

**POTENSI PREBIOTIK SELULOSA SERAT MESOKARP KELAPA  
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) TERHADAP PERTUMBUHAN  
*Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Luthfi Hidayat**

**2014231027**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRACT

### ***PREBIOTIC POTENTIAL OF PALM OIL MESOCARP FIBER CELLULOSE (Elaeis guineensis Jacq) AGAINST THE GROWTH OF Saccharomyces cerevisiae and Eschericia coli***

BY

LUTHFI HIDAYAT

This research aims to determine the growth of *Saccharomyces cerevisiae* and *Eschericia coli* on palm oil mesocarp fiber cellulose growth media with different concentrations and to determine the effect of the concentration of added palm oil mesocarp fiber cellulose on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* and *Eschericia coli*. The research was conducted using a Randomized Complete Block Design (RAKL) with a single factor and three repetitions. The single factor is the concentration of added oil palm mesocarp fiber flour extract, the concentration treatment consists of 7 levels, namely P0 as neutral control (no addition), P1 as negative control (1% glucose), P2 as positive control (2% inulin), P3 cellulose palm mesocarp fiber (2%), P4 cellulose palm mesocarp fiber (4%), P5 cellulose palm mesocarp fiber and palm components (6%), P6 cellulose palm mesocarp fiber (8%) and P7 cellulose coconut mesocarp fiber palm oil (10%) (w/v). The research results show that different concentrations of palm oil mesocarp fiber cellulose have the potential to support the growth of *Saccarhomyces cerevisiae*. The growth of this bacteria is no different from the growth given the inulin substrate, where inulin is a prebiotic. Different concentrations of palm oil mesocarp fiber cellulose had no effect on the growth of *Eschericia coli*. *Escherichia coli* bacteria live slightly and may not live on palm oil mesocarp fiber substrates. Further tests at the 5% level on the total growth of *Saccarhomyces cerevisiae* and *Eschericia coli* were each significantly different at the 5% level, but the different concentrations of palm oil mesocarp fiber cellulose extract had no significant effect on the growth of the two bacteria.

Key words: *Palm Mesocarp Fiber, Prebiotics, Probiotics, Acid Hydrolysis*

## ABSTRAK

### POTENSI PREBIOTIK SELULOSA SERAT MESOKARP KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis Jacq*) TERHADAP PERTUMBUHAN *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli*

OLEH

LUTHFI HIDAYAT

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli* pada media tumbuh selulosa serat mesokarp kelapa sawit dengan konsentrasi yang berbeda dan mengetahui pengaruh konsentrasi penambahan selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan faktor tunggal dan tiga kali pengulangan. Faktor tunggal adalah konsentrasi penambahan ekstrak tepung serat mesokarp kelapa sawit, perlakuan konsentrasi terdiri dari 7 taraf yaitu P0 sebagai control netral (tanpa penambahan), P1 sebagai kontrol negatif (glukosa 1%), P2 sebagai kontrol positif (inulin 2%), P3 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (2%), P4 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (4%), P5 selulosa serat mesokarp kelapa sawit dan komponen sawit (6%), P6 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (8%) dan P7 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (10%) (b/v). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit yang berbeda berpotensi mendukung pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, pertumbuhan bakteri ini tidak berbeda dengan pertumbuhan yang diberi substrat inulin yang dimana inulin merupakan prebiotik. Konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*. Bakteri *Eschericia coli* sedikit hidup dan bisa tidak hidup pada substrat serat mesokarp kelapa sawit. Uji lanjut dengan taraf 5% terhadap pertumbuhan total *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli* masing-masing berbeda nyata pada taraf 5%, namun konsentrasi ekstrak selulosa serat mesokarp kelapa sawit yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kedua bakteri tersebut.

Kata kunci: Serat Mesokarp, Prebiotik, Probiotik, Hidrolisis Asam

**POTENSI PREBIOTIK SELULOSA SERAT MESOKARP KELAPA  
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) TERHADAP PERTUMBUHAN  
*Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli***

**Oleh**

**LUTHFI HIDAYAT  
2014231027**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **POTENSI PREBIOTIK SELULOSA  
SERAT MESOKARP KELAPA  
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)  
TERHADAP PERTUMBUHAN  
*Saccharomyces cerevisiae* dan  
*Eschericia coli***

Nama Mahasiswa : **Luthfi Hidayat**


Nomor Pokok Mahasiswa : 2014231027


Program Studi : Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Prof. Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc.**  
NIP 19611129 198703 2 010

  
**Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19910129 201903 1 014

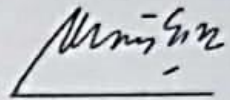
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

  
**Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M. T.A.**  
NIP 19721006 199803 1 005

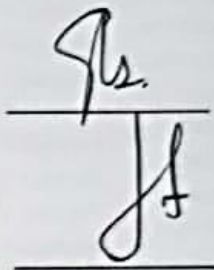
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M.Sc.



Sekretaris : Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.



Penguji : Prof. Dr. Sri Hidayati, M.P.  
Bukan Pembimbing

Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2024



## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfi Hidayat

NMP : 2014231027

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 11 Juni 2024  
Pembuat pernyataan



Luthfi Hidayat  
NPM. 2014231027

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 03 Juni 2001, sebagai anak keempat dari Bapak Timbul Sugiono dan Ibu Ita Sumarliyah, saat ini penulis merupakan anak keempat dari 4 bersaudara dari Bapak Timbul Sugiono dan Ibu Ita Sumarliyah

Penulis menyelesaikan pendidikan di SDS 01 Gula Putih Mataram pada tahun 2013, pendidikan SMP Sugar Group pada tahun 2016, dan pendidikan SMA Sugar Group pada tahun 2019. Tahun 2020 penulis diterima dan terdaftar sebagai mahasiswa Prodi Teknologi Industri Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Januari-Februari 2022 di Kelurahan Way Mengaku, Kecamatan Balik Bukit, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Selanjutnya pada Juni-Juli 2023 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Great Giant Pineapple, Lampung Tengah dengan judul laporan “Mempelajari Pengendalian Kualitas Incoming Material Packaging Di PT. Great Giant Pineapple”.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan, penulis pernah menjadi Anggota Muda LS-MATA Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung (FP Unila) Periode kepengurusan tahun 2022.



## SANWANCANA

*Bismillaahirrahmanirrahiim. Alhamdulillahilallobbil 'aalamiin.* Puji syukur penulis ungkapkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “Potensi Prebiotik Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Terhadap Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung. Semasa perkuliahan dan proses penulisan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Dra. Maria Erna Kustyawati, M. Sc., selaku dosen pembimbing akademik serta dosen pembimbing pertama yang senantiasa membimbing, memberikan motivasi, saran, dan arahan selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi, M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta saran selama penelitian hingga penyelesaian skripsi.
5. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, MP., selaku dosen pembahas yang senantiasa memberikan masukan dan saran kepada penulis selama penyusunan proposal hingga penyelesaian skripsi penulis.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf, dan karyawan di Jurusan

Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah mengajar, membimbing, dan membantu penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian administrasi akademik.

7. Keluarga tersayang Ayah, Ibu, dan Kakak-kakak saya Derry Prasetyo, Adelia Dwi Pratiwi, dan Luthfiya Hidayati yang senantiasa selalu memberikan doa, kasih sayang, serta motivasi semangat kepada penulis selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
8. Kepada teman-teman penelitian saya Arneta Listiani, Fati Auzaki, Ajeng Pramesti, Nabila Rizka, Bagus, Ketut dan sahabat penulis lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang senantiasa membantu penulis baik secara mental maupun fisik, memberikan saran dan informasi dari awal perkuliahan hingga akhir penyelesaian skripsi ini.
9. Saudara seperjuangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2020 khususnya kelas TIP 20, Teman seperbimbingan penulis, dan Keluarga besar HMJ THP FP Unila terima kasih atas banyaknya bantuan, motivasi, saran, informasi, dan canda tawa yang telah diberikan selama perjalanan saya menyelesaikan kuliah.
10. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi.

Bandar Lampung, 25 Juni 2024



**Luthfi Hidayat**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1.Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2.Tujuan Penelitian.....	3
1.3.Kerangka Pemikiran .....	3
1.4.Hipotesis .....	4
<b>II.TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Kelapa Sawit.....	5
2.1.1.Bagian Bagian Kelapa Sawit .....	6
2.1.2.Pengolahan Buah Sawit .....	7
2.1.3.Serat Mesokarp .....	8
2.1.4.Serat Pangan .....	10
2.2.Ekstraksi Hidrolisis Asam .....	11
2.3.Prebiotik .....	13
2.4.Probiotik .....	14
2.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	16
2.6.Pembiakan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	17
2.7. <i>Eschericia coli</i> .....	18
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1.Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2.Alat dan Bahan .....	20
3.3.Metode Penelitian.....	21
3.4.Pelaksanaan Penelitian .....	21
3.4.1.Ekstraksi Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit .....	21

3.4.2.Persiapan Kultur Bakteri.....	24
3.4.3.Persiapan Media Pertumbuhan .....	26
3.4.4.Pengujian Prebiotik Selulosa SMKS Terhadap Khamir <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Eschericia coli</i> .....	27
3.5.Pengamatan .....	30
3.5.1.Total Khamir <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	30
3.5.2.Total Bakteri <i>Eschericia coli</i> .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1.Pengaruh Konsentrasi Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Total Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	31
4.2.Pengaruh Konsentrasi Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Total Pertumbuhan <i>Eschericia coli</i> .....	33
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>37</b>
5.1.Kesimpulan.....	37
5.2.Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit.....	10
2. Bakteri Probiotik Yang Umum Dipakai.....	15
3. Efek Penambahan Selulosa SMKS terhadap Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	32
4. Efek Penambahan Selulosa SMKS terhadap Pertumbuhan <i>Eschericia coli</i> .....	35

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Bagian-bagian buah kelapa sawit.....	7
2. Struktur Selulosa.....	9
3. Struktur Hemiselulosa.....	9
4. Struktur Holoselulosa.....	9
5. Struktur Lignin.....	9
6. Reaksi hidrolisis asam pada selulosa.....	12
7. Diagram alir proses penghilangan lignin.....	22
8. Diagram alir proses <i>bleaching</i> .....	23
9. Diagram alir hidrolisis asam serat mesokarp kelapa sawit.....	23
10. Diagram alir pembuatan kultur <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	24
11. Diagram alir pembuatan kultur <i>Eschericia coli</i> .....	25
12. Persiapan Media PDA.....	26
13. Persiapan Media NB.....	26
14. Diagram alir pengujian sifat prebiotik selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap Khamir <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	28
15. Diagram alir pengujian sifat prebiotik selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap bakteri <i>Eschericia coli</i> .....	29
16. Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> pada selulosa serat mesokarp kelapa sawit.....	32
17. Pertumbuhan <i>Eschericia coli</i> pada selulosa serat mesokarp kelapa sawit.....	32

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang dan Masalah

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) merupakan tanaman komoditas perkebunan yang cukup penting di Indonesia dan masih memiliki prospek pengembangan yang cukup cerah (Vika dkk., 2017). Kelapa sawit menghasilkan minyak makanan, minyak industri maupun bahan bakar nabati/biodiesel (Harahap, 2018). Menurut BPS (2021), Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan jumlah 45,1 juta ton pada tahun 2021. Perkebunan kelapa sawit banyak dikembangkan di luar Pulau Jawa seperti, Sumatera, Sulawesi dan Kalimantan. Pulau Sumatera merupakan produsen kelapa sawit terbesar di Indonesia karena memiliki luas areal lahan lebih dari 780.140 hektar pada provinsi Sumatra Selatan, Sumatra, Jambi, Riau dan Sumatera Utara.

Lahan perkebunan kelapa sawit yang semakin meluas mengakibatkan banyak pabrik pengolahan minyak sawit yang akan menghasilkan produk samping atau limbah yang belum termanfaatkan secara maksimal. Menurut Luthfi (2016), produk dan hasil samping kelapa sawit yaitu berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 23%, serat mesokarp 13%, minyak sawit 20-22%, inti sawit 5 % dan cangkang 7%. TKKS (tandan kosong kelapa sawit), serat mesokarp dan tempurung kelapa sawit atau cangkangnya yang selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Mesokarp merupakan daging buah yang berserabut yang memiliki panjang 3-4 cm. Serat mesokarp kelapa sawit mengandung senyawa selulosa sebesar 41,92%, lignin 21,71% dan hemiselulosa 11,36% (Ariyani dkk., 2020). Menurut Phirom-on dan Apiraksakorn (2021), modifikasi selulosa dari kulit pisang yang dilakukan secara enzimatik memiliki efek prebiotik.



Prebiotik adalah suatu senyawa karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan, mampu menstimulir pertumbuhan probiotik, bakteri saluran pencernaan dan dapat menghambat pertumbuhan patogen seperti *Eschericia coli* (Gibson dan Roberfroid, 1995). Prebiotik di dalam tubuh akan mendorong pertumbuhan probiotik atau mikroorganisme menguntungkan sehingga menghasilkan fungsi kesehatan tubuh (Kusmiyati, 2020). Menurut Roberfroid (2004), bahan pangan dengan oligosakarida atau polisakarida (termasuk serat pangan) berpotensi mempunyai aktivitas prebiotik. Serat pangan digolongkan menjadi dua yaitu serat tidak larut dalam air dan serat pangan yang larut dalam air. Sumber serat yang larut dalam air yaitu gum, pektin,  $\beta$ -glukan dan sebagian hemiselulosa larut yang terdapat dalam dinding sel tanaman. Sumber serat yang tidak larut dalam air diantaranya selulosa, lignin, hemiselulosa dan kitin (Sulistijani, 2001). Pada penelitian Novianto *et al.* (2020), kulit kacang tanah memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin sehingga ekstraknya dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan bakteri probiotik. Konsentrasi yang efektif meningkatkan pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dengan menggunakan konsentrasi 60% ekstrak kulit kacang tanah dan 40% MRSB menghasilkan pertumbuhan  $8,6 \times 10^5$  CFU/mL pada waktu inkubasi 4 jam dan meningkat pada jam ke 6 sebesar  $9,4 \times 10^5$  CFU/mL.

Serat mesokarp kelapa sawit yang mengandung, hemiselulosa, selulosa dan lignin diduga memiliki potensi sebagai prebiotik. Potensi prebiotik selulosa serat mesokarp kelapa sawit ini belum pernah diteliti sebelumnya. Potensi selulosa serat mesokarp kelapa sawit (SMKS) sebagai sumber prebiotik dianggap sebagai inovasi eksplorasi pemanfaatan limbah pengolahan kelapa sawit. Kemampuan suatu mikroba probiotik untuk dapat tumbuh dan berkembang baik di dalam media yang mengandung selulosa serat mesokarp kelapa sawit merupakan indikasi adanya potensi prebiotik. Probiotik yang telah umum dipakai yaitu golongan bakteri dan khamir (Metzler *et al.*, 2005). Salah satu golongan khamir probiotik yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan mikroba patogen disaluran pencernaan yaitu *Eschericia coli*. Oleh karena itu penelitian bertujuan untuk menguji prebiotik selulosa serat mesokarp sawit terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli* dalam

media yang mengandung selulosa serat mesokarp kelapa sawit pada beberapa konsentrasi.

## 1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*.

## 1.3. Kerangka Pemikiran

Limbah hasil dari pabrik kelapa sawit meliputi limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serat mesokarp dan cangkang. Serat mesokarp biasanya digunakan sebagai bahan bakar boiler dan hingga saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kandungan kimia serat mesokarp kelapa sawit diantaranya seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa berpotensi sebagai prebiotik. Pada penelitian Novianto *et al.* (2020), ekstrak kulit kacang tanah dijadikan sebagai prebiotik untuk pertumbuhan mikroba probiotik. Kosentrasi yang efektif meningkatkan pertumbuhan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* yaitu dengan kosentrasi 60% ekstrak kulit kacang tanah dengan hasil pada titik optimum  $9,4 \times 10^5$  CFU/mL pada jam ke 4 sampai ke 6.

Serat mesokarp kelapa sawit mengandung senyawa selulosa sebesar 41,92%, lignin 21,71% dan hemiselulosa 11,36% (Ariyani dkk., 2020) dapat ditambahkan dalam media tumbuh *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli* sehingga pertumbuhan mikroba tersebut dapat dimonitor. Metode yang digunakan untuk mengambil selulosa mesokarp kelapa sawit menggunakan metode hidrolisis asam menggunakan pelarut  $H_2SO_4$ . Hidrolisis asam dapat memotong rantai polisakarida pada serat sehingga dapat menambah kelarutan serat yang dihasilkan. Hidrolisis asam digunakan karena membutuhkan biaya yang relatif lebih murah

dibandingkan dengan hidrolisis enzimatis (Raharja dkk., 2004). Selulosa serat mesokarp kelapa sawit diharapkan dapat dijadikan sebagai prebiotik dan dapat meningkatkan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* serta mencegah pertumbuhan *Eschericia coli*.

#### **1.4. Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*.
2. Konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) berasal dari Afrika Barat, meskipun ada pendapat yang menyebutkan bahwa kelapa sawit juga mungkin berasal dari Amerika Selatan, khususnya Brazil. Alasannya adalah karena spesies kelapa sawit lebih melimpah di hutan Brazil daripada di Amerika lainnya. Namun, kenyataannya kelapa sawit tumbuh subur di luar habitat asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini. Bahkan, tanaman ini dapat menghasilkan produksi yang lebih tinggi per hektar daripada di habitat aslinya (Harahab, 2018).

Pada tahun 1848, pemerintah kolonial Belanda memperkenalkan kelapa sawit pertama di Indonesia dengan membawa empat bibit dari Maritius dan Amsterdam untuk ditanam di Kebun Raya Bogor. Budidaya komersial kelapa sawit dimulai pada tahun 1911 oleh Adrien Haller seorang warga negara Belgia yang memiliki pengalaman dalam kelapa sawit di Afrika. Upaya budidayanya diikuti oleh K. Schadt, yang menandai awal dari perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Sejak saat itu, industri perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat, dimulai dari Pantai Timur Sumatra (Deli) dan Aceh dengan luas perkebunan awal mencapai 5.123 hektar. Pada tahun 1919, Indonesia mulai mengekspor 576 ton minyak kelapa sawit ke Eropa, dan tahun 1923, mereka juga mulai mengekspor 850 ton minyak inti kelapa sawit (Fauzi dkk., 2012).

Kelapa sawit dikenal sebagai tanaman penghasil minyak goreng. Bagian utama dari kelapa sawit adalah buahnya yang dapat menghasilkan minyak kelapa sawit mentah (CPO). Biasanya minyak kelapa sawit mentah banyak diolah lagi untuk kemudian menjadi minyak goreng. Namun tidak hanya

minyak goreng saja yang dapat dihasilkan dari pengolahan minyak kelapa sawit mentah. Ada beberapa produk lain yang bisa dihasilkan dari pengolahan minyak kelapa sawit mentah, diantaranya adalah margarine, Vanaspati (Vegetable ghee), shortening, es krim, bakery fats, cocoa butter, sabun dan detergen, textiles oils dan biodiesel, serta masih banyak lagi. Kebanyakan dari hasil pengolahan minyak kelapa sawit adalah dalam bentuk produk makanan (Nugroho, 2019).

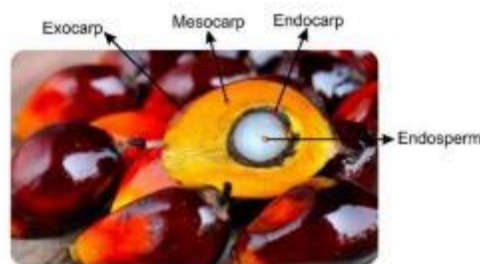
Menurut Vika dkk, (2017) klasifikasi tanaman kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Liliopsida  
Ordo : Arecales  
Famili : Arecaceae  
Genus : *Elaeis*  
Spesies : *Elaeis guineensis* Jaqk.

### **2.1.1. Bagian-Bagian Kelapa Sawit**

Kelapa sawit memiliki ciri-ciri fisiologi diantaranya yaitu daun, batang, akar, bunga dan buah. Daun kelapa sawit bermacam-macam, berwarna hijau dengan pelepah berwarna sedikit lebih muda. Batang pada pohon kelapa sawit diselubungi bekas pelepah hingga umur 12 tahun. Setelah umur 12 tahun pelepah yang kering akan terlepas hingga tanaman menjadi mirip pohon kelapa. Akar dari pohon ini yaitu serabut mengarah kebawah dan ke samping, terdapat juga akar napas yang mengarah tumbuh ke samping atas. Kelapa sawit memiliki bunga jantan dan betina terpisah dan memiliki waktu pematangan yang berbeda sehingga jarang terjadi penyerbukan sendiri. Bunga Jantan memiliki bentuk panjang dan lancip, bunga betina lebih besar dan mekar. Buah kelapa sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu hingga merah. Buah yang bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah (Vika dkk., 2017).

Pada dasarnya buah sawit terdiri dari empat bagian utama, yaitu eksokarp, mesokarp, endokarp, dan endosperma bisa dilihat pada Gambar 1. Eksokarp (*exocarp*) merupakan bagian terluar dari buah sawit yang berupa kulit buah yang bertekstur licin dan berwarna merah jingga pada buah yang matang. Mesokarp (*mesocarp*) adalah bagian penting dari buah sawit, karena bagian inilah sebagian besar minyak (*crude palm oil*) tersimpan. Bagian ini adalah daging buah yang berserat dan berwarna kuning terang. Sementara itu, endokarp (*endocarp*) adalah bagian lebih dalam setelah mesokarp yang berupa cangkang atau tempurung yang melindungi bagian dalam yang berupa inti sawit atau kernel (*endosperm*). Pada kernel inilah embrio sawit berada, yang mana merupakan bagian yang menghasilkan minyak inti sawit (*palm kernel oil*) (Nugroho, 2019).



Gambar 1. Bagian-bagian Buah Kelapa Sawit (Nugroho, 2019)

### 2.1.2. Pengolahan Buah Sawit

Proses produksi CPO dari tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dimulai dari proses penerimaan, penimbangan, penimbangan tandan buah yang diangkut ke pabrik kelapa sawit (PKS) berguna untuk mengetahui tonase TBS yang diterima pabrik. Hal ini menjadi data penting untuk mengukur produktivitas dari proses produksi minyak kelapa sawit., sortasi, perebusan, perebusan TBS memiliki beberapa fungsi antara lain untuk menginaktivasi enzim lipase penyebab kenaikan kadar asam lemak bebas (ALB), mempermudah dalam proses perontokkan buah, serta mengoptimalkan proses ekstraksi pada mesin pencacahan dan pengepresan perontokkan, pencacahan, pengepresan, filtrasi, klarifikasi, dan berakhir di proses penyimpanan dan pengiriman (Valencia dan Fitra, 2021).

Hasil dari pengolahan buah sawit akan menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dari pabrik kelapa sawit berasal dari proses pengolahan tandan kosong sawit (TKS), cangkang, serabut atau serat mesokarp, lumpur dan bungkil. Sedangkan limbah cair dari pabrik kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan hidrosiklon. Umumnya, limbah cair industri kelapa sawit ini masih banyak mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan tanah. Limbah cair biasanya digunakan sebagai alternatif pupuk di lahan perkebunan kelapa sawit. Pelepah, serabut dan cangkang digunakan sebagai bahan bakar boiler dan biogas sedangkan limbah tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai bahan baku polyester (Nugroho, 2019).

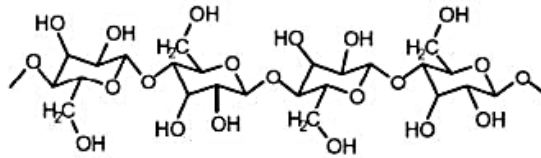
### **2.1.3. Serat Mesokarp**

Mesokarp merupakan daging buah yang berserabut. Serat mesokarp sawit yang disebut sabut atau serabut sawit (*mesocarp fiber*) adalah serat yang terdapat pada daging buah kelapa sawit yang merupakan bahan alam berbentuk serabut panjang antara 3-4 cm. Serat merupakan limbah padat yang dihasilkan setelah proses pengepresan buah pada stasiun *pressing*. Pada unit *depericarper* juga dihasilkan serat yang merupakan hasil pembersihan cangkang dari serat-serat yang menempel. Volume serat yang dihasilkan pabrik kelapa sawit sekitar 13–14% dari TBS yang diolah (Ariyana dkk., 2020).

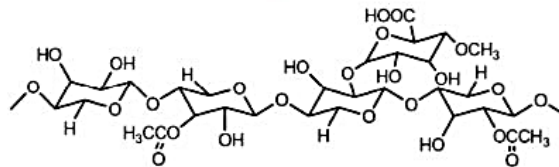
Senyawa yang paling banyak terkandung dalam serat kelapa sawit adalah selulosa, lignin, hemiselulosa, dan holoselulosa pada Gambar 2, 3, 4 dan 5. Holoselulosa dan hemiselulosa memiliki struktur kimia yang sama dengan selulosa tetapi memiliki sifat yang sama dengan lignin. Hemiselulosa dan selulosa adalah dua jenis polisakarida yang ditemukan dalam dinding sel tumbuhan. Perbedaannya terletak pada struktur kimia dan fungsi mereka. Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang mengandung berbagai gula, termasuk  $\beta$ -glukosa,  $\alpha$ -glukosa, dan xilosa. Hemiselulosa umumnya terdiri dari dua atau lebih residu pentose yang berbeda. Heteropolisakarida terdiri dari unit monosakarida yang berbeda. Selulosa merupakan homopolisakarida yang terdiri atas 100 – 1000



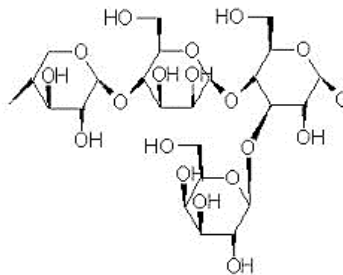
unit  $\beta$  D-glukosa. Homopolisarida adalah polisakarida yang terdiri dari unit monosakarida yang sama. Lignin terdiri dari unit-unit fenolik yang saling terhubung dengan ikatan kimia yang kuat, yang memberikan sifat sulit di tembus terhadap air dan kekuatan mekanik yang tinggi (Ariyana dkk., 2020). Komposisi kimia serat kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.



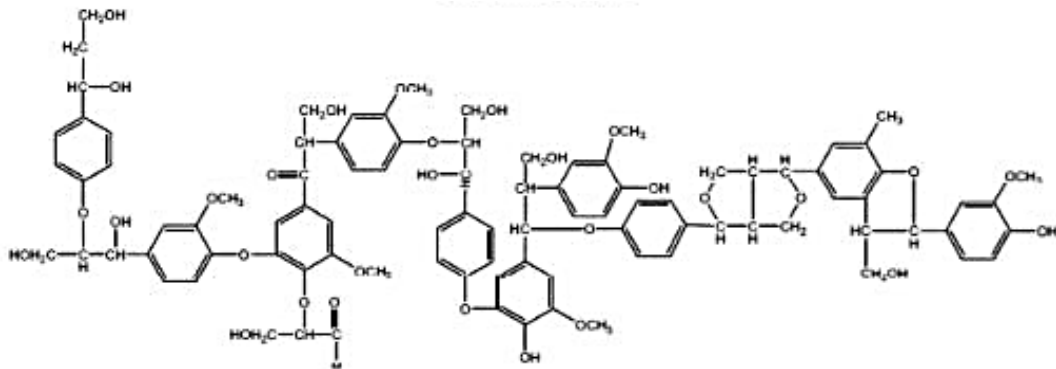
Gambar 2. Struktur Selulosa (Park *et al.*, 2008).



Gambar 3. Struktur Hemiselulosa (Park *et al.*, 2008).



Gambar 4. Struktur Holoselulosa (Park *et al.*, 2008).



Gambar 5. Struktur Lignin (Park *et al.*, 2008).

Tabel 1. Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit.

Unsur	Nilai
Selulosa (%)	42,7 – 65
Lignin (%)	13,2 – 25,31
Hemiselulosa (%)	17,1 – 33,5
Holoselulosa (%)	68,3 – 86,3
Kadar abu (%)	1,3 – 6,04
Ekstraktif dalam air panas (100°C) (%)	2,8 – 14,79
Kelarutan dalam air dingin (30°C) (%)	8 – 11,46
Alkali larut (%)	14,5 – 31,17
Alfa selulosa (%)	41,9 – 60,6
Kelarutan alkohol – benzene (%)	2,7 – 12
Pentosan (%)	17,8 – 20,3
Glukosa (%)	66,4
Silika (%)	1,8
Cu (g/g)	0,8
Kalsium (g/g)	2,8
Mn (g/g)	7,4
Fe (g/g)	10,0
Sodium (g/g)	11,0

Sumber: Muthia *et al.* (2017)

#### 2.1.4. Serat Pangan

Serat pangan adalah karbohidrat kompleks yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan yang ditemukan pada tanaman. Serat pangan bukanlah unsur atau makanan tunggal. Serat pangan tidak mengandung kalori dan dikenal sebagai makanan tinggi serat, rendah lemak seperti sayuran dan buah-buahan (Fairudz dan Nissa, 2014). Serat pangan digolongkan menjadi dua yaitu serat tidak larut dalam air (IDF) dan serat pangan yang larut dalam air (SDF). Sifat kelarutan ini sangat menentukan pengaruh fisiologis serat pada proses-proses di dalam pencernaan dan metabolisme zat-zat gizi (Sulistijani, 2001).

*Insoluble dietary fiber* (IDF) diartikan sebagai serat pangan yang tidak larut di dalam air panas maupun air dingin. Sumber IDF adalah selulosa, lignin, sebagian besar hemiselulosa, sejumlah kecil kitin, lilin tanaman dan kadang-kadang senyawa pektat yang tidak dapat larut. Sedangkan *soluble dietary fiber* (SDF) adalah serat pangan yang dapat larut dalam air hangat atau panas, dan terendapkan oleh air yang telah dicampur dengan empat bagian etanol. Sumber SDF diantaranya adalah gum, pektin, dan sebagian hemiselulosa larut yang terdapat dalam dinding sel tanaman (Kurniawati, 2016). Serat mesokarp mengandung holoselulosa, hemiselulosa, selulosa, lignin dan glukosa. Serat mesokarp termasuk kedalam serat yang tidak larut dalam air.

Serat pangan mempunyai dua peran utama dalam jalur gastrointestinal. Serat pangan larut dalam air sepenuhnya difermentasi dalam caecum oleh bakteri anaerob untuk menghasilkan asam lemak rantai pendek atau “*short chain fatty acid*” (SCFA) seperti butirir yang secara cepat diserap oleh penghuni kolon sebagai sumber energi untuk perkembangbiakan. SCFA juga mendorong reabsorpsi air dan natrium dalam colon sehingga menghidrasi kolon dan feses. Serat tak larut tahan terhadap gangguan bakteri dalam kolon oleh karena itu sebagian besar dikeluarkan secara utuh. Serat tersebut mengikat air sehingga meningkatkan berat feses, tetapi menurunkan waktu transit dalam kolon dengan menstimulasi peristaltik dalam kolon (Meirza dkk., 2014).

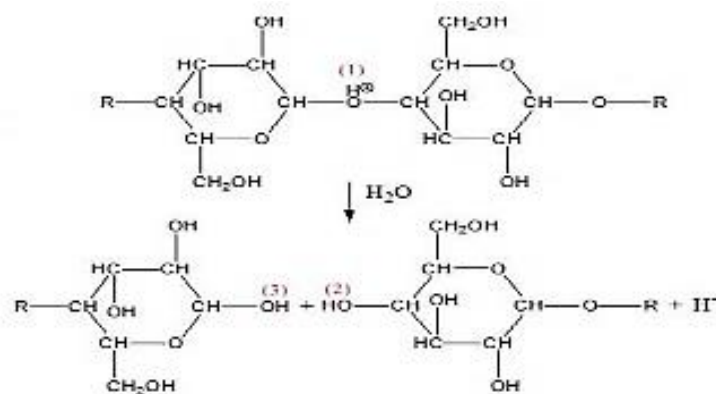
## **2.2. Ekstraksi Hidrolisis Asam**

Hidrolase merupakan salah satu reaksi enzimatis. Enzim yang termasuk dalam kelompok hidrolase bekerja sebagai katalis pada reaksi hidrolisis. Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Proses hidrolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu enzim, ukuran partikel, temperatur, pH, waktu hidrolisis, perbandingan cairan terhadap bahan baku (volume substrat), dan pengadukan. Hidrolase terdapat tiga jenis yaitu memecahkan ikatan ester, memecahkan glikosida dan memecahkan ikatan peptide, contoh dari pemecahan hidrolase yaitu esterase,

lipase, fosfatase, amilase, amino peptidase, karboksi peptidase, pepsin, tripsin dan kimotripsin (Netty dkk., 2017).

Hidrolisis asam adalah reaksi kimia dimana suatu senyawa dipecah oleh air dengan bantuan asam. Asam bertindak sebagai katalis untuk memecah ikatan kimia dalam molekul, menghasilkan produk yang dapat larut dalam air. Proses ini umumnya melibatkan penambahan ion hidrogen ( $H^+$ ) ke dalam molekul yang akan dihidrolisis. Asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) digunakan pada proses hidrolisis asam untuk menghilangkan bagian amorfus selulosa. Amorfus selulosa merupakan struktur selulosa yang tidak memiliki pola kristal yang teratur atau terstruktur secara jelas. Selulosa adalah polimer glukosa yang terdiri dari rantai panjang unit glukosa yang terhubung melalui ikatan  $\beta$ -1,4-glikosida. Dalam selulosa amorfus, unit-unit glukosa ini disusun secara acak atau tidak teratur (Cahyaningtyas dkk., 2020).

Perlakuan hidrolisis asam bertujuan untuk memecah bagian amorfus dari selulosa sehingga mereduksi ukuran serat seperti yang ditunjukkan seperti Gambar 2. Ketika asam sulfat berdifusi ke dalam serat terjadi pemisahan ikatan glikosidik sehingga terjadi pemisahan fibril pada selulosa yaitu struktur panjang dan halus yang membentuk selulosa. Fibril selulosa adalah unit struktural dasar dari selulosa (Julianto dkk., 2017)



Gambar 6. Reaksi Hidrolisis Asam pada Selulosa (Julianto dkk., 2017)

### 2.3. Prebiotik

Prebiotik pada umumnya adalah karbohidrat yang tidak dicerna dan tidak diserap, biasanya dalam bentuk oligosakarida dan serat pangan. Menurut Gibson dan Roberfroid (1995), prebiotik adalah suatu senyawa yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan, mampu menstimulir pertumbuhan probiotik, bakteri saluran pencernaan dan dapat menghambat pertumbuhan patogen sehingga dapat meningkatkan kesehatan inang.

Prebiotik dapat berperan sebagai alternatif untuk probiotik atau sebagai kofaktor probiotik. Prebiotik hanya meningkatkan pertumbuhan mikroflora menguntungkan dan atau mereduksi mikroflora patogen di dalam usus inang dengan mengurangi pH cairan usus melalui produksi asam-asam lemak rantai pendek (SCFA) yang selanjutnya akan digunakan mikroorganisme inang sebagai sumber energi (Harish dan Varghese, 2006). Secara umum, proses pencernaan prebiotik memiliki karakteristik dengan mengubah kepadatan populasi mikroflora non patogen saluran pencernaan (Caglar *et al.*, 2005).

Karakteristik utama dari prebiotik adalah tahan terhadap enzim pencernaan dalam usus manusia tetapi dapat difermentasi oleh koloni mikroflora. Dengan efek ini prebiotik dapat menghalangi bakteri yang berpotensi sebagai patogen, terutama *Clostridium* dan untuk mencegah diare. Penelitian Kusmiyati *et al.* (2018), menunjukkan bahwa prebiotik yang dikombinasikan dengan probiotik *L. casei* dapat menurunkan diare pada mencit yang diinduksi *E. coli*.

Komponen pangan yang dapat digolongkan sebagai prebiotik harus memenuhi kriteria yaitu: tahan terhadap asam lambung, tidak dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan dan tidak diserap oleh usus halus, difermentasi oleh mikroflora usus besar dan secara selektif menstimulir pertumbuhan dan/atau aktivitas bakteri dalam usus besar yang berkontribusi dalam kesehatan tubuh (Brownawell *et al.*, 2012).

Prebiotik secara alami banyak ditemukan pada makanan, sehingga orang tidak perlu mengonsumsi suplemen prebiotik. Prebiotik ditemukan dalam banyak buah-buahan dan sayuran, terutama yang mengandung karbohidrat kompleks, seperti serat dan pati resisten. Karbohidrat ini tidak dapat dicerna oleh tubuh, sehingga dapat melewati sistem pencernaan untuk menjadi makanan bagi bakteri dan mikroba baik lainnya. Senyawa karbohidrat yang tidak dapat dicerna dan diklasifikasikan sebagai prebiotik adalah jenis serat yang dapat difermentasi, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai serat makanan. Beberapa sumber makanan yang mengandung prebiotik yaitu umbi yakon, dahlia, gembili dan biji-bijian juga diklasifikasikan sebagai sumber prebiotik (Kusmiyati, 2020).

#### **2.4. Probiotik**

Probiotik merupakan pangan/suplemen pangan yang berisi mikroba hidup yang memberi efek yang menguntungkan (kesehatan) pada saluran pencernaan (Brady *et al.*, 2000). Probiotik menurut FAO/WHO (2007) adalah mikroorganisme hidup yang masuk dalam jumlah yang cukup sehingga dapat memberikan manfaat kesehatan bagi inang. Jumlah yang cukup yang dimaksud oleh FAO/WHO (2007) ini adalah  $10^6$ - $10^8$  CFU/g dan diharapkan dapat berkembang menjadi  $10^{12}$  CFU/g di dalam kolon. Menurut standar International Dairy Federation (IDF) jumlah minimum probiotik hidup sebagai acuan adalah  $10^6$  koloni/ml pada produk akhir (Indratingsih *et al.*, 2004).

Menurut *Food and Agriculture Organization/World Health Organization* (FAO/WHO) (2001), mikroorganisme probiotik seharusnya memiliki kemampuan untuk melewati sistem pencernaan dengan baik dan tahan terhadap lingkungan lambung serta cairan empedu dalam saluran pencernaan. Dengan kata lain, mereka harus bisa bertahan hidup selama perjalanan melalui saluran pencernaan dan terkena paparan empedu. Selain itu, probiotik juga perlu memiliki kemampuan untuk melekat pada permukaan sel-sel usus, membentuk koloni di saluran pencernaan, menghasilkan senyawa anti-mikroba yang disebut

bakteriosin, mampu berkembang biak dengan baik, dan memberikan manfaat yang positif bagi kesehatan manusia.

Efek positif dari konsumsi probiotik bagi kesehatan adalah mencegah diare karena dapat melawan rotavirus, menstimulasi sistem imun, mencegah pembengkakan usus (*irritable bowel diseases*), memberi manfaat bagi penderita intoleran laktosa, membantu mengatasi alergi, menurunkan resiko kanker, mencegah infeksi patogen di saluran pernapasan, mencegah konstipasi, dan menurunkan kadar kolesterol (Yulinery *et al.*, 2006). Menurut Ducluzeau *et al.* (1991), beberapa probiotik yang telah umum dan aman dipakai, yaitu *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, *Streptococcus cremoris*, *S. Lactis*, *Enterococcus faecium*, *Leuconostoc mesentroides*, *Propionibacterium shermanii*, *Pediococcus acidilactii*, *P. cerevisiae*, *Bifidobacterium adolescentis*, *B. coagulans*, *Bacteroides amylophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulopsis candida*, *Aspergillus niger*, dan *A. oryzae*. Bakteri probiotik yang umum dipakai juga dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Bakteri Probiotik Yang Umum Dipakai

Bakteri	Khamir
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>L. acidophilus</i>	<i>S. boulardi</i>
<i>L. paracasei</i>	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	
<i>Enterococcus faecium</i>	
<i>E. faecalis</i>	
<i>Bifidobacterium pseudolongum</i>	
<i>B. thermophilum</i>	
<i>B. breve</i> <i>B. bifidum</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>B. toyoi</i>	
<i>B. subtilis</i>	

Sumber: Metzler *et al.* (2005)



## 2.5. *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces cereviceae* merupakan khamir (*yeast*) yang tergolong eukariot mempunyai potensi kemampuan yang tinggi sebagai imunostimulan yaitu senyawa atau zat yang dapat meningkatkan atau merangsang sistem kekebalan tubuh. Khamir ini telah dipelajari karena potensinya dalam meningkatkan respons imun tubuh terhadap infeksi dan penyakit. *Saccharomyces cereviceae* secara morfologi hanya membentuk blastopora berbentuk bulat lonjong, silindris, oval atau bulat telur yang dipengaruhi oleh strainnya. Berkembang biak dengan membelah diri melalui “*budding cell*”. Reproduksi dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan serta jumlah nutrien yang tersedia bagi pertumbuhan sel (Pratiwi, 2018).

Proses glikolisis pada *Saccharomyces cereviceae* yaitu ketika glukosa masuk ke dalam sel, glukosa intrasel akan mengalami disimilasi dan atau asimilasi oleh proses metabolisme. Begitu glukosa di dalam sel, glukosa mengalami fosforilasi oleh enzimkinase menjadi glukosa-6-fosfat dan kemudian mengalami isomerisasi menjadi fruktosa-6-fosfat oleh enzim fosfoglukosa isomerase. Selanjutnya enzim fosfofruktokinase membantu metabolisme fosforilase fruktosa-6-fosfat menjadi fruktosa -1,6-bifosfat. Tahapan ini merupakan bagian awal dari proses glikolisis yang memerlukan energi dalam bentuk ATP. Aktivitas berikutnya melibatkan enzim aldolase, triosefosfat isomerase, gliseraldehid-3-fosfat dehidrogenase, fosfoglisarat kinase, fosfoglisarat mutase, enolase dan piruvat kinase. Tahap akhir proses glikolisis adalah pembentukan piruvat yang berkaitan dengan produk net energi dan pengurangan equalensi. Jalur glikolitik sangat esensial bagi seluruh spesies khamir (Kustyawati, 2018).

*Saccharomyces cereviceae* yang mempunyai kemampuan fermentasi telah lama dimanfaatkan untuk pembuatan berbagai produk makanan dan sudah banyak digunakan sebagai probiotik. Khamir *Saccharomices cerevisiae*, bakteri ini dapat dimanfaatkan sebagai probiotik, prebiotik dan kegunaan lainnya di dalam meningkatkan kesehatan (Ahmad, 2005). Dalam penelitian yang dilakukan Mancini dan Paci (2021), mendapatkan korelasi dari pemberian *S. cerevisiae*

terhadap bakteri pada kelinci yaitu dengan cara mengurangi jumlah bakteri patogen dan meningkatkan jumlah bakteri aerob dan anaerob yang menguntungkan di dalam usus.

*Saccharomyces cerevisiae* tumbuh optimal pada pH antara 4,8-5,0. Jika pH terlalu tinggi dan rendah maka akan membuat *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat tumbuh secara optimal (Buckle *et al.*, 2010). Suhu optimal yang diperlukan untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu suhu antara 28<sup>0</sup>C – 30<sup>0</sup>C dan suhu maksimal 35<sup>0</sup>C- 47<sup>0</sup>C. Suhu yang rendah akan membuat enzim pada sel *Saccharomyces cerevisiae* berubah sehingga enzim tidak dapat bergabung dengan substrat, akibatnya *Saccharomyces cerevisiae* tidak aktif yang disebut inaktif. Pada suhu yang tinggi enzim pada sel *Saccharomyces cerevisiae* akan mengalami kerusakan yang disebut denaturasi (Solikhin *et al.*, 2012).

## **2.6. Pemiakan *Saccharomyces cerevisiae***

*Saccharomyces cerevisiae* dapat diperoleh dari ragi atau *yeast*, *Yeast* merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam fungi uniseluler yang menyebabkan terjadinya fermentasi. *Yeast* biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Media tumbuh *yeast* ini dapat berbentuk cairan nutrien. *Yeast* umumnya digunakan dalam industri pangan untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, roti dan bir. *Yeast* berkembang biak dengan suatu proses yang dikenal dengan istilah pertunasan, yang menyebabkan terjadinya peragian. Sebagian besar *yeast* berasal dari mikroorganisme jenis *Saccharomyces cerevisiae* (Mudjajanto dan Yulianti, 2004).

*Saccharomyces cerevisiae* diperbanyak dengan metode kultur cair dengan menggunakan beberapa media perbanyakan. Isolasi khamir (*S.cerevisiae*) dapat dilakukan secara komersial menggunakan fermipan. Menurut Febriyanti *et al.* (2017), isolasi khamir dilakukan dengan cara mengambil 1 gram ragi roti dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 9 mL akuades steril ( $10^{-1}$ ) lalu dikocok hingga menjadi homogen. Selanjutnya dilakukan pengenceran  $10^{-2}$

dengan mencampurkan 1 mL homogenat dengan 9 mL akuades steril. Hal tersebut dilakukan seterusnya hingga tingkat pengenceran mencapai  $10^{-8}$ . Inokulum pada pengenceran  $10^{-1}$  sampai dengan pengenceran  $10^{-8}$  dibiakkan pada medium PDA dengan mengambil 1 mL larutan menggunakan pipet, kemudian disebarakan pada permukaan secara merata, lalu diinkubasi pada suhu  $35^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam. Perbanyakan *S. cerevisiae* dilakukan menggunakan metode kultur cair. *S. cerevisiae* dibiakkan dalam media *Yeast Malt Broth* (YMB) untuk masa adaptasi.

## 2.7. *Escherichia coli*

*Escherichia coli* termasuk pada family Enterobacteriaceae. *E. coli* merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang pendek atau sering disebut kokobasil. Gram negatif memiliki dinding sel yang lebih tipis. Dinding selnya memiliki membran luar tambahan yang mengandung lipopolisakarida yang berfungsi sebagai perlindungan tambahan dan menjadi target bagi beberapa antibiotik. Sedangkan gram positif memiliki dinding sel tebal yang terdiri dari peptidoglikan, dinding selnya mengandung lipoteikoid dan teikoid yang membantu dalam struktur dan fungsi. Bakteri ini mempunyai flagel, yang mempunyai ukuran  $0,4-0,7 \mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$ . *E. coli* memiliki panjang sekitar  $2 \mu\text{m}$ , diameter  $0,7 \mu\text{m}$ , lebar  $0,4-0,7 \mu\text{m}$ , dan bersifat anaerob fakultatif dan membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata (Martani, 2020).

Menurut Zakia *et al.* (2015), klasifikasi bakteri *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Escherichia</i>
Spesies	: <i>Escherichia coli</i>

*Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif yang menghuni saluran pencernaan. Kebanyakan jenisnya tidak menyebabkan penyakit, namun terdapat 5 patotipe yang berhubungan dengan diare: *E. coli enterotoksigenik* (ETEC), *E. coli penghasil toksin Shiga* (STEC), *E. coli enteropatogenik* (EPEC), *E. coli enteroagregatif* (EAEC), dan *E. coli enteroinvasif* (EIEC). *Enterotoxigenic E. coli* (ETEC) adalah *E. coli* patogen penyebab utama diare akut dengan dehidrasi pada anak-anak dan orang dewasa. ETEC menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan terjadinya ekskresi cairan elektrolit tubuh sehingga timbul diare dengan dehidrasi. EPEC (*Enteropathogenic E. coli*), merupakan strain pertama diantara strain *E. coli* yang berhasil diidentifikasi sebagai penyebab diare patogenik (Rahayu *et al.*, 2018).

EIEC (*Enteroinvasive E. coli*) mempunyai beberapa persamaan dengan *Shigella* antara lain dalam hal reaksi biokimia dengan gula-gula pendek, serologi dan sifat patogenitasnya. EIEC mengadakan penetrasi mukosa usus dan mengadakan multiplikasi pada sel-sel epitel colon (usus besar). Kerusakan yang terjadi pada epitel usus menimbulkan diare berdarah. EHEC (*Enterohaemorrhagic E. coli*) Patogenitas EHEC adalah dengan memproduksi sitotoksin yang bertanggung jawab terhadap terjadinya peradangan dan perdarahan yang meluas di usus besar yang menimbulkan terjadinya *haemolytic ureamic syndrome* terutama pada anak-anak. EAEC (*Enteroadherent E. coli*) patogenitas EAEC terjadi karena kuman melekat rapat-rapat pada bagian mukosa intestinal sehingga menimbulkan gangguan. Mekanisme terjadinya diare yang disebabkan menghasilkan sitotoksin yang menyebabkan terjadinya diare. *Escherichia coli* memiliki siklus hidup yang cepat yang memungkinkan penelitian dan pengujian dapat dilakukan dengan cepat. Banyak strain *E. coli* yang digunakan dalam penelitian mikrobiologi tidak patogenik dan dianggap aman untuk digunakan. (Rahayu *et al.*, 2018).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Mikrobiologi Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dan Laboratorium Bioteknologi Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan November 2023 sampai bulan Januari 2024.

#### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat mesokarp kelapa sawit yang didapat dari PTPN VII Bandar Lampung, ragi roti (Fermipan), kultur khamir *Saccharomyces cerevisiae*, PDA (*Potato Dextrose Agar*), NB (*Nutrient Broth*), NA (*Nutrient Agar*), EMBA (*Eosin Methylene Blue Agar*), MEA, bakteri patogen *Escherichia coli*, kertas saring, etanol 96%, NaOH, aquadest, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, glukosa dan inulin.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, grinder, baskom, kompor, talenan pisau, autoklaf, inkubator, kain saring, *shaker*, erlenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, aluminium foil, gelas ukur, beaker glass, pipet tetes, mikropipet, *colony counter*, termometer, evaporator, batang pengaduk, bunsen, pengaduk kaca, hotplate, jarum ose, laminar air flow dan rak tabung reaksi.

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian meliputi dua tahap, tahap pertama yaitu pembuatan selulosa tepung mesokarp kelapa sawit dan tahap kedua pengujian potensi prebiotik selulosa serat mesokarp kelapa sawit. Penelitian utama dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan faktor tunggal dan tiga kali pengulangan. Faktor tunggal adalah konsentrasi penambahan ekstrak tepung serat mesokarp kelapa sawit, perlakuan konsentrasi terdiri dari 7 taraf yaitu P0 sebagai control netral (tanpa penambahan), P1 sebagai kontrol negatif (glukosa 1%), P2 sebagai kontrol positif (inulin 2%), P3 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (2%), P4 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (4%), P5 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (6%), P6 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (8%) dan P7 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (10%) (b/v). Percobaan diulang 3 kali ulangan, sehingga total unit percobaan  $16 \times 3 = 48$  unit percobaan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam (Anova) dan dilanjutkan uji lanjutan BNT pada taraf 5%. Pengamatan yang dilakukan adalah uji pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Escherichia coli*. Penentuan variasi konsentrasi ekstrak tepung serat mesokarp buah kelapa sawit mengacu pada ekstrak kulit kacang tanah sebagai media pertumbuhan mikroba probiotik (Novianto *et al.*, 2020).

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

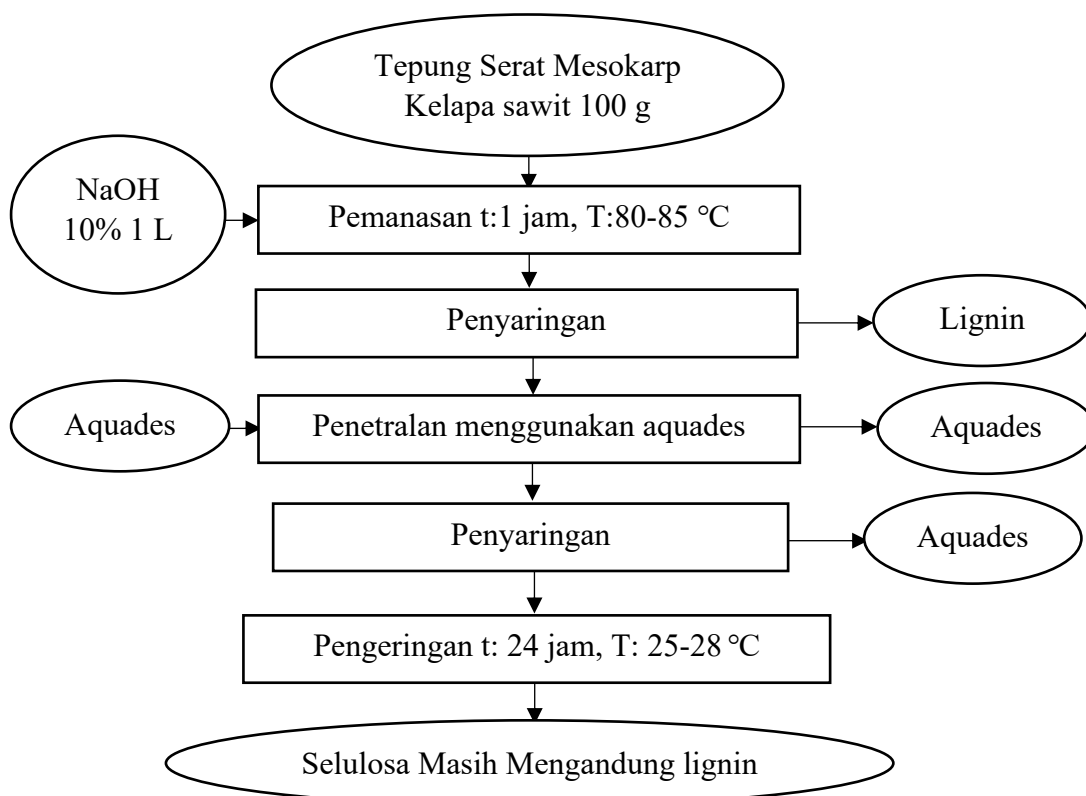
#### 3.4.1. Ekstraksi Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit

##### a. Pembuatan Tepung Serat Mesokarp Kelapa Sawit

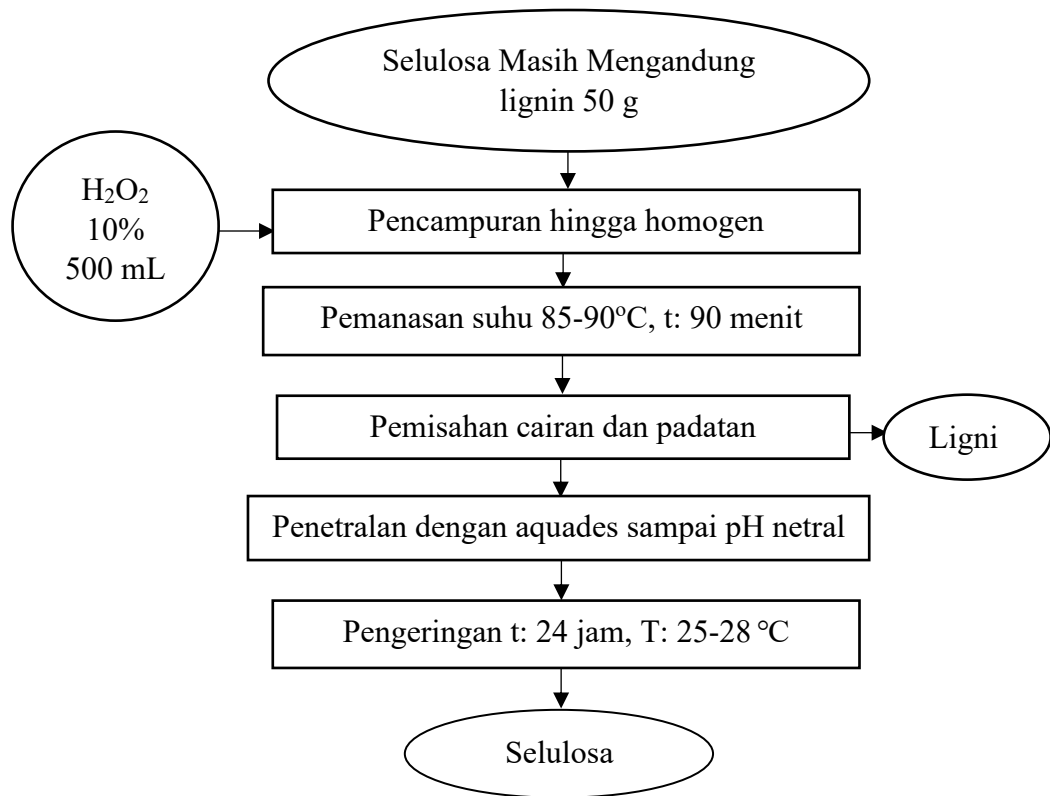
Proses pembuatan tepung serat mesokarp kelapa sawit mengikuti prosedur Bakar (2009), tahapan yang dilakukan yaitu pertama serat mesokarp kelapa sawit sebanyak 500 gram dicuci lalu ditiriskan selama 0,5 jam, setelah itu dipotong-potong dengan ukuran 5 cm. Tahapan ketiga yaitu serat mesokarp kelapa sawit ditumbuk dan disaring menggunakan ayakan 80 mesh sehingga diperoleh tepung serat mesokarp kelapa sawit.

### b. Pembuatan Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit

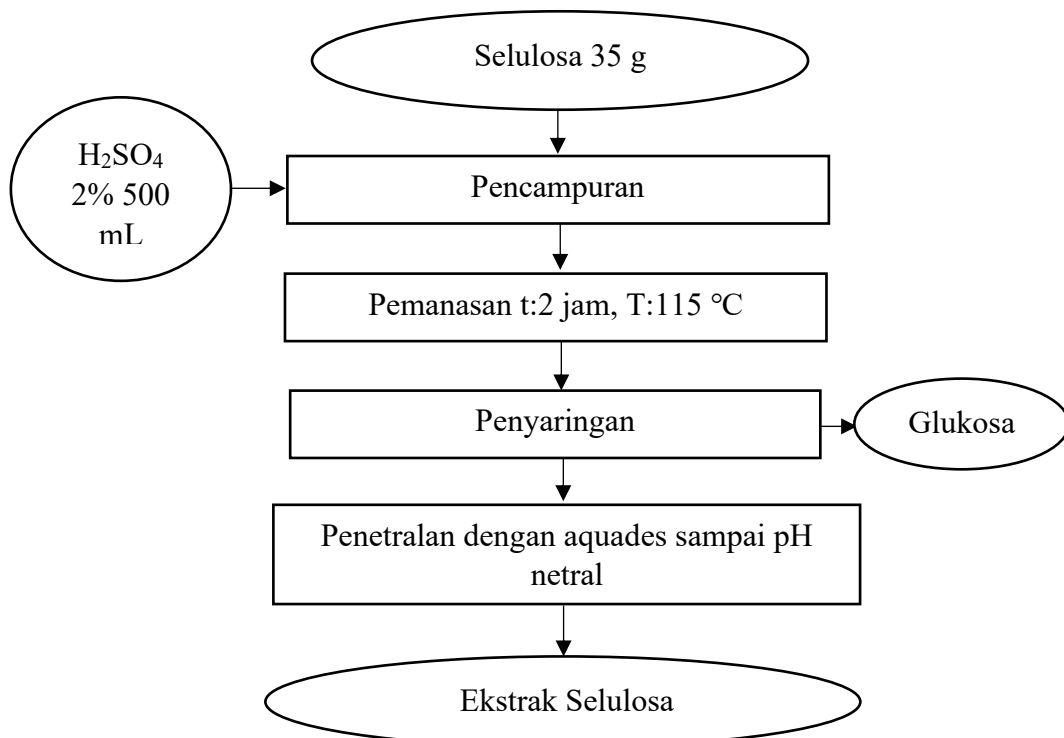
Ekstraksi Selulosa tepung serat mesokarp kelapa sawit mengacu pada penelitian Megashah dkk. (2017) dengan metode hidrolisis asam. Tepung serat mesokarp kelapa sawit akan dipanaskan dengan larutan NaOH untuk menghilangkan lignin dengan konsentrasi 10% b/v pada suhu 80-85 °C selama 1 jam. Rasio padatan dan cairan ditetapkan pada 1:10 (w:v). Setelah itu dilakukan penetralan dan dikeringkan. Tepung serat mesokarp selanjutnya di *bleaching* dengan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> untuk menghilangkan sisa lignin dengan konsentrasi 10% b/v, setelah itu dipanaskan dengan *hotplate* pada suhu 85-90°C selama 1.5 jam. Kemudian dilakukan penetralan dan dikeringkan. Selanjutnya tepung serat mesokarp kelapa sawit sebanyak 35 gram dimasukkan ke dalam 500 mL (7% w/v) dan dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan dicampurkan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk memecah ikatan selulosa dengan 2% (v/v) kemudian dilakukan proses hidrolisis selama 2 jam pada suhu 115 °C, setelah itu dilakukan penetralan dan pengeringan. Penetralan dilakukan supaya khamir *S. cerevisiae* dan bakteri *E. coli* dapat tumbuh dengan optimal. Ekstraksi selulosa serat mesokarp kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 7, 8 dan 9 sebagai berikut.



Gambar 7. Diagram Alir Proses Penghilangan Lignin (Megashah *et al.*, 2017).



Gambar 8. Diagram Alir Proses *Bleaching* (Dewanta, 2018).



Gambar 9. Diagram Alir Hidrolisis Asam Serat Mesokarp Kelapa Sawit (Ni'mah *et al.*, 2016).



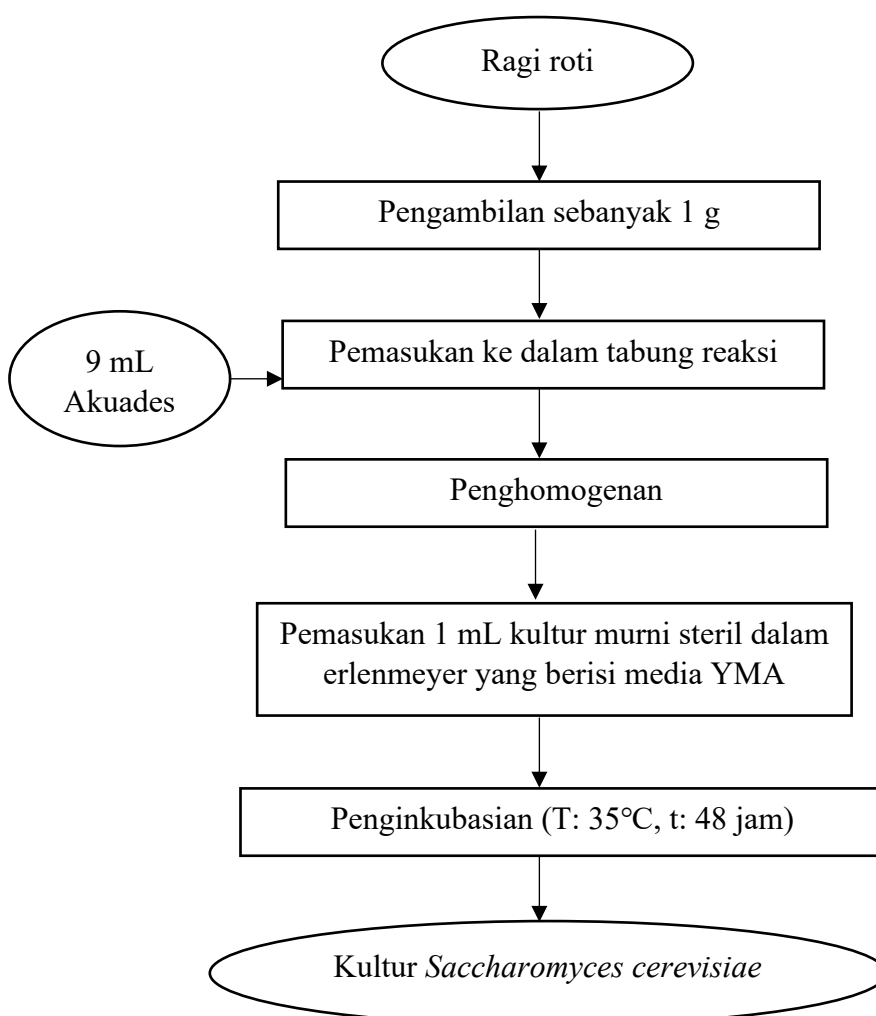
### 3.4.2. Persiapan Kultur Bakteri

Persiapan kultur bakteri uji adalah sebagai berikut:

a. Persiapan *Saccharomyces cerevisiae* (Febriyanti *et al.*, 2017)

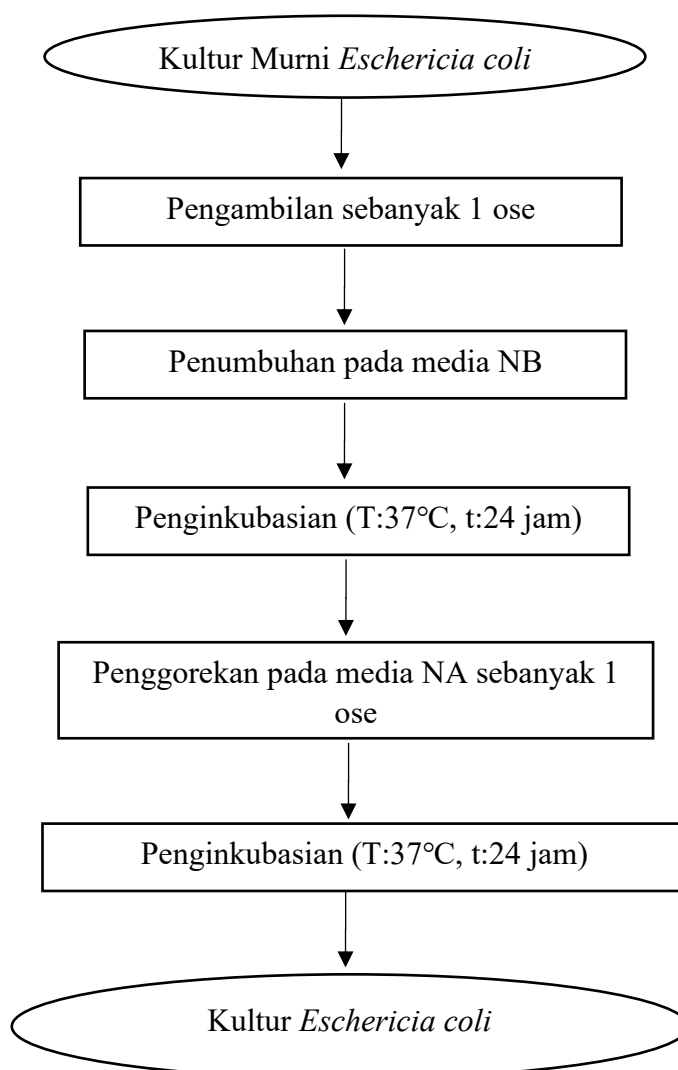
Sebanyak 1 gram ragi roti merek fermipan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 9 mL akuades steril lalu dikocok hingga menjadi homogen.

Inokulum dibiakkan pada medium YMA dengan mengambil 1 mL larutan menggunakan pipet, lalu dinkubasi pada suhu 35°C selama 48 jam. Diagram alir pembuatan kultur *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada Gambar 10 berikut:



Gambar 10. Diagram Alir Pembuatan Kultur *Saccharomyces cerevisiae* (Febryanti *et al.*, 2017).

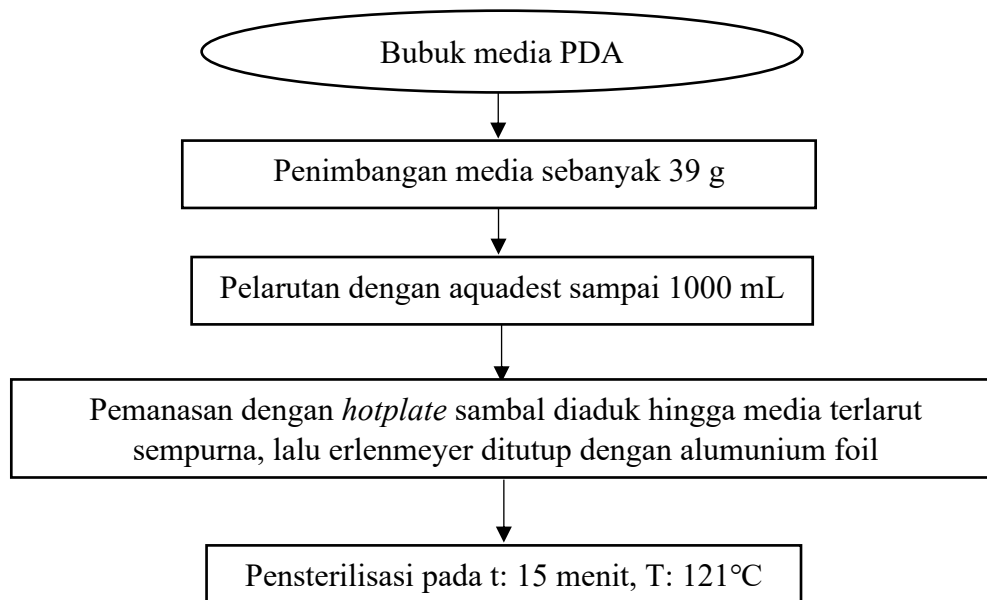
b. Persiapan *Escherichia coli* (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012)  
Persiapan *Escherichia coli* menggunakan media Nutrient Broth dan media *Nutrient Agar* miring. *Echerichia coli* sebanyak 1 ose ditumbuhkan pada media Nutrient Broth (NB), selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian, diambil 1 ose dan digores pada permukaan medium *Nutrient Agar* (NA) miring, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Diagram alir pembuatan kultur *Escherichia coli* dapat dilihat pada Gambar 11 sebagai berikut.



Gambar 11. Diagram Alir Pembuatan Kultur *Escherichia coli* (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2012).

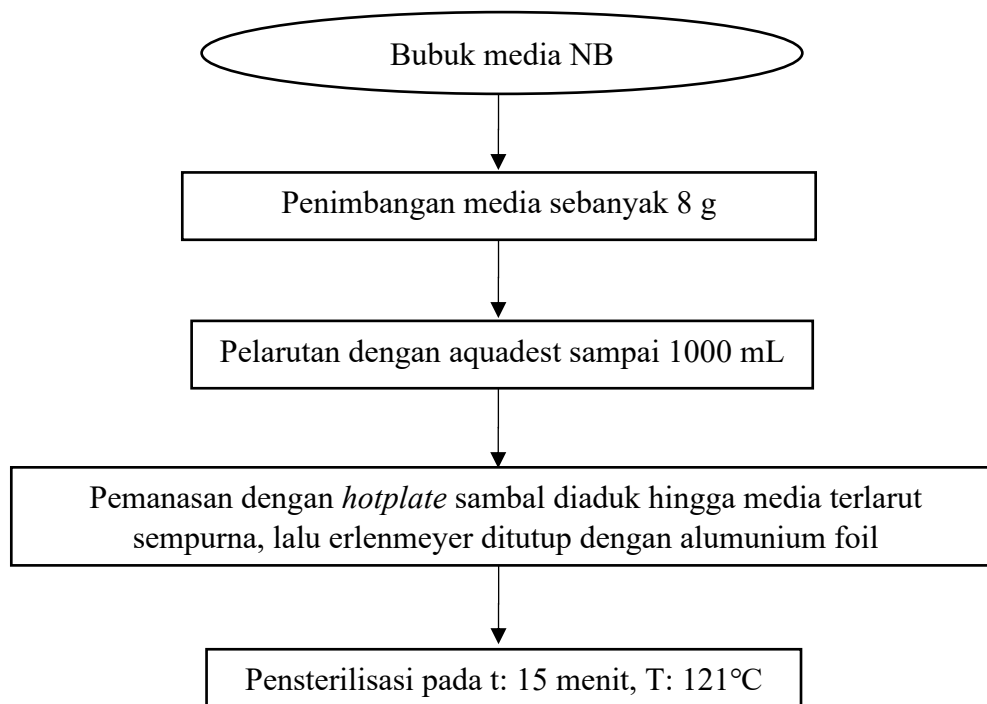
### 3.4.3. Persiapan Media Pertumbuhan

#### a. Persiapan Media PDA (Sa'adah, 2018)



Gambar 12. Persiapan Media PDA (Sa'adah, 2018).

#### b. Persiapan Media NB (Fardiaz, 1989)



Gambar 13. Persiapan Media NB (Fardiaz, 1989).

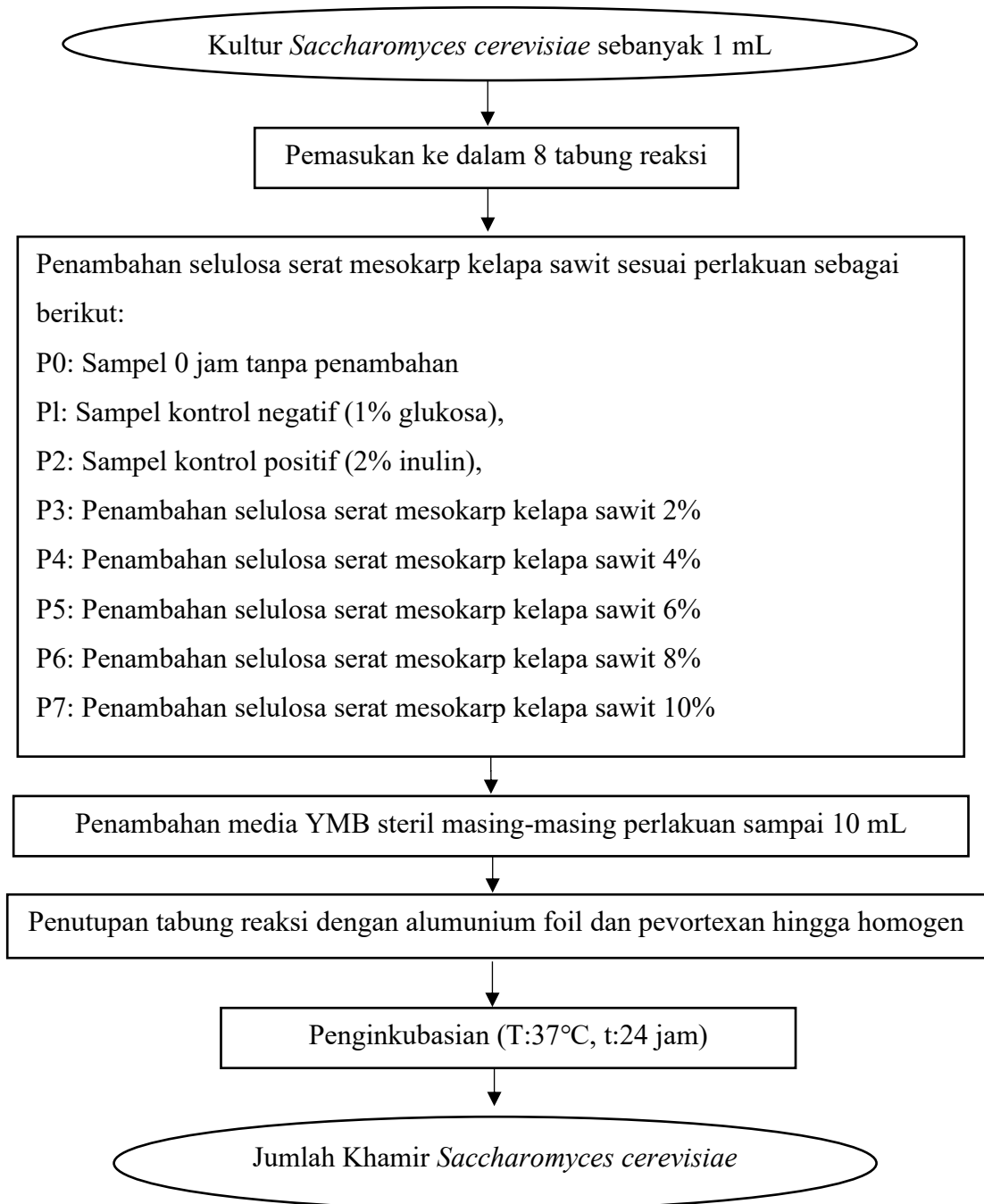
#### 3.4.4. Pengujian Prebiotik Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Eschericia coli*

##### a. Pengujian Prebiotik Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Khamir *Saccharomyces cerevisiae*

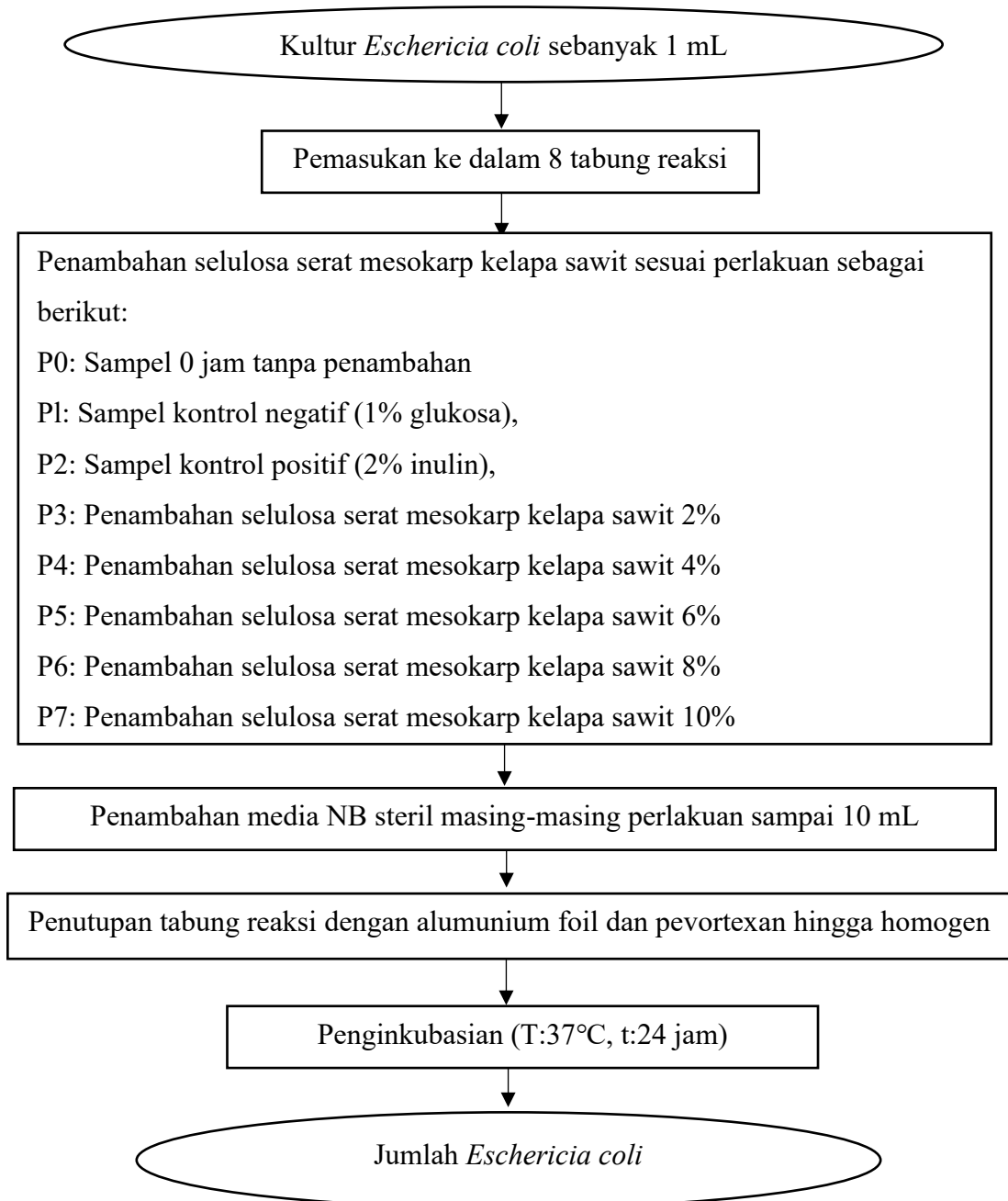
Kultur *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh diambil 1 mL dan dimasukkan kedalam masing-masing 7 tabung reaksi. Kemudian ditambahkan selulosa mesokarp kelapa sawit sesuai perlakuan sebagai berikut: P0 media tumbuh mikroba tanpa penambahan substrat, P1 sebagai kontrol negatif (1% glukosa), P2 sebagai kontrol positif (2% inulin), P3 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (2%), P4 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (4%). P5 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (6%). P6 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (8%), P7 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (10%) (b/v). Setelah itu, ditambahkan media YMB steril masing-masing perlakuan sampai 10 mL. Tabung reaksi ditutup dengan aluminium foil lalu divortex hingga homogen, selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C secara aerobik dan diperoleh kerapatan kultur khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Pengujian prebiotik selulosa serat mesokarp kelapa sawit terhadap bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dapat dilihat pada Gambar 14.

##### b. Pengujian Prebiotik Selulosa Serat Kelapa Sawit Terhadap Bakteri *Eschericia coli*

Kultur *Eschericia coli* yang diperoleh dimasukkan kedalam 7 tabung reaksi yang masing-masing berisi 1 mL. Kemudian ditambahkan selulosa mesokarp kelapa sawit sesuai perlakuan sebagai berikut: P0 media tumbuh mikroba tanpa penambahan substrat, P1 sebagai kontrol negatif (1% glukosa), P2 sebagai kontrol positif (2% inulin), P3 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (2%), P4 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (4%). P5 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (6%). P6 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (8%), P7 selulosa serat mesokarp kelapa sawit (10%) (b/v). Setelah itu, ditambahkan media NB steril masing-masing perlakuan sampai 10 mL, selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C secara aerobik dan diperoleh kerapatan kultur bakteri *Eschericia coli*. Pengujian prebiotik selulosa serat kelapa sawit terhadap bakteri *Eschericia coli* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Diagram Alir Pengujian Sifat Prebiotik Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Khamir *Saccharomyces cerevisiae* (Figuroa-Gonzalez *et al.*, 2019 dimodifikasi).



Gambar 15. Diagram Alir Pengujian Sifat Prebiotik Selulosa Serat Mesokarp Kelapa Sawit Terhadap Bakteri *Escherichia coli* (Figuroa-Gonzalez *et al.*, 2019 dimodifikasi).

### 3.5. Pengamatan

#### 3.5.1. Total Khamir *Saccharomyces cerevisiae*

Total khamir *Saccharomyces cerevisiae* diukur menggunakan metode *pour plate* yaitu sebanyak 1 mL sampel dimasukkan ke dalam 9 mL larutan garam fisiologis steril. Campuran tersebut diperoleh pengenceran  $10^{-1}$ . Campuran kemudian dihomogenkan dan diambil 1 mL larutan dari tabung pertama dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berikutnya yang berisi 9 mL larutan garam fisiologis sehingga diperoleh pengenceran  $10^{-2}$  dan seterusnya sampai diperoleh pengenceran yang sesuai untuk bakteri *Saccharomyces cerevisiae*  $10^{-8}$ . Pengenceran yang dikehendaki diambil 0,1 mL sampel dengan mikropipet, lalu disebarakan pada cawan petri steril kemudian dituangkan kira-kira berisi 10-15 mL media MEA yang masih cair setelah itu dihomogenkan. Kemudian cawan diinkubasi secara terbalik pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam dan dihitung koloni yang tumbuh. Total koloni yang terhitung harus memenuhi standar *International Comission Microbiology Food* (ICMF) yaitu antara 30 sampai 300 koloni per cawan petri.

#### 3.5.2. Total Khamir *Eschericia coli*

Total bakteri *Eschericia coli* diukur menggunakan metode *pour plate* yaitu sebanyak 1 mL sampel dimasukkan ke dalam 9 mL larutan garam fisiologis steril. Campuran tersebut diperoleh pengenceran  $10^{-1}$ . Campuran kemudian dihomogenkan dan diambil 1 mL larutan dari tabung pertama dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berikutnya yang berisi 9 mL larutan garam fisiologis sehingga diperoleh pengenceran  $10^{-2}$  dan seterusnya sampai diperoleh pengenceran yang sesuai untuk ( $10^{-3}$  sampai dengan  $10^{-5}$ ). Pengenceran yang dikehendaki diambil 0,1 mL sampel dengan mikropipet, lalu disebarakan pada cawan petri steril kemudian dituangkan kira-kira berisi 10-15 mL media EMBA yang masih cair setelah itu dihomogenkan. Kemudian cawan diinkubasi secara terbalik pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$  selama 48 jam dan dihitung koloni yang tumbuh.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, pertumbuhan bakteri ini tidak berbeda dengan pertumbuhan yang diberi substrat inulin yang dimana inulin merupakan prebiotik.
2. Konsentrasi selulosa serat mesokarp kelapa sawit tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *Eschericia coli*. Bakteri *Eschericia coli* sedikit hidup pada substrat selulosa serat mesokarp kelapa sawit.

### 5.2 Saran

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari selulosa serat mesokarp dengan menggunakan metode hidrolisis asam dan basa perlu dilakukan uji fitokimia untuk mengetahui kandungan lain yang terkandung pada serat mesokarp kelapa sawit.
2. Suhu pada melakukan ekstraksi selulosa serat mesokarp kelapa sawit harus diperhatikan karena suhu berpengaruh terhadap kemurnian selulosa.
3. Kondisi penanganan mikroba sebaiknya berada pada anaerob.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adibi, S., Nordan, H., Ningsih, S. N., Kurnia, M., Evando dan Rohiat, S. 2017. Aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak daun *Strobilanthes crispus* Bl (Keji Beling) ) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 1( 2): 148-154.
- Ahmad, R. Z. 2005. Pemanfaatan khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk ternak. *Jurnal Ilmu Peternakan dan Kesehatan*. 15(1) : 49–55.
- Ariyani, S. B., Hidayat, M.R., Ratiwulan, H dan Mulyono, A.S. 2020. Optimasi proses ekstraksi asam ferulat secara alkali dari serat mesokarp sawit menggunakan metode permukaan respon. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*.15(2) : 1-11.
- Azhar, M. 2009. Inulin sebagai prebiotik. *Jurnal SAINSTEK*. 12(1) : 2-7.
- Bandan Pusat Statistik. 2021. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2021*. Indonesia Oil Palm Statistics. 157 hlm.
- Bakar, A. 2009. Penentuan kadar arsen dan besi dalam tepung serat sawit yang telah dipucatkan menggunakan  $\text{HClO}_4$  dan arang dari limbah pabrik kelapa sawit. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*. 1(1) : 27-33.
- Brady, L. J., Gallaher, D. D dan Busta, F. F. 2000. The role of probiotic cultures in the prevention of colon cancer. *J. Nutr.* 1(3): 410-414.
- Brownawell, A. M., Caers, W., Gibson, G. R., Kendall, C. W. C., Lewis, K. D., Ringel, Y dan Slavin, J. L. 2012. Prebiotics and the health benefits of fiber: regulatory status, future research, and goals. *Journal of Nutrition*. 142(5) : 962–974.
- Buckle, K. A., Edward, R. A., Fleet, G. H dan M. Wotton. 2010. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia Press, Jakarta. 364 hlm.

- Cahyaningtyas, A. A., Amalia, B., Yunita, E., Karima, R., Malisa, T dan Nugroho, B. J. 2020. Pengaruh hidrolisis menggunakan asam sulfat pada karakteristik *micro fibrillated cellulose* (MFC) dari serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai agen nukleasi. *Jurnal Litbang Industri*. 10(1) : 1-6.
- Cahyaningtyas, F. D dan Wikandari, P. R. 2022. Potensi fruktooligosakarida dan inulin bahan pangan lokal sebagai sumber prebiotik. *Jurnal Kimia*. 11(2) : 98-99.
- Clinical dan Laboratory Standards Institute. 2012. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. *Approved standard - Eleventh edition, Wayne*. 32(1) : 2-11.
- Dewanti, D. P. 2018. Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1) : 45-47.
- FAO/WHO. 2001. *Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria*. Amerian Córdoba Park Hotel, Córdoba, Argentina. 1-12.
- FAO/WHO. 2007. *The Role of Carbohydrates in Nutrition*. Chapter dalam FAO/WHO Expert Consultation on Carbohydrates in Human Nutrition, Roma. 1-9.
- Fardiaz, S. 1987. *Penuntun Praktikum Mikrobiologi Pangan Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi*. FATETA IPB, Bogor. 112 hlm.
- Fairudz, A dan Nissa, K. 2015. Pengaruh serat pangan terhadap kadar kolesterol penderita overweight. *Jurnal Majority*. 4(8) : 122-127.
- Fauzi, Y., Widyastuti Y., Satyawibawa I dan Rudi, H. 2012. *Kelapa Sawit: Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya, Jakarta. 168 hlm.
- Febriyanti, A. E., Sari, C. N dan Adisyahputra, A. 2017. Efektivitas media pertumbuhan khamir komersial (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk fermentasi bioetanol dari enceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Bioma*. 12(2) : 112.

- Figuroa-gonzález, I., Rodríguez-serrano, G., Gómez-ruiz, L., García-garibay, M., dan Cruz-guerrero, A. 2019. *Prebiotic effect of commercial saccharides on probiotic bacteria isolated from commercial products*. 2061(3) : 747–753.
- Gibson, G.R. and Roberfroid, M.B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of probiotics. *J. Nutr.* 125(2) : 1401-1412.
- Harahap, A. H., 2018. Uji efektivitas pupuk organik cair (POC) dari kulit pisang kepok dan urine sapi pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) di pembibitan utama. *Skripsi*. Universitas Medan Area. Medan.
- Harish, K dan Varghese, T. 2006. Probiotic in humans-evidence based review. *Cal. Med. J.* 4(4) : 31-41.
- Hartanto, S dan Ratnawati. 2010. Pembuatan karbin aktif dari tempurung kelapa sawit dengan metode aktivasi kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1) : 12-16.
- Huebner, J.R.L., Wehling, R.W dan Hutkins. 2007. Functional activity of commercial prebiotics. *International Dairy Journal*. 17 : 770–775.
- Indratingsih, W. S., Salasia, S., dan E. Wahyuni. 2004. Produksi yoghurt shiitake (*yohsitake*) sebagai pangan kesehatan berbasis susu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 15(1) : 54-60.
- Julianto, H., Farid, M dan Rasyda, A. 2017. Ekstraksi nanoselulosa dengan metode hidrolisis asam sebagai penguat komposit absorpsi suara. *Jurnal Teknik ITS*. 6(2) : 2337-3539.
- Kurniawati, W. 2016. Potensi serat pangan edamame (*Glycine max*) sebagai agen prebiotik dengan variasi pra proses. *Skripsi*. Universitas Jember.
- Kusmiyati, N. 2020. *Prebiotik Nutrisi Sehat Saluran Pencernaan*. CV. Pena Persada, Purwokerto. 120 hlm.
- Kusmiyati, N., Wahyuningsih, T.D dan Widodo. 2018. *Effect of Synbiotics Lactobacillus casei AP and Inulin Extract Dahlia pinnata L. in Enteropathogenic Escherichia coli - Induced Diarrhea*. Proceeding IEEE 978-1-5386-7599-1/18.
- Kustyawati, M. E. 2018. *Saccharomyces cerevisiae Metabolit dan Agensia Modifikasi Pangan*. Graha Ilmu, Yogyakarta. 163 hlm.

- Luthfi, P. 2016. Analisa pemanfaatan biomassa pabrik kelapa sawit untuk sumber pembangkit listrik. *Journal of Electrical Technology*. 1(2) : 2502–3624.
- Mancini, S dan Paci, G. 2021. Probiotics in rabbit farming: growth performance, health status, and meat quality. *Animal*. 11(12) : 3388
- Martani, N. S. 2020. *Mera echerichia coli efek resisten merkuri terhadap resistensi antibiotik*. CV. Media Sains Indonesia. 179 hlm.
- Marvie, I., Sitanggang, A. B dan Budijanto, S. 2022. Produksi selobiosa dari hidrolisis kulit umbi singkong dan uji aktivitas prebiotiknya pada *Lactobacillus plantarum*. *Jurnal agritech*. 43(2) : 231-241.
- Megashah, L. N., Ariffin, H dan Zakaria, M. R. 2017. Karakteristik selulosa dari serat mesocarp kelapa sawit yang diekstraksi dengan metode pretreatment multi langkah. *Jurnal Ilmu dan Rekayasa Material*. 1(20) : 368.
- Meirza, S., Hadi, M. S., Teti, E dan Ella, S. 2014. Efek prebiotik dan sinbiotik simplisia daun cincau hitam (*Mesona palustris BL*) secara in vivo: kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3) : 140-148.
- Metzler dan W. Michael. 2000. *Instructional Model for Physical Education*. Allyn and Bacon Press. USA. 139 hlm.
- Mudjajanto, S. E dan L.N.Yulianti. 2004. *Membuat Aneka Roti*. Penerbit Swadaya, Jakarta. 80 hlm.
- Netty, I. I., Salimi, Y. K dan Deasy, N. B. *Buku Ajar: Biokimia Dasar*. UNG Press, Gorontalo. 117 hlm.
- Ni'mah, L., Ghofur, A dan Samiawi, A. K. 2016. Pemanfaatan serat kelapa sawit untuk pembuatan gasohol (premium-bioetanol) dengan pretreatment lignocelulotic material dan fermentasi dengan menggunakan ragi tape dan npk. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Nugroho, A. 2017. *Buku Ajar Teknologi Bahan Alam*. Kayu Tangi, Banjarmasin. 155 hlm.
- Nugroho, A. 2019. *Teknologi Agroindustri Kelapa Sawit*. Kayu Tangi, Banjarmasin. 183 hlm.

- Nurlita, M. 2018. Potensi ekstrak buah naga putih (*Hylocereus undatus*) sebagai prebiotik. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Park, J., Kim, P., Jang, J., Wang, Z., Hwang, B dan Devries, K. 2008. Interfacial evaluation and durability of modified Jute fibers/polypropylene (PP) composites using micromechanical test and acoustic emission. *Compos Part B Eng.* 39, 1042–1061.
- Phirom-on, K dan Apiraksakorn, J. 2021. Pengembangan berbasis selulosa serat prebiotik dari kulit pisang by hidrolisis enzimatik. *Jurnal Biosains.* 4(1) : 10.
- Pratiwi, A. R., Yusran, H., Isiwati dan Artati. 2023. Analisis kadar antioksidan pada ekstrak daun binahong hijau *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis. *Jurnal Biologi Makasar.* Vol 8(2) : 66-74.
- Pratiwi, L. D. 2018. Kajian kinetika pertumbuhan mikroorganisme & kandungan  $\beta$ -glukan selama fermentasi tempe dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae*. (*Skripsi*). Universitas Lampung.
- Raharja, S., Imam, P dan Fitria, Y. 2004. Ekstraksi dan alalisa dietary fiber dari buah mengkudu (*Morinda citrifolia*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian.* 14(1) : 30-39.
- Rahayu, W. P., Nurjanah, S dan Komalasari, E. 2018. *Escherichia coli: Patogenitas, Analisis, Dan Kajian Risiko*. IPB Press, Bogor. 136 hlm.
- Risal, Y. 2019. Kajian populasi serangga penyerbuk elaeidobius kamerunicus pada pertanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*). *Skripsi*. Politeknik Pertanian Negri Pangkep.
- Roberfroid, M. B. 2004. Inulin-type fructans: Functional food ingredients. *J. Nutr.* 137(11) : 2493-2502.
- Sa'adah. 2018. Pembiakan khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan uji antagonis terhadap *Gloeosporium Sp.* penyebab penyakit busuk buah pada apel. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Solikhin, N., A. S. Praseyo dan L. Buchori. 2012. Pembuatan bioethanol hasil hidrolisa bonggol pisang dengan fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.* 1(1) : 124-129.

- Sulistijani, D. A. 2001. *Sehat Dengan Menu Berserat*. Trubus Agriwidya, Jakarta. 58 hlm.
- Valencia dan Fitra, T. R. S. 2021. Proses pengolahan tandan buah segar di PKS sawit seberang PT perkebunan nusantara II. *Laporan Kuliah Praktik*. Universitas Sumatera Utara.
- Vika, Y., Mudji, S dan Nurul, A. 2017. Hubungan antara diameter batang dengan umur tanaman terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kelapa sawit. *Jurnal Buana Sains*. 17(1) : 43-48.
- Wihansah, R. R. S. 2018. Pengaruh pemberian glukosa yang berbeda terhadap adaptasi *Escherichia coli* pada cekaman lingkungan asam. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*. 13(1) : 36-42.
- Yulinery, T., Yulianto, E dan Nurhidayat, N. 2006. Uji fisiologis probiotik *Lactobacillus sp* mar 8 yang telah dienkapsulasi dengan menggunakan spray dryer untuk menurunkan kolesterol. *Biodiversitas*. 7(2) : 118 –122.
- Novianto, E. D., Monica, S. I. P., Suwasdi., Mursilati, M dan Purnomo, S. B. 2020. Pemanfaatan limbah agroindustri kacang tanah sebagai media pertumbuhan mikrobia probiotik *Lactobacillus bulgaricus*. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 9(1) : 35-41.
- Zakia, B., Hatta, M dan Massi, M. N. 2015. Deteksi keberadaan bakteti *Escherichia Coli* O157:H7 pada feses penderita diare dengan metode kultur dan PCR. *JST Kesehatan*. 5(2): 184-192.
- Zulfiansyah. 2022. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan berbagai komposisi media tanam organik pada tahap pre nursery. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.