

**OPTIMASI DAN KARAKTERISASI FISIKOKIMIA
SELULOSA BAKTERI *Komagataeibacter xylinus*
InaCC B417 DENGAN VARIASI KONSENTRASI
SUBSTRAT RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp.
DAN WAKTU FERMENTASI**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



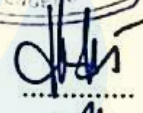
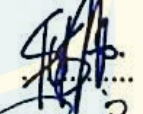
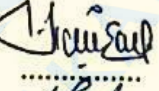
**Syarifah Tashara
1308620011**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI DAN KARAKTERISASI FISIKOKIMIA SELULOSA BAKTERI *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 DENGAN VARIASI KONSENTRASI SUBSTRAT RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp. DAN WAKTU FERMENTASI

Nama Mahasiswa : Syarifah Tashara
Nomor Registrasi : 1308620011

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan	: <u>Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.</u> NIP. 197909162005011004		12/08/2025
Wakil Penanggung Jawab			
Wakil Dekan I	: <u>Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.</u> NIP. 197905042009122002		12/08/2025
Ketua	: <u>Prof. Dalia Sukmawati, M.Si.</u> NIP. 197309142006042001		11/08/2025
Sekretaris I/Penguji II	: <u>Ns. Sri Rahayu, M. Biomed</u> NIP. 197909252005012002		7/8/2025
Anggota			
Pembimbing I	: <u>Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si.</u> NIP. 196603161992032001		11/08-2025
Pembimbing II	: <u>Dr. Ifah Munifah, S. Pd., M.Si.</u> NIP. 197901252006042010		11/08/2025
Penguji I	: <u>Dr. Reni Indrayanti, M.Si.</u> NIP. 196210221998032001		11/8/2025

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 18 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Syarifah Tashara

Nomor Registrasi : 1308620011

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul **“Optimasi dan Karakterisasi Fisikokimia Selulosa Bakteri *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 dengan Variasi Konsentrasi Substrat Rumput Laut *Gracilaria* sp. dan Waktu Fermentasi”** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Program Studi Biologi, Universitas Negeri Jakarta adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Juli 2024 – Maret 2025.
2. Bukan merupakan hasil duplikasi skripsi yang pernah dibuat orang lain atau menjiplak hasil karya orang lain.

Jika dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, 18 Juli 2025



Syarifah Tashara



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN
TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Syarifah Tashara
NIM : 1308620011
Fakultas/Prodi : MIPA/Biologi
Alamat email : syarifatahara90@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Optimasi dan karakterisasi fisikokimia selulosa bakteri *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 dengan variasi konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Jakarta, 18 Juli 2025

Syarifah Tashara

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmatnya dan karunianya, serta memberikan kemudahannya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Optimasi dan karakterisasi fisikokimia selulosa bakteri *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 dengan variasi konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengentahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam Proses pengerjaan hingga penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terimakasih kepada bapak Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Ucapan banyak terima kasih penulis sematkan kepada ibu Dr. Tri Handayani Kurniati, M.Si. selaku Koordinator Program Studi Biologi Biologi FMIPA UNJ dan juga selaku dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu dan tenaganya, serta memberikan motivasi, saran dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada ibu Dr. Ifah Munifah, S.Pd., M.Si., selaku dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memfasilitasi, mendukung, menyemangati, memotivasi, dan memberikan saran serta ilmu selama melaksanakan penelitian hingga penyusunan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada Ibu Dr. Reni Indrayanti, M.Si. dan Ibu Ns. Sri Rahayu, M. Biomed, selaku dosen Penguji atas segala motivasi, perhatian, waktu, serta masukan yang sangat berarti untuk penulis dalam menyusun skripsi ini. Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Dalia Sukmawati, M. Si., selaku ketua sidang yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran dan masukan sehingga penyusunan skripsi menjadi lebih baik. Terima kasih penulis juga ucapkan kepada ibu Ratna Komala, M.Si. selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing hingga membantu penyelesaian studi. Terima kasih pula kepada seluruh dosen Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmunya. Ucapan terima kasih juga kepada seluruh pengawai dan

peneliti Pusat Penelitian Oseanografi-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Operator I-Lab BRIN, dan operator SEM BRIN yang telah membantu penulis selama penelitian.

Ucapan terimakasih yang tulus penulis sampaikan kepada kedua orang tua tercinta Waleb dan Umi atas segala doa, motivasi, semangatnya, dukungannya, bantuannya, dan kasih sayangnya yang tiada henti hingga saat ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih banyak kepada adik-adik (Rajwa, Nira, Ifa, Habib) dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendukung, memberikan doa, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.

Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada teman-teman biologi angkatan 2020, teman-teman (Hanum, Yuyu, Seli, dan Aza), teman-teman satu penelitian mikrobiologi (Afifah, Rahma, Rheva, Miladya, Shelavina, Rahma, Rheva, Putri, Kak Oryza, dan Kak Afifah), dan teman satu Laboratorium Ekotoksikologi BRIN Nur Vindi yang telah banyak membantu, memotivasi, memberikan ilmu, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik untuk melengkapi dan menyempurnakan skripsi ini. Apabila terdapat banyak kesalahan pada penulisan skripsi ini penulis mohon maaf sebesar-besarnya. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu khususnya pemanfaatan mikroba dalam bioteknologi dan dapat bermanfaat bagi masyarakat. Demikian dari skripsi ini, semoga bermanfaat bagi penulis dan para pembaca. Terima kasih.

Jakarta, 18 Juli 2025



Syarifah Tashara

ABSTRAK

SYARIFAH TASHARA. Optimasi dan Karakterisasi Fisikokimia Selulosa Bakteri *Komagataeibacter Xylinus* InaCC B417 dengan Variasi Konsentrasi Substrat Rumput Laut *Gracilaria* sp. dan Waktu Fermentasi. Skripsi, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. July 2025

Bakteri *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 merupakan jenis strain bakteri yang diketahui mampu mensintesis selulosa pada berbagai substrat yang mengandung nitrogen dan karbon. Rumput laut *Gracilaria* sp. diketahui memiliki kandungan karbon dan nitrogen yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi *Gracilaria* sp. dan waktu fermentasi optimal untuk produksi selulosa bakteri, serta mengkarakterisasi selulosa bakteri yang dihasilkan. Metode eksperimen yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode OFAT (*One Factor at Time*) dengan dua faktor dan hasil penelitian dianalisis dengan Analisis Varians Satu Arah. Faktor pada penelitian ini meliputi variasi konsentrasi *Gracilaria* sp. (0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8%) dan variasi waktu fermentasi (1-15 hari). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa perlakuan IK2D8 (konsentrasi substrat rumput laut *Gracilaria* sp. 2% dan waktu fermentasi 8 hari) menghasilkan selulosa bakteri optimal dengan ketebalan 3,81 mm, berat basah 41,54 g/L, dan berat kering 2,09 g/L. Hasil karakterisasi selulosa bakteri dengan FTIR memperlihatkan adanya keberadaan gugus O-H *stretching*, C-H *stretching*, O-H *bending absorbe water*, C-H, C-H₂, C-O-C, C-O, dan C-H *out-of plane bending*. Hasil SEM memperlihatkan matriks selulosa bakteri yang tersusun dari mikrofibril dengan diameter berkisar $0,139 \pm 0,006 \mu\text{m}$ dan diameter porinya yaitu berkisar $0,471 \pm 0,006 \mu\text{m}$. Hasil identifikasi senyawa dengan PyGC-MS pada selulosa bakteri didapatkan 3 senyawa tertinggi yaitu *L-cysteine sulfinic acid*, *5-hydroxymethylfurfural*, dan *furfural*

Kata kunci: bioselulosa, fermentasi, bakteri asam asetat, gugus fungsi, senyawa metabolit

ABSTRACT

SYARIFAH TASHARA. Optimization and Physicochemical Characterization of Bacterial Cellulose from *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 with Variation of *Gracilaria* sp. Seaweed Substrate Concentration and Fermentation Time. Thesis, Biology Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. July 2025.

The bacterium *Komagataeibacter xylinus* InaCC B417 is a type of bacterial strain known to be able to synthesize cellulose on various substrates containing nitrogen and carbon. *Gracilaria* sp. seaweed is known to have high carbon and nitrogen content. This study aims to obtain the optimal concentration of *Gracilaria* sp. and fermentation time for the production of bacterial cellulose, as well as characterize the resulting bacterial cellulose. The experimental method used in this study is the OFAT (One Factor at Time) method with two factors and the results of the study were analyzed by One-Way ANOVA. The factors in this study included variations in *Gracilaria* sp. concentration (0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, and 8%) and variations in fermentation time (1-15 days). The results of the study showed that IK2D8 treatment (*Gracilaria* sp. seaweed substrate concentration of 2% and 8 days fermentation time) produced optimal bacterial cellulose with a thickness of 3.81 mm, wet weight of 41.54 g/L, and dry weight of 2.09 g/L. The results of bacterial cellulose characterization with FTIR showed the presence of O-H stretching, C-H stretching, O-H bending absorber water, C-H, C-H₂, C-O-C, C-O, and C-H out-of plane bending groups. SEM results show that the bacterial cellulose matrix is composed of microfibrils with a diameter ranging from $0.139 \pm 0.006 \mu\text{m}$ and the diameter of the pores is around $0.471 \pm 0.006 \mu\text{m}$. The results of compound identification with PyGC-MS on bacterial cellulose obtained 3 highest compounds namely L-cysteine sulfinic acid, 5-hydroxymethylfurfural, and furfural.

Keywords: biocellulose, fermentation, acetic acid bacteria, functional groups, metabolite compounds

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
 BAB II. KAJIAN PUSTAKA	 6
A. Selulosa Bakteri	6
B. Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i>	8
C. Mekanisme Pembentukan Selulosa Bakteri	8
D. Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Selulosa Bakteri	9
E. Karakterisasi Selulosa Bakteri	12
F. Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.	14
G. Metode <i>One Factor at a Time</i> (OFAT)	16
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	 18
A. Tempat dan Waktu Penelitian	18
B. Metode Penelitian	18
C. Alat dan Bahan	19
D. Alur Penelitian	20
E. Sampel Penelitian	21
F. Prosedur Penelitian	21
1. Preparasi Substrat	21
2. Peremajaan Isolat Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	21
3. Pembuatan Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Komagataeibacter</i> <i>xylinus</i> InaCC B417	22
4. Pembuatan Starter Bakteri Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	22
5. Optimasi Variasi Konsentrasi Substrat Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap Produksi Selulosa oleh Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	23

6. Optimasi Waktu Fermentasi terhadap Produksi Selulosa oleh Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	23
7. Analisis Derajat Keasaman (pH)	23
8. Determinasi dan Pengeringan Selulosa Bakteri.....	24
9. Analisis Sifat Fisik Selulosa Bakteri	24
9.1. Analisis Ketebalan Selulosa Bakteri	24
9.2. Analisis Berat Basah dan Berat Kering Selulosa Bakteri	24
10. Karakterisasi Lanjutan Selulosa Bakteri Optimal.....	24
10.1. Analisis Gugus Fungsi Selulosa Bakteri Optimal dengan FTIR	24
10.2. Analisis Struktur Morfologi, Diameter Mikrofibril, dan Diameter Pori Selulosa Bakteri dengan SEM	25
10.3. Analisis Senyawa Kimia Selulosa Bakteri Optimal dengan GC-MS dan PyGC-MS	25
11. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.....	26
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	27
A.1. Peremajaan Isolat Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	28
A.2. Kurva Pertumbuhan dan Starter Isolat Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	30
B. Hasil Optimasi Konsentrasi Substrat Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap produksi selulosa bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	30
B.1. Karakteristik Fisik Selulosa Bakteri Hasil Optimasi Konsentrasi Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.	33
B.2. Perubahan Nilai pH Akhir Medium Kultur Hasil Optimasi Konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp.	35
C. Hasil Optimasi Waktu Fermentasi terhadap produksi selulosa bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417	37
C.1. Karakteristik Fisik Selulosa Bakteri <i>Komagataeibacter xylinus</i> InaCC B417 Hasil Optimasi Waktu Fermentasi pada Media dengan Konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. Optimal	39
C.2. Perubahan Nilai pH Akhir Medium Hasil Optimasi Waktu Fermentasi pada Konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. Optimal.....	41
D. Karakterisasi Lanjutan Selulosa Bakteri Optimal.....	44
D.1. Hasil Analisis Gugus Fungsi pada Selulosa Bakteri Optimal dengan FTIR	44
D.2. Hasil Analisis Morfologi, Diameter Mikrofibril, dan Diameter Pori pada Selulosa Bakteri Optimal dengan SEM.....	47
D.3. Profil Senyawa Kimia pada Selulosa Bakteri Optimal dengan GC-MS dan PyGC-MS	49
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	55

A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	75
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	96



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Perbandingan karakteristik selulosa bakteri dan tumbuhan	6
2. Komposisi senyawa karbohidrat pada berbagai jenis rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.	15
3. Kombinasi perlakuan pada percobaan 1 pengaruh konsentrasi rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap produksi selulosa oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417	19
4. Kombinasi perlakuan pada percobaan 2 pengaruh waktu fermentasi terhadap produksi selulosa oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada media dengan penambahan konsentrasi rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. optimal	19
5. Hasil pengukuran selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada berbagai variasi konsentrasi rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. selama 15 hari fermentasi	32
6. Hasil pengukuran selulosa yang dihasilkan oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada berbagai variasi waktu fermentasi selama 15 hari	39
7. Pita serapan FTIR pada selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 optimal dan selulosa standar	44
8. Senyawa kimia yang ditemukan di filtrat dan film selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 optimal	49
9. Pengukuran <i>Optical Density</i> (OD) pada bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 selama 40 jam	83
10. Hasil uji ANAVA konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap ketebalan selulosa bakteri	84
11. Hasil uji <i>Tukey</i> konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap ketebalan selulosa bakteri	84
12. Hasil uji ANAVA konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap berat basah selulosa bakteri	84
13. Hasil uji <i>Tukey</i> konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap berat basah selulosa bakteri	85
14. Hasil uji ANAVA konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap berat kering selulosa bakteri	85
15. Hasil uji <i>Tukey</i> konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. terhadap berat kering selulosa bakteri	85
16. Hasil uji ANAVA waktu fermentasi terhadap ketebalan selulosa bakteri	86

17.	Hasil uji <i>Tukey</i> waktu fermentasi terhadap ketebalan selulosa bakteri.....	86
18.	Hasil uji ANAVA waktu fermentasi terhadap berat basah selulosa bakteri.....	86
19.	Hasil uji <i>Tukey</i> waktu fermentasi terhadap berat basah selulosa bakteri.....	87
20.	Hasil uji ANAVA waktu fermentasi terhadap berat kering selulosa bakteri.....	87
21.	Hasil uji <i>Tukey</i> waktu fermentasi terhadap berat kering selulosa bakteri.....	87
22.	Hasil uji nonparametrik <i>kruskal-wallis</i> waktu fermentasi terhadap nilai pH akhir	88
23.	Hasil uji lanjut <i>Dunn-Bonferroni</i> waktu fermentasi terhadap nilai pH akhir.....	88
24.	Tabel hasil analisis statistik deskriptif diameter mikrofibril pada selulosa bakteri optimal berdasarkan model distribusi Log-Normal.....	91
25.	Tabel hasil analisis statistik deskriptif diameter pori pada selulosa bakteri optimal berdasarkan model distribusi Log-Normal	91
26.	Hasil identifikasi senyawa metabolit pada filtrat hasil fermentasi selulosa bakteri optimal dengan GC-MS	92
27.	Hasil identifikasi senyawa metabolit pada film selulosa bakteri optimal dengan PyGC-MS	94

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Mekanisme pembentukan selulosa oleh bakteri.....	9
2. Rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.	15
3. Struktur kimia agar, (A) agarosa dan (B) agaropektin	15
4. Bagan alir penelitian percobaan 1	20
5. Bagan alir penelitian percobaan 2	21
6. Hasil peremajaan isolat bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada media HS agar.....	27
7. Kurva pertumbuhan bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 dengan <i>optical density</i> (OD) pada medium HS <i>broth</i> selama 40 jam	28
8. Starter bakteri bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada media HS <i>broth</i> umur, a) 0 jam, b) 24 jam	29
9. Selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada berbagai variasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. setelah 15 hari fermentasi (a) medium fermentasi selulosa bakteri; (b) selulosa bakteri basah setelah determinasi; (c) selulosa bakteri setelah dikeringkan.....	31
10. Ketebalan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada berbagai variasi konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. selama 15 hari fermentasi	34
11. Hasil pengukuran pH medium optimasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap produksi selulosa oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada hari ke-0 dan hari ke-15	36
12. Hasil produksi selulosa oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. 2% selama 15 hari fermentasi.....	38
13. Hasil pengukuran pH medium kultur optimasi waktu fermentasi selama 15 hari	42
14. Spektrum FTIR selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 optimal (konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. 2%, 8 hari)	44
15. (a) Hasil <i>scanning electron microscopy</i> (SEM) dari selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 optimal (konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. 2%, 8 hari), (b) kurva distribusi diameter mikrofibril selulosa bakteri optimal, (c) kurva distribusi diameter pori selulosa bakteri optimal.....	47
16. Kromatogram hasil pengujian, a) GC-MS pada media cair sisa fermentasi optimal (filtrat); b) PyGC-MS pada film selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 optimal	49

17.	Proses preparasi sampel rumput laut <i>Gracilaria</i> sp., a) perendaman; b) penghalusan dengan menggunakan blender, c) substrat <i>Gracilaria</i> sp. yang sudah dihaluskan.....	77
18.	Kultur stok isolat bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417	77
19.	Proses pembuatan media peremajaan bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417, a) penimbangan bahan; b) pemanasan dan homogenisasi media; c) sterilisasi media; d) pemadatan media pada media cawan; e) pemadatan pada media miring	77
20.	Pembuatan media starter cair <i>K. xylinus</i> InaCC B417, a) penimbangan bahan; b) pemanasan dan homogenisasi media; c) sterilisasi media; d) pendinginan media.....	78
21.	Proses pembuatan media optimasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.; a) penimbangan bahan media; b) pemanasan dan homogenisasi media; c) penimbangan substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.; d) penambahan media dan substrat <i>Gracilaria</i> sp. pada botol kultur; e) pengukuran pH media; f) sterilisasi media; g) pendinginan media	78
22.	Proses pembuatan media optimasi waktu fermentasi dengan penambahan substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. optimal (2%), a) penimbangan bahan media; b) pemanasan dan homogenisasi media; c) penimbangan substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.; d) penambahan media dan substrat <i>Gracilaria</i> sp. pada botol kultur; e) pengukuran pH media; f) sterilisasi media; g) pendinginan media	79
23.	Selulosa bakteri basah pada media konsentrasi <i>Gracilaria</i> rumput laut sp. 2% selama 15 hari fermentasi.....	79
24.	Supernatan medium hasil optimasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. 2% selama 15 hari fermentasi.....	79
25.	Hasil analisis pH pada medium optimasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp.	80
26.	Hasil analisis pH pada medium optimasi waktu fermentasi	80
27.	Pengujian <i>Optical Density</i> dengan <i>Spectrophotometri</i> UV-Vis	80
28.	Pengujian gugus fungsi selulosa bakteri dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FT-IR)	80
29.	Medium optimasi konsentrasi substrat rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap produksi selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 inkubasi secara statis pada suhu 23-24°C selama 15 hari.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Komposisi dan Pembuatan Media	75
2. Dokumentasi Kegiatan.....	77
3. Hasil Perhitungan Ulangan pada Percobaan 1 dan 2	82
4. Kurva Pertumbuhan Bakteri Metode <i>Optical Density</i>	83
5. Hasil Perhitungan Statistik pada Percobaan 1 Optimasi Konsentrasi Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp. terhadap Produksi dan Karakteristik Selulosa Bakteri oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 dengan Minitab versi 19.1.1	84
6. Hasil Perhitungan Statistik pada Percobaan 2 Optimasi Waktu Fermentasi terhadap Produksi dan Karakteristik Selulosa Bakteri oleh bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 dengan Minitab versi 19.1.1	86
7. Hasil perhitungan statistik nonparametrik <i>Kruskal-Wallis</i> pada percobaan pengaruh waktuk fermentasi terhadap pH medium kultur selulosa bakteri <i>K. xylinus</i> InaCC B417 pada konsentrasi <i>Gracilaria</i> sp. 2% dengan menggunakan SPSS versi 25.0.....	88
8. Hasil perhitungan distribusi diameter mikrofibril dan pori pada selulosa bakteri optimal menggunakan OriginPro 2025.....	91
9. Hasil Pengujian GC-MS dan PyGC-MS pada filtrat dan film selulosa bakteri optimal	92
10. Daftar Riwayat Hidup	96