishing* Desain Master Lensa 1**



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-20 Hasil *Finishing* Desain Master Lensa 2**

## 4.5 Hasil Pengujian

### 4.5.1 Metode Menggunakan Cahaya

Tujuan dari metode ini adalah untuk melihat bayangan yang dihasilkan lensa cembung dan mendapat titik fokus melalui percobaan. Berikut langkah pengujian lensa cembung :

1. Langkah pertama yaitu siapkan lensa cembung yang akan dilakukan pengujian, lampu sebagai sinar yang akan dibiaskan, lensa, dan layar untuk melihat hasil bayangannya.
2. Sesuai dengan rumus yang sudah ada maka akan didapat jarak-jarak dari lampu ke lensa dan lensa ke layar. Berikut akan dijelaskan menggunakan perhitungan untuk menemukan jarak-jarak yang akan digunakan pada pengujian lensa menggunakan bantuan cahaya :

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

Keterangan :

$s$  = jarak lampu dengan lensa

$s'$  = jarak lensa dengan layar

$f$  = jarak titik fokus

Lensa yang sudah dibuat adalah lensa dengan jarak titik fokus ( $f$ ) = 70 mm, dan untuk jarak lampu dengan lensa menggunakan permisalan ( $s$ ) = 200 mm. Dari data yang sudah diketahui maka akan mendapat jarak lensa dengan layar.

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{200} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{70}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{70} - \frac{1}{200}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{200-70}{14000}$$

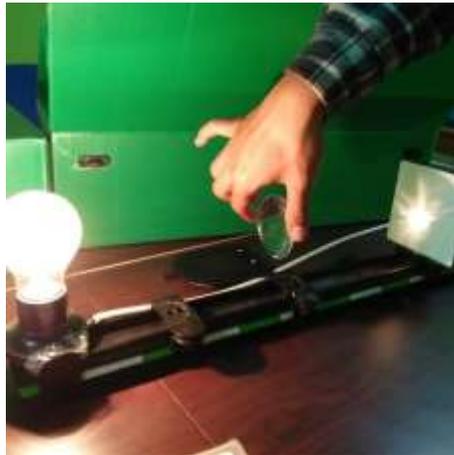
$$\frac{1}{s'} = \frac{130}{14000}$$

$$14000 = 130 s'$$

$$107,7 = s'$$

Dari perhitungan diatas didapat hasil bahwa jarak lampu dengan lensa ( $s$ ) adalah 200 mm dan jarak lensa dengan layar ( $s'$ ) adalah 107,7 mm.

3. Memasang peralatan dan bahan sesuai jarak yang sudah dihitung menggunakan rumus. Pengaturan lampu, lensa, dan layar harus sejajar dengan urutan dari paling kiri yaitu lampu, lensa, dan layar. Gambar 4-21 akan menjelaskan susunan peralatan dan bahan yang akan dilakukan pengujian.



**Gambar 4-21 Susunan Peralatan dan Bahan**

4. Setelah itu nyalakan lampu, atur jarak lampu dengan lensa sejauh 200 mm dan jarak lensa dengan layar adalah 107,7 mm.

#### **4.5.1.1 Metode Menggunakan Cahaya Dengan Desain Master Lensa 1**

Pada proses metode menggunakan cahaya dengan desain master lensa 1 bertujuan untuk mengetahui apakah didapat titik fokus dan pembesaran yang diinginkan pada lensa yang dibuat menggunakan desain master lensa 1.



**Gambar 4-22 Pengujian Dengan Desain Master Lensa 1**



**Gambar 4-23 Bayangan Yang Dihasilkan Dengan Desain Master Lensa 1**

#### 4.5.1.2 Metode Menggunakan Cahaya Dengan Desain Master Lensa 2

Pada proses metode menggunakan cahaya dengan desain master lensa 2 bertujuan untuk mengetahui apakah didapat titik fokus dan pembesaran yang diinginkan pada lensa yang dibuat menggunakan desain master lensa 2.



**Gambar 4-24 Pengujian Dengan Desain Master Lensa 2**



**Gambar 4-25 Bayangan Yang Dihasilkan Dengan Desain Master Lensa 2**

#### 4.5.2 Metode Pengukuran Menggunakan *Dial Indicator*

Tujuan dari metode ini adalah untuk melihat kelengkungan dari master lensa cembung yang sudah melewati proses *finishing*. Berikut langkah pengujian lensa cembung :

1. Siapkan peralatan dan bahan yang digunakan seperti master lensa yang akan diukur dan *dial indicator*

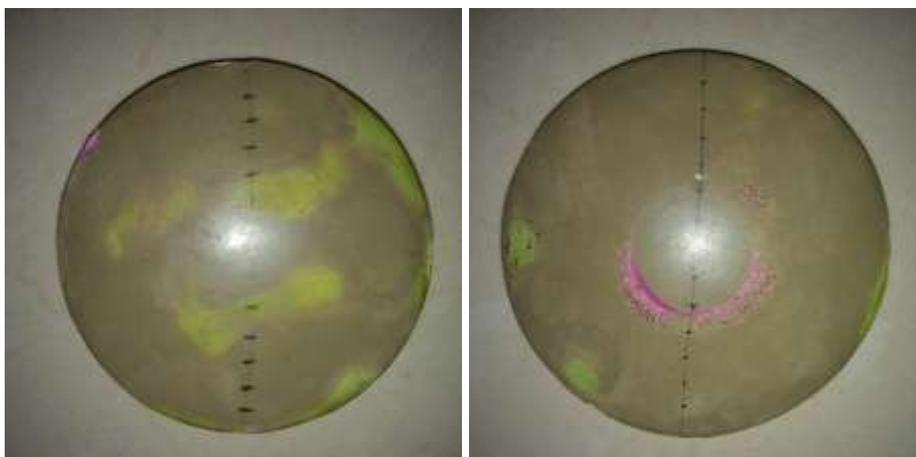
2. Sebelum dilakukan pengukuran, master lensa yang akan diukur pada permukaannya dibuat titik titik menggunakan pensil untuk letak-letak pengukuran oleh *dial indicator* yang akan dicatata hasilnya
3. Siapkan master lensa yang sudah melalui proses *finishing* dan akan diukur, letakkan pada meja datar dan usahakan master lensa tidak bergerak karena akan berpengaruh pada dial indicator



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-26 Desain Master Lensa 1 Yang Sudah Diberi Tanda Untuk Pengukuran**



Tampak Atas

Tampak Bawah

**Gambar 4-27 Desain Master Lensa 2 Yang Sudah Diberi Tanda Untuk Pengukuran**

4. Letakkan *dial indicator* di ujung master lensa lalu gerakkan dial indicator di setiap permukaan master lensa yang sudah diberi titik dan catat hasilnya

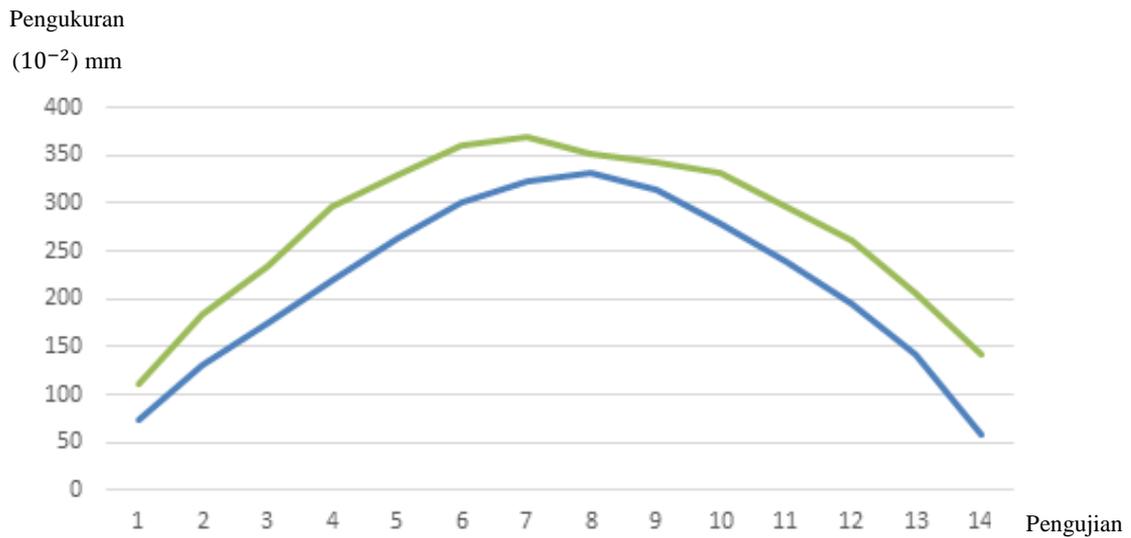


**Gambar 4-28 Proses Pengukuran Kelengkungan Master Lensa**

#### 4.5.2.1 Hasil Dari Metode Pengukuran Menggunakan Dial Indicator

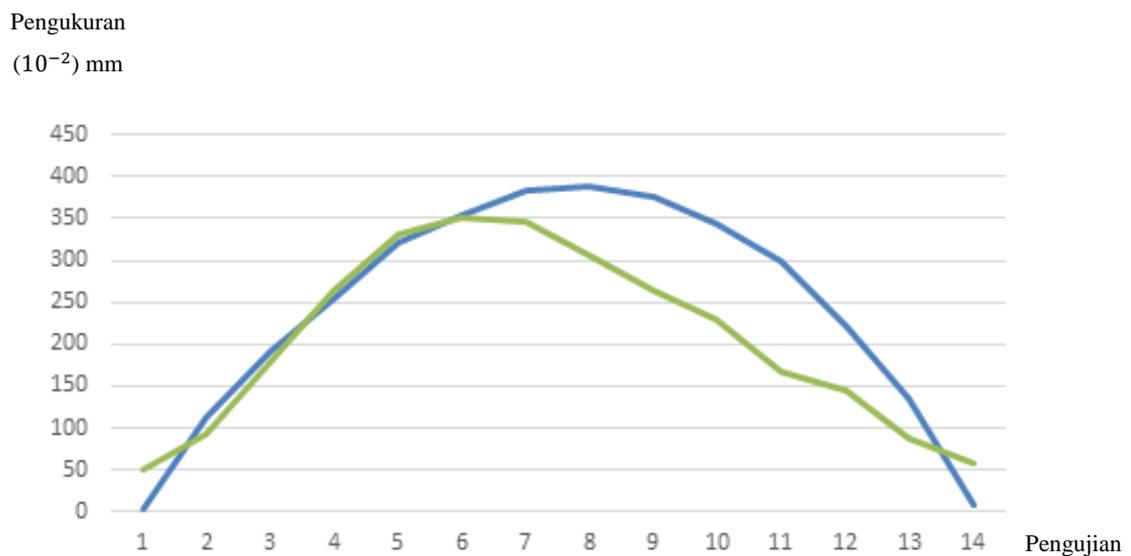
**Table 4-2 Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator**

No	Master Lensa	Posisi	Hasil ( $10^{-2}$ mm)													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Master Lensa Desain 1	Atas	73	132	175	220	263	300	324	332	315	279	239	194	142	57
2	Master Lensa Desain 1	Bawah	110	185	234	297	330	360	370	352	343	332	297	262	205	141
3	Master Lensa Desain 2	Atas	2	112	193	255	321	353	383	389	376	344	298	221	135	8
4	Master Lensa Desain 2	Bawah	50	93	180	265	331	350	347	307	265	230	167	145	88	58



**Gambar 4-29 Grafik Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator Master Lensa 1**

Untuk grafik diatas, warna biru menunjukkan pengukuran menggunakan dial indicator pada master lensa 1 posisi atas dan untuk warna hijau menunjukkan pengukuran menggunakan dial indicator pada master lensa 1 posisi bawah.



**Gambar 4-30 Grafik Hasil Pengukuran Menggunakan Dial Indicator Master Lensa 2**

Untuk grafik diatas, warna biru menunjukkan pengukuran menggunakan dial indicator pada master lensa 2 posisi atas dan untuk warna hijau menunjukkan pengukuran menggunakan dial indicator pada master lensa 2 posisi bawah.

## 4.6 Analisis dan Pembahasan

### 4.6.1 Analisis dan Pembahasan Hasil 3D Printing

Waktu proses *3d printing* untuk desain 1 jenis lensa cembung plan konveks posisi *horizontal* adalah 2 jam 30 menit baik yang tidak menggunakan *support* maupun menggunakan *support*. Karena kita memerlukan 2 lensa cembung plan konveks untuk membuat lensa cembung bikonveks maka total waktunya 5 jam.

Waktu proses *3d printing* untuk desain 1 jenis lensa cembung plan konveks posisi *vertical* dengan *support* adalah 3 jam 18 menit karena kita memerlukan 2 lensa cembung plan konveks untuk membuat lensa cembung bikonveks maka total waktunya 6 jam 36 menit. Sedangkan untuk lensa cembung plan konveks posisi *vertical* tanpa *support* yang dibuat menggunakan mesin *3d printing* tidak berhasil.

Waktu proses *3d printing* untuk desain 2 jenis lensa cembung bikonveks posisi *horizontal* tanpa *support* adalah 5 jam 40 menit. Sedangkan waktu proses *3d printing* untuk desain 2 jenis lensa cembung bikonveks posisi *horizontal* dengan *support* adalah 6 jam 24 menit.

Waktu proses *3d printing* untuk desain 2 jenis lensa cembung bikonveks posisi *vertical* tanpa *support* tidak berhasil karena produk pada saat melakukan proses *3d printing* dengan posisi *vertical* tanpa *support* pondasi tidak kuat sehingga produk terlepas dari meja kerja. Sedangkan waktu proses *3d printing* untuk desain 2 jenis lensa cembung bikonveks posisi *vertical* dengan *support* adalah 7 jam 25 menit.

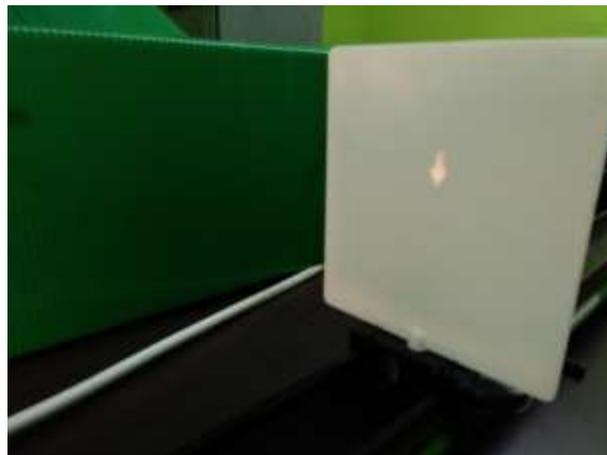
Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk waktu proses *3d printing* yang paling cepat adalah untuk proses pembuatan master lensa plan konves pada saat posisi *horizontal* dengan dan tanpa *support* yaitu selama 5 jam sedangkan untuk proses pembuatan master lensa bikonves adalah pada saat posisi *horizontal* tanpa *support* yaitu selama 5 jam 40 menit. Dan untuk hasil yang dianggap bagus untuk dijadikan master lensa adalah untuk desain 1 yang dipilih hasil dari *3D Printing* lensa cembung plan konveks posisi *horizontal* dan untuk desain 2 yang dipilih hasil *3d printing* lensa cembung bikonveks posisis *horizontal*.

#### **4.6.2 Analisis dan Pembahasan Hasil *Finishing***

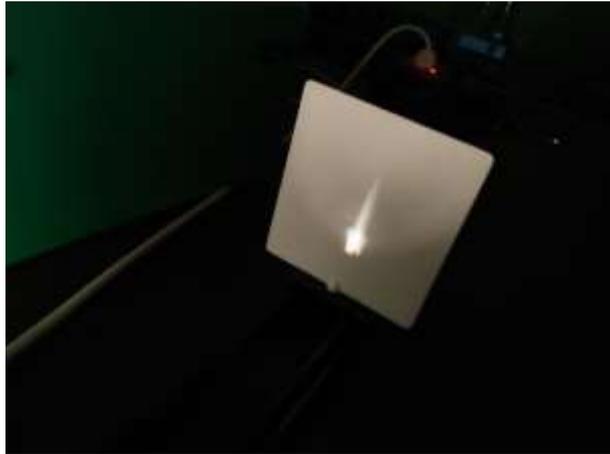
Proses *finishing* yang dikerjakan pada master lensa yang dibuat menggunakan mesin *3d printing* dianggap tidak berhasil karena untuk membuat suatu lensa harus memiliki bentuk dan ukuran yang pas atau bisa dibilang memiliki ketelitian yang tinggi sedangkan pada proses *finishing* yang dilakukan yaitu pendempulan dan pengamplasan master, proses ini dilakukan manual atau dilakukan oleh manusia sehingga produk yang dibuat tidak sebagus produk yang dibuat menggunakan mesin.

#### **4.6.3 Analisis dan Pembahasan Pengujian Metode Cahaya**

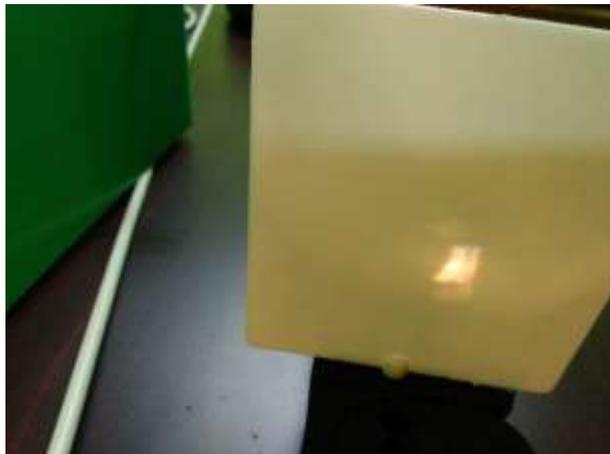
Pengujian menggunakan metode cahaya bertujuan untuk melihat apakah lensa cembung menghasilkan bayangan yang sesuai dengan sifat lensa tersebut yaitu nyata terbalik diperkecil dan metode ini dapat untuk melihat apakah lensa cembung dapat digunakan sebagai kaca pembesar atau tidak. Gambar 4-31 sampai Gambar 4-33 akan memberikan gambaran bayangan yang dihasilkan oleh lensa dan Gambar 4-34 sampai Gambar 4-36 akan memberikan gambaran pembesaran yang dihasilkan oleh lensa kaca dan lensa polimer yang dibuat menggunakan master dari mesin *3d printing*.



**Gambar 4-31 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Kaca**



**Gambar 4-32 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 1**



**Gambar 4-33 Bayangan Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 2**



**Gambar 4-34 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Kaca**



**Gambar 4-35 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 1**



**Gambar 4-36 Pembesaran Yang Dihasilkan Lensa Polimer Desain Master Lensa 2**

Hasil dari bayangan dan pembesaran yang dihasilkan lensa cembung dengan desain master lensa 1 dan 2 nampak bentuk bayangan yang tidak jelas dan juga pembesaran yang tidak sesuai jika dibandingkan dengan lensa kaca.

#### **4.6.4 Analisis dan Pembahasan Pengujian Metode Pengukuran Menggunakan Dial Indicator**

Dilihat dari grafik yang datanya didapat dari hasil pengukuran menggunakan dial indicator terlihat bahwa kedua master lensa yang dibuat tidak terbentuk dimensi lensa yang diinginkan hal ini disebabkan karena pada saat proses *3d printing* master yang sudah

didapat ukuran dan sudah di desain dengan baik ternyata tidak dapat dibuat secara bagus oleh mesin *3d printing* karen keterbatasan kemampuan oleh mesin *3d printing* tersebut.

Penyebab selanjutnya adalah karena pada saat master yang sudah dibuat menggunakan mesin *3d printing* masuk kedalam proses *finishing* yaitu pendempulan, dimensi dari master berubah karena proses pendempulan dan pengamplasan dilakukan manual oleh manusia sehingga menjadi sulit untuk membuat master lensa yang ukurannya sudah ditentukan dan memiliki ketelitian yang tinggi.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa :

1. Pembuatan master lensa menggunakan bantuan mesin *3d printing* dianggap belum layak karena tidak mendapatkan hasil yang diinginkan. Hasil yang diinginkan adalah master lensa yang halus, tidak cacat atau rusak pada bagiannya, dan memiliki kelengkungan yang bagus. Master lensa yang dibuat menggunakan mesin *3d printing* tidak layak sebab untuk mesin *3d printing* yang digunakan belum mampu untuk membuat suatu produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi dan produk yang dihasilkan tidak rapat dan halus.
2. Lensa yang dibuat dengan bantuan mesin *3d printing* dianggap tidak berhasil karena titik fokus dan pembesaran tidak sesuai dengan apa yang diinginkan hal ini terlihat pada saat lensa polimer diuji dengan metode menggunakan bantuan cahaya.
3. Kendala yang dihadapi adalah pada saat master lensa masuk kedalam proses *finishing*. Master lensa yang sudah melewati proses *finishing* permukaan kelengkungannya tidak berbentuk melengkung sempurna akibatnya produk yang dihasilkan dari master lensa tersebut tidak memiliki dimensi yang diinginkan pembuat.

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

Berikut ini adalah saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Sebelum melakukan proses *3d printing* pastikan meja kerja dari mesin *3d printing* yang digunakan sebagai tempat proses *printing* sudah datar dengan cara menggunakan waterpass.
2. Perlu ditemukan cara untuk *finishing* produk *3d printing* yang tepat agar dimensi yang diinginkan tidak berubah terutama pada saat membuat produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Argana, S. (2013). Pengecatan Bodi Kendaraan, 200.
- Atophysics. (2008). Bab optika geometris, 1–30.
- Avérous, L. (2008). Polylactic Acid : Synthesis , Properties and Applications. *Synthesis*, 2006–2008. <https://doi.org/10.1055/s-2005-861867>
- Dassault. (2009). Introducing SolidWorks, 1–126. <https://doi.org/10.1093/imrn/rnp103>
- Efan, A. (2011). Polimer.
- Hardani, D. A., Hidayat, N., & Dewi, I. A. (2016). Ekstraksi Minyak Melati ( Jasminum sambac ) ( Kajian Jenis Pelarut dan Lama Ekstraksi ) Extraction of Jasmine ( Jasminum sambac ) Oils ( Study of Solvent Type and Extraction Time ), 4(2).
- Harvianto Pramanta, D., & Sulistijono. (2012). Pengaruh Komposisi Phenolic Epoxy Terhadap Karakteristik Coating Pada Aplikasi Pipa Overhead Debutanizer, 1(1), 1–6.
- Kuswanto. (2011). FISIKA: OPTIKA GEOMETRI. Retrieved January 24, 2018, FISIKA OPTIKA GEOMETRI.htm
- Maressa. (2017). 13 Manfaat Lensa Cembung Untuk Kehidupan Sehari Hari - Manfaat.co.id. Retrieved January 26, 2018, from <https://manfaat.co.id/manfaat-lensa-cembung>
- Master Teacher. (2016). Pengertian Lensa Cembung, Macam-macam dan Bagian-bagian serta Sinar Istimewa pada Lensa Cembung. Retrieved January 18, 2018, from <http://www.guruipa.com/2016/03/pengertian-lensa-cembung-macam-macam-dan-bagian-bagian-serta-sinar-istimewa-pada-lensa-cembung.html#>
- Nasiri, S. J. A. (2009). HMTKTT FTI UII: Mengenal Polylactic Acid (PLA). Retrieved November 13, 2017, from <http://chemitex.blogspot.co.id/2009/04/mengenal-polylactic-acid-pla.html>
- Sudrajattulloh, D. (2013). Material Pembentuk dan Proses Pembuatan Kacamata. Retrieved from [http://www.academia.edu/5242099/Material\\_Pembentuk\\_dan\\_Proses\\_Pembuatan\\_Kacamata](http://www.academia.edu/5242099/Material_Pembentuk_dan_Proses_Pembuatan_Kacamata)

Tyagi, G. (2018). 3D Printing Technology Introduction to 3D Printing 3D printing.

Ultimaker. (2015). Cura User Manual, 28–31.

## LAMPIRAN

1. Gambar Lensa Dengan Desain Master Lensa 1



2. Gambar Lensa Dengan Desain Master Lensa 2

