

KOMPLEKS ULVAN-PIGMEN SEBAGAI PEWARNA ALAMI DAN AGEN BIOAKTIF PADA BIOPLASTIK BERBASIS AGAR-GELATIN

RAKANITA FAATIAH RAMADHINA



**PROGRAM STUDI BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kompleks Ulvan–Pigmen sebagai Pewarna Alami dan Agen Bioaktif pada Bioplastik Berbasis Agar–Gelatin” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Rakanita Faatihah Ramadhina
G8501251036

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



RINGKASAN

RAKANITA FAATIAH RAMADHINA. Kompleks Ulvan-Pigmen sebagai Pewarna Alami dan Agen Bioaktif pada Bioplastik Berbasis Agar-Gelatin. Dibimbing oleh MEGA SAFITHRI dan WAHYU RAMADHAN.

Bioplastik telah berkembang sebagai alternatif yang menjanjikan terhadap plastik sintetis. Namun, pemanfaatan pewarna alami dan senyawa bioaktif dalam matriks bioplastik masih terbatas. Ulvan yang diekstraksi dari *Ulva lactuca* mengandung polisakarida tersulfatasi dan pigmen alami yang membentuk *Ulvan-Pigment Complexes* (UPC), sehingga berpotensi sebagai komponen multifungsi dalam bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengarakterisasi sifat fisik dan kimia bioplastik berbasis agar-gelatin yang mengandung UPC serta mengevaluasi potensinya sebagai komponen matriks struktural, sumber bioaktivitas, dan pewarna alami. UPC diperoleh melalui ekstraksi air panas yang diikuti dengan presipitasi isopropil alkohol, kemudian diinkorporasikan ke dalam formulasi bioplastik yang mengandung total padatan biopolimer sebesar 2% (b/v) dengan gliserol sebagai pemlastis. Bioplastik yang dihasilkan dikarakterisasi berdasarkan sifat fisik, kimia, warna, dan aktivitas antioksidannya. Peningkatan proporsi UPC menurunkan rasio *swelling* dan meningkatkan sudut kontak, yang menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap air. Analisis FTIR mengonfirmasi adanya ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik antara UPC dan matriks biopolimer, dengan tetap mempertahankan gugus fungsi sulfat dan glikosidik yang menjadi karakteristik ulvan. Selain itu, UPC memberikan warna hijau hingga hijau kekuningan pada bioplastik serta menunjukkan aktivitas penangkap radikal bebas. Temuan ini menunjukkan bahwa UPC berpotensi sebagai komponen multifungsi yang berperan secara simultan sebagai matriks struktural, pewarna alami, dan agen bioaktif dalam pengembangan bioplastik berkelanjutan berbasis biomassa laut.

Kata kunci: aktivitas antioksidan, bioplastik, pewarna alami, *Ulva* sp., Ulvan-Pigment Complexes (UPC).



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



SUMMARY

RAKANITA FAATIAH RAMADHINA. *Ulvan–Pigment Complexes as Natural Dyes and Bioactive Agents for Agar–Gelatin-Based Bioplastics*. Supervised by MEGA SAFITHRI and WAHYU RAMADHAN.

Bioplastics have emerged as promising alternatives to synthetic plastics; however, the incorporation of natural colorants and bioactive compounds into bioplastic matrices remains limited. *Ulvan* extracted from *Ulva lactuca* contains sulfated polysaccharides and natural pigments that form *Ulvan–Pigment Complexes* (UPC), offering potential as multifunctional components in bioplastics. Therefore, this study aimed to characterize the physical and chemical properties of agar–gelatin-based bioplastics incorporated with UPC and to evaluate its potential as a structural matrix component, a source of bioactivity, and a natural colorant. UPC was extracted by hot-water extraction followed by isopropyl alcohol precipitation and incorporated into bioplastic formulations containing 2% (w/v) total biopolymer solids with glycerol as a plasticizer. The resulting bioplastics were characterized for their physical, chemical, color, and antioxidant properties. Increasing the UPC proportion reduced the swelling ratio and increased the contact angle, indicating improved water resistance. FTIR analysis confirmed hydrogen bonding and electrostatic interactions between UPC and the biopolymer matrix while preserving the characteristic sulfate and glycosidic functional groups of *ulvan*. UPC also imparted green to yellowish-green coloration and exhibited radical scavenging activity. These findings demonstrate the potential of UPC as a multifunctional component serving simultaneously as a structural matrix, natural colorant, and bioactive agent for sustainable marine biomass-based bioplastics.

Keywords: antioxidant activity, bioplastics, natural colorant, *Ulva* sp, *Ulvan–Pigment Complexes* (UPC).



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

KOMPLEKS ULVAN–PIGMEN SEBAGAI PEWARNA ALAMI DAN AGEN BIOAKTIF PADA BIOPLASTIK BERBASIS AGAR–GELATIN

RAKANITA FAATIAH RAMADHINA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Biokimia

**PROGRAM STUDI BIOKIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Nurjanah, M.S.



Judul Tesis : Kompleks Ulvan–Pigmen sebagai Pewarna Alami dan Agen
Bioaktif pada Bioplastik Berbasis Agar–Gelatin
Nama : Rakanita Faatihah Ramadhina
NIM : G8501251036

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Eng. Wahyu Ramadhan, S.Pi., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Syamsul Falah, S.Hut., M.Si.
NIP. 197005032005011001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 197807232007011001

Tanggal Ujian:
7 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan kasih sayang-Nya sehingga tesis dengan judul “Kompleks Ulvan–Pigmen sebagai Pewarna Alami dan Agen Bioaktif pada Bioplastik Berbasis Agar–Gelatin” dapat diselesaikan. Penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk tugas akhir di Departemen Biokimia.

Keberhasilan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan seluruh pihak terkait. Oleh karena itu penulis berterima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Mega Safithri, S.Si., M.Si. dan Dr. Eng. Wahyu Ramadhan, S.Pi., M.Si. selaku pembimbing yang telah senantiasa membimbing dan memberi banyak saran selama penyusunan tesis serta jalannya penelitian;
2. Staf Departemen Biokimia dan Departemen Teknologi Hasil Perairan yang banyak mengarahkan selama proses pengujian;
3. Bapak Uju, Ibu Farhah Faridah, dan Dinda Delmora Ramadhina selaku keluarga sebagai pendukung selama pendidikan saya;
4. Taki, MJ, Kebo, dan mendiang Mochi sebagai teman berbulu yang senantiasa menjadi hiburan saat penat;
5. Puti Tanjung Intan dan Kayla Rizky Amalia Putri yang telah menjadi tempat berkeluh kesah, teman berbagi cerita, sekaligus partner menikmati berbagai kisah fiksi yang selalu berhasil mengembalikan semangat penulis selama proses penyusunan tesis;
6. Berlian Nanda Ayu Raharjo sebagai teman yang senantiasa mendengar keresahan dan masalah penulis selama penelitian;
7. Rekan-rekan *Fast Track* seperjuangan yang tidak dapat disebutkan satu persatu;
8. Rekan-rekan dari Departemen Teknologi Hasil Perairan yang mengubah tempat asing menjadi tempat nyaman untuk berkembang;

Penulis menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan. Setiap manusia tidaklah sempurna, begitu pula penulis yang juga tidak luput dari kesalahan. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis, yang membutuhkan, pembaca pada umumnya, dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Rakanita Faatihah Ramadhina



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bioplastik	6
2.2 Zat Warna	7
2.3 Bioplasticizer	9
2.4 Gelatin	11
2.5 Agar	13
2.6 Ulvan	14
2.7 Antioksidan	16
2.8 Indikator pH	18
III METODE	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Kerja	19
3.4 Analisis data	23
IV HASIL	24
4.1 Visual dan Karakterisasi Warna	24
4.2 Ketebalan	25
4.3 Kemampuan Daya Serap Bioplastik	26
4.4 Sudut Kontak Bioplastik	26
4.5 Morfologi Bioplastik	27
4.6 Spektrum FTIR Bioplastik	28
4.7 Sifat Mekanik	29
4.8 Inhibisi Radikal Bebas	29
5.9 Stabilitas Film Terhadap Perubahan pH	30
V PEMBAHASAN	32
5.1 Visual dan Karakterisasi Warna	32
5.2 Ketebalan	33
5.3 Kemampuan Daya Serap Bioplastik	34
5.4 Sudut Kontak Bioplastik	35
5.5 Morfologi Bioplastik	35
5.6 Spektrum FTIR Bioplastik	36
5.7 Sifat Mekanik	37

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



5.8	Inhibisi Radikal Bebas	38
5.9	Stabilitas Film Terhadap Perubahan pH	39
VI	SIMPULAN DAN SARAN	41
6.1	Simpulan	41
6.2	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	42
	LAMPIRAN	58
	RIWAYAT HIDUP	71

DAFTAR TABEL

1	Formula UPC-biopolimer	20
2	Karakteristik warna bioplastik UPC-biopolimer	25
3	Ketebalan bioplastik UPC-biopolimer	25
4	<i>Tensile strength</i> dan <i>elongation at break</i> bioplastik UPC-biopolimer	29
5	Visualisasi stabilitas bioplastik terhadap perubahan pH	30

DAFTAR GAMBAR

1	Klasifikasi bioplastik	7
2	Sintesis bioplastik	7
3	Jenis zat warna	9
4	Struktur kimia gliserol	10
5	Efek gliserol sebagai plastisizer pada biopolimer	11
6	Proses ekstraksi kolagen	12
7	Preparasi kolagen menjadi gelatin	13
8	Struktur kimia agar yang terdiri dari agarosa dan agaropektin	14
9	Struktur kimia disakarida berulang ulvan	15
10	Mekanisme reaksi antioksidan dengan radikal bebas	17
11	Reaksi kimia pada metode (a)DPPH; (b)ABTS; (c)ORAC	18
12	Visualisasi bioplastik UPC-biopolimer dan identifikasi <i>solid color</i>	24
13	Daya serap air bioplastik UPC-biopolimer: a) Formula U-G, b) formula U-A, dan c) formula U-GA	26
14	Sudut kontak bioplastik UPC-biopolimer tunggal dan campuran	27
15	Morfologi bioplastik UPC-biopolimer a) Formula U-G, b) formula U-A, dan c) formula U-GA	28
16	Spektrum gugus fungsi bioplastik UPC-biopolimer	28
17	Kurva hubungan gaya tarik dan defleksi bioplastik UPC-biopolimer	29
18	Inhibisi radikal bebas bioplastik UPC-biopolimer	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram Alir	59
2	Karakterisasi Warna	60
3	Data ketebalan bioplastik UPC-Biopolimer	62
4	Data daya serap bioplastik	63
5	Data sudut kontak UPC-Biopolimer	67
6	Data sifat mekanik bioplastik UPC-biopolimer	68
7	Data inhibisi bioplastik UPC-biopolimer	70