

The Composition of The Several Types of Macroalgae Pigments Found in Mangket Beach Waters, Kema District, North Minahasa

(Komposisi Jenis Pigmen Makroalga dari Perairan Pantai Mangket, Kecamatan Kema, Minahasa Utara)

Prifni S. Abigael*, Desy M.H. Mantiri, Darus Sa'adah J. Paransa, Kurniati Kemer, Rosita A.J. Lintang, Noldy G.F. Mamangkey

Marine Science Study Program, Faculty of Fisheries & Marine Science, Sam Ratulangi University, Manado, North Sulawesi

(Received 11 Nov. 2025; Revised 14 Nov. 2025; Accepted 27 Feb. 2026)

ABSTRACT. Macroalgae are multicellular photosynthetic organisms that live in marine waters and are classified as thallus plants, meaning plants without true roots, stems, and leaves. Macroalgae are classified into three main divisions: Chlorophyta, Rhodophyta, and Phaeophyta. Pigments are chemical compounds that give color to various organisms, including plants, animals, and microorganisms. This research was conducted to determine the pigment type composition in macroalgae from three divisions found in the waters of Mangket Beach, Kema District, North Minahasa. The methods used in this study were Thin Layer Chromatography (TLC) and UV-Vis Spectrophotometer. Some selected macroalgae species were: *Valonia fastigiata*, *Sargassum* sp., and *Halymenia durvillei*. The research results showed that *V. fastigiata* was identified to contain the pigments Zeaxanthin, chlorophyll a, and Neoxanthin. *H. durvillei* algae contained the pigment chlorophyll a, and *Sargassum* sp. contained Fucoxanthin and Fucoxanthinol. This research is expected to contribute to the development of a pigment database and can be used as a basis for utilization in the cosmetic, pharmaceutical, and nutraceutical industries.

Keywords: macroalgae, pigments, Thin Layer Chromatography, Spectrophotometer, Mangket Beach

ABSTRAK. Makroalga merupakan organisme fotosintetik multiseluler yang hidup di perairan laut dan termasuk tumbuhan thallus, yaitu tumbuhan tanpa akar, batang, dan daun sejati, yang diklasifikasikan ke dalam tiga divisi utama, yaitu Chlorophyta, Rhodophyta, dan Phaeophyta. Pigmen adalah senyawa kimia yang memberikan warna pada berbagai organisme, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi jenis pigmen pada makroalga dari tiga divisi yang ditemukan di Perairan Pantai Mangket, Kecamatan Kema, Minahasa Utara. Sampel makroalga diambil dari Perairan Pantai Mangket, kemudian diekstraksi menggunakan pelarut aseton dan petroleum eter. Identifikasi pigmen dilakukan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Spektrofotometer UV-Vis pada spesies *Valonia fastigiata*, *Sargassum* sp., dan *Halymenia durvillei*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *V. fastigiata* mengandung pigmen Zeaxanthin, klorofil a, dan Neoxanthin. *H. durvillei* diidentifikasi mengandung pigmen klorofil a. *Sargassum* sp. mengandung pigmen Fucoxanthin dan Fucoxanthinol. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan database pigmen dan dapat dijadikan dasar untuk pemanfaatan dalam bidang industri kosmetik, farmasitika, dan nutrasetika.

Kata kunci: makroalga, pigmen, Kromatografi Lapis Tipis, Spektrofotometer, Pantai Mangket

PENDAHULUAN

Makroalga merupakan organisme fotosintesis yang memiliki thallus yang terdiri dari *holdfast* (akar), *stipe* (batang), dan blade (daun) (Kepel & Baulu, 2013). Berdasarkan komposisi pigmen fotosintesis yang dikandungnya, makroalga diklasifikasikan menjadi tiga divisi utama yaitu alga hijau (Chlorophyta), alga merah (Rhodophyta), dan alga coklat (Phaeophyta), dengan setiap divisi memiliki karakteristik pigmen yang berbeda untuk mengoptimalkan proses fotosintesis pada kondisi lingkungan spesifik (Kepel & Mantiri, 2019; Marianingsih *et al.*, 2013).

Pigmen merupakan zat pewarna yang diperoleh secara ilmiah dari berbagai sumber antara lain tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Pigmen yang bersumber dari tumbuhan makroalga telah menjadi fokus penelitian intensif dalam dekade terakhir karena potensi aplikasinya yang luas dalam industri farmasi, kosmetik, dan pangan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pigmen alga memiliki aktivitas biologis yang signifikan sebagai antioksidan, antikanker, antibakteri, anti-inflamasi, dan anti-diabetes (Kase, 2023; Zulfikar *et al.*, 2017). Komposisi dan konsentrasi pigmen pada makroalga sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, dan ketersediaan nutrisi, yang pada gilirannya mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan organisme (Abbas, 2021).

Wilayah perairan di Kabupaten Minahasa Utara telah diidentifikasi memiliki keanekaragaman makroalga yang tinggi. Studi terdahulu melaporkan distribusi makroalga di berbagai lokasi, dengan temuan 23 jenis di Pulau Gangga, 15 jenis di Pulau Tindila, dan variasi 8-16 jenis di

berbagai lokasi Pulau Bangka (Kepel, *et al.*, 2006; Kepel *et al.*, 2010b, 2010a). Komposisi pigmen makroalga di wilayah ini masih terbatas, dengan studi (Kase, 2023) yang mengidentifikasi β -karoten, klorofil, feofitin, dan berbagai xantofil pada spesies *Ulva lactuca*, *U. reticulata*, dan *Halimeda opuntia*.

Perairan Kabupaten Minahasa Utara, khususnya perairan Pantai Mangket di Desa Makalisung, Kecamatan Kema, merupakan salah satu kawasan yang memiliki keanekaragaman makroalga tinggi, dengan ketiga divisi makroalga yang tumbuh secara alami. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi jenis pigmen pada makroalga yang ditemukan di perairan Pantai Mangket serta mendeskripsikan beberapa spesies makroalga yang ditemukan di perairan tersebut.

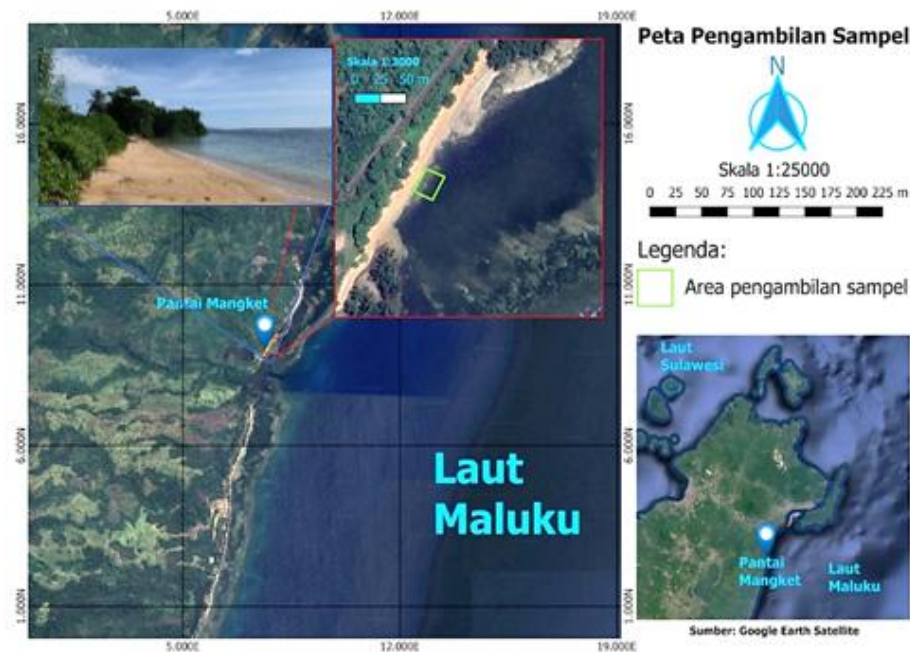
METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Sampel makroalga diambil dari perairan Pantai Mangket, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara (Gambar 1). Penelitian dan pengujian spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Forensik Polda Sulut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-April 2025.

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode survei jelajah pada area seluas 50m² dengan tali transek sebagai batasan wilayah pengamatan, mengacu pada modifikasi metode Opa *et al.* (2021). Sampel diambil berdasarkan kelimpahan dari masing-masing divisi makroalga, kemudian diidentifikasi



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

menggunakan buku identifikasi (Kepel et al., 2012) dan (Kepel & Baulu, 2013). Pengukuran parameter fisika-kimia perairan dilakukan pada saat sebelum pengambilan sampel. Sampel yang telah dikoleksi dimasukkan dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium untuk dibersihkan dari sedimen yang menempel.

Ekstraksi Sampel

Sampel makroalga yang telah dibersihkan digerus hingga halus, dan kemudian ditambahkan pelarut aseton. Ekstrak yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui komposisi pigmen total. Selanjutnya, larutan hasil penggerusan disaring ke dalam labu pemisah menggunakan kertas saring. Larutan sampel hasil penyaringan ditambahkan petroleum eter (PE) dan akuades sehingga terbentuk dua lapisan: lapisan atas berisi pigmen dalam PE dan lapisan bawah berisi hidroaseton. Lapisan bawah dibuang,

sedangkan lapisan atas dari setiap pemisahan dimasukkan ke dalam tabung reaksi untuk tahap analisis kromatografi lapis tipis dan spektrofotometer UV-Vis.

Teknik Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Pemisahan komponen pigmen dilakukan menggunakan KLT berdasarkan metode Lesty (2011), dengan larutan pengembang PE dan aseton dengan perbandingan 80:20 (Mantiri, 1997).

Menurut Sasmitamiharjdo & Siregar (1990) nilai R_f (*Retention factor*) diperoleh melalui pembagian antara jarak migrasi senyawa dari titik asal dengan jarak migrasi fase gerak dari titik asal. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh oleh pigmen}}{\text{Jarak yang ditempuh oleh pelarut}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

Pantai Mangket Kema, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara.

Secara geografis, pantai ini berada pada posisi yang menghadap ke Laut Maluku bagian Timur Pulau Sulawesi. Berdasarkan hasil pengamatan kondisi lingkungan di Perairan Pantai Mangket yang relatif bersih dan daerah ini kurang adanya aktivitas manusia. Minimnya kegiatan masyarakat, baik berupa aktivitas wisata, perdagangan, maupun pemukiman di sekitar pantai, sehingga diasumsikan kondisi lingkungan ini memiliki kualitas lingkungan relatif baik.

Kualitas Air Laut Perairan Pantai Mangket

Penilaian kualitas air laut mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Lampiran VIII tentang Baku Mutu Air Laut parameter untuk Biota Laut Kualitas air di lingkungan pengambilan sampel alga diasumsikan memenuhi regulasi standar kualitas air yang diperlukan untuk menjaga kelangsungan hidup ekosistem biota laut, dengan parameter utama meliputi suhu (28-32°C), pH (7,0-8,5), dan salinitas (33-34‰). Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas air laut dengan parameter suhu, pH, dan salinitas di lokasi penelitian masih berada dibawah baku mutu kualitas air laut untuk biota laut (Tabel 1).

Jenis-Jenis Makroalga di Perairan Pantai Mangket

Berdasarkan hasil identifikasi secara morfologi ditemukan total sebanyak 10 spesies makroalga di perairan Pantai Mangket. Spesies tersebut terdiri dari 4 alga hijau (Chlorophyta) yaitu *Valonia fastigiata*, *Caulerpa racemosa*, *Chaetomorpha crassa*, *Ulva lactuca*; 4 alga coklat (Phaeophyta) yaitu *Turbinaria ornata*, *Padina australis*, *Sargassum sp.*, *Dictyota dichotoma.*, dan 2 alga merah (Rhodophyta) yakni *Halymenia durvillei* dan *Galaxaura oblongata*. Dalam penelitian ini, analisis komposisi pigmen difokuskan pada tiga spesies yang telah dipilih dari masing-masing divisi makroalga, yang berdasarkan keberadaan kelimpahan. Adapun tiga spesies makroalga yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *V. fastigiata*, *Sargassum sp.*, *H. Durvillei*.

1) *V. fastigiata*

Secara morfologi alga yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan ciri-ciri yang menyerupai alga jenis *V. fastigiata*. Alga ini memiliki ciri morfologi yaitu thallus yang berwarna hijau kekuningan kecoklatan serta bentuk thallus yang mirip bantalan tebal dan tidak teratur terlihat tumpang tindih. Termasuk dalam kelompok alga hijau (Chlorophyta) dan

Tabel 1. Parameter kualitas air laut perairan Pantai Mangket

Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran	Baku Mutu	Keterangan
Suhu	°C	29	28-30	Memenuhi Baku Mutu
pH	-	7.58	7.0-8.5	Memenuhi Baku Mutu
Salinitas	‰	33	33-34	Memenuhi Baku Mutu

hidup di area intertidal dengan menempel pada substrat karang berpasir (Pongtuluran & Rompas, 2022). Penelitian terdahulu oleh (Warouw *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa *Valonia aegagropila* memiliki potensi sebagai sumber senyawa bioaktif dengan aktivitas farmakologis yang menjanjikan seperti alkaloid, flavonoid dan fenolik yang menunjukkan aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi tinggi.

2) *Sargassum* sp.

Secara morfologi alga yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan ciri-ciri yang menyerupai alga jenis *Sargassum* sp. Alga ini memiliki ciri morfologi yaitu thallus berwarna coklat tua hingga coklat kekuningan, berbentuk pipih dengan holdfast bulat agak kasar menyerupai batang, air bladder berukuran kecil dan bulat, blade bergerigi dan ujung meruncing, dan stipe menyerupai tangkai. Alga tumbuh pada substrat batu karang. Flavonoid merupakan senyawa bioaktif yang umumnya ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan, termasuk alga. Flavonoid teridentifikasi dalam berbagai spesies alga seperti *Sargassum* sp. dan *Padina* sp. Menurut Ardiansyah (2017), kandungan flavonoid tertinggi ditemukan pada alga coklat seperti *Padina* sp. dan *Sargassum* sp. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, makroalga *Sargassum polycystum* diketahui mengandung pigmen karotenoid seperti β -karoten, lutein, serta xantofil lainnya seperti zeaksantin (Paransa *et al.*, 2014)..

3) *H. durvillei*

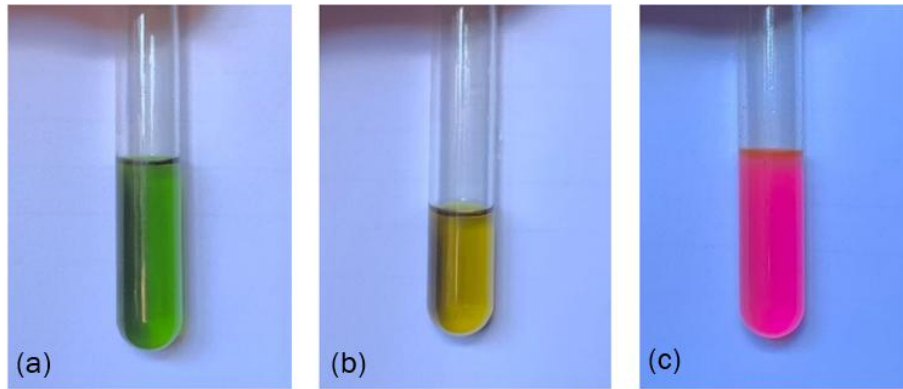
Secara morfologi alga yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan ciri-ciri yang menyerupai alga jenis *H. durvillei*. Alga ini memiliki ciri morfologi yaitu thallus gepeng, licin, lunak,

fleksibel, percabangan berselang-seling tidak teratur pada kedua sisi. Thallus bagian bawah biasanya melebar dan mengecil pada bagian atas. Thallus menyebar seperti cambuk halus, berwarna merah pekat saat segar dan kehijauan setelah kering (Kepel & Baulu, 2013). Warna thallus yang bervariasi disebabkan adanya komposisi pigmen yang terdiri dari klorofil a, klorofil d, dan fikobiliprotein. Selain klorofil a, (Paransa *et al.*, 2020) juga mencatat keberadaan xantofil dan karoten dalam jumlah yang lebih rendah, yang berperan sebagai pigmen tambahan dalam proses fotosintesis dan perlindungan sel terhadap stres cahaya. Fikoeritrin adalah fikobiliprotein yang merupakan pigmen yang paling dominan pada alga merah dibandingkan dengan pigmen yang lain. Semakin bertambahnya kedalaman laut, kandungan pigmen fikoeritrin semakin bertambah. Hal tersebut karena rendahnya kandungan klorofil a sehingga memicu pembentukan fikoeritrin yang lebih banyak untuk membantu penyerapan cahaya yang digunakan untuk fotosintesis (Mantiri *et al.*, 2021).

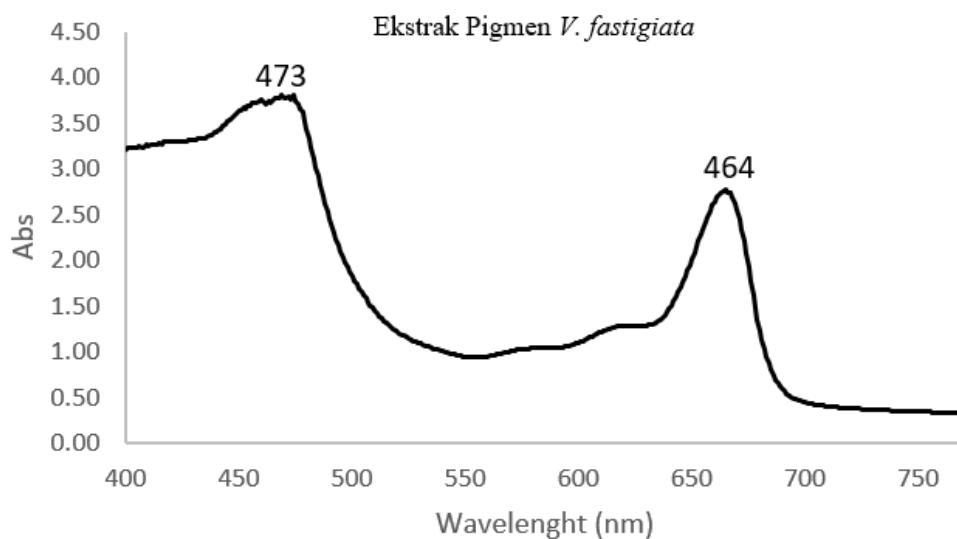
Ekstrak Pigmen dan Analisis Spektrofotometer UV-Vis

Hasil ekstraksi menggunakan pelarut aseton menunjukkan perbedaan karakteristik warna ekstrak pada masing-masing divisi makroalga (Gambar 2). Hal ini dapat menjadi petunjuk visual awal adanya perbedaan komposisi pigmen pada tiap divisi.

Hasil ekstrak dari ketiga jenis makroalga dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 380-770 nm. Bentuk kurva dari hasil ekstrak dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6.



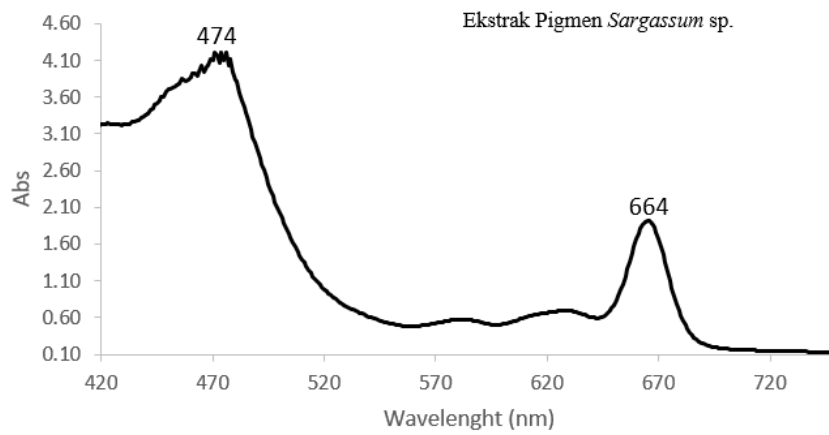
Gambar 2. Hasil ekstrak makroalga dengan larutan Aseton. Keterangan: (a) *V. fastigiata*; (b) *Sargassum* sp.; (c) *H. durvillei*



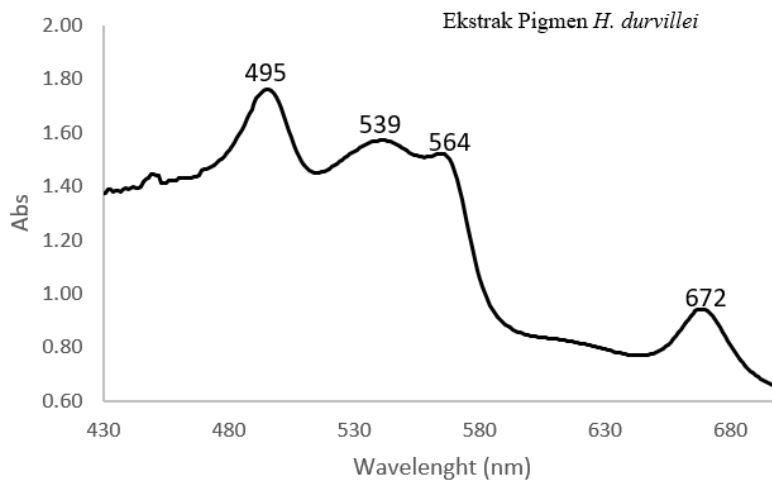
Gambar 3. Serapan Maksimum Spektrofotometer dari ekstrak total makroalga *V. fastigiata* dalam pelarut Aseton

Analisis spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa ketiga jenis makroalga menghasilkan 2-4 puncak serapan maksimum dengan pola yang berbeda. Ekstrak pigmen total *V. fastigiata* (alga hijau) menghasilkan dua puncak pada 473 nm dan 464 nm, alga merah (*H. durvillei*) menunjukkan empat puncak pada 495 nm, 539 nm, 564 nm, dan 672 nm, sedangkan makroalga coklat (*Sargassum* sp.) menghasilkan dua puncak pada 474 nm dan 664 nm. Pola serapan yang

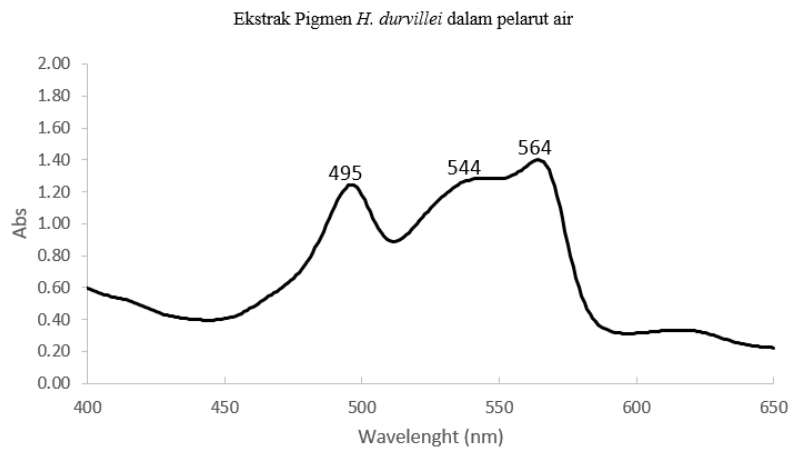
dihasilkan mengindikasikan masih terjadinya pencampuran antara berbagai jenis pigmen, terutama klorofil dan karotenoid. Pada alga merah, puncak 672 nm diasumsikan merupakan campuran pigmen klorofil a dan klorofil d. Ekstrak *H. durvillei* yang direndam dengan air menunjukkan tiga puncak serapan pada 495 nm, 544 nm, dan 564 nm, yang mengindikasikan kandungan pigmen fikoeritrin sesuai dengan penelitian (Mantiri et al., 2021).



Gambar 4. Serapan Maksimum Spektrofotometer dari ekstrak total makroalga *Sargassum* sp. dalam pelarut Aseton



Gambar 5. Serapan Maksimum Spektrofotometer dari ekstrak total makroalga *H. durvillei* dalam pelarut Aseton



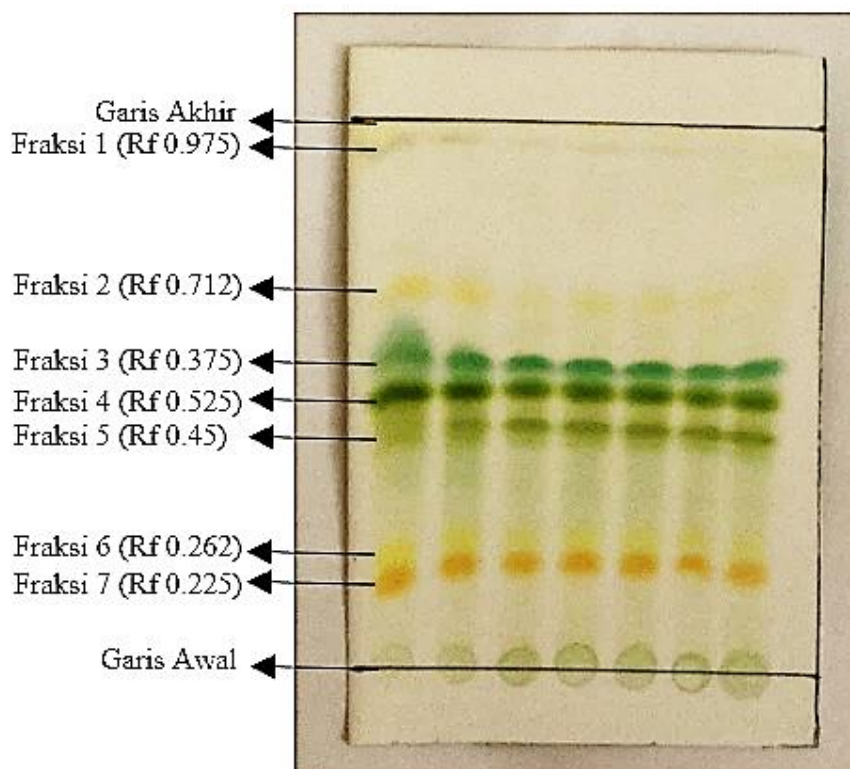
Gambar 6. Serapan Maksimum Spektrofotometer dari ekstrak total makroalga *H. durvillei* dalam pelarut air

Analisis KLT Makroalga

Analisis KLT Makroalga *V. fastigiata*

Kromatogram ekstrak *V. fastigiata* menggunakan fase gerak petroleum eter : aseton (80:20) pada plat silika gel menghasilkan tujuh fraksi dengan tingkat migrasi berbeda (Gambar 7). Setiap fraksi selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk identifikasi jenis pigmen.

Fraksi 1 menunjukkan spot berwarna abu-abu yang mengindikasikan pigmen feofitin. Menurut Gross (1991) fraksi berwarna abu-abu pada plat silika gel umumnya menunjukkan kandungan feofitin a dan feofitin b. Mantiri et al., (2021) menyatakan bahwa feofitin merupakan produk degradasi klorofil melalui proses feofitinisasi yaitu hilangnya ion Mg^{2+} dari



Gambar 7. Hasil KLT pada ekstrak pigmen *V. Fastigiata*

Tabel 2. Hasil analisis kromatografi lapis tipis *V. Fastigiata*

Fraksi	Nilai Rf	Panjang Gelombang (nm)	Warna	Jenis Pigmen
1	0.975	-	Abu-Abu	Tidak teridentifikasi
2	0.712	429 - 448 - 473	Kuning	Zeaxanthin
3	0.375	428 - 664	Hijau Kebiruan	Tidak teridentifikasi
4	0.525	445 - 464	Hijau	Klorofil a
5	0.45	-	Hijau	Tidak teridentifikasi
6	0.262	415 - 432 - 453	Kuning	Neoxanthin
7	0.225	-	Oranye	Tidak teridentifikasi

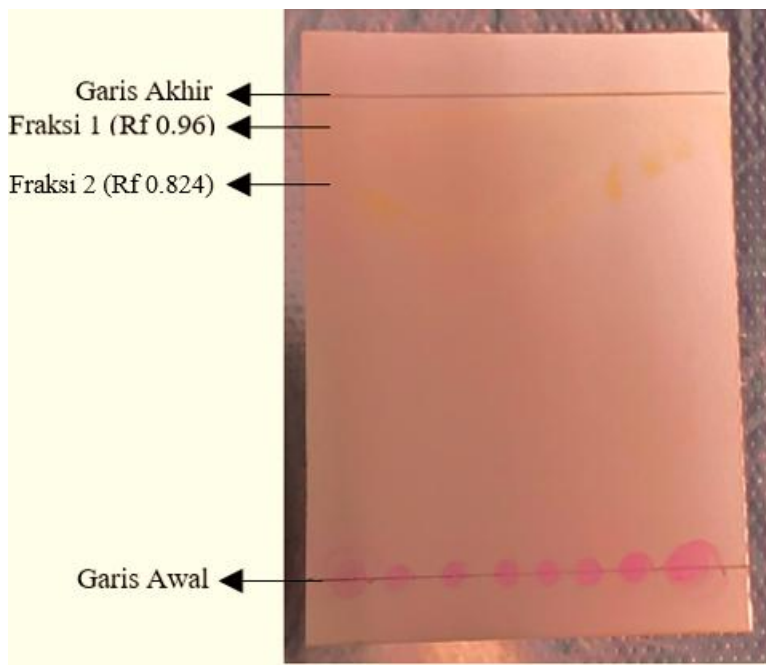
cincin makrosiklik klorofil. Fraksi 2 berwarna kuning (Rf 0,712) dengan puncak absorbansi pada 429 nm, 448 nm, dan 473 nm teridentifikasi sebagai pigmen zeaxanthin berdasarkan (Britton *et al.*, 1995). Fraksi 3 berwarna hijau kebiruan (Rf 0,375) menunjukkan puncak pada 428 nm dan 664 nm, namun tidak dapat diidentifikasi secara spesifik dan diasumsikan masih terdapat pencampuran pigmen karoten dan klorofil.

Fraksi 4 berwarna hijau dengan nilai Rf 0,525 teridentifikasi sebagai pigmen klorofil a, sesuai dengan penelitian (Kase, 2023) pada alga *Ulva reticulata* dengan

nilai Rf serupa. Fraksi 6 menunjukkan puncak absorbansi pada 415 nm, 434 nm, dan 453 nm yang mengindikasikan pigmen neoxanthin berdasarkan pola penyerapan cahaya menurut (Britton *et al.*, 1995).

Analisis KLT Makroalga *H. Durvillei*

Pemisahan pigmen pada ekstrak *H. durvillei* menghasilkan beberapa fraksi dengan tingkat migrasi berbeda. Visualisasi pada plat KLT menampakkan fraksi berwarna kuning yang hampir tidak terlihat jelas (Gambar 8). Identifikasi setiap fraksi dikonfirmasi berdasarkan nilai Rf dan profil spektrum absorbansi (Tabel 3).



Gambar 8. Hasil KLT pada ekstrak pigmen *H. durvillei*

Tabel 3. Hasil analisis kromotografi lapis tipis *H. durvillei*

Fraksi	Nilai Rf	Panjang Gelombang (nm)	Warna	Jenis Pigmen
1	0.96	415 - 664	Kuning Hijau	Klorofil a
2	0.784	417 - 663	Kuning Hijau	Klorofil a

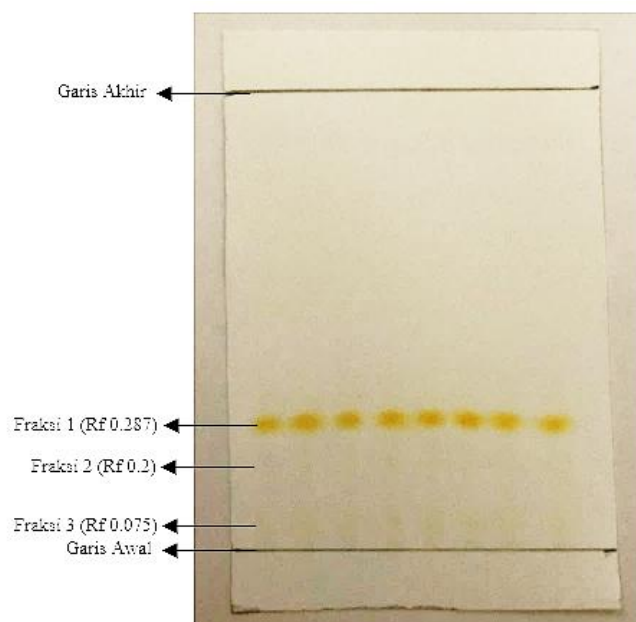
Fraksi 1 berwarna kuning (Rf 0,712) menunjukkan puncak absorbansi pada panjang gelombang 415 nm dan 664 nm. Fraksi 2 (Rf 0,784) menampilkan warna kuning dengan spektrum absorbansi pada 417 nm. Pola absorbansi ini mengindikasikan keberadaan pigmen klorofil a, yang sesuai dengan penelitian Doli et al., (2020) pada alga *Kappaphycus alvarezii* yang menunjukkan pigmen klorofil a pada rentang panjang gelombang 408-665 nm.

Analisis KLT Makroalga *Sargassum* sp.

Ekstrak *Sargassum* sp. menghasilkan tiga fraksi dengan karakteristik berbeda. Visualisasi pada plat

KLT menunjukkan fraksi 1 berwarna oranye, sedangkan fraksi 2 dan 3 berwarna kuning yang hampir tidak terlihat jelas.

Fraksi 1 menunjukkan kurva serapan maksimum pada panjang gelombang 423 nm, 447 nm, dan 470 nm. Pola puncak absorbansi ini merupakan ciri khas pigmen fucoxanthin menurut Britton et al. (1995), yang didukung oleh penelitian Sulistiyani et al., (2021) yang menunjukkan standar pigmen fucoxanthin pada puncak 447 nm. Fraksi 2 (Rf 0,2) menghasilkan tiga puncak serapan pada 415 nm, 431 nm, dan 448 nm yang menunjukkan karakteristik spektral fucoxanthinol dengan warna kuning samar. Hasil ini sesuai dengan



Gambar 9. Hasil KLT ekstrak pigmen *Sargassum* sp.

Tabel 4. Hasil analisis kromotografi lapis tipis *Sargassum* sp.

Fraksi	Nilai Rf	Panjang Gelombang (nm)	Warna	Jenis Pigmen
1	0.287	423 - 447 - 470	Oranye	Fucoxanthin
2	0.2	415 - 431 - 448	Kuning	Fucoxanthinol
3	0.075	423 - 449	kuning	Tidak teridentifikasi

penelitian Indriani (2010) yang melaporkan isolasi fucoxanthin dengan pelarut aseton menghasilkan puncak serapan pada 447 nm dengan nilai Rf 0,28. Fraksi 3 menunjukkan puncak absorpsi pada 423 nm dan 449 nm, namun jenis pigmen spesifik dalam fraksi ini belum berhasil diidentifikasi secara definitif.

KESIMPULAN

Hasil identifikasi menunjukkan keanekaragaman makroalga di Perairan Pantai Mangket mencapai 10 spesies yang terbagi dalam tiga divisi utama, yaitu *Valonia fastigiata*, *Caulerpa racemosa*, *Chaetomorpha crassa*, *Ulva lactuca*, *Turbinaria ornata*, *Padina australis*, *Sargassum* sp., *Dictyota dichotoma*, *Halymenia durvillei*, dan *Galaxaura oblongata*. Makroalga *Valonia fastigiata*, *Halymenia durvillei*, dan *Sargassum* sp. yang tumbuh secara bebas di Perairan Pantai Mangket, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara terkandung jenis pigmen yang terdiri dari klorofil a, Zeaxanthin, Neoxanthin, Fucoxanthin, dan Fucoxanthinol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, N. 2021. Pertumbuhan, Kandungan, dan Pigmen *Kappaphycus Alvarezii* Yang Dibudidayakan pada Lokasi Berbeda. Tesis, Universitas Hasanuddin. 39 hal.
- Ardiansyah, R. M. 2017. Analisis Kadar Flavonoid Total dari Alga Coklat (*Sargassum* sp. dan *Padina* Sp.) Sebagai Obat Analgesik. Skripsi, Universitas Hasanuddin. 52 hal.
- Britton, G., Liaaen-Jensen, S., Pfander, H. 1995. Carotenoids Volume 1a: Isolation and Analysis. p 328.
- Doli, R., Mantiri, D. M. H., Paransa, D. S., Kemer, K., Lintang, R. A. J., Tumembouw, S. S. 2020. Analisis Pigmen Klorofil pada Alga *Kappaphycus alvarezii* Yang Dibudidayakan di Teluk Totok Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8(1), 31–38.
<https://doi.org/10.35800/jplt.8.1.2020.27399>
- Gross, J. 1991. Pigments in Vegetable, Chlorophylls and Carotenoids. 351 hal.
- Indriani, E. 2010. Isolasi Fukosantin dari Alga Coklat *Sargassum fillipindelua* dengan Menggunakan Kromatografi Kolom. Skripsi, Universitas Brawijaya. 56 hal.
- Kase, A. G. O. 2023. Komposisi Jenis Pigmen Alga Hijau, Yang Diperoleh dari Perairan Bolok Kabupaten Kupang. *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 19(4), 209–213.
<https://doi.org/10.14710/ijfst.19.4.209-213>
- Kepel, R. C., Gerung, G. S., Paillin, J. B. 2006. Komunitas Makroalga di Perairan Pulau Gangga, Pulau Tindila dan Pulau Lehaga, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat*, 1(1). 100-114.
- Kepel, R. C., Gerung, G. S., Subur, R. 2010a. Komunitas Makroalga di Perairan Pesisir Kahuku dan Lihunu, Pulau Bangka, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Pacific Journal Of Regional Board of Research, North Sulawesi*, 1(5), 748-753.
- Kepel, R. C., Gerung, G. S., Subur, R. 2010b. Komunitas Makroalga di Perairan Pesisir Libas dan Pahepa, Pulau Bangka, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Pacific Journal of Regional Board of Research, North Sulawesi*, 2(5), 817-822.
- Kepel, R. C., Lumingas, L. J. K., Talakua, S. 2012. Makroalga dan Lamun Keanekaragaman Vegetasi Laut di Manokwari. Penerbit Cahaya Pineleng. 156 hal.

- Kepel, R. Ch., Baulu, S. 2013. Makroalga dan Lamun Keanekaragaman Vegetasi Laut Di Maluku Tenggara Barat. Penerbit Cahaya Pineleng. 138 hal.
- Kepel, R. Ch., Mantiri, D. M. H. 2019. The Biodiversity of Macroalgae in The Coastal Waters of Kora-Kora, East Lembean Sub-District, Minahasa Regency. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(2), 383-393.
<https://doi.org/10.35800/jip.7.2.2019.23727>
- Lestyo, W. 2011. *Kromatografi Lapis Tipis*. PT. Taman Kampus Presindo. 182 hal.
- Mantiri, D. M. H. 1997. Nature, Localisation Et Metabolisme Des Carotienoides Et Des Complexes Carotenoid Proteiques Au Cours De l'évolution Embrionale Et Larvaire Du Homard Europeen *Homarus Gammarus* (Linne, 1758) (Crustace, Decapode, Astacide). (Thesis). *These Universite De Droit, D'ecnomie Et Des Sciences D'aix Marseille, Facultedes Sciences Et Techniques De Saint Gerome*.
- Mantiri, D. M. H., Kepel, R. C., Boneka, F. B., Sumilat, D. A. 2021. Phytochemical Screening, Antioxidant and Antibacterial Tests on Red Algae, *Halymenia Durvillaei*, and Phycoerythrin Pigments. *AACL Bioflux*, 14(6), 3358–3365.
- Mantiri, D. M. H., Paransa, D. S. J., Kemer, K., Rumengan, A. P., & Kepel, R. C. 2021. *Pigmen*. Unsrat Press. 107 hal.
- Marianingsih, P., Amelia, E., Suroto, T. 2013. Inventarisasi dan Identifikasi Makroalga di Perairan Pulau Untung Jawa. *Prosiding Semirata Fmipa Universitas Lampung*. 1(1). 219-225.
- Opa, E. T., Kepel, R. C., Lasabuda, R., Kusen, J. D., Paruntu, C. P., Djamaluddin, R., Boneka, F. B., Mantiri, D. M. H. 2021. Ecological Suitability of Mangrove Tourism in Mantehage Island as The Outermost Small Island in North Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14(1), 120–129.
- Paransa, D. S. J., Kemer, K., Rumengan, A. P., Mantiri, D. M. H. 2014. Analisis Jenis Pigmen dan Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Pigmen Xantofil pada Alga Coklat *Sargassum polycystum* (C.Agardh). *Jurnal Lppm Bidang Sains dan Teknologi*, 1(1), 90–96.
- Paransa, D. S. J., Mantiri, D. M. H., Kepel, R. C., Antonius, A. 2020. Pigment Concentration of Red Algae, *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty Ex Silva During The Cultivation in The Coastal Waters of Nain Island, North Sulawesi, Indonesia. *AACL Bioflux*, 13(5), 2788–2797.
- Pongtuluran, A. K., Rompas, M. 2022. Deskripsi Jenis Makroalga di Garis Pantai Bentenan Minahasa Tenggara [Doctoral Dissertation]. Politeknik Negeri Manado.
- Sasmitamiharjdo, D., Siregar, A. H. 1990. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. ITB.
- Sulistiyani, Y., Sabdono, A., Afiati, N., Haeruddin, H. 2021. Fucoxanthin Identification and Purification of Brown Algae Commonly Found in Lombok Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(3). 1527-1534
<https://doi.org/10.13057/Biodiv/D220358>
- Warouw, F., Pertiwi, J. M., Mantiri, D. M. H., Paransa, D. S. J., Montolalu, R. I., Lumoindong, F., Kepel, R. C. 2024. Phytochemical Screening, Antioxidant and Antiinflammatory Activities of Green Macroalga *Valonia Aegagropila* from Coastal Waters of Korakora, North Sulawesi, Indonesia. *Aacl Bioflux*, 17(6), 2609–2619.
<http://www.bioflux.com.ro/docs/2024.2609-2619.pdf>
- Zulfikar, M. F., Kusdiantini, E., Nurjannah, S. 2017. Identifikasi Jenis Pigmen Dan Uji Potensi Antioksidanekstrak Pigmen Bakteri *Rhodococcus* sp. Hasil Isolasi dari Sedimen Sumber Air Panas Gedong Songo. *Jurnal Biologi*, 6(4), 106–114.
<https://doi.org/10.14710/biologi.6.4.106-114>

Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor
22 Tahun 2021 Lampiran VIII.
Tentang Penyelenggaraan
Perlindungan dan Pengelolaan
Lingkungan Hidup Baku Mutu Air
Laut Untuk Biota Laut, 1-4.