

**PENGARUH LAMA INKUBASI DAN PH TERHADAP  
PRODUKSI SELULOSA BAKTERI DARI BAKTERI  
PENGHASIL SELULOSA YANG DIISOLASI DARI  
BUAH PEPAYA**

**EFFECT OF INCUBATION TIME AND PH ON  
BACTERIA CELLULOSE PRODUCTION FROM  
CELLULOSE PRODUCING BACTERIA ISOLATED  
FROM PAPAYA**

**JORDY NATALINO CHANDIARY**

**N011 19 1007**



**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENGARUH LAMA INKUBASI DAN PH TERHADAP PRODUKSI  
SELULOSA BAKTERI DARI BAKTERI PENGHASIL SELULOSA YANG  
DIISOLASI DARI BUAH PEPAYA**

**EFFECT OF INCUBATION TIME AND PH ON BACTERIA CELLULOSE  
PRODUCTION FROM CELLULOSE PRODUCING BACTERIA ISOLATED  
FROM PAPAYA**

**SKRIPSI**

**untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi  
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana**

**JORDY NATALINO CHANDIARY**

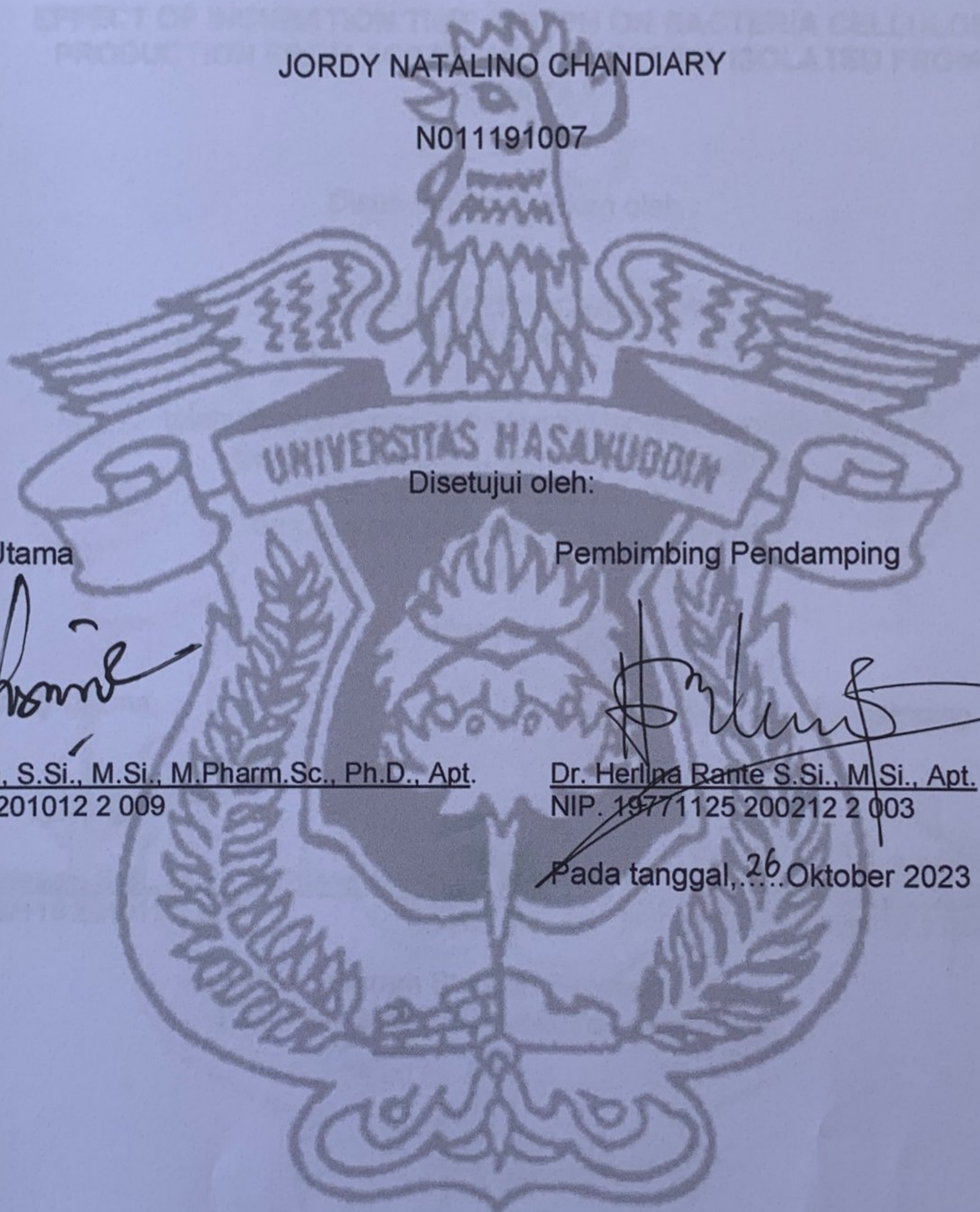
**N011 19 1007**

**PROGRAM STUDI FARMASI  
FAKULTAS FARMASI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

PENGARUH LAMA INKUBASI DAN PH TERHADAP PRODUKSI  
SELULOSA BAKTERI DARI BAKTERI PENGHASIL SELULOSA YANG  
DIISOLASI DARI BUAH PEPAYA

JORDY NATALINO CHANDIARY

N011191007



Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.  
NIP. 19860116 201012 2 009

Dr. Herlina Rante S.Si., M.Si., Apt.  
NIP. 19771125 200212 2 003

Pada tanggal, 26 Oktober 2023

**SKRIPSI**  
**PENGARUH LAMA INKUBASI DAN PH TERHADAP PRODUKSI**  
**SELULOSA BAKTERI DARI BAKTERI ASAM ASETAT YANG DIISOLASI**  
**DARI BUAH PEPAYA**

**EFFECT OF INCUBATION TIME AND PH ON BACTERIA CELLULOSE**  
**PRODUCTION FROM ACETIC ACID BACTERIA ISOLATED FROM**  
**PAPAYA**

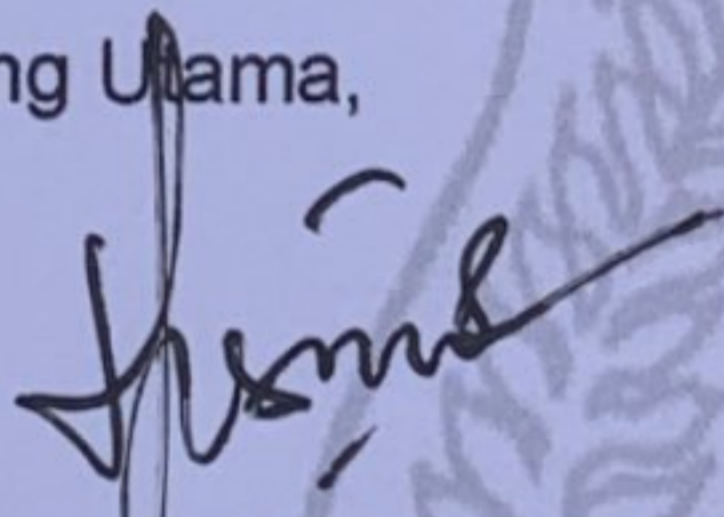
Disusun dan diajukan oleh :

**JORDY NATALINO CHANDIARY**  
**N011191007**

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 16 Oktober 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

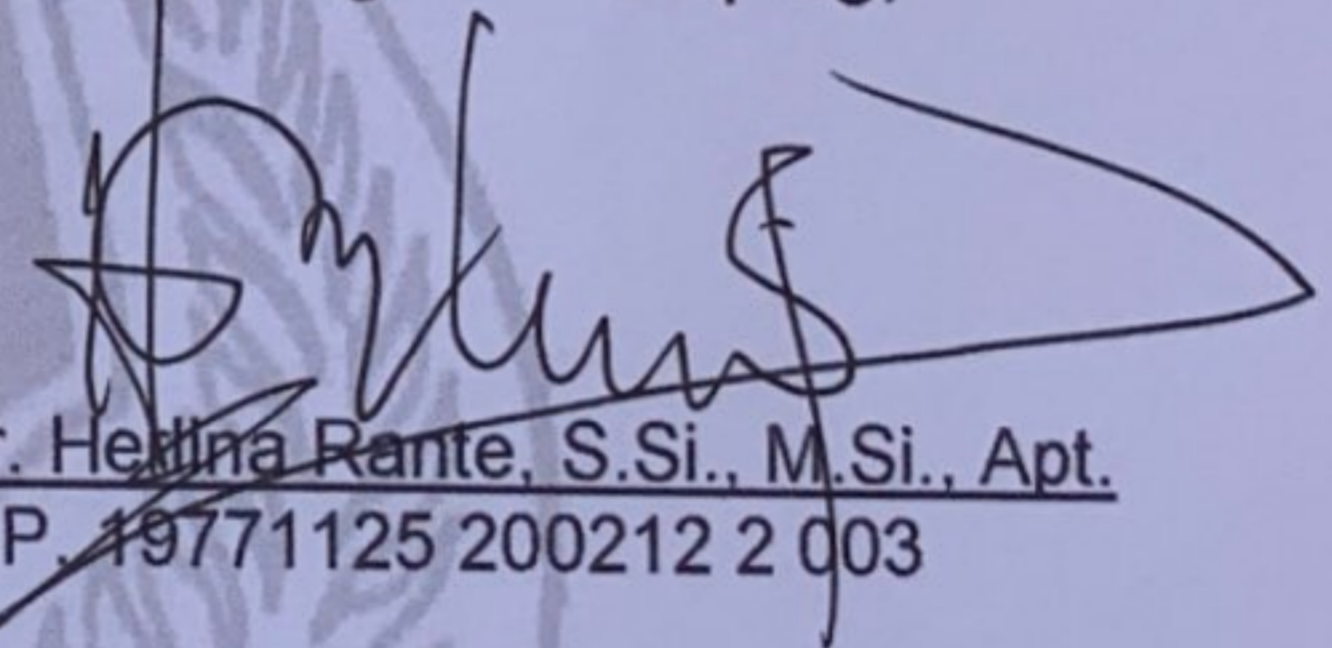
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



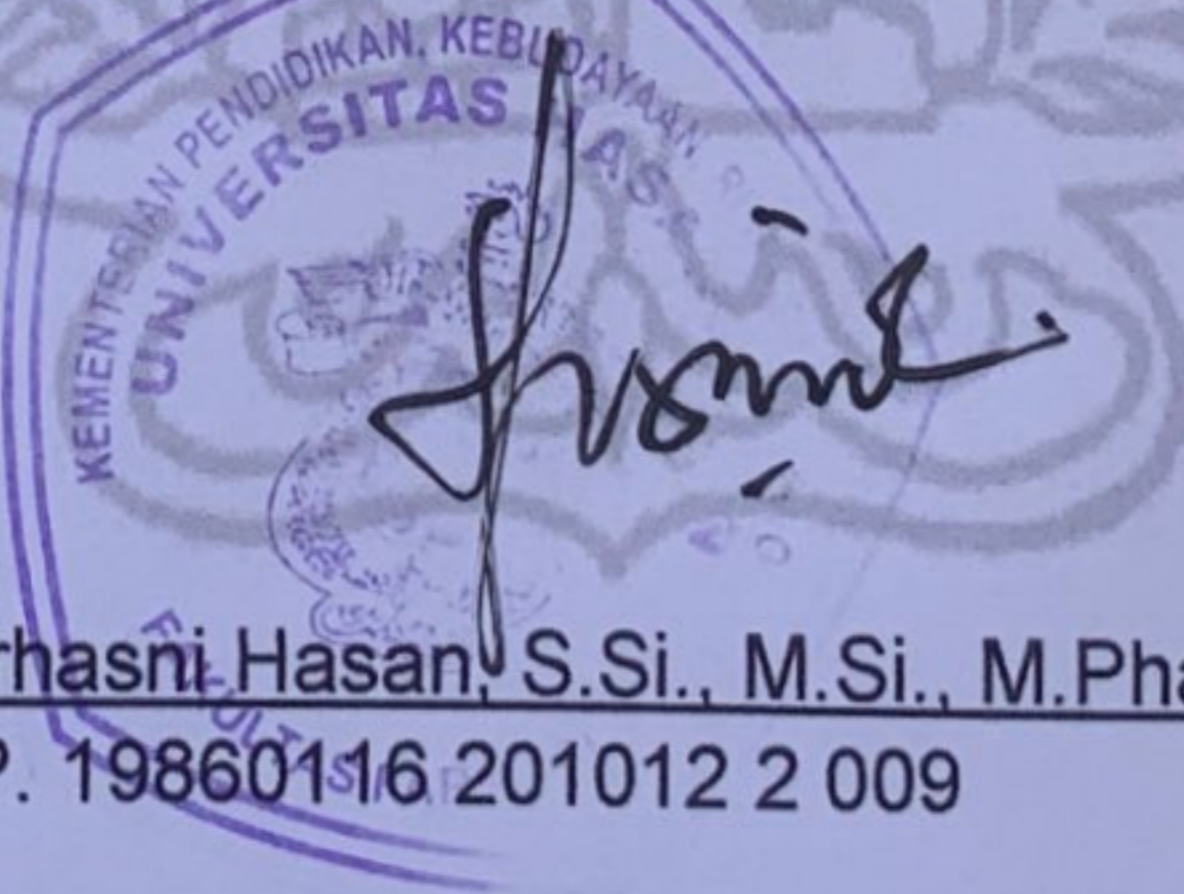
Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc, Ph.D., Apt.  
NIP. 19860116 201012 2 009

Pembimbing Pendamping,



Dr. Herlina Rante, S.Si., M.Si., Apt.  
NIP. 19771125 200212 2 003

Ketua Program Studi S1 Farmasi,  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin



Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc, Ph.D., Apt.  
NIP. 19860116 201012 2 009

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar adalah hasil karya saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa pernyataan saya ini tidak benar, maka skripsi dan gelar yang diperoleh batal demi hukum.

Makassar, 26 Oktober 2023

Yang menyatakan,



Jordy Natalino Chandiary  
N011 19 1007

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, tiada kata yang lebih patut diucapkan oleh seorang hamba yang beriman selain ucapan puji syukur ke hadirat Allah Subhanallah Wata'ala, Tuhan yang Maha Mengetahui, pemilik segala ilmu, karena atas petunjuk-Nya maka skripsi ini dapat diselesaikan.

Sungguh banyak kendala yang penulis hadapi dalam rangka penyusunan skripsi ini, namun berkat dukungan dan bantuan berbagai pihak, akhirnya penulis dapat melewati kendala-kendala tersebut. Oleh karena itu, penulis dengan tulus menghanturkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ibu Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt. Selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Herlina Rante, S.Si., M.Si., Apt. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan tenaga, membimbing, mengarahkan serta memberi motivasi dan masukan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Sartini, M.Si., Apt dan Ibu Dra. Ermina Pakki, M.Si., Apt. Selaku penguji atas saran dan masukannya demi hasil penelitian yang maksimal
3. Dekan dan para wakil dekan yang senantiasa memberikan fasilitas serta pendidikan kepada penulis dalam menunjang proses penyelesaian skripsi.

4. Bapak Muh. Akbar Bahar, S.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt. selaku dosen penasehat akademik yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam proses studi hingga penyelesaian skripsi.
5. Para Dosen Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin yang senantiasa memberikan ilmu, motivasi, dan fasilitas dalam menunjang proses penyelesaian skripsi.
6. Seluruh staf Fakultas Farmasi atas segala fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh studi hingga menyelesaikan penelitian ini.
7. Orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan yang begitu besar dan restu kepada penulis, serta kakak dan adik.
8. Muh. Zacky Rahul Al Fasyah, selaku rekan tim penelitian untuk bantuan tenaga dan waktu yang telah diberikan.
9. Laboran Laboratorium Mikrobiologi, yang memberikan dukungan, ilmu dan menyediakan fasilitas kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
10. Diany Elim, yang memberikan masukan dan saran serta membantu penulis dalam penyusunan skripsi.
11. Teman-teman dari Microdexi, yang memberikan masukan dan saran serta membantu dalam proses penelitian hingga skripsi
12. Demikian pula penulis menyampaikan terima kasih kepada teman-teman angkatan 2019 Farmasi (DEXIGEN) atas dukungan, motivasi, dan bantuan dalam penyusunan skripsi. Serta kepada seluruh pihak yang telah membantu namun tidak sempat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga semua kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan tanggapan dari berbagai pihak.

Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Makassar, 26 Oktober 2023



Jordy Natalino Chandiary



## ABSTRAK

**JORDY NATALINO CHANDIARY.** *Pengaruh Lama Inkubasi dan pH Terhadap Produksi Selulosa Bakteri dari Bakteri Penghasil Selulosa yang Diisolasi dari Buah Pepaya* (dibimbing oleh Nurhasni Hasan dan Herlina Rante).

Selulosa bakteri (SB) adalah selulosa yang diproduksi dari bakteri dan dapat dimanfaatkan dalam industri farmasi. Bakteri penghasil selulosa dapat diisolasi dari buah-buahan, contohnya pepaya. Beberapa parameter dapat mempengaruhi produksi SB dari isolat bakteri tersebut, antara lain lama inkubasi dan pH. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari lama waktu inkubasi dan pH medium terhadap produksi SB. Pada penelitian ini dilakukan juga pengaruh parameter tersebut terhadap produksi SB dari *Acetobacter xylinum*. SB diproduksi dari *Acetobacter xylinum* dan isolat (KB-1 dan KB-2) yang telah didapatkan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan medium *Hestrin-Schramm*. Kemudian dilakukan pengamatan organoleptis, evaluasi *yield* dan dianalisis menggunakan FTIR. Hasil menunjukkan bahwa isolat KB-1 dan KB-2 yang diamati pengaruh lama inkubasi dan pH tidak memproduksi pelikel SB yang ideal, namun seperti kapas berwarna putih. Selanjutnya, SB yang diproduksi dari *Acetobacter xylinum*, didapatkan terapung pada permukaan medium dan memiliki tekstur yang kenyal serta berwarna putih. Hasil menunjukkan bahwa lama inkubasi dan pH mempengaruhi produksi SB dengan lama inkubasi 14 hari dan pH 5 menghasilkan *yield* SB tertinggi. Pada lama inkubasi 14 hari dan pH 5 diperoleh *yield* SB yaitu  $14,26 \pm 3,05$  %. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa SB yang diproduksi dari bakteri memiliki kemiripan gugus fungsi dengan selulosa. Dengan demikian, pengaruh lama inkubasi dan pH medium terkhusus pada *Acetobacter xylinum* dapat mempengaruhi produksi SB

Kata kunci: Bakteri penghasil selulosa, selulosa bakteri, pepaya, lama inkubasi, pH, *Acetobacter xylinum*

## ABSTRACT

**JORDY NATALINO CHANDIARY.** *Effect Of Incubation Time And pH On Bacterial Cellulose Production From Cellulose Producing Bacteria Isolated From Papaya* (supervised by Nurhasni Hasan and Herlina Rante).

Bacterial cellulose (SB) is cellulose produced from bacteria and can be used in the pharmaceutical industry. Cellulose-producing bacteria can be isolated from fruit, for example, papaya. Several parameters can influence SB production from bacterial isolates, including incubation time and medium pH. This study aimed to determine the effect of incubation time and medium pH on SB production. In this study, the influence of these parameters on SB production from *Acetobacter xylinum* was also examined. SB is produced from *Acetobacter xylinum* and isolates (KB-1 and KB-2), which were obtained from previous research using Hestrin-Schramm medium. Then organoleptic observations were carried out, yield evaluation, and analysis using FTIR. The results showed that isolates KB-1 and KB-2, which were observed for the effect of incubation time and pH, did not produce ideal SB pellicle but were like white cotton. Furthermore, SB, which was produced from *Acetobacter xylinum*, was found to float on the surface of the medium and had a chewy texture and white color. The results showed that incubation time and pH influence SB production, with an incubation time of 14 days and a pH of 5 producing the highest SB yield. At an incubation period of 14 days and pH 5, the SB yield was  $14,26 \pm 3.05$  %. The results of FTIR analysis showed that SB produced from bacteria has similar functional groups to cellulose. Thus, the influence of incubation time and medium pH, especially on *Acetobacter xylinum*, can influence SB production.

Keywords: Cellulose-producing bacteria, bacterial cellulose, papaya, incubation time, pH, *Acetobacter xylinum*

## DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Pepaya	5
II.1.1 Klasifikasi Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	5
II.1.2 Morfologi Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	6
II.1.3 Kandungan Senyawa Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	7
II.1.4 Pemanfaatan Pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	8
II.2 Bakteri Asam Asetat (BAA)	10
II.2.1 Taksonomi BAA	10
II.2.2 Karakteristik BAA	11

II.2.3 <i>Acetobacter xylinum</i>	11
II.3 Selulosa Bakteri (SB)	12
II.4 Faktor yang Mempengaruhi Produksi SB	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>17</b>
III.1 Penyiapan Alat dan Bahan	17
III.2 Metode Kerja	17
III.2.1 Sterilisasi Alat	17
III.2.2 Pembuatan Medium <i>Hestrin-Schramm</i> (HS)	17
III.2.3 Penyiapan Starter	18
III.2.4 Sintesis Selulosa Bakteri	18
III.2.5 Pemurnian Selulosa Bakteri	18
III.2.6 Evaluasi Produksi Selulosa Bakteri	19
III.2.6.1 Evaluasi <i>Yield</i> Produksi Selulosa	19
III.2.6.2 Uji Organoleptis	19
III.2.6.3 Pengujian Menggunakan FTIR	19
III.2.7 Pengumpulan Data	19
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>20</b>
IV.1 Uji Organoleptis	20
IV.2 Evaluasi <i>Yield</i>	23
IV.3 Uji FTIR	26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>29</b>
V.1 Kesimpulan	29
V.2 Saran	29

DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	36

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Optimasi produksi SB	18
2. Organoleptis SB dari isolat KB-1, KB-2, <i>Acetobacter xylinum</i> , P-1 dan P-2	21
3. Hasil evaluasi <i>yield</i> produksi SB dari isolat <i>Acetobacter xylinum</i>	23
4. Jumlah produksi SB dari isolat KB-1 dan KB-2	25
5. Bobot kering SB	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman pepaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	5
2. Penampakan <i>yield</i> dari isolat <i>Acetobacter xylinum</i> (a), penampakan <i>yield</i> dari isolat KB-1 dan KB-2 (b), dan produksi KB-1 dan KB-2 dengan variasi lama inkubasi dan pH (P-1 dan P-2)	20
3. Hasil uji PCR	22
4. Grafik <i>yield</i> terhadap lama inkubasi	23
5. Grafik <i>yield</i> terhadap pH (Hari ke-3)	24
6. Grafik <i>yield</i> terhadap pH (Hari ke-7)	24
7. Grafik <i>yield</i> terhadap pH (Hari ke-14)	24
8. Hasil uji FTIR dari isolat <i>Acetobacter xylinum</i>	26
9. Hasil uji FTIR dari isolat KB-1	27
10. Hasil uji FTIR dari isolat KB-2	27
11. Penyiapan alat dan bahan	46
12. Proses penyiapan <i>starter</i>	46
13. Produksi SB	46
14. Hasil produksi SB hari ke-3	47
15. Hasil Produksi SB hari ke-7	48
16. Hasil Produksi SB hari ke-14	49
17. Proses pengeringan SB menggunakan oven	49

18. SB yang telah kering	50
19. Preparasi sampel SB	50
20. Analisis SB menggunakan spektrofotometer FTIR ( <i>Shimadzu</i> <sup>®</sup> )	50



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Umum	36
2. Komposisi Medium	37
3. Tabel Bobot Basah SB	38
4. Perhitungan <i>Yield</i>	39
5. Hasil Uji PCR	40
6. Analisis Statistik	43
7. Dokumentasi Penelitian	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Selulosa adalah biopolimer yang dapat diproduksi baik dari bakteri, tumbuhan dan sumber yang lainnya. Biopolimer yang diproduksi oleh beberapa bakteri disebut sebagai Selulosa Bakteri (SB) sedangkan yang diproduksi dari tumbuhan disebut sebagai Selulosa Tanaman (ST) (Donini et al., 2010). Penggunaan SB lebih menguntungkan jika dibanding dengan ST karena SB lebih murni jika dibandingkan dengan ST (Kamal et al., 2022). ST memiliki beberapa kandungan yang tidak terdapat pada SB seperti hemiselulosa, lignin, dan mineral lainnya. Kandungan tersebut dapat menyebabkan terhambatnya untuk mendapatkan selulosa murni (Kargarzadeh et al., 2017). SB umumnya digunakan sebagai penghasil selulosa dikarenakan dalam proses produksi, SB membutuhkan waktu fermentasi yang lebih singkat jika dibandingkan dengan ST (Ullah et al., 2021).

Keuntungan lain penggunaan SB jika dibandingkan dengan ST terdapat pada struktur dan karakteristik fisikokimianya. SB memiliki serat jauh lebih tipis dibanding ST (Gayathry & Gopalswamy, 2014). SB memiliki sifat non toksik dan non alergenik, ketahanan terhadap air, derajat kristanilitas yang tinggi, porositas yang tinggi, kekuatan tarik yang tinggi, dan mudah terurai (Suryanto, 2017).

Selulosa bakteri umumnya diproduksi oleh kelompok bakteri khususnya dari genus *Acetobacter* dan *Gluconobacter*. Genus bakteri tersebut merupakan genus yang paling optimum untuk menghasilkan SB (Mamlouk & Gullo, 2013). Genus *Acetobacter* dan *Gluconobacter* tersebut umumnya dapat dijumpai pada limbah buah dan limbah sayur (Singh et al., 2017).

Bakteri asam asetat umumnya ditemukan pada buah buahan. Pepaya merupakan salah satu buah yang paling ekonomis dan banyak dijumpai dimasyarakat (Kowser et al., 2015). Pepaya mengandung bakteri asam asetat yang banyak dibandingkan dengan buah yang lain (Klawpiyapamornkun et al., 2015). Terdapat beberapa kandungan di dalam pepaya yang dapat membantu proses pertumbuhan bakteri seperti natrium, kalsium, kalium, vitamin, dan magnesium (Zahan & Shaiful, 2017). Menurut Suwanposri et al., (2013), jika dibandingkan dengan buah yang lain, isolat bakteri yang didapatkan dari kulit papaya dapat menghasilkan SB dengan jumlah terbanyak.

Selulosa telah banyak diterapkan di berbagai bidang termasuk biomedis (Du et al., 2019), industri pengemasan (Yadav & Chiu, 2019) dan sebagai pembawa obat (Weyell et al., 2019). Dalam bidang kefarmasian sendiri, selulosa dan turunannya merupakan salah satu bahan tambahan yang sangat sering digunakan untuk menghasilkan bahan dan produk farmasi dengan tujuan dan fungsi yang berbagai macam. Selulosa paling sering digunakan sebagai bahan suspensi dalam penyiapan sediaan oral. Selulosa juga sering digunakan sebagai bahan peningkat viskositas dalam

formulasi sediaan topikal (Edgar, 2007). Selulosa dan turunannya juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk mengatur sifat pelepasan dan pengantaran obat baik itu pelepasan langsung, pelepasan terkontrol maupun pelepasan dihambat (Kamel, 2001).

Terdapat beberapa parameter yang dapat mempengaruhi produksi dari selulosa bakteri itu sendiri, seperti lama inkubasi, temperatur, pH, media kultur, kadar oksigen, kurva pertumbuhan dan beberapa parameter lainnya. pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting dimana pH dapat mengendalikan fermentasi oksidatif dalam produksi selulosa bakteri. pH asam atau yang mendekati netral sangat cocok untuk produksi selulosa bakteri. Dengan demikian, pH 4-6 dipertimbangkan merupakan pH ideal untuk media kultur fermentasi selulosa bakteri (Lee et al., 2014). Berdasarkan penelitian Aswini et al., (2020) pH untuk menghasilkan selulosa terbanyak terdapat pada pH 4,5 - 5,0 lalu diikuti dengan pH 5,5 – 8,0 tetapi tidak sebanyak pada pH 4,5 – 5,0. Berdasarkan penelitian Aswini et al., (2020) lama inkubasi juga mempengaruhi proses produksi selulosa dimana dimulai dari pemantauan pada 5 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 30 hari yang mendapatkan hasil semakin lama waktu inkubasi maka hasil produksi selulosa semakin banyak.

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh lama inkubasi dan pH terhadap produksi selulosa bakteri dari bakteri asam asetat yang diisolasi dari kulit buah pepaya.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana pengaruh pH terhadap produksi SB?
2. Bagaimana pengaruh lama inkubasi terhadap produksi SB?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pH terhadap produksi SB
2. Untuk mengetahui pengaruh lama inkubasi terhadap produksi SB

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Pepaya

##### II.1.1 Klasifikasi Pepaya (*Carica papaya* L.)



Gambar 1. Tanaman pepaya (*Carica papaya* L.)

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuh-tumbuhan, tanaman pepaya dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Septiningsih, 2008):

*Kingdom* : *Plantae*  
*Subkingdom* : *Tracheobionta*  
*Superdivisio* : *Spermatophyta*  
*Divisio* : *Magnoliophyta*  
*Kelas* : *Magnoliopsida*  
*Subkelas* : *Dilleniidae*  
*Ordo* : *Violales*  
*Famili* : *Caricaceae*  
*Genus* : *Carica* L.  
*Spesies* : *Carica papaya* L.

Pepaya memiliki beberapa nama lain seperti *kates*, *gedang* (Sunda, Nusa Tenggara), *telo gantung*, *gandul* (Jawa). *Sampain*, *asawa*, *menam*, *siberian* (Irian). *Kampaja*, *kalujawa*, *kapala*, *panja* (Nusa Tenggara). *Bala*, *betik*, *pisang katuka*, *si kailo*, *ralempaya*, *kalikih*, *punti kayu* (Sumatera). *Tapaya* (Irian, Maluku). *Kaliki*, *sumoyori*, *unti jawa* (Sulawesi). Pepaya juga memiliki nama asing seperti *papayer* (Perancis), *papaw tree* (Inggris), *melonenbaum* (Jerman) (Kharisma, 2017).

### **II.1.2 Morfologi Pepaya (*Cacica papaya* L.)**

Tanaman pepaya ini memiliki bentuk seperti pohon palem yang dapat tumbuh hingga ketinggian 3-10 meter. Tanaman pepaya mempunyai batang yang tebal dan ditandai dengan benjolan akibat daun yang rontok. Daun pepaya berbentuk menjari dan memiliki diameter 50-70 cm. Bunga pepaya memiliki 5-7 lobus dan terdapat pada tangkai daun. Bunga pepaya juga berbau harum dan biasanya uniseksual. Bunga jantan berukuran besar dengan tangkai yang tebal dan pendek, sedangkan bunga betina berukuran lebih besar. Buahnya memiliki ukuran yang bervariasi dari memanjang hingga bulat dengan warna yang bergantung pada jenisnya. Buah muda memiliki warna hijau dan buah tua memiliki warna kekuningan/jingga. Biji berwarna hitam dan dilapisi dengan lapisan transparan (Roshan *et al.*, 2014; Septiningsih, 2008).

### II.1.3 Kandungan Senyawa Pepaya (*Cacica papaya* L.)

Tanaman pepaya memiliki beberapa bagian tanaman seperti akar, daun, dan kulit batang. Bagian ini mengandung enzim papain, tannin, alkaloid, saponin dan flavanoid, disamping itu juga daun dan akar juga mengandung polifenol dan bijinya mengandung saponin. Tentunya masing-masing senyawa tersebut memiliki fungsi yang berbeda (Mahatrinny N., 2014; Septiningsih, 2008). Berikut ini merupakan fungsi dari senyawa-senyawa tersebut:

#### a) Saponin

Saponin adalah suatu senyawa yang dapat merangsang produksi kolagen serta memiliki sifat pembersih, sehingga mampu secara efektif membantu proses penyembuhan luka terbuka. Senyawa saponin juga berperan sebagai agen antibakteri dengan cara mengganggu stabilitas membran sel bakteri, yang akibatnya mengakibatkan keluarnya berbagai komponen penting dari dalam sel bakteri seperti asam nukleat, protein, dan nukleotida (Septiningsih, 2008; Larissa *et al.*, 2017).

#### b) Flavanoid

Flavanoid memiliki fungsi untuk mengobati luka dan juga memiliki sifat antimikroba. Senyawa flavanoid mampu mempercepat proses pertumbuhan kolagen dengan meningkatkan aktivitas fibroblast dan mendorong pembentukan jaringan (Kastika & Rahayu, 2018).



c) Enzim Papain

Enzim ini dapat membantu mempercepat kerja dari makrofag yang sangat berguna untuk proses penyembuhan luka dan menghambat terjadinya infeksi yang luas (Parampasi & Soemarno, 2013).

#### **II.1.4 Pemanfaatan Pepaya (*Cacica papaya* L.)**

Secara umum, buah pepaya telah banyak digunakan untuk mengobati berbagai penyakit. Buah pepaya dapat digunakan untuk mengobati gangguan empedu, sedangkan akar, daun, dan bijinya dapat digunakan sebagai obat untuk infeksi cacing dan sebagai diuretik. Pepaya mengandung enzim proteolitik yang dapat membantu pencernaan; bagian tanaman lainnya juga digunakan untuk mengobati dispepsia dan masalah pencernaan lainnya. Ekstrak cair dari pepaya juga telah digunakan untuk mengecilkan amandel yang bengkak. Akarnya dianggap bermanfaat untuk tumor rahim, sedangkan sarinya digunakan untuk mengobati berbagai masalah pada kulit. Infusa dari akar pepaya juga digunakan di Afrika untuk mengobati sifilis, dan daunnya dihisap untuk mengobati serangan asma. Di Kuba, getah pepaya digunakan untuk mengobati psoriasis, kurap, dan tumor ganas, sedangkan orang Jawa percaya bahwa mengonsumsi pepaya dapat mengurangi rematik (Roshan *et al.*, 2014).

Berbagai senyawa aktif dari tumbuhan pepaya dan efek farmakologisnya telah banyak diteliti. Buah pepaya mengandung enzim kitinase yang memiliki aktivitas antimikroba dan antijamur (O'Hare, 2014). Selain itu, telah terbukti

bahwa alkaloid carpaine, carpasemine, dan benzylisothiocyanate, serta proteinase sistein dari buah pepaya dapat memberikan aktivitas anthelmintik (Goku et al 2020). Carpaine, salah satu alkaloid yang diekstraksi dari buah, biji, dan daun pepaya merupakan alkaloid dengan rasa sangat pahit dan memiliki efek depresan jantung yang kuat (Begum, 2018).

Getah pepaya dapat bekerja sama dengan Flukonazol untuk mencegah pertumbuhan *Candida albicans* yang menyebabkan kerusakan sebagian dinding sel. Ketika diberikan pada kultur selama fase pengembangan eksponensial, getah pepaya secara statis efektif melawan *Candida albicans* dengan tingkat keberhasilan 60%. Kurangnya polisakarida di lapisan terluar dinding sel jamur menyebabkan disintegrasi dinding sel yang menyebabkan pelepasan sel ke media kultur dan efek fungistatik (Roshan *et al.*, 2014).

Biji pepaya dapat berfungsi sebagai antimikroba terhadap *Trichomonas vaginalis*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh, biji pepaya harus digunakan dengan hati-hati untuk mengobati gangguan urinogenital seperti trikomoniasis untuk mencegah toksisitas. Biji dan buah pepaya bersifat bakteriostatik terhadap sejumlah enteropatogen, antara lain *Bacillus subtilis*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Ekstrak murni dari buah pepaya matang maupun mentah dapat berfungsi sebagai antibakteri yang sangat tinggi terhadap beberapa bakteri seperti *S. aureus*, *Bacillus cereus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, dan *Shigella flexneri* (Roshan *et al.*, 2014).

## II.2 Bakteri Asam Asetat (BAA)

### II.2.1 Taksonomi BAA

Dalam edisi ke-8 Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, klasifikasi dari BAA terbagi menjadi dua yaitu *Acetobacter* dan *Gluconobacter*. Genus *Acetobacter* diklasifikasikan berdasarkan pada ada atau tidak adanya flagela peritrik dan kemampuan untuk mengoksidasi asetat dan laktat. Genus ini terdiri dari 3 spesies (*A. aceti*, *A. pasteurianus*, dan *A. peroxydans*) dengan 9 subspecies. Genus *Gluconobacter* diklasifikasikan berdasarkan ada atau tidak adanya flagela polar, ketidakmampuan untuk mengoksidasi asetat dan laktat, dan kemampuan untuk mengoksidasi D-glukosa menjadi glukonat, kemudian mengoksidasi glukonat lebih lanjut menjadi 2-ketoglukonat dan 5-ketoglukonat. Genus ini terdiri dari 1 spesies (*G. oxydans*) dengan 4 subspecies (Buchanan & Gibbons, 1974).

Selama beberapa tahun terakhir, spesies baru telah dideskripsikan dalam genus *Acetobacter* dan *Gluconobacter*. Penyesuaian klasifikasi didasarkan pada karakteristik fisiologis. Spesies yang termasuk dalam genus *Acetobacter* terbagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama termasuk dalam kelompok *A. aceti*, yang meliputi *A. aceti*, *A. cerevisiae*, *A. cibirongensis*, *A. estunensis*, *A. indonesiensis*, *A. malorum*, *A. nitrogenifigens*, *A. oeni*, *A. orientalis*, *A. orleanensis* dan *A. tropicalis*. Kelompok kedua termasuk dalam kelompok *A. pasteurianus*, yang meliputi *A. lovaniensis*, *A. pasteurianus*, *A. peroxydans*, *A. pomorum* dan *A. syzygii*. Spesies yang termasuk dalam genus *Gluconobacter* juga terbagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama

termasuk dalam kelompok *G. oxydans*, yang meliputi *G. oxydans* dan *G. albidus*. Kelompok kedua termasuk dalam kelompok *G. cerinus*, yang meliputi *G. cerinus*, *G. frateurii* dan *G. thailandicus* (Yamada & Yukphan, 2008).

### **II.2.2 Karakteristik BAA**

BAA merupakan mikroorganisme aerobik, Gram-negatif, katalase-positif dan oksidase-negatif. BAA juga merupakan mikroorganisme mesofilik. BAA memiliki suhu pertumbuhan optimal antara 25 dan 30°C. pH optimal untuk pertumbuhan BAA antara 5,0-6,5, tetapi BAA juga bisa tumbuh pada nilai pH yang lebih rendah. BAA memiliki kemampuan yang baik untuk mengoksidasi alkohol, aldehida, gula dengan bantuan oksigen (Sengun & Karabiyikli, 2011; Wang *et al.*, 2015).

### **II.2.3 *Acetobacter xylinum***

Bakteri *Acetobacter xylinum* adalah jenis bakteri yang bisa hidup dengan atau tanpa oksigen (anaerob fakultatif). Bakteri ini memiliki karakteristik berupa bentuk batang pendek dengan sifat gram negatif, dengan panjang sekitar 2 mikron, dan memiliki dinding sel yang menghasilkan lendir. Bakteri ini juga memiliki kecenderungan membentuk streptobacillus yang tersusun dalam rantai dengan kelompok sel sebanyak 6-8 sel (Hesse, 2005).

*Acetobacter xylinum* dapat membentuk nata jika ditumbuhkan pada media melalui proses terkontrol. Pada tahap ini, jutaan mikroorganisme ini mulai tumbuh dan melakukan aktivitas metabolisme yang menghasilkan

banyak benang-benang selulosa. Kemudian, massa ini menjadi padat dan memiliki tampilan putih hingga transparan (Pambayun, 2002).

### **II.3 Selulosa Bakteri (SB)**

Selulosa bakteri (SB) merupakan polimer yang memiliki sifat dan konformasi yang menarik. SB dapat diperoleh dalam beberapa bentuk dan bahkan dapat dimodifikasi dengan mudah secara kimia maupun fisika. Oleh karena itu, penerapan SB dalam produksi bahan baru untuk beberapa tujuan sudah menjadi fokus dari beberapa penelitian (Urbina *et al.*, 2021). Pada tahun 1886, Brown melaporkan bahwa jenis selulosa yang diproduksi oleh bakteri umumnya dikenal sebagai Selulosa Bakteri (SB) (Wang *et al.*, 2019). Selulosa umumnya diproduksi oleh bakteri gram negatif, aerob (memerlukan oksigen), nonfotosintetik dan dapat ditemukan dalam cuka, sayuran, buah-buahan atau minuman beralkohol (Belgacem & Galdini, 2008; Castro *et al.*, 2012). SB memiliki kristalinitas lebih tinggi dari 80% sementara selulosa dari tumbuhan mengandung amorf sehingga menampilkan nilai kristalinitas mulai dari 40-85% (Park *et al.*, 2010).

SB memiliki sifat tidak beracun, stabil secara kimiawi dan biokompatibel. SB memiliki tingkat kristalinitas yang tinggi, tingkat polimerasi yang tinggi, dan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Jika dibandingkan dengan selulosa tanaman, SB memiliki diameter serat yang lebih kecil sehingga memiliki hidrofilisitas yang lebih tinggi (Ye *et al.*, 2019). SB memiliki panjang sekitar

10  $\mu\text{m}$  dan diameter sekitar 10-20 nm membentuk struktur jaringan 3D (Urbina *et al.*, 2021).

Di antara bakteri penghasil selulosa, ditemukan keragaman yang sangat besar di sepanjang jalur biosintesis selulosa serta perbedaan struktur nano polimer atau sifat kimia dan kristalinitasnya. Genus yang umumnya digunakan sebagai produsen SB yaitu *Acetobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*. *Acetobacter xylinum* merupakan mikroorganisme untuk dasar dan studi terapan tentang selulosa. Dengan kondisi kultur yang optimal, sel-sel akan tumbuh saat SB diproduksi. SB diproduksi selama fase eksponensial (ditandai dengan periode pertumbuhan eksponensial-pertumbuhan paling cepat yang mungkin dalam kondisi yang ada) dan fase diam (dapat didefinisikan sebagai keadaan tidak ada pertumbuhan). Untuk memperjelas maka dibutuhkan kurva pertumbuhan (Urbina *et al.*, 2021).

Untuk memproduksi SB pada skala lab, terdapat 2 metode budidaya yaitu budidaya statis dan dinamis. Budidaya statis merupakan metode sederhana untuk memproduksi SB. Dalam metode statis, membran SB diproduksi di permukaan media fermentasi bergantung pada labu/bejana yang digunakan. Ketebalan dari membran bergantung pada waktu inkubasi yang biasanya tidak melebihi 14 hari, karena lama waktu fermentasi dapat menyebabkan penumpukan metabolit penghambat seperti asam formik, glikonat, dan lainnya (Esra Erbas Kiziltas *et al.*, 2015). Dalam metode dinamis, SB diproduksi dengan agitasi dan menghasilkan SB dengan bentuk bola atau pelet dimana bentuk dan ukurannya bergantung pada kecepatan

agitasi dan waktu kultivasi yang biasanya lebih singkat dibanding metode statis (Urbina *et al.*, 2021).

SB memiliki sifat fisik dan mekanik yang sangat baik dan dapat dimodifikasi menggunakan beberapa metode untuk menghasilkan bahan baru. SB terbukti dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang. SB diproduksi dalam proses fermentasi dengan bakteri menghasilkan proses biodegradasi baru untuk aplikasi lingkungan. SB memiliki konformasi yang menarik dan jaringan nanofibril 3D yang kuat sehingga menjadi alternatif yang menjanjikan untuk teknologi pemurnian air limbah dan teknologi daur ulang (Urbani *et al.*, 2021). Pada bidang elektronik, SB digunakan untuk mengembangkan perangkat elektronik dengan menghasilkan substrat baru dengan fleksibilitas yang tepat, stabilitas termal, dan transparansi. SB juga dapat diaplikasikan pada bidang kemasan dan bahan makanan. Selaput basah pada SB dapat memberikan rasa yang lembut dan agar yang membuatnya menarik untuk diaplikasikan menjadi makanan. Membran agar SB dapat dimakan setelah diproses dengan gula alkohol atau dengan kalsium klorida dan alginat (Urbani *et al.*, 2021). Pada bidang biomedis, SB memiliki serat nano yang secara mikroskopik mirip dengan serat kolagen. Kolagen merupakan komponen utama jaringan ikat manusia sehingga SB dapat diaplikasikan dalam ekayasa jaringan (Torgbo & Sukyai, 2018). Hingga saat ini, SB telah digunakan untuk penyembuhan luka (Pourali *et al.*, 2018; Sajjad *et al.*, 2019), kulit buatan (Keskin *et al.*, 2017), pembuluh darah

buatan (Lee & Park, 2017), bahan perancah (Li *et al.*, 2016; Kumbhar *et al.*, 2017), atau implan gigi (Voicu *et al.*, 2017).

#### **II.4 Faktor yang Mempengaruhi Produksi SB**

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produksi dari SB sebagai berikut:

a) Suhu

Salah satu faktor yang sangat penting dalam produksi SB yaitu suhu. Suhu dapat mengatur pola adaptasi suatu organisme untuk kelangsungan hidupnya dengan mempengaruhi fisiologi homeostatik normal. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan denaturasi kultur, sedangkan suhu yang rendah dapat memperlambat metabolisme sel. Suhu optimal dalam produksi SB yaitu antara 25-30°C (Lahiri *et al.*, 2021). Suhu optimal dari SB yang diproduksi oleh *Acetobacter xylinum* yaitu 28°C (Zahan & Shaiful, 2017).

b) pH

pH merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi produksi SB. pH asam atau mendekati netral sangat cocok untuk produksi SB. Selama proses fermentasi SB, produksi metabolit sekunder seperti asam glukonat, asam laktat, dan asam asetat akan menggeser pH media kultur (Lee *et al.*, 2014). Oleh karena itu, pH 4-6 merupakan pH ideal untuk media kultur SB. pH 5,5 merupakan pH optimal untuk *Acetobacter xylinum*, dan 4,5-7,5 untuk strain lain dari *Acetobacter xylinum* (Lahiri *et al.*, 2021).



c) Media Kultur

Media kultur juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam produksi SB. Karbon dan nitrogen merupakan komponen utama dari media pertumbuhan yang diperlukan untuk produksi SB. Perubahan media pertumbuhan memiliki efek secara langsung dan tidak langsung pada pola pertumbuhan mikroba (Lahiri *et al.*, 2021).

d) Waktu Inkubasi

Lama inkubasi juga merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam proses produksi SB. Semakin lama waktu inkubasi yang digunakan maka SB yang diproduksi akan semakin banyak (Aswini *et al.*, 2020).