

SINTESIS DAN EVALUASI KESTABILAN ULVAN NANO- EMULSI SEBAGAI KANDIDAT *SUSTAINABLE* *COSMECEUTICAL INGREDIENTS*

CADDOUMY ZAHREL BEN



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 mengumunkan 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 “Sintesis dan Evaluasi Kestabilan Ulvan *Green Nano-Emulsifier* sebagai Kandidat *Sustainable Cosmeceutical Ingredients*” 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 2025

Caddoumy Zahrel Ben
C3501241015



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

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

CADDOUMY ZAHREL BEN. Sintesis dan Evaluasi Kestabilan Ulvan *Green Nano-Emulsifier* sebagai Kandidat *Sustainable Cosmeceutical Ingredients*. Dibimbing oleh SAFRINA DYAH HARDININGTYAS dan WAHYU RAMADHAN

Ulva lactuca atau sea lettuce merupakan sumber daya hayati melimpah yang tumbuh di berbagai perairan dunia, termasuk perairan Indonesia, namun belum dimanfaatkan secara optimal meskipun memiliki komposisi kimia dan kandungan bioaktif yang menjanjikan. Salah satu senyawa utama yang terkandung adalah polisakarida ulvan, polimer unik pada genus *Ulva* yang memiliki struktur bercabang kompleks, kandungan gula khas, serta aktivitas biologis seperti antioksidan, antikoagulan, dan imunomodulator. Ulvan juga memiliki potensi sebagai pengemulsi berkat karakter amfifilik dan sifat biokompatibel, meskipun data ilmiah terkait masih terbatas dan penggunaannya dalam kosmetik belum diakui secara spesifik dalam INCI. Tantangan dalam aplikasi kosmeceutikal konvensional, seperti ukuran droplet besar, ketidakstabilan, rendahnya kelarutan, dan penetrasi kulit yang terbatas, dapat diatasi melalui teknologi nanoemulsi yang menawarkan stabilitas lebih baik, ukuran partikel lebih kecil, peningkatan bioavailabilitas, serta perlindungan terhadap bahan aktif sensitif. Dengan potensi pasar kosmetik global yang terus berkembang, formulasi nanoemulsi berbasis ulvan, khususnya dengan penguatan ionik CaCl_2 , menjadi peluang inovatif yang belum pernah diteliti. Pendekatan ini dapat dioptimalkan melalui central composite design (CCD) untuk memperoleh kondisi formulasi terbaik dalam hal ukuran partikel, viskositas, stabilitas pada berbagai kondisi, morfologi, dan penetrasi bahan aktif, sehingga berpotensi menghadirkan produk kosmeceutikal yang efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini meliputi ekstraksi polisakarida ulvan yang diikuti dengan proses purifikasi melalui metode mikrofiltrasi bertahap dan dialisis. Polisakarida ulvan *crude* dan *purified* dibandingkan terlebih dahulu dengan analisis kadar air, protein, abu, lemak, dan rendemen untuk mengetahui pengaruh purifikasi terhadap kualitas ulvan. Sampel ulvan *purified* kemudian digunakan sebagai bahan utama pengemulsi sistem nanoemulsi dengan mencampurkan air, senyawa ionik, dan minyak biji bunga matahari. Proses sintesis nanoemulsi dilakukan dengan membuat larutan ulvan dengan konsentrasi 1% ditambahkan CaCl_2 dengan konsentrasi berbeda. Larutan ulvan tersebut kemudian ditambahkan minyak biji bunga matahari dengan volume yang berbeda. Molaritas ionik dan volume minyak mengikuti formulasi desain penelitian *central composite design*, dengan total 13 formulasi. Sistem nanoemulsi kemudian dikarakterisasi dengan menghitung viskositas, ukuran partikel, dan stabilitas waktu, suhu, serta sentrifugasi. Analisis tersebut menggunakan *response surface methodology* untuk menentukan formulasi terbaik. Sampel terbaik kemudian diuji morfologi menggunakan mikroskop digital dan mikroskop konfokal, kemudian diuji kemampuan penetrasi studi penetrasi (*penetration study*) menggunakan *nile red* sebagai pewarna.

Kombinasi formulasi dan optimasi menggunakan *central composite design* (CCD) menghasilkan nilai prediksi terbaik untuk viskositas, ukuran partikel, stabilitas waktu, stabilitas suhu, dan stabilitas sentrifugasi. Formulasi kombinasi ionik dan minyak 0,03 M dan 2,5 mL menunjukkan nilai viskositas sebesar 17,8 cP,



ukuran partikel 178 nm, serta tingkat stabilitas yang tinggi pada pengujian penyimpanan selama 15 hari, suhu 70 °C selama 1 jam, dan uji sentrifugasi pada kecepatan 10.000 x g. Analisis morfologi menggunakan mikroskop digital dan *confocal laser scanning microscopy* (CLSM) menunjukkan distribusi droplet yang homogen dan struktur antarmuka yang stabil. Pengujian *particle size analyzer* pada formulasi terbaik mencatat ukuran partikel $118,74 \pm 59$ nm, indeks polidispersitas (PDI) sebesar 0,348, dan nilai zeta potensial -43,79 mV yang mengindikasikan kestabilan sistem. Uji *penetration study* menunjukkan bahwa nanoemulsi mampu melepaskan senyawa bioaktif secara terkendali dengan total penetrasi kumulatif sebesar 44,26% dalam periode 24 jam. Hasil ini mengindikasikan bahwa formulasi nanoemulsi berbasis ulvan memiliki potensi sebagai sistem penghantaran bahan aktif dalam aplikasi kosmeseutikal.

Kata kunci: Metodologi permukaan respon, pengemulsi alami, polisakarida bersulfat, sifat antarmuka, studi penetrasi kumulatif

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.

SUMMARY

CADDOUMY ZAHREL BEN. Synthesis and Stability Evaluation of Ulvan Green Nano-Emulsifier as a Candidate for Sustainable Cosmeceutical Ingredients. Supervised by SAFRINA DYAH HARDININGTYAS and WAHYU RAMADHAN

Ulva lactuca, commonly known as sea lettuce, is an abundant marine resource distributed across diverse aquatic environments worldwide, including Indonesian waters. Despite its promising chemical composition and bioactive properties, its utilization remains limited. Among its principal constituents is ulvan, a unique polysaccharide exclusive to the genus *Ulva*, characterized by a complex branched structure, distinctive sugar composition, and notable biological activities, including antioxidant, anticoagulant, and immunomodulatory effects. Ulvan also exhibits potential as an emulsifier due to its amphiphilic nature and biocompatibility; however, scientific evidence regarding this property remains scarce, and its application in cosmetics has yet to be explicitly recognized in the International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI). Challenges in conventional cosmeceutical emulsions, such as large droplet size, instability, low solubility, and limited skin penetration, may be addressed through nanoemulsion technology, which offers enhanced stability, reduced particle size, improved bioavailability, and protection of sensitive active ingredients. Considering the growing potential of the global cosmetics market, the development of ulvan-based nanoemulsions, particularly reinforced with CaCl_2 , represents an innovative approach that has not yet been explored. This strategy can be optimized using central composite design (CCD) to determine the ideal formulation conditions in terms of particle size, viscosity, stability under various conditions, morphology, and active compound penetration, thereby enabling the production of effective and sustainable cosmeceutical formulations.

In this study, ulvan polysaccharides were extracted and subsequently purified through sequential microfiltration and dialysis. Crude and purified ulvan were compared in terms of moisture, protein, ash, lipid content, and yield to evaluate the effect of purification on ulvan quality. Purified ulvan was then employed as the primary emulsifying agent in the preparation of nanoemulsions containing water, ionic compounds, and sunflower seed oil. The synthesis process involved dissolving ulvan at 1% concentration, followed by the addition of varying concentrations of CaCl_2 and different volumes of sunflower seed oil. The ionic molarity and oil volume were determined according to a central composite design with a total of 13 formulations. The resulting nanoemulsions were characterized for viscosity, particle size, and stability with respect to time, temperature, and centrifugation, and the data were analyzed using response surface methodology to identify the optimal formulation. The selected formulation was further examined for morphology using a digital microscope and confocal laser scanning microscopy (CLSM), followed by a penetration study using Nile red as a fluorescent probe.

Optimization via CCD yielded the most favorable values for viscosity, particle size, temporal stability, thermal stability, and centrifugation stability. The formulation containing 0.03 M ionic concentration and 2.5 mL oil achieved a viscosity of 17.8 cP, particle size of 178 nm, and high stability after 15 days of

storage, 1 hour at 70 °C, and centrifugation at 10,000 × g. Morphological assessment using digital microscopy and CLSM confirmed uniform droplet distribution and a stable interfacial structure. Particle size analysis of the optimized nanoemulsion indicated a mean size of 118.74 ± 59 nm, a polydispersity index (PDI) of 0.348, and a zeta potential of -43.79 mV, suggesting strong colloidal stability. The penetration study demonstrated controlled penetration of the encapsulated bioactive compound, with a cumulative penetration of 44.26% over 24 hours. These findings highlight the potential of ulvan-based nanoemulsions as an efficient delivery system for active compounds in cosmeceutical applications.

Keywords: Cumulative penetration study, green emulsifier, interfacial properties, response surface methodology, sulfated polyasccharide



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 2025
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.



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

Perpustakaan IPB University

SINTESIS DAN EVALUASI KESTABILAN ULVAN NANO- EMULSI SEBAGAI KANDIDAT *SUSTAINABLE* *COSMECEUTICAL INGREDIENTS*

CADDOUMY ZAHREL BEN

Tesis
sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Hasil Perairan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Roni Nugraha, S.Si., M.Sc.
2. Prof. Dr. Tati Nurhayati, S.Pi., M.Si.



Judul Tesis : Sintesis dan Evaluasi Kestabilan Ulvan *Green Nano-Emulsifier*
sebagai Kandidat *Sustainable Cosmeceutical Ingredients*
Nama : Caddoumy Zahrel Ben
NIM : C3501241015

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr.Eng. Safrina Dyah Hardiningtyas, S.Pi., M.Si.



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



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr.Eng. Uju, S.Pi., M.Si.
NIP. 19730612 200012 1 001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.
NIP. 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian:
(19 Agustus 2025)

Tanggal Lulus:
(27 Agustus 2025)



@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 mengumunkan 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 subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tesis dengan judul “Sintesis dan Evaluasi Kestabilan Ulvan Nano-Emulsi sebagai Kandidat *Sustainable Cosmeceutical Ingredients*” dapat diselesaikan. Tesis ini dibuat sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar magister di Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini, khususnya kepada:

1. Dr. Eng. Safrina Dyah Hardiningtyas selaku Dosen Pembimbing 1 atas seluruh bimbingan, motivasi, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
2. Dr. Eng. Wahyu Ramadhan, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 atas seluruh bimbingan, motivasi, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
3. Prof. Dr.Eng Uju, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Program Studi S2 Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
4. Dr. Roni Nugraha, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor dan penguji sidang tesis penelitian atas segala saran dan arahan yang diberikan pada penulisan makalah tesis.
5. Prof. Dr. Tati Nurhayati, S.Pi., M.Si. selaku gugus kendali mutu (GKM) atas segala saran dan arahan yang diberikan pada penulisan makalah tesis.
6. Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui pendanaan Penelitian Tesis Magister (PTM) dengan Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian Tahun Anggaran 2025 Nomor: 006/C3/DT.05.00/PL/2025.
7. Keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih terdapat kekurangan dalam penulisan. Kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan untuk menjadikan tesis ini menjadi lebih baik. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca dan membutuhkan sebagai penunjang ilmu.

Bogor, Agustus 2025

Caddoumy Zahrel Ben



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

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

I	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	3
1.3	Tujuan	4
1.4	Manfaat	4
1.5	Ruang Lingkup	4
1.6	Hipotesis	4
II	METODE	5
2.1	Waktu dan Tempat	5
2.2	Bahan dan Alat	5
2.3	Prosedur Penelitian	5
2.4	Prosedur Analisis	8
2.5	Analisis Data	11
III	HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1.	Analisis Fisik Ulvan	14
3.2	Kenampakan Sintesis Nanoemulsi	20
3.3	RSM Nanoemulsi terhadap Ukuran Droplet	20
3.4	RSM Nanoemulsi terhadap Viskositas	22
3.5	RSM Stabilitas Stabilitas Ulvan	24
3.6	Ukuran Partikel Nanoemulsi Ulvan Terbaik	30
3.7	Morfologi Mikroskopis Nanoemulsi Ulvan Terbaik	32
3.8	Studi Penetrasi Transdermal Nanoemulsi	34
IV	PENUTUP	38
4.1	Simpulan	38
4.2	Saran	38
	DAFTAR PUSTAKA	39
	LAMPIRAN	47
	RIWAYAT HIDUP	51

DAFTAR TABEL

1	Perlakuan tiap percobaan sintesis nanoemulsi	7
2	Komposisi kimia polisakarida ulvan	14
3	Karakteristik kenampakan polisakarida ulvan	16
4	Analisis ukuran partikel nanoemulsi ulvan terpilih	31
5	Kinetika penetrasi <i>nile red</i> yang diinkorporasi dalam nanoemulsi berdasarkan beberapa model	36

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir sintesis nanoemulsi ulvan	6
2	Kenampakan polisakarida ulvan kasar (a) dan terpurifikasi (b)	16
3	Gugus fungsi komersial (a), ulvan murni (b), dan ulvan kasar (c)	17
4	Spektra TGA dan DSC ulvan	19
5	Model permukaan 3D parameter ukuran partikel nanoemulsi	22
6	Model permukaan 3D parameter viskositas nanoemulsi	23
7	Model permukaan 3D dan prediksi parameter stabilitas waktu	25
8	Model permukaan 3D parameter stabilitas suhu	28
9	Model permukaan 3D parameter stabilitas sentrifugasi	29
10	Distribusi diameter partikel nanoemulsi ulvan terpilih	31
11	Foto nanoemulsi berbasis ulvan menggunakan (A) mikroskop digital pada perbesaran 1000x dengan <i>scale bar</i> 500 nm dan (B) CLSM pada perbesaran 650x dengan <i>scale bar</i> 1 μ m	32
12	Penetrasi kumulatif sistem emulsi dan nanoemulsi selama 24 jam	34
13	Kenampakan dan citra mikroskopi sistem emulsi ulvan dengan skala 10 μ m (A) dan sistem nanoemulsi ulvan dengan skala 1 μ m (B)	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kenampakan visual dan citra mikroskop nanoemulsi dengan variasi formulasi minyak dan konsentrasi garam berdasarkan desain CCD. (A–E) Formulasi dengan 5 mL minyak + 0,02 M garam. (F) Formulasi 7,5 mL + 0,03 M. (G) Formulasi 2,5 mL + 0,01 M. (H) Formulasi 8 mL + 1,464 M. (I) Formulasi 5 mL + 0,0034 M. (J) Formulasi 7,5 mL + 0,01 M. (K) Formulasi 2,5 mL + 0,03 M. (L) Formulasi 5 mL + 0,0085 M. (M) Formulasi 8,54 mL + 0,02 M	48
2	Analisis ragam model kuadratik respon ukuran droplet	49
3	Analisis ragam model kuadratik respon viskositas	49
4	Analisis ragam model kuadratik respon waktu	49
5	Analisis ragam model kuadratik respon suhu	50
6	Analisis ragam model kuadratik respon ukuran sentrifugasi	50