

# Rev\_Habib Maulana Hasyim\_3331200034\_TA.pdf

*by* Habib Maulana Hasyim

---

**Submission date:** 29-Jul-2024 11:26AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2422548001

**File name:** Rev\_Habib\_Maulana\_Hasyim\_3331200034\_TA.pdf (4.18M)

**Word count:** 11069

**Character count:** 67650

**IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *PRINTER* 3 DIMENSI UNTUK  
MEMBUAT PROTOTIPE MAKANAN BERBENTUK *COOKIES***

**1**  
**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1  
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh

**HABIB MAULANA HASYIM**

**3331200034**

**1**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**CILEGON - BANTEN**

**2024**

**IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *PRINTER* 3 DIMENSI UNTUK  
MEMBUAT PROTOTIPE MAKANAN BERBENTUK *COOKIES***

**1**  
**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1  
pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



**Disusun oleh**

**HABIB MAULANA HASYIM**

**3331200034**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN**

**2024**

## TUGAS AKHIR

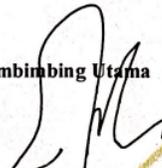
### Implementasi Teknologi Printer 3 Dimensi untuk Membuat Prototipe Makanan Berbentuk Cookies

Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Habib Maulana Hasyim  
3331200034

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 03 Juli 2024

Pembimbing Utama

  
Dr. Erwin, ST., MT.  
NIP.197310062009121001

Anggota Dewan Penguji

  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng  
NIP.198305102012121006

  
Prof. Dr. Heny Herawati, STP., M.T.  
NIP.197803032001122001

  
Yusvardi Yusuf, S.T., M.T.  
NIP.197910302003121001

  
Dr. Erwin, ST., MT.  
NIP.197310062009121001

  
Prof. Dr. Heny Herawati, STP., M.T.  
NIP.197803032001122001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



Tanggal, 24 Juli 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng  
NIP.198305102012121006

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**Skripsi**

**IMPLEMENTASI TEKNOLOGI *PRINTER* 3 DIMENSI  
UNTUK MEMBUAT PROTOTIPE MAKANAN  
BERBENTUK *COOKIES***

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

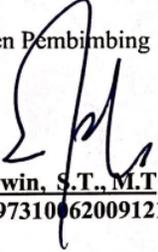
**Habib Maulana Hasyim**

**3331200034**

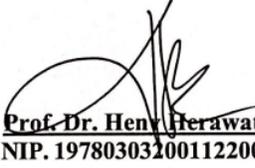
Telah disetujui oleh dosen pembimbing skripsi

Pada tanggal 23 Juli 2024

Dosen Pembimbing 1,

  
**Dr. Erwin, S.T., M.T.**  
NIP. 197310062009121001

Dosen Pembimbing 2,

  
**Prof. Dr. Heny Herawati, STP, MT.**  
NIP. 197803032001122001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 23 Juli 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

  
  
**Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng.**  
NIP. 19830510201212006

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Habib Maulana Hasyim

NPM : 3331200034

Judul : Implementasi Teknologi *Printer* 3 Dimensi untuk Membuat Prototipe

Makanan Berbentuk *Cookies*

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 22 Juli 2024



**Habib Maulana Hasyim**

**NPM. 3331200034**

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah Swt. yang telah memberikan segala nikmat dan berkah sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Implementasi Teknologi *Printer* 3 Dimensi untuk Membuat Prototipe Makanan Berbentuk *Cookies*”. Penulis menyadari keberhasilan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah membantu, sehingga penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu mendoakan dan memberi motivasi untuk semangat dalam menjalankan perkuliahan hingga tujuan yang diinginkan tercapai.
2. Bapak Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng. selaku Kepala Jurusan yang selalu memberikan motivasi serta semangat untuk menyelesaikan perkuliahan.
3. Bapak Prof. Dr.Eng Ir. Hendra, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan nasihat kepada penulis dalam perkuliahan.
4. Bapak Dr. Erwin S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing penulis dan memberi banyak pembelajaran untuk dapat mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
5. Ibu Prof. Dr. Heny Herawati, S.T.P., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan masukan serta arahan terkait pelaksanaan tugas akhir ini.
6. *Renewable Energy and Design Laboratory* (RED Lab) dan Laboratorium Agroindustri dan Biomedika LPTIAB (LPTIAB-BPPT) yang telah menerima dan membantu penulis untuk melakukan penelitian.
7. Beberapa pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu namun tidak mengurangi besarnya rasa terima kasih penulis.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan baik secara teknis penulisan maupun materi. Maka dari itu, kritik ataupun saran sangat penulis harapkan demi supaya bisa lebih baik lagi untuk kedepannya.

Cilegon, 05 April 2024



Habib Maulana Hasyim

3331200034

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui implementasi *printer* 3 dimensi sebagai alat untuk mencetak makanan berbentuk *cookies*. Material *printing* untuk mencetak makanan yaitu adonan kue. Bahan utama untuk membuat adonan kue sebagai material *printing* adalah tepung mocaf. Tepung mocaf merupakan tepung bebas gluten yang memiliki tekstur mirip seperti tanah liat ketika dibuat menjadi adonan. Kemudian, terdapat bahan tambahan yang sebagai bahan campuran pada adonan yaitu tepung glukomanan yang divariasikan 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf). Semakin banyak penambahan tepung glukomanan maka semakin banyak juga penambahan air mineral ke dalam komposisi material *printing*. Komposisi air dalam satuan gram untuk variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4% secara berturut-turut yaitu 77%, 82.67%, 94.61% dan 125% (*per mass flour*). Berdasarkan analisis visual hasil *printing*, produk paling baik dihasilkan pada variasi 2%. Variasi 2% menghasilkan produk yang cukup baik, selisih dimensi produk *cookies* hasil cetak dengan dimensi dari hanya 0.34 mm pada *bar cookies* dan 0.10 mm pada *cylinder cookies*. Setelah dilakukan baking, terdapat kenaikan dimensi tinggi yang signifikan pada variasi 1%, 2% dan 4% baik pada *cookies* berbentuk balok maupun silinder. Untuk *cookies* berbentuk balok, nilai *baking loss* pada variasi 0% sebesar 33.33%. Nilai *baking loss* pada variasi tepung glukomanan 1% sebesar 37.50%. Pada variasi tepung glukomanan 2% dan 4% memiliki nilai *baking loss* yang sama yaitu sebesar 54.55%. Pada *cookies* berbentuk silinder, variasi tepung glukomanan 0% nilai *baking loss* sebesar 24%. Nilai *baking loss* pada variasi tepung glukomanan 1% sebesar 33.33%. Pada variasi tepung glukomanan 2% dan 4% memiliki nilai *baking loss* yang sama yaitu sebesar 42.86%.

**Kata kunci:** *baking loss*, *cookies*, mocaf, glukomanan, *printer* 3 dimensi.

## **ABSTRACT**

*This study was conducted to determine the implementation of a 3-dimensional printer as a tool for printing food in the form of cookies. The printing material for printing food is cookie dough. The main ingredient to make cookie dough as printing material is mocaf flour. Mocaf flour is a gluten-free flour that has a texture similar to clay when made into dough. Then, there are additional ingredients as a mixture in the dough, namely glucomannan flour which is varied at 0%, 1%, 2% and 4% (per 200 grams of mocaf flour). The more glucomannan flour is added, the more mineral water is added to the printing material composition. The composition of water in grams for glucomannan flour variations of 0%, 1%, 2% and 4% is 77%, 82.67%, 94.61% and 125% (per mass flour), respectively. Based on visual analysis of the printing results, the best product was produced in the 2% variation. The 2% variation produced a fairly good product, the difference between the dimensions of the printed cookies and the dimensions of the cookies was only 0.34 mm in bar cookies and 0.10 mm in cylinder cookies. After baking, there was a significant increase in height dimension in the 1%, 2% and 4% variations in both bar and cylinder cookies. For block-shaped cookies, the baking loss value in the 0% variation was 33.33%. The baking loss value in the 1% glucomannan flour variation was 37.50%. The 2% and 4% glucomannan flour variations had the same baking loss value of 54.55%. In cylindrical cookies, the 0% glucomannan flour variation had a baking loss value of 24%. The baking loss value in the 1% glucomannan flour variation was 33.33%. The 2% and 4% glucomannan flour variations had the same baking loss value which was 42.86%.*

**Keywords:** *baking loss, cookies, mocaf, glucomannan, 3-dimensional printer.*

# 1 DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>State of The Art</i> .....	5
2.2 <i>Printer 3 Dimensi</i> .....	6
2.3 Jenis-jenis <i>Printer 3 Dimensi</i> .....	9
2.4 Pembuatan Makanan dengan <i>Printer 3 Dimensi</i> .....	10
2.5 Tepung Mocaf .....	11
2.6 Tepung Glukomanan .....	11
2.7 <i>Cookies</i> .....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	14
3.2 Tempat Pelaksanaan dan Waktu Penelitian .....	15
3.3 Alat dan Bahan .....	16

3.4 Parameter <i>Printing</i> .....	21
3.5 Desain Produk <i>Cookies</i> .....	22
3.6 Konsep Pengambilan Data .....	23
3.7 Proses pembuatan <i>Printing Material</i> .....	25
3.8 Prosedur Penelitian.....	26
<b>BAB IV DATA DAN ANALISIS</b>	
4.1 Desain Prototipe <i>Cookies</i> .....	28
4.2 Komposisi Material <i>Printing</i> .....	29
4.3 Analisis Hasil Pengamatan Visual.....	31
4.3.1 Hasil Pengamatan Visual <i>Cookies</i> Berbentuk Balok .....	32
4.3.2 Hasil Pengamatan Visual <i>Cookies</i> Berbentuk Silinder .....	35
4.4 Analisis Hasil Pengukuran Dimensi dan Massa .....	37
4.4.1 Analisis Dimensi dan Massa <i>Cookies</i> Berbentuk Balok .....	37
4.4.2 Analisis Dimensi dan Massa <i>Cookies</i> Berbentuk Silinder .....	41
4.5 <i>Baking Loss</i> pada <i>Cookies</i> Hasil <i>Printing</i> .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> <i>Axis Printer 3 Dimensi</i> .....	7
<b>Gambar 2.2</b> <i>Print Bed</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b> <i>Stepped Motor</i> .....	8
<b>Gambar 2.4</b> <i>Nozzle</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Dampak Parameter <i>Printing</i> .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Tepung Glukomanan .....	13
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	15
<b>Gambar 3.2</b> <i>Printer 3 Dimensi Tronxy Moore 1</i> .....	16
<b>Gambar 3.3</b> Tepung Mocaf .....	17
<b>Gambar 3.4</b> Tepung Glukomanan .....	7
<b>Gambar 3.5</b> Mentega .....	18
<b>Gambar 3.6</b> Telur .....	18
<b>Gambar 3.7</b> Air Mineral .....	18
<b>Gambar 3.8</b> Sarung Tangan Plastik .....	19
<b>Gambar 3.9</b> <i>Baking Paper</i> .....	19
<b>Gambar 3.10</b> Wadah .....	19
<b>Gambar 3.11</b> <i>Vaseline Food Grade</i> .....	20
<b>Gambar 3.12</b> Jangka Sorong .....	20
<b>Gambar 3.13</b> Timbangan <i>Digital</i> .....	20
<b>Gambar 3.14</b> Oven .....	21
<b>Gambar 3.15</b> <i>Software 3D Printing</i> .....	21
<b>Gambar 3.16</b> <i>Parameter Settings</i> .....	22
<b>Gambar 3.17</b> Desain Produk <i>Cookies</i> Berbentuk Balok ( <i>Solidworks</i> ) .....	22
<b>Gambar 3.18</b> Desain Produk <i>Cookies</i> Berbentuk Silinder ( <i>Solidworks</i> ) .....	23
<b>Gambar 3.19</b> Desain Produk <i>Cookies</i> Berbentuk Balok ( <i>Ultimaker Cura</i> ) .....	23
<b>Gambar 3.20</b> Desain Produk <i>Cookies</i> Berbentuk Silinder ( <i>Ultimaker Cura</i> ) .....	23
<b>Gambar 3.21</b> <i>International Dysphagia Diet Standardisation Initiative</i> .....	25
<b>Gambar 3.22</b> <i>Spoon Methode IDDSI</i> .....	26

<b>Gambar 3.23</b> Skema Pengujian .....	27
<b>Gambar 4.1</b> Desain <i>Bar Cookies</i> (2 Dimensi) .....	28
<b>Gambar 4.2</b> Desain <i>Cylinder Cookies</i> (2 Dimensi) .....	28
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Komposisi Air terhadap Tepung Glukomanan.....	30
<b>Gambar 4.4</b> Pengujian Adonan berdasarkan Standar IDDSI .....	31
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Perbandingan Dimensi Panjang <i>Bar Cookies</i> .....	38
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Perbandingan Dimensi Lebar <i>Bar Cookies</i> .....	39
<b>Gambar 4.7</b> Grafik Perbandingan Dimensi Tinggi <i>Bar Cookies</i> .....	40
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Perbandingan Diameter <i>Cylinder Cookies</i> .....	42
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Perbandingan Dimensi Tinggi <i>Cylinder Cookies</i> .....	43
<b>Gambar 4.10</b> Grafik <i>Baking Loss</i> pada <i>Bar Cookies</i> .....	45
<b>Gambar 4.11</b> Grafik <i>Baking Loss</i> pada <i>Cylinder Cookies</i> .....	46

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>State of The Art</i> .....	5
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan Penelitian .....	15
<b>Tabel 3.2</b> Perencanaan Tabel Data Pengamatan Visual .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Perencanaan Tabel Data Dimensi.....	24
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi Adonan untuk Material <i>Printing</i> .....	29
<b>Tabel 4.2</b> Data Pengamatan Visual <i>Bar Cookies</i> (Hasil <i>Printing</i> ) .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Data Pengamatan Visual <i>Bar Cookies</i> (Sesudah <i>Baking</i> ) .....	33
<b>Tabel 4.4</b> Data Pengamatan Visual <i>Cylinder Cookies</i> (Hasil <i>Printing</i> ) .....	35
<b>Tabel 4.5</b> Data Pengamatan Visual <i>Cylinder Cookies</i> (Sesudah <i>Baking</i> ) .....	36
<b>Tabel 4.6</b> Data Pengukuran Dimensi dan Massa <i>Bar Cookies</i> .....	38
<b>Tabel 4.7</b> Data Pengukuran Dimensi dan Massa <i>Cylinder Cookies</i> .....	41
<b>Tabel 4.8</b> <i>Baking Loss</i> pada <i>Bar Cookies</i> .....	45
<b>Tabel 4.9</b> <i>Baking Loss</i> pada <i>Cylinder Cookies</i> .....	45

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Umbi-umbian merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku pangan. Salah satu jenis tanaman umbi yang memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku makanan yaitu umbi porang. Umbi porang ini memiliki manfaat ketika dijadikan menjadi bahan baku makanan yang umumnya berupa tepung. Kandungan Glukomanan yang terdapat dalam umbi porang ini menjadikan umbi ini bermanfaat dalam industri pangan (Naufali & Putri, 2023). Kandungan glukomanan ini menjadi keunggulan pada produk makanan dikarenakan memiliki manfaat untuk kesehatan, salah satunya yaitu mampu menurunkan kadar kolesterol total (Nugraheni et al., 2014). Tepung Glukomanan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan adonan makanan, yang kemudian adonan tersebut dijadikan produk akhir berupa *cookies*. Berbeda dengan tepung terigu, pada tepung glukomanan ini merupakan tepung bebas gluten (*gluten free*). Gluten merupakan protein yang hadir dalam semua biji-bijian yang memiliki karakter tidak larut dalam air serta elastisitas (Wicaksani, 2023). Berdasarkan (Preichardt & Gularte, 2013) beberapa orang mengalami reaksi terhadap gluten, hal memicu intoleransi atau alergi makanan atau disebut juga penyakit celiac yang menyebabkan peradangan luka usus, diare dan rasa tidak nyaman pada perut. Tepung glukomanan yang merupakan bebas gluten (*gluten free*) mampu dijadikan bahan baku alternatif dalam pembuatan makanan.

Pemanfaatan teknologi modern pada industri pangan dapat sangat membantu seiring dengan banyaknya kebutuhan dan permintaan. Proses pembuatan produk salah satu aspek yang penting dalam industri pangan, hal ini berkaitan dengan efisiensi waktu, tenaga serta bentuk produk akhir yang akan dihasilkan. Inovasi penerapan teknologi pada industri makanan perlu dilakukan untuk menunjang proses produksi, sehingga dapat memudahkan pekerjaan dengan berkurangnya tenaga manusia yang digunakan serta mampu membuat

produk makanan dengan bentuk yang lebih rumit dan dimensi yang lebih presisi. Penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan teknologi *printer* 3 dimensi sebagai alat untuk memproduksi makanan berbentuk *cookies* dengan bahan baku glukomanan dari tepung umbi porang. Bentuk dari *cookies* ini akan digambar melalui aplikasi *Solidworks* yang kemudian hasil *drawing* tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi *Ultimaker Cura* untuk mengatur parameter sebelum akhirnya dilakukan *printing* hingga menjadi makanan dengan bentuk yang diinginkan.

Parameter *print* menjadi aspek penting dan berdampak pada produk akhir hasil *printing* menggunakan *printer* 3 dimensi. Parameter ini meliputi *nozzle size*, *print speed*, *layer height* dan lain-lain. Selain itu, viskositas adonan makanan juga menjadi variabel yang perlu diperhatikan. Tekstur adonan dapat diukur atau diklasifikasikan dengan menggunakan metode *spoon and fork* berdasarkan standar *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI) untuk menentukan level tekstur adonan (Huang, 2018). Kemudian setelah makanan berhasil dibuat menggunakan *printer* 3 dimensi, dilakukan pengamatan secara visual dari produk hasil akhir. Selain itu, produk *cookies* hasil *printing* ini dilakukan pengukuran dimensi kemudian dibandingkan dengan dimensi *drawing*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini didasari dari melihat adanya potensi teknologi *printer* 3 dimensi digunakan sebagai alat untuk mencetak *cookies*. Secara konvensional, *cookies* dibuat secara manual menggunakan tangan, maka dari itu penelitian ini hadir untuk melakukan pengujian performa dari implementasi teknologi *printer* 3 dimensi untuk menghasilkan produk berbentuk *cookies* dengan *design model* yang dibuat menggunakan *software Computer Aided Design* (CAD). Penelitian ini juga hadir untuk pengembangan dalam bidang *Food Fabrication* dengan salah satu keuntungannya yaitu dapat mengurangi tenaga manusia dalam produksi makanan berbentuk *cookies*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan dilakukannya penelitian ini, berikut merupakan tujuan dari dilakukannya penelitian:

1. Mengetahui pengaruh variasi penambahan tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4% pada *printer* 3 dimensi terhadap komposisi material *printing*.
2. Menganalisis produk *cookies* hasil *printing* secara visual.
3. Membandingkan dimensi produk *cookies* hasil *printing* dengan desain yang dibuat pada *Solidworks*.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah, batasan masalah ini bertujuan agar penelitian yang dilakukan tidak keluar dari batasan-batasan tersebut. Adapun batasan masalah penelitian kali ini antara lain:

1. Penelitian ini difokuskan pada performa *printer* 3 dimensi dengan menganalisis produk secara visual dan membandingkan dimensi *drawing* dengan produk hasil *printer* 3 dimensi.
2. Menggunakan tepung mocaf dan tepung glukomanan dari umbi porang sebagai material *printing*.
3. Produk hasil *printer* 3 dimensi merupakan makanan berbentuk *cookies*.
4. Penelitian ini tidak menganalisis kandungan yang terdapat pada adonan tepung.
5. Penelitian ini tidak menganalisis rasa *cookies* hasil *printing*.
6. *Infill percentage* yang digunakan 50%.
7. *Print speed* yang digunakan 10 mm/s.
8. Nozzle yang digunakan berukuran 1.5 mm.
9. Variasi tepung glukomanan yang digunakan 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf)

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk bisa bermanfaat khususnya pada bidang industri makanan, berikut merupakan manfaat penelitian yang dilakukan:

1. Menjadi potensi pengembangan teknologi pada industri pembuatan makanan menggunakan *printer* 3 dimensi.
2. Mengimplementasikan teknologi *printer* 3 dimensi untuk pembuatan *cookies* dengan *model design* yang dibuat menggunakan *software* CAD.
3. Menjadi referensi untuk penelitian berikutnya apabila ingin melakukan penelitian terkait *food printing*.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *State of The Art*

Penelitian perlu memiliki dasar dan tinjauan dari penelitian sebelumnya, untuk itu diperlukan kajian literatur sebagai referensi sebelum melakukan penelitian. *State of The Art* dapat memperkuat landasan teoritis melalui tinjauan literatur terdahulu. Hal ini mencakup identifikasi teori, konsep, serta penelitian yang relevan pada topik tertentu. Selain itu, *State of The Art* bertujuan untuk meningkatkan pemahaman terhadap konteks penelitian yang akan dilakukan serta dapat membantu menentukan metode penelitian yang akan digunakan. Berikut merupakan tabel *State of The Art* untuk penelitian ini:

**Tabel 2.1** *State of The Art*

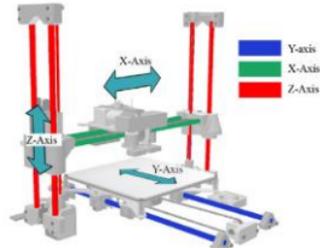
No	Judul Literatur (Penulis, Tahun)	Objek Penelitian	Hasil dan Pembahasan
1	3D food printing as a promising tool for food fabrication: 3D printing of chocolate (Sylvester et al., 2020)	Menganalisis Ketinggian nozzle optimal untuk mencetak cokelat dan menganalisis persentase infill (variasi 25%, 50% dan 100%)	<p>Hasil pada penelitian ini yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>mendapat Ketinggian nozzle optimal untuk mencetak cokelat adalah sama dengan diameter nozzle, yaitu 0,78 mm.</li> <li>Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase infill memengaruhi sifat tekstur cokelat cetak 3D</li> </ol>

2	<sup>2</sup> <i>Extrusion-based 3D Printing and Characterization of Edible Materials</i> (Huang, 2018)	Mengidentifikasi karakteristik tekstur <i>printing material</i> untuk formulasi yang sesuai pada 3D Printing berbasis ekstrusi (Bahan cetak: modifikasi pati jagung dan <i>xanthan gum</i> )	Pengukuran tekstur Pasta <i>xanthan gum</i> (XG) dan modifikasi pati (MS) mengikuti metode International Dysphagia Diet Standardization Initiative (IDDSI). pasta XG 5% memiliki daya rekat yang lebih rendah dibandingkan dengan pasta MS 15%, yang menunjukkan adanya residu yang minimal pada sendok. Kesimpulannya, karakteristik reologi atau tekstur material sangat penting dalam memastikan kemampuan material cetak tersebut untuk diekstrusi dan menghasilkan objek cetak yang dapat mempertahankan bentuknya.
---	--	--	--

## 2.2 Printer 3 Dimensi

*Printer 3 dimensi* merupakan mesin cetak yang digunakan untuk membuat objek 3 dimensi dengan menggunakan bantuan *software Computer Aided Drawing* (CAD) sebagai aplikasi penunjang untuk membuat desain produk. Konsep dasar printer 3 dimensi yaitu dengan menumpuk material secara berurutan, satu lapisan demi satu, hingga menjadi bentuk objek yang utuh (Torta & Torta, 2019). Kemampuan *printer 3 dimensi* untuk menciptakan objek yang kompleks dengan tingkat presisi yang tinggi, teknologi ini berpotensi diimplementasikan dalam berbagai bidang. *Printer 3D* umumnya memiliki 3 sumbu yang bergerak pada sumbu Cartesian X, Y, dan Z. Setiap perpindahan dalam arah X-Y-Z menggunakan motor stepper. Motor stepper yang sering digunakan memiliki sudut langkah sebesar 1,8 derajat, yang memungkinkan

untuk 200 langkah rotasi dalam satu putaran penuh 360 derajat (Derossi et al., 2019).



**Gambar 2.1** Axis Printer 3 Dimensi

(Sumber: Derossi et al., 2019)

Komponen-komponen pada mesin *printer* 3 dimensi perlu dirawat sehabis pemakaian karena sering residu material cetak masih tertinggal pada komponen mesin. Berikut adalah komponen-komponen *printer* 3 dimensi (Saputra, 2019):

a. *Print bed*

*Print bed* merupakan permukaan yang digunakan sebagai landasan pada saat proses cetak 3D. Selain itu *print bed* digunakan supaya benda yang sedang di cetak selama proses *printing* posisi dari produk tersebut tidak berubah sama sekali (Saputra, 2019)



**Gambar 2.2** Print Bed

(Sumber: all3dp.com)

b. *Extruder*

*Extruder* adalah komponen yang bertugas untuk mengalirkan filamen dari rol ke *nozzle*. *Extruder* ini dapat beroperasi karena perintah dari ECU

mesin. Saat *nozzle* sedang melakukan *printing*, ekstruder mengalirkan filamen secara terus menerus. Ketika mesin menggerakkan *nozzle* dari satu titik ke titik lain pada bagian yang tidak diberi aliran filamen, *extruder* menarik filamen untuk mencegah lelehan filamen mengalir keluar (Saputra, 2019).

c. *Motor Stepper*

*Motor stepper* merupakan salah satu komponen di *printer 3 dimensi*. Dibandingkan dengan motor lain, *Motor stepper* memiliki kerapatan yang sangat kecil, memungkinkannya untuk bergerak dengan presisi tinggi dalam rentang yang kecil. Kemampuan *motor stepper* dalam melakukan pergerakan dan rotasi dalam jarak yang terbatas menjadikannya pilihan yang ideal untuk digunakan dalam printer 3D. Dalam mesin cetak 3D, motor stepper memiliki beberapa peran penting, seperti menggerakkan bed untuk sumbu Y, menggerakkan *nozzle* untuk sumbu X, menggerakkan bed untuk sumbu Z, dan mengontrol *extruder* filamen. Meskipun memiliki fungsi yang berbeda, keempat *motor stepper* yang digunakan dalam mesin cetak 3D biasanya memiliki jenis yang sama (Saputra, 2019).



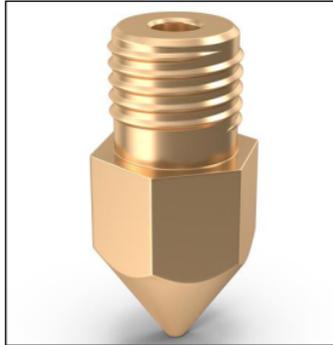
**Gambar 2.3** *Stepped Motor*

(Sumber: Horvath, n.d.)

d. *Nozzle*

*Nozzle* merupakan komponen utama pada *printer 3 dimensi*. Komponen ini berfungsi sebagai tempat keluarnya material cetak. *Nozzle* memiliki lubang kecil di ujungnya berfungsi untuk material keluar dan melakukan *printing*. Pada printer 3 dimensi plastik, *nozzle* berfungsi untuk melelehkan filamen

dan mengarahkannya agar membentuk lapisan sesuai dengan pola yang diinginkan (Saputra, 2019).



**Gambar 2.4** Nozzle

(Sumber: pixelsquid.com)

### 2.3 Jenis-jenis *Printer 3 Dimensi*

Printer 3 dimensi memiliki banyak jenis, jenis-jenis printer 3 dimensi ini memiliki perbedaan antara satu dengan yang lainnya. Berikut merupakan jenis-jenis printer 3 dimensi:

a. *Printer 3 Dimensi Material Extrusion*

Printer 3D ini menggunakan teknologi FFF (*Fused Filament Fabrication*) atau FDM (*Fused Deposition Modelling*). Material yang digunakan berupa gulungan yang disebut dengan filamen. Filamen ini kemudian dihubungkan dan diarahkan ke *nozzle head* yang dipanaskan, dan hasil lelehan dari ujung *nozzle* berjalan sesuai dengan *gcode* atau perintah operator. Proses ini terjadi berulang-ulang, dengan lelehan yang membeku dan membentuk lapisan demi lapisan, hingga pada akhirnya terbentuk objek produk 3 dimensi yang diinginkan (Saputra, 2019).

b. *Printer 3 Dimensi Material Jetting*

*Printer* jenis ini merupakan salah satu jenis teknologi dalam printer 3D yang menggunakan mesin material *jetting* atau DOD. Prinsip kerja *printer* ini melibatkan penggunaan tetesan material yang diarahkan oleh cahaya untuk mengeras menjadi produk akhir. Setiap gerakan melibatkan satu

*nozzle* dan dua sumber cahaya untuk mengeringkan tetesan cairan tersebut (Saputra, 2019).

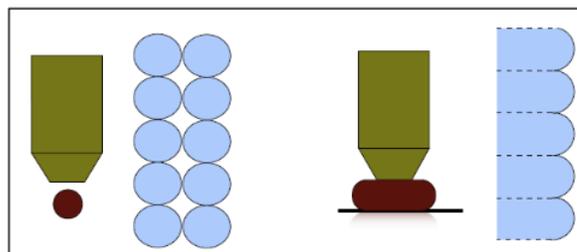
c. *Printer 3 Dimensi Binder Jetting*

Printer jenis ini serupa dengan printer inkjet dalam cara penggunaan *nozzle* untuk mengendalikan penurunan material ke area cetak. Teknik ini melibatkan penempatan bahan perekat ke atas lapisan bahan bubuk (seperti logam, kaca, atau keramik). Begitu bahan terikat, lapisan baru dapat dibangun di atas lapisan sebelumnya (Torta & Torta, 2019).

## 2.4 Pembuatan Makanan dengan *Printer 3 Dimensi*

Pembuatan makanan secara otomatis masih belum umum digunakan khususnya pada industri kecil, hal ini dikarenakan teknologi yang digunakan perlu penyesuaian supaya produk yang dihasilkan bisa optimal. Pembuatan makanan menggunakan *printer 3 dimensi* merupakan potensi yang perlu dikembangkan, pengembangan ini khususnya pada bahan makanan yang ingin dicetak. Bahan yang ingin dicetak ini perlu disesuaikan teksturnya supaya bisa optimal ketika dilakukan *printing*. Selain itu parameter alat juga harus disesuaikan hingga mendapatkan parameter yang paling cocok.

Salah satu parameter yang perlu dilakukan penyesuaian adalah *layer height*. *Layer height* atau tinggi lapisan memengaruhi bentuk hasil dari *food printing* karena *layer height* salah satu aspek penting yang menentukan filamen menempel dengan baik atau tidak. Gambar di bawah ini menjelaskan bagaimana penyesuaian *layer height* memberikan dampak pada produk hasil *printing*.



**Gambar 2.5** Dampak Parameter *Printing*

(Sumber: Derossi et al., 2019)

## 2.5 Tepung Mocaf

Tepung mocaf merupakan tepung yang terbuat dari singkong. Mocaf merupakan singkatan dari *modified cassava flour*. Tepung ini merupakan tepung singkong yang dimodifikasi dengan cara fermentasi menggunakan mikroorganisme (Ningrum & Saidi, 2023). Berbeda dengan tepung terigu, mocaf tidak mengandung gluten, mengandung serat terlarut (*soluble fiber*) yang lebih tinggi dari pada tepung terigu, dan memiliki tekstur halus. Tepung mocaf dapat dijadikan sebagai bahan pangan alternatif sehat karena potensinya sangat besar untuk menggantikan terigu dalam pembuatan berbagai produk makanan seperti kue kering ataupun roti (Nurriszka et al., 2023).

Karakteristik fisik kimia mocaf diantaranya yaitu, kadar pati 75.49%; kadar air 11.04%; protein 2.45%; HCN 0 ppm; kadar lemak 0.73%; dan kadar abu 1.95% (Amanu & Susanto, 2014). Meskipun mocaf memiliki kandungan protein yang rendah yaitu 1,2% dibandingkan dengan kandungan protein tepung terigu yaitu 8-13%, protein ini tetap berperan dalam struktur adonan dan tekstur akhir *cookies*. Dengan demikian, mocaf merupakan produk tepung dari singkong yang memiliki kadar pati lebih tinggi dibandingkan dengan tepung terigu yang berfungsi sebagai pengikat dan memberikan tekstur yang lembut pada *cookies* serta kadar air yang rendah sehingga menyebabkan lebih tahan terhadap pertumbuhan mikroba. Tepung mocaf memiliki beberapa kelebihan untuk kesehatan diantaranya kandungan serat dan kandungan kalsium yang tinggi, memiliki daya kembang yang baik serta memiliki daya cerna yang lebih cepat dibandingkan dengan tepung tapioka (Putri et al., 2015)

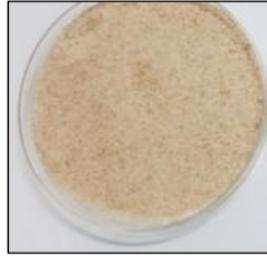
## 2.6 Tepung Glukomanan

Porang (*Amorphophallus oncophyllus Prain*) adalah sejenis tanaman umbi-umbian yang termasuk dalam keluarga Araceae (talas-talasan). Umbi porang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Umumnya glukomanan dijadikan tepung. Namun, umbi porang ini sulit diolah karena mengandung kalsium oksalat yang menyebabkan rasa gatal sehingga belum banyak masyarakat yang membudidayakan umbi porang (Sari & Suhartati, 2019). Karena hal tersebut, perlu keterampilan untuk mengolah glukomanan menjadi bahan pangan.

Umbi porang memiliki kandungan glukomanan. Glukomanan adalah serat makanan polisakarida yang larut dalam air dan non-ionik (netral). Tepung ini mengandung glukomanan yang merupakan polisakarida cadangan konjak yang telah digunakan dalam banyak produk makanan seperti mie dan spageti, sering digunakan sebagai bahan anti obesitas dan meningkatkan rasa kenyang. Glukomanan mampu meningkatkan sifat tekstur dan memiliki kapasitas pengikatan air yang tinggi sehingga memungkinkannya memerangkap lebih banyak air dalam jaringan pati (Halim et al., 2023).

Umbi porang memiliki senyawa glukomanan yang memiliki fungsi hampir sama dengan *sodium tripolyphosphat* (STPP) yaitu mampu mengikat air sampai 200 kali lipat massanya. Glukomanan juga memiliki kemampuan sebagai *gelling agent* yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada produk makanan. Kemampuan mengikat air tepung glukomanan lebih tinggi dibandingkan dengan tepung tapioka, hal ini mengakibatkan penggunaan tepung glukomanan akan lebih sedikit dari pada penggunaan tepung tapioka (Sood et al., 2008). Berdasarkan (Handayani et al., 2020), Glukomanan yang terkandung pada umbi porang sebesar 45-65%. Glukomanan merupakan suatu zat dalam bentuk gula kompleks dan serat. Tepung glukomanan juga merupakan tepung bebas gluten (*gluten free*), sejenis serat larut yang memiliki kapasitas penyerapan air yang sangat tinggi. Ini membuat tepung glukomanan mampu mengembang hingga beberapa kali lipat dari ukuran aslinya ketika dicampur dengan air. Gluten merupakan salah satu jenis protein biasa terdapat pada gandum. Gluten memiliki peptida yang dapat menurunkan kekebalan tubuh, sehingga berakibat gangguan pencernaan hingga diabetes (Rahmaris & Ratnaningsih, 2022).

Proses pengolahan umbi porang melalui tiga tahapan. Tahap awal yaitu persiapan bahan baku kemudian umbi porang dicuci dan dipotong hingga menjadi granula. Tahap selanjutnya adalah pemurnian glukomanan dan pengeringan hingga menghasilkan tepung glukomanan. Tahap terakhir adalah pembuatan konyaku. Proses pemurnian dilakukan dengan menambahkan aluminium sulfat untuk mengikat kotoran dan etanol 95% untuk mengendapkan glukomanan larut dalam air (Setyono et al., 2021).



**Gambar 2.6** Tepung Glukomanan  
(Sumber: Nurlela et al., 2020)

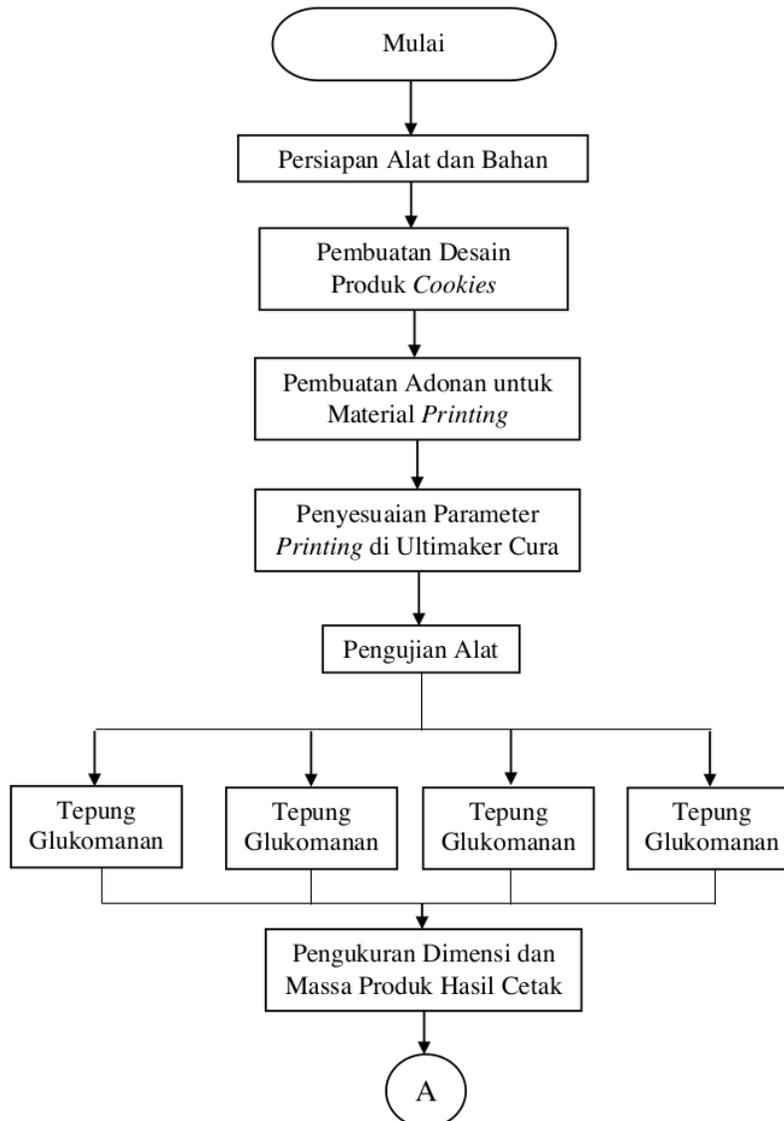
### **2.7 Cookies**

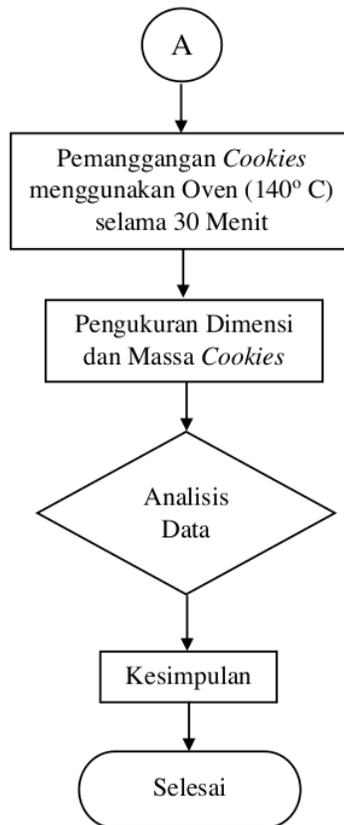
*Cookies* merupakan salah satu makanan kering yang berbahan dasar tepung umumnya terbuat dari tepung terigu. Pembuatan *cookies* yaitu dengan membuat adonan dari tepung dan campuran bahan lain untuk kemudian dibentuk dan dilakukan pemanggangan. Tepung terigu pada *cookies* dapat diganti dengan alternatif lain, yaitu tepung mocaf dan tepung glukomanan dari umbi porang sebagai bahan untuk membuat adonan. Selain tepung, dalam pembuatan *cookies* diperlukan mentega untuk memberikan tekstur kering dan kuning telur sebagai bahan pengikat. Selain itu, untuk memberi rasa pada *cookies* dapat ditambahkan gula dan susu bubuk (Wicaksani, 2023).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat untuk menggambarkan alur penelitian yang dilakukan.  
Berikut ini merupakan diagram alir penelitian:





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Tempat Pelaksanaan dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *Renewable Energy and Design Laboratory* (RED Lab) Universitas Sultan Ageng Tirtasaya. Berikut merupakan rencana waktu dan kegiatan penelitian:

**Tabel 3.1** Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan	Rencana Kegiatan Penelitian															
	Maret				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Penyusunan proposal																



## 2. Tepung Mocaf

Tepung mocaf merupakan bahan utama yang digunakan dalam pembuatan adonan sebagai material *printing*. Tepung mocaf terbuat dari singkong. Tepung ini memiliki tekstur yang mirip dengan *clay*. Tepung mocaf yang digunakan untuk setiap pembuatan material *printing* yaitu 200 gram.



**Gambar 3.3** Tepung Mocaf

## 3. Tepung Glukomanan

Tepung glukomanan merupakan bahan tambahan yang digunakan untuk membuat adonan. Tepung glukomanan terbuat dari tanaman umbi porang. Penambahan tepung glukomanan pada pembuatan material *printing* yaitu 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf)



**Gambar 3.4** Tepung Glukomanan

## 4. Mentega

Mentega menjadi bahan tambahan untuk membuat adonan (material *printing*). Mentega menambah aroma pada adonan *cookies*. Mentega yang dipakai sebanyak 10 gram untuk setiap pembuatan material *printing*.



**Gambar 3.5** Mentega

5. Telur

Telur merupakan bahan tambahan untuk membuat adonan. Telur dicampurkan dengan tepung glukomanan kemudian diaduk hingga keduanya menyatu. Diperlukan 44 gram telur untuk setiap 200 gram tepung mocaf.



**Gambar 3.6** Telur

6. Air mineral

Air mineral dituangkan secara bertahap ketika sedang membuat adonan sampai mendapatkan tekstur yang sesuai.



**Gambar 3.7** Air Mineral

### 7. Sarung Tangan Plastik

Sarung tangan dibutuhkan ketika sedang membuat material *printing* dan ketika memasukkan material ke dalam *barrel*. Sarung tangan berfungsi untuk menjaga adonan yang akan dicetak tidak terkontaminasi oleh tangan.



**Gambar 3.8** Sarung Tangan Plastik

### 8. *Baking Paper*

*Baking Paper* digunakan untuk melapisi *bed* sehingga produk hasil *printing* dalam dimasukkan ke dalam oven untuk dilakukan *baking*.



**Gambar 3.9** *Baking Paper*

### 9. Wadah

Wadah diperlukan pada penelitian kali ini untuk membuat dan menampung material *printing*.



**Gambar 3.10** Wadah

#### 10. *Vaseline Food Grade*

*Vaseline food grade* digunakan sebagai pelumas. *Screw* merupakan komponen *printer* 3 dimensi yang perlu diberi pelumas.



**Gambar 3.11** *Vaseline Food Grade*

#### 11. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi produk hasil cetak. Jangka sorong yang digunakan yaitu Mitutoyo dengan ketelitian 0.02 mm.



**Gambar 3.12** Jangka Sorong

#### 12. Timbangan *Digital*

Timbangan *digital* digunakan untuk mengukur komposisi dan produk hasil cetak. Timbangan yang digunakan yaitu timbangan digital SF-400 yang memiliki kapasitas maksimal 10 kg.



**Gambar 3.13** Timbangan *Digital*

### 13. Oven

Oven diperlukan sebagai tempat pemanggang *cookies* yang sudah selesai dicetak. *Cookies* dipanggang menggunakan oven dengan temperatur 140° selama 30 menit.



**Gambar 3.14** Oven

### 14. Software CAD dan Slicer

Software CAD digunakan untuk membuat desain *cookies*, software yang digunakan yaitu *Solidworks*. Sedangkan software slicer merupakan software yang digunakan untuk mengatur parameter *printing*, software slicer yang digunakan yaitu *Ultimake Cura*.

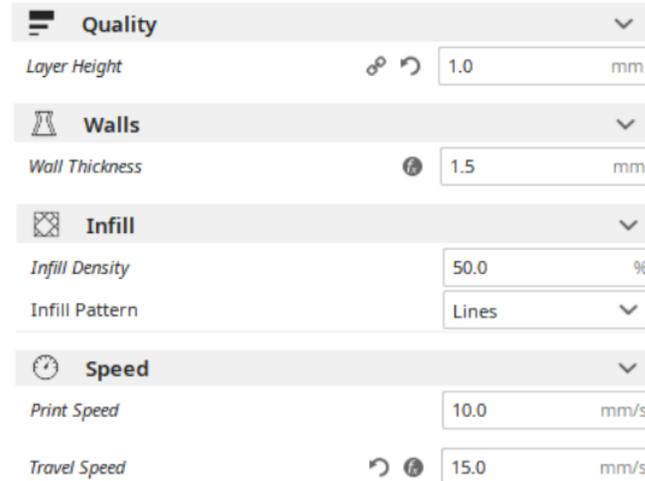


**Gambar 3.15** Software 3D Printing

### 3.4 Parameter Printing

Penyesuaian parameter diperlukan sebelum melakukan *printing*. Parameter ini dilakukan penyesuaian pada aplikasi Ultimaker Cura. Adapun beberapa penyesuaian yaitu sebagai berikut:

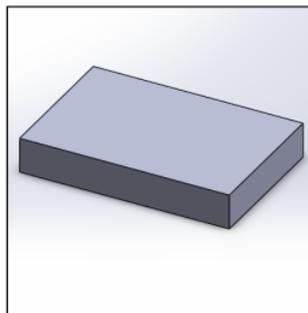
1. *Nozzle Size*: 1.5 mm
2. *Infill 50%*: *infill pattern* yang digunakan berbentuk *lines*
3. *Wall Thickness*: 1.5 mm (d disesuaikan dengan ukuran *nozzle* yang dipakai)
4. *Print Speed*: 10 mm/s
5. *Layer Height*: 1 mm



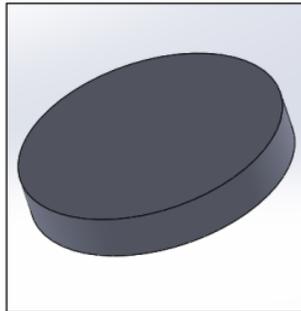
**Gambar 3.16** *Parameter Settings*

### 3.5 Desain Produk *Cookies*

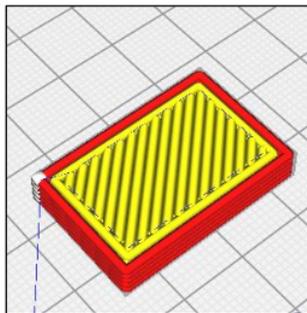
Proses desain produk menggunakan aplikasi *Solidworks* dan *Ultimaker Cura*. Aplikasi *Solidworks* digunakan untuk membuat model 3 dimensi produk *cookies* dengan format *file* .STL. Setelah melakukan desain model 3 dimensi, *file* tersebut dimasukkan ke dalam *Ultimaker Cura* untuk dilakukan penyesuaian parameter. Aplikasi *Ultimaker Cura* ini dapat menampilkan *preview* sebelum melakukan *printing*. Model 3D produk *cookies* dibuat menggunakan *circle* dan *line* kemudian dilakukan *extrude*. Terdapat 2 *design model* yang dibuat yaitu berbentuk balok dan silinder. Prototipe *cookies* berbentuk balok memiliki ukuran 30 mm × 20 mm × 5 mm. Prototipe *cookies* berbentuk silinder memiliki ukuran 30 mm × 5 mm



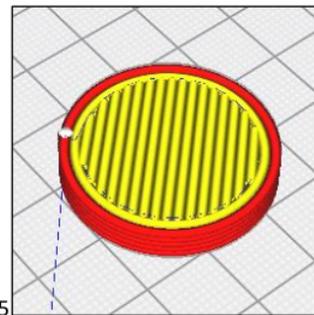
**Gambar 3.17** *Desain Produk Cookies Berbentuk Balok (Solidworks)*



**Gambar 3.18** Desain Produk *Cookies* Berbentuk Silinder (*Solidworks*)



**Gambar 3.19** Desain Produk *Cookies* Berbentuk Balok (*Ultimaker Cura*)



**Gambar 3.20** Desain Produk *Cookies* Berbentuk Silinder (*Ultimaker Cura*)

### 3.6 Konsep Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan cara menganalisis produk hasil *printing* secara visual dan mengukur dimensi produk hasil *printing* kemudian membandingkannya dengan desain yang dibuat menggunakan *solidworks*.

Produk *cookies* yang telah dicetak kemudian diamati dan difoto untuk dijadikan data yang akan dianalisis. Setelah dilakukan pengamatan secara visual kemudian dimensi produk diukur dan dicatat untuk dibandingkan dengan dimensi desain. Berikut merupakan tabel untuk menyajikan data-data yang telah diperoleh setelah melakukan pengujian:

**Tabel 3.2** Perencanaan Tabel Data Pengamatan Visual

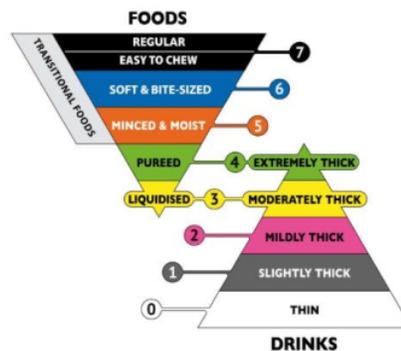
<i>Bar Cookies</i>				
Glukomanan	<i>Top View</i>	<i>Front View</i>	<i>Side View</i>	Nilai
0%	(Foto Tampak Atas)	(Foto Tampak Depan)	(Foto Tampak Samping)	
1%	(Foto Tampak Atas)	(Foto Tampak Depan)	(Foto Tampak Samping)	
2%	(Foto Tampak Atas)	(Foto Tampak Depan)	(Foto Tampak Samping)	
4%	(Foto Tampak Atas)	(Foto Tampak Depan)	(Foto Tampak Samping)	
Waktu Cetak	(menit)			

**Tabel 3.3** Perencanaan Tabel Data Dimensi dan Massa

<i>Bar Cookies</i>			
0%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	Hasil Printing	Sesudah Baking
Panjang (mm)	(dim)	(dim)	(dim)
Lebar (mm)	(dim)	(dim)	(dim)
Tinggi (mm)	(dim)	(dim)	(dim)
Massa (gram)	-	(gram)	(gram)

### 3.7 Proses Pembuatan *Printing Material*

*Printing material* dibuat menggunakan tepung glukomanan. Tepung glukomanan ini dijadikan adonan dengan mencampurkan air dan telur. Satu kilogram tepung glukomanan dan 2 kuning telur dicampur dengan air secara bertahap. Pembuatan adonan dilakukan dengan menggunakan tangan. Adonan yang dibuat harus mencapai tekstur dan kekentalan yang sesuai. Hal ini diperlukan untuk mendapat hasil produk yang baik. Standar yang digunakan untuk menentukan tekstur adonan yaitu Standar *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI). Berdasarkan (Huang, 2018) tekstur makanan pada level 4 (*puréed/extremely thick*) merupakan tekstur yang cocok untuk menjadi material *printing* karena merupakan kategori makanan yang dapat dibentuk.



**Gambar 3.21** *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative*  
(Sumber: iddsi.org)

Standar tersebut menjelaskan tekstur makanan dan membuatnya dalam 7 kategori atau level. Tekstur makanan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu level 4. Pada Standar *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI) ini juga dijelaskan metode untuk mengetahui level tekstur makanan. Metode untuk mengetahui level tekstur disebut metode sendok. Pengujian dengan metode sendok yaitu makanan diambil menggunakan sendok kemudian sendok tersebut dimiringkan. Tekstur makanan level 4 mampu mempertahankan bentuknya ketika sendok dimiringkan dan ketika makan tersebut jatuh masih meninggalkan sedikit sisa makanan pada sendok.



**Gambar 3.22** *Spoon Methode* IDDSI

(Sumber: iddsi.org)

### 3.8 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan supaya penelitian dapat berjalan dengan baik. Berikut ini merupakan prosedur penelitian dari tahap persiapan hingga tahap pengujian:

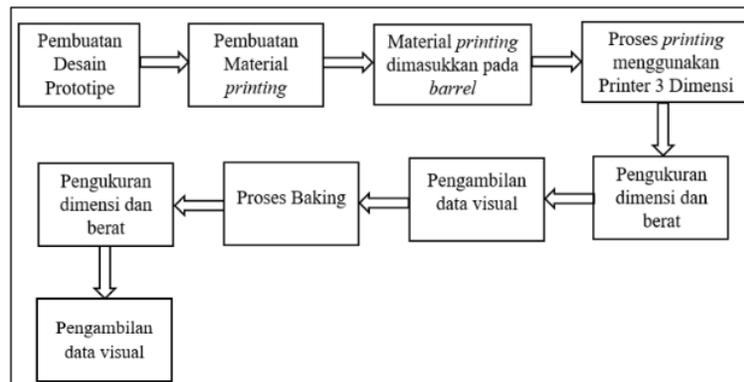
#### A. Tahap Persiapan

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian
2. Membuat desain pada aplikasi *solidworks* dan menyimpan file dalam format *.STL*.
3. Memasukkan desain dengan format *file .STL* ke dalam aplikasi *Ultimaker Cura* untuk mengatur parameter *printing* kemudian masukan file tersebut ke dalam *flashdisk*.
4. Membuat adonan dari tepung glukomanan, air mineral dan telur untuk dijadikan material *printing*.

#### B. Tahap Pengujian

1. Memasukkan adonan ke dalam *barrel* kemudian memasang barel pada *screw extrusion* dan *print head*.
2. Mengaktifkan *printer* 3 dimensi Tronxy Moore 1 dengan menekan tombol *power*.
3. Memasukkan desain pada *printer* 3 dimensi Tronxy Moore 1 dengan *flashdisk*.
4. Melakukan ekstrusi pada material *printing* dengan cara pilih menu "*tool*" pada layar, kemudian masuk ke menu "*material*". Selanjutnya tekan "*E1+*" pada *feeding device mode* agar material dapat masuk ke dalam *print head* melalui selang.
5. Menekan tombol stop apabila material telah mencapai *print head*.

6. Melakukan *printing* dengan masuk ke menu “print” kemudian pilih *file drawing*.
7. Mengulang tahapan dari poin 1 hingga poin 6 untuk variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4% sampai 3 kali pengulangan pada masing-masing variabel tepung glukomanan dan masing-masing bentuk *cookies* (balok dan silinder)
8. Mematikan *printer* dengan menekan tombol *power*
9. Melakukan analisis data secara visual dan dimensi dari *cookies* yang telah dicetak.
10. Memasukkan *cookies* yang telah selesai dicetak ke dalam oven, lakukan *baking* dengan temperatur 135° selama 30 menit.
11. Melakukan analisis data secara visual dan dimensi dari *cookies* yang telah dipanggang menggunakan oven.
12. Mencuci komponen *printer* mulai dari *barrel*, *screw extrusion*, *print head* dan *nozzle*.



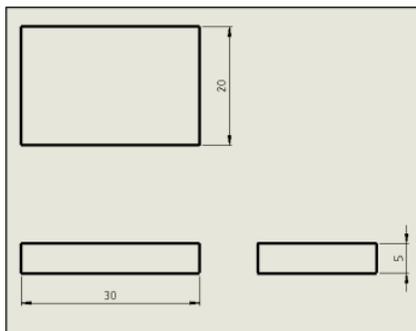
**Gambar 3.23** Skema Pengujian

## BAB IV

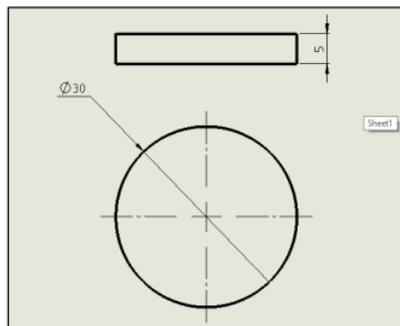
### DATA DAN ANALISIS

#### 4.1 Desain Prototipe Cookies

Desain prototipe cookies dibuat menggunakan *software Solidworks*. Desain ini yang akan dimasukkan ke dalam *printer* 3 dimensi untuk dicetak. Masing-masing bentuk akan dilakukan pencetakan menggunakan *printer* 3 dimensi dengan variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4%. Terdapat dua variasi bentuk yang dibuat yaitu berbentuk balok (*bar*) dan silinder (*cylinder*). Desain yang telah dibuat akan dijadikan sebagai acuan untuk hasil produk hasil cetak. Desain cookies berbentuk balok (*bar cookies*) memiliki dimensi panjang 30 mm  $\times$  lebar 20 mm  $\times$  tinggi 5 mm. Untuk desain cookies berbentuk silinder (*cylinder cookies*) memiliki diameter 30 mm  $\times$  tinggi 5 mm.



**Gambar 4.1** Desain Bar Cookies (2 Dimensi)



**Gambar 4.2** Desain Cylinder Cookies (2 Dimensi)

#### 4.2 Komposisi Material *Printing*

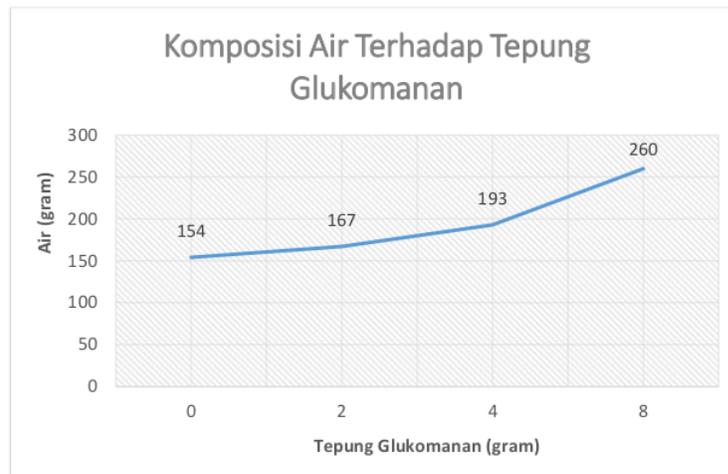
Material *printing* yang digunakan merupakan adonan berbahan dasar tepung. Tepung yang digunakan yaitu tepung mocaf dan tepung glukomanan. Tepung mocaf sebagai bahan dasar dalam pembuatan adonan. Sedangkan tepung glukomanan digunakan sebagai bahan tambahan untuk membuat adonan sebagai *material printing*. Pemilihan tepung mocaf untuk dijadikan sebagai bahan utama dalam pembuatan material *printing* yaitu karena tepung ini memiliki tekstur yang lembut mirip seperti *white clay* (tanah liat putih) sehingga mampu diekstrusi dengan baik menggunakan *printer* 3 dimensi. Selain tepung mocaf, material *printing* dibuat menggunakan campuran tepung glukomanan. Tepung glukomanan pada material *printing* berfungsi untuk bahan tambah yang memiliki kemampuan sebagai *gelling agent* sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengikat. Tepung glukomanan yang digunakan dalam pembuatan adonan yaitu 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf). Terdapat bahan tambahan lainnya yaitu air dan mentega. Berikut merupakan komposisi adonan untuk dijadikan material *printing*:

**Tabel 4.1** Komposisi Adonan untuk Material *Printing*

Tepung Mocaf (gram)	Persentase Tepung Glukomanan (per massa tepung mocaf)	Tepung Glukomanan (gram)	Air Mineral (%)	Air Mineral (gram)	Telur (gram)	Mentega (gram)
200	0%	0	77%	154	44	10
200	1%	2	82.67%	167	44	10
200	2%	4	94.61%	193	44	10
200	4%	8	125%	260	44	10

Tabel 4.1 menampilkan data komposisi adonan untuk masing-masing variasi tepung glukomanan. Tepung mocaf yang digunakan sebanyak 200 gram sebagai bahan utama pembuatan adonan. Variasi dilakukan pada penambahan tepung glukomanan yaitu 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf). Penambahan tepung glukomanan ini mengakibatkan tekstur adonan menjadi lebih keras dibandingkan dengan adonan tanpa tepung glukomanan. Tekstur yang terlalu keras tidak dapat dilakukan ekstrusi pada *printer* 3 dimensi, maka dari itu perlu dilakukan penyesuaian komposisi air pada setiap penambahan

tepung glukomanan. Apabila adonan (*material printing*) terlalu cair, hasilnya akan memengaruhi hasil cetak. Adonan (*material printing*) yang terlalu cair tidak mampu mempertahankan bentuknya sebagai filamen ketika proses *printing* yang menyebabkan hasil cetaknya akan melebar. Maka dari itu komposisi adonan perlu disesuaikan supaya dapat optimal dalam menghasilkan produk *cookies*. Untuk bahan tambahan lain yang digunakan yaitu telur dan mentega. Telur yang digunakan sama pada setiap variasi yaitu 44 gram. Mentega yang digunakan juga sama pada setiap variasi yaitu 10 gram.



**Gambar 4.3** Grafik Komposisi Air terhadap Tepung Glukomanan

Grafik pada gambar 4.3 merupakan diagram garis yang menunjukkan kenaikan komposisi air terhadap variasi tepung glukomanan. Mulai dari variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% hingga 4% mengalami kenaikan. Komposisi air dalam satuan gram untuk variasi 0%, 1%, 2% dan 4% secara berturut-turut yaitu 154 gram, 167 gram, 193 gram dan 260 gram. Penambahan air dalam adonan diperlukan karena penambahan tepung glukomanan mengubah tekstur adonan menjadi lebih keras dan kering, hal ini karena sifat tepung glukomanan yang mampu mengikat dan menyerap air dengan baik. Kemampuan mengikat air pada tepung glukomanan sangatlah tinggi, hal ini membuat tekstur adonan menjadi sangat berubah walaupun hanya dengan sedikit penambahan tepung glukomanan.

Standar yang digunakan untuk mengetahui tekstur makanan yaitu Standar *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI). Berdasarkan standar IDDSI, tekstur makanan pada level 4 (*puréed/extremely thick*) merupakan kategori makanan yang dapat dibentuk. Penentuan level dilakukan dengan pengujian menggunakan sendok. Makanan yang akan diuji diambil menggunakan sendok kemudian sendok tersebut dimiringkan. Dapat dikatakan level 4 apabila beberapa bagian dari makanan tersebut jatuh dari sendok serta terdapat sisa makanan pada bagian sendok. Pengujian ini dilakukan pada adonan yang akan dijadikan material *printing* sebelum material *printing* dimasukkan ke dalam *barrel printer* 3 dimensi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui level tekstur adonan telah sesuai dengan standar *International Dysphagia Diet Standardisation Initiative* (IDDSI) yaitu level 4 (*puréed/extremely thick*).



**Gambar 4.4** Pengujian Adonan berdasarkan Standar IDDSI

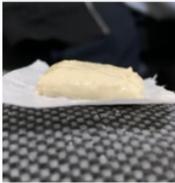
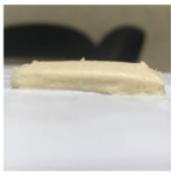
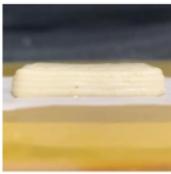
#### **4.3 Analisis Hasil Pengamatan Visual**

Produk hasil cetak dilakukan pengamatan secara visual. Setelah dilakukan *printing*, kemudian dilakukan analisis visual dengan melakukan dokumentasi dalam bentuk foto tampak atas, tampak depan dan tampak samping. Setelah itu dimasukkan ke dalam tabel data hasil pengamatan visual. Data hasil pengamatan visual berbentuk foto yang diambil dalam berbagai sisi. Foto ini disajikan dalam bentuk tabel yang kemudian dianalisis. Analisis dilakukan pada produk hasil cetak dengan variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4%. Pengambilan data dilakukan setelah dicetak (sebelum *baking*) dan setelah dilakukan proses *baking*.

#### 4.3.1 Hasil Pengamatan Visual *Cookies* Berbentuk Balok

Analisis data hasil visual dilakukan dengan membandingkan dan diberikan penilaian. Penilaian dilakukan dengan menggunakan angka 1 sampai 4. Angka 1 menandakan nilai visual yang paling buruk sedangkan angka 4 merupakan nilai visual yang paling baik. Parameter penilaian yaitu bentuk dari hasil cetak berdasarkan bentuk desain.

**Tabel 4.2** Data Pengamatan Visual *Bar Cookies* (Hasil *Printing*)

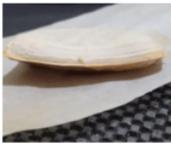
<i>Bar Cookies</i> (Hasil <i>Printing</i> )				
Glukomanan	<i>Top View</i>	<i>Front View</i>	<i>Side View</i>	Nilai
0%				1
1%				2
2%				4
4%				3
waktu cetak	7 menit			

Tabel 4.2 menyajikan data visual yang didokumentasikan dalam bentuk foto dari berbagai sisi. Pada variasi tepung glukomanan 0%, produk yang dihasilkan merupakan yang paling buruk secara analisis visual. Hal ini dikarenakan adonan tanpa tepung glukomanan memiliki tekstur yang lebih cair dibandingkan dengan yang menggunakan tepung glukomanan. Kemudian untuk variasi tepung glukomanan 1%, terlihat produk yang dihasilkan lebih baik dibandingkan variasi 0%. Selanjutnya, dapat dilihat pada tabel visual bahwa variasi tepung glukomanan 2% dan 4% menghasilkan produk yang serupa. Perbedaan dari keduanya tidak terlalu terlihat, hanya ada perbedaan kecil yaitu variasi tepung glukomanan 4% terlihat pada “*side view*” membentuk sisi balok yang melengkung yang mana ini tidak lebih baik dibandingkan 2%. Penilaian akhir dari hasil pengamatan visual *bar cookies* sebelum dilakukan proses *baking* menghasilkan kesimpulan bahwa variasi tepung glukomanan 2% merupakan yang paling baik.

Proses baking dilakukan setelah produk selesai dicetak. Proses baking dilakukan dengan temperatur 135° selama 30 menit. Setelah dilakukan *baking*, dilakukan pengambilan data dalam bentuk foto untuk dilakukan analisis visual. Penilaian yang digunakan menggunakan angka 1 sampai 4. Angka 1 untuk menandakan data visual yang paling buruk dan angka 4 menandakan data visual yang paling baik.

**Tabel 4.3** Data Pengamatan Visual *Bar Cookies* (Sesudah *Baking*)

<i>Bar Cookies</i> (Sesudah <i>Baking</i> )				
Glukomanan	<i>Top View</i>	<i>Front View</i>	<i>Side View</i>	Nilai
0%				2

1%				4
2%				3
4%				1

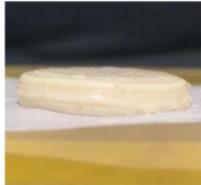
Tabel 4.3 menampilkan data visual produk dari setiap variasi, dapat dilihat pada tabel bahwa produk dari setiap variasi mengalami penyusutan pada sisi samping, namun pada bagian atas *cookies* terlihat mengembang. Hal ini dikarenakan ketika proses *baking*, kadar air dalam *cookies* mengalami penguapan ke atas akibatnya terjadi pengembangan pada bagian atas *cookies*. Secara visual produk *bar cookies* paling baik setelah dilakukan proses *baking* yaitu pada variasi 1%. Pada 0% terdapat cacat bentuk retakan pada bagian atas *cookies*. Pada variasi 2% sisi samping *cookies* terlihat melengkung sedangkan pada 4% terdapat cacat bentuk, hal ini disebabkan oleh *baking* paper yang menyusut ketika diberi temperatur tinggi yang kemudian memengaruhi bentuk *cookies*.

#### 4.3.2 Hasil Pengamatan Visual *Cookies* Berbentuk Silinder

Analisis data hasil visual dilakukan dengan membandingkan dan diberikan penilaian. Penilaian dilakukan dengan menggunakan angka 1

sampai 4. Nilai paling rendah pada analisis visual yaitu diberi angka 1. Sedangkan angka 4 merupakan nilai untuk visual yang paling baik. Parameter penilaian yaitu bentuk dari hasil cetak.

**Tabel 4.4** Data Pengamatan Visual *Cylinder Cookies* (Hasil *Printing*)

<i>Cylinder Cookies</i> (Hasil <i>Printing</i> )			
Glukomanan	<i>Top View</i>	<i>Side View</i>	Nilai
0%			1
1%			2
2%			4
4%			3
waktu cetak	8 menit		

Data hasil visual untuk *cookies* berbentuk silinder menunjukkan kesamaan pada *cookies* berbentuk balok. Variasi tepung glukomanan 0% mendapat penilaian paling buruk dan variasi tepung glukomanan 2%

mendapat nilai paling baik. Penyebabnya sama dengan pencetakan *cylinder cookies*, yaitu pada variasi tepung glukomanan 0% memiliki tekstur yang cair sehingga tidak optimal ketika dijadikan material *printing*. Tepung glukomanan memiliki sifat mampu dengan baik menyerap kadar air. Hal ini sangat berdampak pada tekstur adonan. Sedangkan, variasi tepung glukomanan 2% dan 4% merupakan material *printing* dengan komposisi paling optimal untuk dijadikan material *printing* berdasarkan analisis visual.

**Tabel 4.5** Data Pengamatan Visual *Cylinder Cookies* (Sesudah *Baking*)

<i>Cylinder Cookies</i> (Sesudah <i>Baking</i> )			
Glukomanan	<i>Top View</i>	<i>Side View</i>	Nilai
0%			1
1%			3
2%			4
4%			2

Tabel 4.5 menampilkan data visual produk *cylinder cookies* dari setiap variasi. Tabel tersebut memuat data visual yang didokumentasikan dalam bentuk foto setelah dilakukannya proses *baking*. Produk dari setiap variasi mengalami penyesutan pada sisi samping, namun pada bagian atas *cookies* terlihat mengembang. Penyebab mengembangnya *cylinder cookies* sama dengan yang terjadi pada *bar cookies* yaitu disebabkan oleh proses *baking*, kadar air dalam *cookies* mengalami penguapan ke atas akibatnya terjadi pengembangan pada bagian atas *cookies*. Variasi tepung glukomanan 0% mendapatkan nilai paling buruk berdasarkan analisis visual. Produk *cylinder cookies* paling baik secara visual setelah dilakukan proses *baking* yaitu pada variasi 2%.

#### **4.4 Analisis Hasil Pengukuran Dimensi dan Massa**

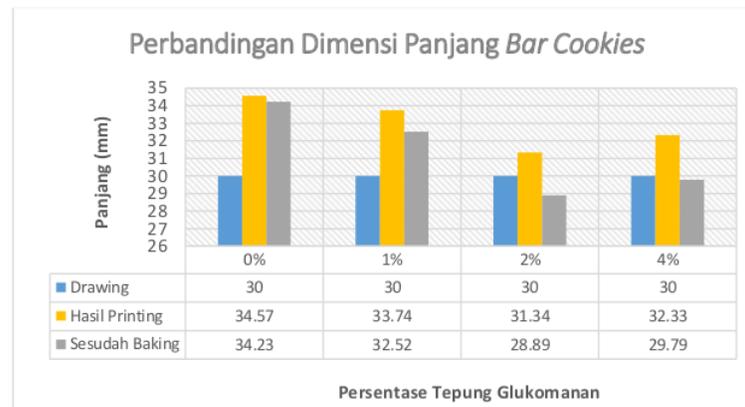
Pengukuran dimensi dan massa dilakukan pada *cookies* berbentuk balok dan silinder untuk setiap variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4%. Pengukuran dimensi dan massa dilakukan setelah *cookies* dicetak menggunakan *printer* 3 dimensi dan setelah selesai dilakukan *baking* menggunakan oven. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0.02 mm. Kemudian, pengukuran massa dilakukan menggunakan timbangan *digital*. Dimensi *cookies* hasil *printing* (sebelum *baking*) dan setelah *baking* diukur menggunakan jangka sorong untuk dibandingkan dengan dimensi desain (*drawing*).

##### **4.4.1 Analisis Dimensi dan Massa Cookies Berbentuk Balok**

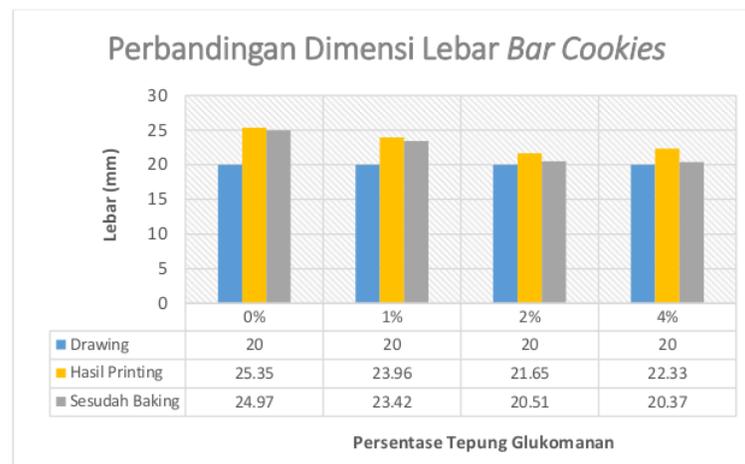
Pengukuran dimensi pada *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) dilakukan pada panjang, lebar dan tinggi *cookies* hasil cetak. Selain pengukuran dimensi, *cookies* hasil *printing* juga dilakukan pengukuran massa. Pencetakan *cookies* berbentuk balok ini dilakukan 3 kali untuk masing-masing variasi tepung glukomanan. Data yang didapat dari 3 kali iterasi ini kemudian dihitung dan dicatat sebagai nilai rata-rata. Nilai dimensi dan massa rata-rata ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk dibandingkan dengan dimensi desain (*drawing*).

**Tabel 4.6** Data Pengukuran Dimensi dan Massa *Bar Cookies*

<i>Bar Cookies</i>			
0%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	34.57	34.23
Lebar (mm)	20	25.35	24.97
Tinggi (mm)	5	6.01	7.29
Massa (gram)	-	6	4
1%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	33.74	32.52
Lebar (mm)	20	23.96	23.42
Tinggi (mm)	5	5.77	8.33
Massa (gram)	-	5.33	3.33
2%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	31.34	28.89
Lebar (mm)	20	21.65	20.51
Tinggi (mm)	5	5.34	10.09
Massa (gram)	-	3.67	1.67
4%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	32.33	29.79
Lebar (mm)	20	22.33	20.37
Tinggi (mm)	5	5.18	10.25
Massa (gram)	-	3.67	1.67

**Gambar 4.5** Grafik Perbandingan Dimensi Panjang *Bar Cookies*

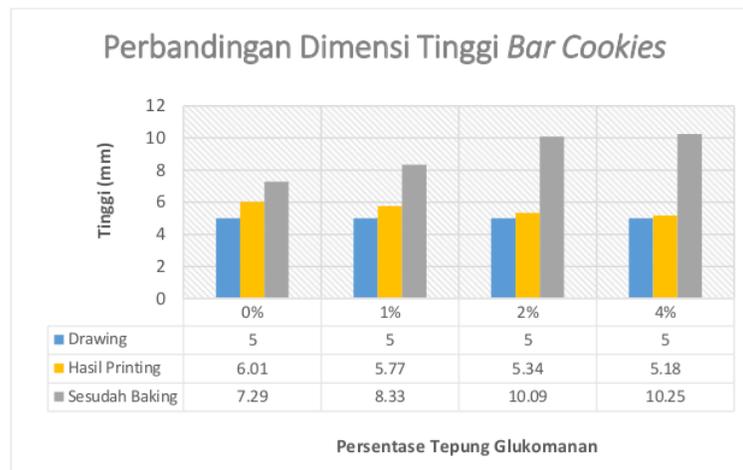
Grafik pada gambar 4.5 menampilkan perbedaan dimensi panjang *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) pada desain (*drawing*), hasil *printing* dan sesudah *baking*. Dimensi *drawing* sebagai acuan untuk dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa selisih paling besar terhadap dimensi *drawing* yaitu pada variasi 0%. Dimensi panjang hasil *printing* (sebelum *baking*) yang paling sedikit selisihnya dengan dimensi *drawing* adalah variasi tepung glukomanan 2% yaitu 1.34 mm. Sedangkan untuk dimensi sesudah *baking* yang memiliki selisih paling sedikit dengan dimensi *drawing* yaitu variasi tepung glukomanan 4% yaitu 0.21 mm.



**Gambar 4.6** Grafik Perbandingan Dimensi Lebar *Bar Cookies*

Grafik pada gambar 4.6 menampilkan perbandingan dimensi lebar *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) pada desain (*drawing*), hasil *printing* dan sesudah *baking*. Dimensi *drawing* sebagai acuan untuk dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa selisih paling besar terhadap dimensi *drawing* yaitu pada variasi 0%. Dimensi panjang hasil *printing* (sebelum *baking*) yang paling sedikit selisihnya dengan dimensi *drawing* adalah variasi tepung glukomanan 2% yaitu 1.65 mm. Sedangkan untuk dimensi sesudah *baking* yang memiliki selisih paling sedikit dengan dimensi *drawing* yaitu variasi

tepung glukomanan 4% yaitu 0.37 mm. Data dimensi lebar ini memiliki kesamaan pada dimensi panjang, dengan selisih dimensi paling sedikit atau paling mendekati dengan *drawing* yaitu pada variasi tepung glukomanan 2% dan 4%. Penyusutan dimensi sesudah dilakukan *baking* terjadi karena proses *baking* menyebabkan kadar air pada *cookies* berkurang.



**Gambar 4.7** Grafik Perbandingan Dimensi Tinggi *Bar Cookies*

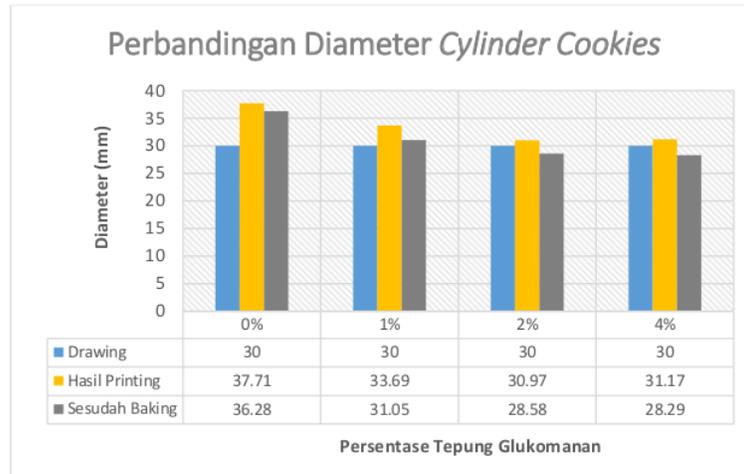
Grafik pada gambar 4.7 menampilkan perbandingan dimensi tinggi *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) pada desain (*drawing*), hasil *printing* dan sesudah *baking*. Dimensi *drawing* sebagai acuan untuk dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking*. Grafik tersebut menunjukkan selisih dimensi hasil *printing* (sebelum *baking*) paling besar terhadap dimensi *drawing* yaitu pada variasi 0%. Sedangkan untuk selisih paling sedikit antara dimensi hasil *printing* dengan dimensi *drawing* adalah pada variasi 4% yaitu selisih 0.18 mm. Ketika setelah melalui proses *baking*, terjadi kenaikan dimensi tinggi yang cukup signifikan pada variasi 2% dan 4%. Selisih dimensi sesudah *baking* dengan *drawing* pada variasi 4% sebesar 5.25 mm. Kenaikan dimensi ini disebabkan oleh *cookies* yang mengembang ke bagian atas pada saat proses *baking* sehingga terjadi kenaikan dimensi tinggi *cookies* setelah proses *baking*.

#### 4.4.2 Analisis Dimensi dan Massa Cookies Berbentuk Silinder

Pengukuran dimensi pada *cookies* berbentuk silinder (*cylinder cookies*) dilakukan pada diameter dan tinggi *cookies* hasil cetak. Sama seperti *bar cookies*, produk *cookies* berbentuk silinder (*cylinder cookies*) hasil *printing* juga dilakukan pengukuran massa menggunakan timbangan *digital*. Pencetakan *cookies* berbentuk silinder ini dilakukan 3 kali untuk masing-masing variasi tepung glukomanan. Data yang didapat dari 3 kali iterasi ini kemudian dihitung dan dicatat sebagai nilai rata-rata. Data dimensi yang diambil yaitu produk hasil *printing* (sebelum *baking*) dan sesudah *baking*. Nilai dimensi dan massa rata-rata ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk kemudian dibandingkan dengan dimensi desain (*drawing*).

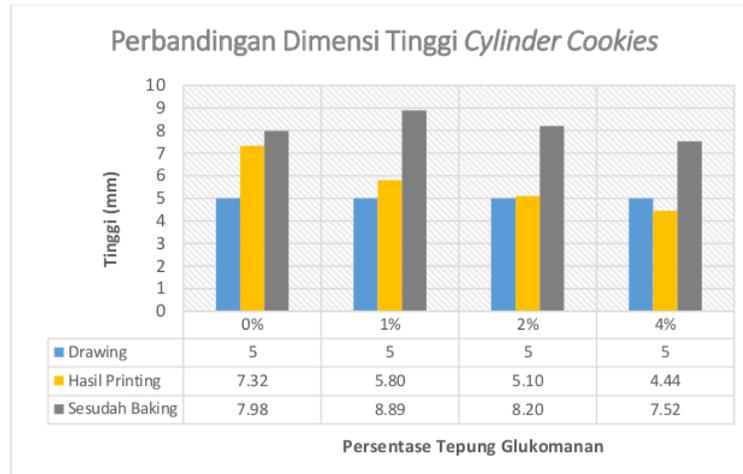
**Tabel 4.7** Data Pengukuran Dimensi dan Massa *Cylinder Cookies*

Cylinder Cookies			
0%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	Hasil <i>Printing</i>	Sesudah <i>Baking</i>
Diameter (mm)	30	37.71	36.28
Tinggi (mm)	5	7.32	7.98
Massa (gram)	-	8.33	6.33
1%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	Hasil <i>Printing</i>	Sesudah <i>Baking</i>
Diameter (mm)	30	33.69	31.05
Tinggi (mm)	5	5.80	8.89
Massa (gram)	-	6	4
2%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	Hasil <i>Printing</i>	Sesudah <i>Baking</i>
Diameter (mm)	30	30.97	28.58
Tinggi (mm)	5	5.10	8.20
Massa (gram)	-	4.67	2.67
4%			
<i>Measurement</i>	<i>Drawing</i>	Hasil <i>Printing</i>	Sesudah <i>Baking</i>
Diameter (mm)	30	31.17	28.29
Tinggi (mm)	5	4.44	7.52
Massa (gram)	-	4.67	2.67



**Gambar 4.8** Grafik Perbandingan Diameter *Cylinder Cookies*

Grafik pada gambar 4.8 menampilkan perbandingan dimensi diameter *cookies* berbentuk silinder (*cylinder cookies*) pada desain (*drawing*), hasil *printing* dan sesudah *baking* yang diukur menggunakan jangka sorong. Dimensi *drawing* sebagai acuan untuk dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking*. Diameter pada desain (*drawing*) yaitu 30 mm. Grafik tersebut menunjukkan bahwa selisih paling besar dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking* terhadap dimensi *drawing* yaitu pada variasi 0%. Diameter hasil *printing* (sebelum *baking*) yang paling sedikit selisihnya dengan dimensi *drawing* adalah variasi tepung glukomanan 2% yaitu 0.97 mm. Sedangkan untuk dimensi sesudah *baking* yang memiliki selisih paling sedikit dengan dimensi *drawing* yaitu variasi tepung glukomanan 4% yaitu 2.29 mm. Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat adanya penyusutan dimensi dari hasil *printing* (sebelum *baking*) dengan sesudah *baking*. Penyusutan dimensi pada dimensi sesudah *baking* terjadi karena proses *baking* yang membuat kadar air pada *cookies* berkurang sehingga terjadi penyusutan dimensi dari sebelum *baking* dengan setelah dilakukannya proses *baking*.



**Gambar 4.9** Grafik Perbandingan Dimensi Tinggi *Cylinder Cookies*

Grafik pada gambar 4.9 menampilkan perbedaan dimensi tinggi *cookies* berbentuk silinder (*cylinder cookies*) pada desain (*drawing*), hasil *printing* dan sesudah *baking*. Dimensi *drawing* sebagai acuan untuk dimensi hasil *printing* dan sesudah *baking*. Dimensi tinggi *cookies* berdasarkan dari desain yang dibuat yaitu 5 mm. Grafik tersebut menunjukkan selisih dimensi hasil *printing* (sebelum *baking*) paling besar terhadap dimensi *drawing* yaitu pada variasi 0% . Sedangkan untuk selisih paling sedikit antara dimensi hasil *printing* (sebelum *baking*) dengan dimensi *drawing* adalah pada variasi 2% yaitu selisih 0.2 mm. Ketika setelah melalui proses *baking*, terjadi kenaikan dimensi tinggi yang cukup signifikan pada variasi 1%, 2% dan 4%. Hal ini menyebabkan selisih paling kecil antara dimensi sesudah *baking* dengan *drawing* terjadi pada variasi 0% yaitu 2.98%. Dimensi 2% sesudah *baking* mengalami kenaikan menjadi 8.20 mm dari awalnya 5.10 mm. Kenaikan dimensi yang cukup signifikan ini terjadi juga pada variasi 1% dan 4%. Kenaikan dimensi ini disebabkan oleh *cookies* yang mengembang ke bagian atas pada saat dilakukan proses *baking* sehingga dimensi tinggi *cookies* menjadi bertambah dari sebelumnya.

#### 4.5 Baking Loss pada Cookies Hasil Printing

*Baking loss* merupakan massa yang hilang pada *cookies* relatif terhadap massa awal setelah dilakukan proses *baking*. *Baking loss* dapat dihitung dengan mengetahui massa awal dan massa akhir *cookies*. Massa awal merupakan massa sebelum dilakukan proses *baking*, sedangkan massa akhir merupakan massa *cookies* sesudah *baking*. Berikut merupakan perhitungan *baking loss* pada *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) dan silinder (*cylinder cookies*):

##### a. Baking Loss pada Bar Cookies

###### 1. Tepung Glukomanan 0%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{6 - 4}{6} \times 100 = 33.33\%$$

###### 2. Tepung Glukomanan 1%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{5.33 - 3.33}{5.33} \times 100 = 37.50\%$$

###### 3. Tepung Glukomanan 2%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{3.67 - 1.67}{3.67} \times 100 = 54.55\%$$

###### 4. Tepung Glukomanan 4%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{3.67 - 1.67}{3.67} \times 100 = 54.55\%$$

##### b. Baking Loss pada Cylinder Cookies

###### 1. Tepung Glukomanan 0%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{8.33 - 6.33}{8.33} \times 100 = 24\%$$

###### 2. Tepung Glukomanan 1%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{6 - 4}{6} \times 100 = 33.33\%$$

###### 3. Tepung Glukomanan 2%

$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{4.67 - 2.67}{4.67} \times 100 = 42.86\%$$

###### 4. Tepung Glukomanan 4%

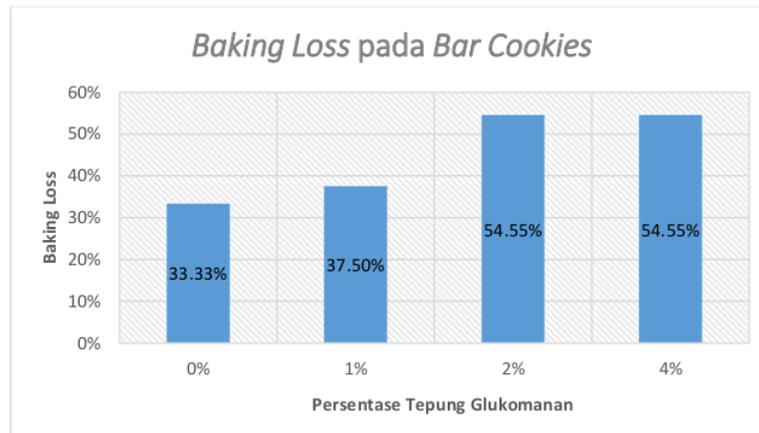
$$\frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100 = \frac{4.67 - 2.67}{4.67} \times 100 = 42.86\%$$

**Tabel 4.8** *Baking Loss* pada *Bar Cookies*

<i>Baking Loss</i> pada <i>Bar Cookies</i> (%)	
Persentase Tepung Glukomanan	<i>Baking Loss</i>
0%	33.33%
1%	37.50%
2%	54.55%
4%	54.55%

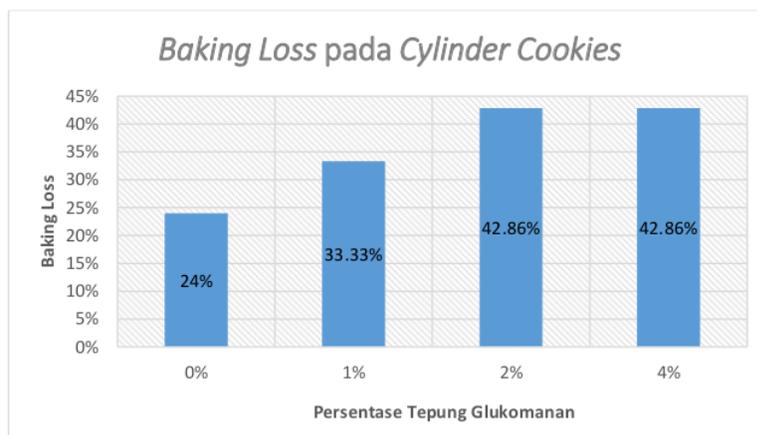
**Tabel 4.9** *Baking Loss* pada *Cylinder Cookies*

<i>Baking Loss</i> pada <i>Cylinder Cookies</i> (%)	
Persentase Tepung Glukomanan	<i>Baking Loss</i>
0%	24%
1%	33.33%
2%	42.86%
4%	42.86%

**Gambar 4.10** Grafik *Baking Loss* pada *Bar Cookies*

Grafik pada gambar 4.10 menampilkan *baking loss* dari masing-masing variasi tepung glukomanan pada *cookies* berbentuk balok. Selisih massa awal dengan massa akhir pada setiap variasi memiliki nilai yang sama yaitu 2 gram. Walaupun selisih massa awal dan massa akhir pada setiap variasi sama namun

nilai *baking loss* pada masing-masing variasi berbeda, hal ini dikarenakan *baking loss* merupakan nilai yang relatif terhadap massa awal. Karena massa awal masing-masing variasi berbeda maka nilai *baking loss* yang dihasilkan juga berbeda. Pada variasi tepung glukomanan 0% nilai *baking loss* sebesar 33.33%. Nilai *baking loss* pada variasi tepung glukomanan 1% sebesar 37.50%. Pada variasi tepung glukomanan 2% dan 4% memiliki nilai *baking loss* yang sama yaitu sebesar 54.55%. Nilai *baking loss* mengalami kenaikan setiap penambahan tepung glukomanan pada material *printing*. Hal ini dipengaruhi oleh massa awal *cookies*. Massa awal *cookies* sebelum *baking* pada variasi 2% dan 4% memiliki nilai yang sama yaitu 4.67 gram.



**Gambar 4.11** Grafik *Baking Loss* pada *Cylinder Cookies*

Grafik pada gambar 4.11 menampilkan *baking loss* dari masing-masing variasi tepung glukomanan pada *cookies* berbentuk silinder. Pada variasi tepung glukomanan 0% nilai *baking loss* sebesar 24%. Nilai *baking loss* pada variasi tepung glukomanan 1% sebesar 33.33%. Pada variasi tepung glukomanan 2% dan 4% memiliki nilai *baking loss* yang sama yaitu sebesar 42.86%. Kesamaan nilai *baking loss* pada variasi 2% dan 4% disebabkan oleh massa awal *cookies* sebelum *baking* pada variasi 2% dan 4% memiliki nilai yang sama yaitu 4.67 gram dan mengalami pengurangan massa yang sama setelah *baking*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk dapat mengimplementasikan *printer* 3 dimensi dalam membuat makanan berbentuk *cookies* menggunakan dengan variasi komposisi tepung glukomanan. Setelah dilakukan penelitian dan pengambilan data, berikut merupakan kesimpulan dari data yang telah didapat dan dianalisis:

1. Tepung mocaf merupakan bahan utama dalam pembuatan material *printing*. Tekstur tepung mocaf sangat lembut sehingga cocok untuk dijadikan *material printing* pada *printer* 3 dimensi. Pengujian dilakukan dengan variasi penambahan tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4% (per 200 gram tepung mocaf). Penambahan tepung glukomanan memiliki pengaruh terhadap tekstur adonan (*material printing*) menjadi lebih keras. Tekstur *material printing* yang keras tidak mampu untuk diekstrusi oleh *printer*. Apabila semakin banyak penambahan tepung glukomanan maka semakin banyak juga penambahan air mineral ke dalam komposisi *material printing*, hal ini karena kemampuan tepung glukomanan dalam mengikat air sangat tinggi. Komposisi air untuk variasi tepung glukomanan 0%, 1%, 2% dan 4% secara berturut-turut yaitu 77%, 82.67%, 94.61% dan 125% (per massa tepung).
2. Analisis visual untuk hasil *printing bar cookies* (sebelum *baking*) yaitu variasi 2% dan 4% merupakan yang paling baik. Selanjutnya analisis visual *bar cookies* setelah proses *baking* yaitu variasi 1% dan 2% merupakan yang paling baik. Selanjutnya untuk hasil *printing cylinder cookies* (sebelum *baking*) yaitu variasi tepung glukomanan 2% dan 4% menghasilkan produk *cookies* yang paling baik berdasarkan analisis visual. Pada analisis visual sesudah *baking*, produk *cylinder cookies* paling baik secara visual setelah dilakukan proses *baking* yaitu pada variasi 2% diikuti dengan variasi 1%.

3. Produk *cookies* berbentuk balok (*bar cookies*) hasil *printing* (sebelum *baking*) memiliki selisih dimensi terbanyak dengan dimensi *drawing* pada variasi 0% yaitu sebesar 5.45 mm. Sedangkan selisih terkecil dimensi hasil *printing* (sebelum *baking*) dengan dimensi desain yaitu pada variasi 2% sebesar 0.34 mm. Pada produk *cookies* berbentuk silinder (*cylinder cookies*) hasil *printing* (sebelum *baking*) memiliki selisih dimensi terbanyak dengan dimensi desain pada variasi 0% yaitu sebesar 7.71 mm. Sedangkan selisih terkecil dimensi hasil *printing* (sebelum *baking*) dengan dimensi desain yaitu pada variasi 2% sebesar 0.10 mm. Setelah dilakukan *baking*, terdapat kenaikan dimensi tinggi yang signifikan pada variasi 1%, 2% dan 4% baik pada *cookies* berbentuk balok maupun silinder.

## 5.2 Saran

Penelitian ini telah berjalan dengan cukup baik, namun terdapat saran yang ingin peneliti sampaikan untuk penelitian selanjutnya. Saran yang dapat peneliti berikan apabila ingin melakukan penelitian dengan topik serupa yaitu penambahan *heater* sebagai komponen pemanas pada *printer* 3 dimensi yang berfungsi untuk menjaga temperatur material *printing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- <sup>4</sup> Amanu, F. N., & Susanto, W. H. (2014). Pembuatan Mocaf di Madura (Kajian Varietas dan Lokasi Penanaman) terhadap Mutu dan Rendemen. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(3), 161–169.
- <sup>2</sup> Derossi, A., Caporizzi, R., Ricci, I., & Severini, C. (2019). Critical Variables in 3D Food Printing. *Fundamentals of 3D Food Printing and Applications*, 41–91.
- Halim, Y., Angelina, B., Hardoko, H., & Handayani, R. (2023). Characteristics of Dried Noodle Analogue Made from Sorghum Flour and Rice Flour Added with Konjac Glucomannan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1200(1).
- Handayani, T., Aziz, Y. S., & Herlinasari, D. (2020). Pembuatan dan Uji Mutu Tepung Umbi Porang (*Amorphophallus Oncophyllus* Prain). *Jurnal MEDFARM: Farmasi Dan Kesehatan*, 9(1), 13–22.
- Horvath, J. (n.d.). *Mastering 3D Printing (Technology in Action)* (1st ed.). Apress.
- <sup>2</sup> Huang, C. Y. (2018). *Extrusion-based 3D Printing and Characterization of Edible Materials* [University of Waterloo].
- Naufali, M. N., & Putri, D. A. (2023). Potensi Pengembangan Porang sebagai Sumber Bahan Pangan di Pulau Lombok Nusa Tenggara Barat. *BIOFOODTECH: Journal of Bioenergy and Food Technology*, 1(02), 65–75.
- Ningrum, W. E., & Saidi, I. A. (2023). Characteristics of Mocaf (Modified Cassava Flour) From Cassava (*Manihot utilissima*): Study of Tape Yeast Concentration and Fermentation Time. *Procedia of Engineering and Life Science*, 4(June).
- Nugraheni, B., Cahyani, I. M., & Herlyanti, K. (2014). Efek Pemberian Glukomanan Umbi Porang (*Amorphophallus oncophyllus* Prain ex Hook. F.) terhadap Kadar Kolesterol Total Darah Tikus yang Diberi Diet Tinggi Lemak. *E-Publikasi Fakultas Farmasi*, 11(2), 32–36.
- Nurlela, N., Andriani, D., & Arizal, R. (2020). Ekstraksi Glukomanan dari Tepung Porang (*Amorphophallus Muelleri* Blume) dengan Etanol. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 14(2), 88.
- Nurrizka, Satriana, & Zaidiyah. (2023). Studi Literatur : Pemanfaatan Mocaf

- (Modified cassava flour) sebagai Substrat dalam Pembuatan Sourdough. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4), 458–464.
- Preichardt, L. D., & Gularte, M. A. (2013). Gluten Formation, Its, Sources, Composition and Health Effects. *Gluten: Sources, Composition and Health Effects*, 1–16.
- Putri, A. E. V. T., Pratjojo, W., & Susatyo, E. B. (2015). Uji Proksimat dan Organoleptik Brownies dengan Substitusi Tepung Mocaf (Modidies Cassava Flour). *Indo. J. Chem. Sci*, 4(2), 169–171.
- Rahmaris, L. D., & Ratnaningsih, N. (2022). *Inovasi Produk Soft Cookies Bebas Gluten dari Tepung Mocaf dan Tepung Porang sebagai Alternatif Cookies untuk Penderita Autis*. 17(1).
- Saputra, O. (2019). *Pengoperasian Mesin Cetak 3D* (Team Wade Publish (ed.)). Wade Group.
- Sari, R., & Suhartati. (2019). Tumbuhan Porang : Prospek Budidaya Sebagai Salah Satu Sistem Agroforestry. *Info Teknis EBONI*, 12(2), 97–110. <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal->
- Setyono, R. N., Wasi, A., Rahmawati, Y., & Taufany, F. (2021). Pra-Desain Pabrik Konnyaku dari Tepung Glukomanan Umbi Porang ( Amorphophallus Oncophyllus ). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 171–176.
- Sood, N., Baker, W. L., & Coleman, C. I. (2008). Effect of Glucomannan on Plasma Lipid and Glucose Concentrations, Body Weight, and Blood Pressure: Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(4), 1167–1175.
- Sylvester, M., Bhandari, B., & Prakash, S. (2020). 3D food printing as a promising tool for food fabrication: 3D printing of chocolate. *Food Research*, 4, 42–53.
- Torta, S., & Torta, J. (2019). *3D PRINTING*. David Pallai.
- Wicaksani, N. P. R. C. (2023). Substitusi Tepung Porang pada Olahan Cookies Sehat. *Jurnal Kuliner*, 3(2), 118–131.

**LAMPIRAN**

### Lampiran 1. Data Hasil Pengujian

<i>Mocaf Flour (gram)</i>	<i>Glukomanan Flour Percentage (per mass mocaf flour)</i>	<i>Glukomanan Flour (gram)</i>	<i>Water Percentage (per mass flour)</i>	<i>Water (gram)</i>	<i>Egg (gram)</i>
200	0%	0	77	154	44
200	1%	2	82.67	167	44
200	2%	4	94.61	193	44
200	4%	8	125	260	44

<i>Bar Cookies</i>									
0%									
<i>Measurement</i>	1			2			3		
	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	34.28	33.82	30	34.74	34.54	30	34.68	34.32
Lebar (mm)	20	26.7	26.38	20	24.82	24.42	20	24.52	24.12
Tinggi (mm)	5	5.04	5.24	5	6.42	7.76	5	6.58	8.86
Massa (gram)	-	6	4	-	6	4	-	6	4
1%									
<i>Measurement</i>	1			2			3		
	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	33.56	32.42	30	33.62	31.58	30	34.04	33.56
Lebar (mm)	20	24.22	23.84	20	23.68	23.18	20	23.98	23.24
Tinggi (mm)	5	4.96	6.92	5	6.38	11.18	5	5.96	6.9
Massa (gram)	-	5	3	-	5	3	-	6	4
2%									
<i>Measurement</i>	1			2			3		
	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	30.64	28.8	30	31.58	28.64	30	31.8	29.22
Lebar (mm)	20	21.42	19.42	20	22.42	21.18	20	21.12	20.92
Tinggi (mm)	5	4.56	7.22	5	5.78	11.48	5	5.68	11.58
Massa (gram)	-	3	1	-	4	2	-	4	2
4%									
<i>Measurement</i>	1			2			3		
	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Panjang (mm)	30	31.46	28.74	30	32.92	31.12	30	32.6	29.5
Lebar (mm)	20	21.44	20.04	20	22.46	20.04	20	23.08	21.04
Tinggi (mm)	5	4.58	9.14	5	5.82	10.62	5	5.14	10.98
Massa (gram)	-	3	1	-	4	2	-	4	2

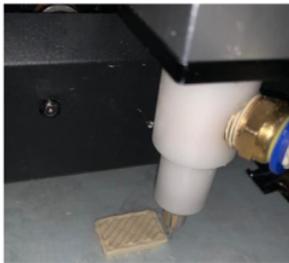
<i>Cylinder Cookies</i>									
0%									
<i>Measurement</i>	1			2			3		
	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>	<i>Drawing</i>	<i>Hasil Printing</i>	<i>Sesudah Baking</i>
Diameter (mm)	30	37.42	33.8	30	37.58	37.42	30	38.12	37.62
Tinggi (mm)	5	5.66	6.7	5	8.28	9.12	5	8.02	8.12
Massa (gram)	-	7	5	-	9	7	-	9	7

1%									
Measurement	1			2			3		
	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking
Diameter (mm)	30	34.12	30.04	30	34.14	31.68	30	32.82	31.44
Tinggi (mm)	5	5.62	7.22	5	5.86	9.36	5	5.92	10.08
Massa (gram)	-	6	4	-	6	4	-	6	4
2%									
Measurement	1			2			3		
	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking
Diameter (mm)	30	30.02	27.46	30	31.62	29.16	30	31.28	29.12
Tinggi (mm)	5	4.58	6.36	5	5.38	9.38	5	5.34	8.86
Massa (gram)	-	4	2	-	5	3	-	5	3
4%									
Measurement	1			2			3		
	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking	Drawing	Hasil Printing	Sesudah Baking
Diameter (mm)	30	30.56	28.14	30	31.48	28.64	30	31.46	28.1
Tinggi (mm)	5	4.36	8.12	5	4.54	4.12	5	4.42	10.32
Massa (gram)	-	4	2	-	5	3	-	5	3

Baking Loss pada Bar Cookies	
Persentase Tepung Glukomanan	Baking Loss
0%	33.33%
1%	37.50%
2%	54.55%
4%	54.55%

Baking Loss of Cylinder Cookies (%)	
0%	24%
1%	33.33%
2%	42.86%
4%	42.86%

## Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian





ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	1%
2	C. Anandharamakrishnan, Jeyan A. Moses, T. Anukiruthika. "3D Printing of Foods", Wiley, 2022 Publication	1%
3	ejournal.poltekharber.ac.id Internet Source	1%
4	journal2.uad.ac.id Internet Source	1%
5	docplayer.info Internet Source	1%

Exclude quotes On  
Exclude bibliography Off

Exclude matches < 1%

# Rev\_Habib Maulana Hasyim\_3331200034\_TA.pdf

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

---

PAGE 27

---

PAGE 28

---

PAGE 29

---

PAGE 30

---

PAGE 31

---

PAGE 32

---

PAGE 33

---

PAGE 34

---

PAGE 35

---

PAGE 36

---

PAGE 37

---

PAGE 38

---

PAGE 39

---

PAGE 40

---

PAGE 41

---

PAGE 42

---

PAGE 43

---

PAGE 44

---

PAGE 45

---

PAGE 46

---

PAGE 47

---

PAGE 48

---

PAGE 49

---

PAGE 50

---

PAGE 51

---

PAGE 52

---

PAGE 53

---

PAGE 54

---

PAGE 55

---

PAGE 56

---

PAGE 57

---

PAGE 58

---

PAGE 59

---

PAGE 60

---

PAGE 61

---

PAGE 62

---

PAGE 63

---

PAGE 64

---

PAGE 65

---

PAGE 66

---

PAGE 67

---

PAGE 68

---