

**Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder
dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium*
di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang**

SKRIPSI



**Nabila Prastika Dewi
31200359**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024**

Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder
dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium*
di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



Nabila Prastika Dewi
31200359

Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2024

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Prastika Dewi
NIM : 31200359
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium* di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 13 Agustus 2024

Yang menyatakan


(Nabila Prastika Dewi)
NIM : 31200359

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi dengan judul:

**Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder dan
Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium* di Pantai Porok,
Watukodok dan Watulawang**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

NABILA PRASTIKA DEWI

31200359

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi

Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada 6 Agustus 2024

Nama Dosen

1. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.
(Ketua Tim Penguji/Dosen Pembimbing I)
2. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.
(Dosen Penguji II/Dosen Pembimbing II)
3. Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.
(Dosen Penguji III)

Tanda Tangan



Yogyakarta, 16 Agustus 2024

Disahkan Oleh:

Dekan,

Ketua Program Studi,



Dr. Charis Amaranitini, M.Si.
NIK 914 E 155



Dwi Aditiyarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.
NIK 214 E 556

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit
Sekunder dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum
ilicifolium* di Pantai Porok, Watukodok dan
Watulawang
Nama Mahasiswa : Nabila Prastika Dewi
Nomor Induk Mahasiswa : 31200359
Hari/ Tanggal Ujian : Selasa, 6 Agustus 2024

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,


(Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes.)
NIK : 904 E 131

Pembimbing Pendamping,


(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.)
NIK : 884 E 075

Mengetahui,

Ketua Program Studi Biologi,


(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.)
NIK : 214 E 556

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Prastika Dewi

NIM : 31200359

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

“Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium* di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, 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 orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada

Yogyakarta, 8 Agustus 2024



(Nabila Prastika Dewi)

31200359

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan berkat dan anugerahnya selama proses penelitian serta penyusunan skripsi. Berkat kasih-Nya yang telah diberikan oleh peneliti mampu menyelesaikan rangkaian proses penelitian hingga penyusunan skripsi dengan judul “Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium* di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta. Skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya dukungan serta bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin berterima kasih banyak kepada :

1. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, serta memberikan kritik dan saran selama proses penelitian dan penulisan skripsi.
2. Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan kekuatan, arahan, semangat dan motivasi dari proses penelitian hingga penulisan skripsi.
3. Kedua Orang tua (Karyono dan Puji Astuti) serta ketiga kakak (Eko, Delta dan Della) yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, motivasi serta doanya proses rangkaian skripsi dari awal hingga akhir.
4. Joshe Forgaritenzo yang telah memberikan dukungan, motivasi, semangat dan doa selama proses penelitian serta penyusunan skripsi.
5. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Kiranya skripsi ini mampu memberikan manfaat yang baik bagi pembaca.

Terima kasih.

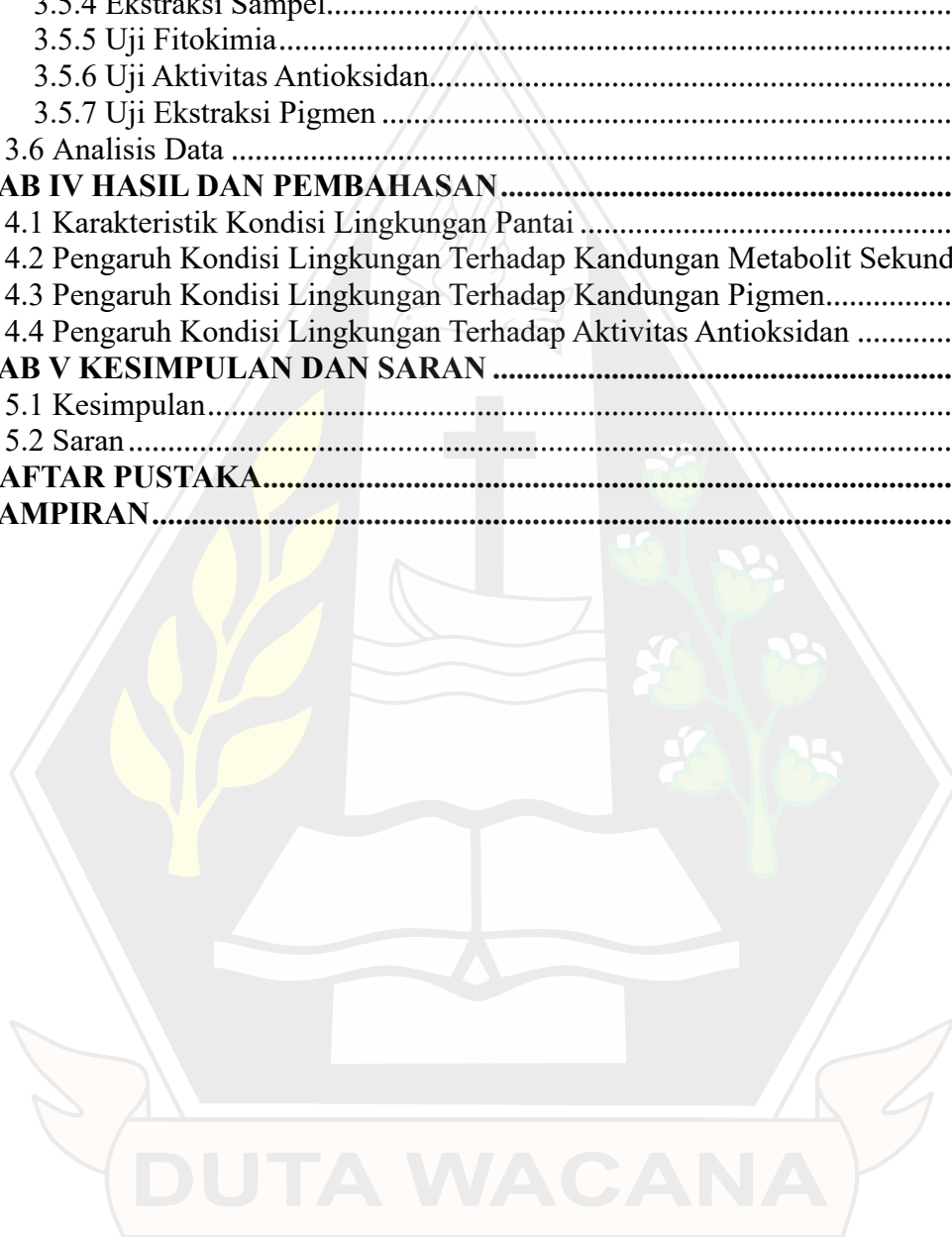
Yogyakarta, 2 Agustus 2024

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL LUAR.....	i
SAMPUL DALAM.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Klasifikasi dan Struktur Morfologi <i>S.ilicifolium</i>	6
2.2 Habitat <i>S.ilicifolium</i>	7
2.3 Metabolit Sekunder <i>S.ilicifolium</i>	8
2.4 Pigmen <i>S.ilicifolium</i>	8
2.5 Antioksidan <i>S.ilicifolium</i>	10
2.6 Manfaat dan Potensi <i>S.ilicifolium</i>	11
2.7 Hubungan Faktor Lingkungan dengan Metabolit Sekunder	12
2.7.1 Secara Ekstrinsik.....	12
2.7.2 Secara Intrinsik	13
2.8 Hubungan Kondisi Lingkungan dengan Pigmen.....	14
2.8.1 Secara Eksrinsik.....	14
2.8.2 Secara Intrinsik	15
2.9 Hubungan Kondisi Lingkungan dengan Aktivitas Antioksidan	15
2.9.1 Secara Ekstrinsik.....	15
2.9.2 Secara Intrinsik	16
2.10 Karakteristik Pantai Gunungkidul	17
2.11 Ekstraksi	18
2.12 Hipotesis.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Desain penelitian	21
3.3 Alat	22
3.4 Bahan	22

3.5 Cara Kerja.....	22
3.5.1 Sampling.....	22
3.5.2 Pengukuran Parameter Kualitas Air.....	23
3.5.3 Preparasi Sampel.....	23
3.5.4 Ekstraksi Sampel.....	23
3.5.5 Uji Fitokimia.....	24
3.5.6 Uji Aktivitas Antioksidan.....	26
3.5.7 Uji Ekstraksi Pigmen	27
3.6 Analisis Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Karakteristik Kondisi Lingkungan Pantai	29
4.2 Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Kandungan Metabolit Sekunder	31
4.3 Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Kandungan Pigmen.....	34
4.4 Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Aktivitas Antioksidan	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	56



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Karakteristik Kondisi Lingkungan Pantai	29
Tabel 4.2 Hasil Rendemen Ekstrak <i>triphasic S.ilicifolium</i> di Ketiga Pantai.....	31
Tabel 4.3 Hasil Skrining Fitokimia <i>S.ilicifolium</i> di Ketiga Pantai.....	32
Tabel 4.4 Hasil Kandungan Pigmen Ekstrak <i>triphasic S.ilicifolium</i> di Ketiga Pantai	34
Tabel 4.5 Hasil Analisis <i>Correlation Pearson</i> pada Pigmen terhadap Faktor Lingkungan	36
Tabel 4.6 Hasil Aktivitas Antioksidan Ekstrak <i>triphasic S.ilicifolium</i> di Ketiga Pantai	39



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Sargassum ilicifolium</i>	6
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	20
Gambar 3.2 Bagan Alur Penelitian.....	21



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Preparasi <i>S.ilicifolium</i>	56
Lampiran 2 Maserasi Bertingkat	56
Lampiran 3 Perhitungan Hasil Rendemen	56
Lampiran 4 Hasil Uji Normalitas pada Ekstraksi	57
Lampiran 5 Hasil Uji Homogenitas pada Ekstraksi	57
Lampiran 6 Hasil Uji Anova pada Ekstraksi	58
Lampiran 7 Hasil Uji Post Host pada Ekstraksi	58
Lampiran 8 Uji Metabolit Sekunder	59
Lampiran 9 Uji Antioksidan	61
Lampiran 10 Grafik Aktivitas Antioksidan	62
Lampiran 11 Grafik Kontrol Positif Aktivitas Antioksidan	63
Lampiran 12 Uji Pigmen	63
Lampiran 13 Hasil Uji Normalitas pada Pigmen	64
Lampiran 14 Hasil Uji Univariate pada Pigmen	64
Lampiran 15 Hasil Uji Post Host	64
Lampiran 16 Hasil Uji Korelasi Pearson Pada Pigmen Terhadap Pantai Porok	65
Lampiran 17 Hasil Uji Korelasi Pearson Pada Pigmen Terhadap Pantai Watu Kodok	66
Lampiran 18 Hasil Uji Korelasi Pearson Pada Pigmen Terhadap Pantai Watulawang	66
Lampiran 19 Borang Pemantauan Skripsi	67



ABSTRAK

Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum ilicifolium* di Pantai Porok, Watukodok dan Watulawang

NABILA PRASTIKA DEWI

Sargassum ilicifolium merupakan makroalga yang melimpah di pantai Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Makroalga ini dikenal dapat menghasilkan metabolit sekunder yang penting untuk kesehatan dan kecantikan, salah satunya sebagai antioksidan. Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, dan produksi metabolit sekunder, pigmen, serta bioaktivitas antioksidan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan karakteristik lingkungan di Pantai Porok, Watukodok, Watulawang Gunungkidul terhadap kandungan metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan *S.ilicifolium*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2023-Juli 2024. Karakteristik ekologi pantai digunakan data sekunder dari BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) bulan Oktober-Desember 2023 dan referensi jurnal. Sampel *S.ilicifolium* diekstraksi menggunakan metode triphasic. Kualitas ekstrak ditentukan melalui rendemen, identifikasi kualitatif fitokimia, kandungan pigmen dan aktivitas antioksidan. Korelasi pengaruh faktor lingkungan terhadap kandungan pigmen digunakan uji *Korelasi Pearson*. Hasil data sekunder pada parameter curah hujan, kelembapan dan tipologi menunjukkan perbedaan, sedangkan suhu, pH dan tipe substrat menunjukkan sama di ketiga pantai. Hasil uji fitokimia ketiga pantai positif mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, steroid, dan fenolik. Nilai rendemen ekstrak, kandungan pigmen, dan karotenoid tertinggi didapatkan dari sampel Watukodok berturut-turut sebesar 33,56% (rendemen), 21,35mg/g (klorofil a), 28,54mg/g (klorofil b), 14,78mg/g (klorofil c), dan 46,67mg/g (kardenoid). Hasil analisis statistik dengan *Korelasi Pearson* menunjukkan terdapat hubungan signifikan positif antara suhu dan kelembapan terhadap klorofil a, klorofil b, klorofil c dan karotenoid. Nilai IC50 tertinggi ditemukan pada Pantai Watukodok sebesar 1,49 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan berpengaruh terhadap produksi metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan dengan hasil tertinggi ditemukan pada Pantai Watu Kodok.

Kata kunci : antioksidan, metabolit sekunder, pigmen, *Sargassum ilicifolium*

ABSTRACT

*Influence of Environmental Conditions on Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of *Sargassum ilicifolium* at Porok Beach, Watukodok Beach, and Watulawang Beach*

NABILA PRASTIKA DEWI

Sargassum ilicifolium is a macroalga that is abundant on the beaches of Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. This macroalga is known to produce secondary metabolites important for health and beauty, including antioxidants. Environmental factors significantly influence the growth, secondary metabolite production, pigment content, and antioxidant bioactivity. This study aims to investigate the relationship between environmental characteristics at Porok Beach, Watukodok Beach, and Watulawang Beach in Gunungkidul and the secondary metabolite content, pigment levels, and antioxidant activity of *S. ilicifolium*. The research was conducted from October 2023 to July 2024. Beach ecological characteristics were obtained from secondary data from BMKG (Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency) for October-December 2023 and from journal references. *S. ilicifolium* samples were extracted using the triphasic method. The quality of the extract was determined through yield, qualitative phytochemical identification, pigment content, and antioxidant activity. The correlation of environmental factors with pigment content was analyzed using Pearson correlation tests. Secondary data results showed differences in rainfall, humidity, and topography, while temperature, pH, and substrate type were similar across the three beaches. Phytochemical tests on samples from all three beaches were positive for alkaloids, flavonoids, tannins, saponins, terpenoids, steroids, and phenolics. The highest yield, pigment content, and carotenoid levels were obtained from Watukodok samples, with values of 33.56% (yield), 21.35 mg/g (chlorophyll a), 28.54 mg/g (chlorophyll b), 14.78 mg/g (chlorophyll c), and 46.67 mg/g (carotenoids). Statistical analysis using Pearson correlation indicated a significant positive relationship between temperature and humidity with chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll c, and carotenoids. The highest IC₅₀ value was found at Watukodok Beach, at 1.49 ppm. The results of this study indicate that environmental conditions affect the production of secondary metabolites, pigments, and antioxidant activity, with the highest results observed at Watukodok Beach.

Keywords: antioxidants, pigments, *Sargassum ilicifolium*, secondary metabolites

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan ± 17.500 pulau, dan panjang garis pantai mencapai ± 95.181 km, sebesar 70% merupakan total luas laut wilayah yang ada di Indonesia. Sumber daya laut di Indonesia mempunyai tingkat biodiversitas yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki *Mega-Biodiversitas* laut terbesar di dunia. Perairan di Indonesia memiliki sekitar 950 spesies biota terumbu karang, 8.500 spesies ikan, 782 spesies makro alga. Indonesia memiliki berbagai potensi sumber daya hayati yang dapat digunakan untuk sumber pangan, bahan kosmetik, obat dan sumber perekonomian yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Setiap wilayah yang ada di Indonesia mempunyai potensi sumber daya alam laut yang berbeda-beda hal ini diakibatkan oleh kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Setiap wilayah mempunyai keanekaragaman hayati yang spesifik berdasarkan batas geografis dari komunitas masyarakat serta sistem ekologi. Meskipun terdapat banyak keanekaragaman hayati, makro alga menjadi salah satu organisme laut yang paling umum ditemui pada perairan Indonesia.

Jenis makro alga yang sangat melimpah serta memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi dan tersebar secara luas pada perairan di Indonesia adalah *Sargassum* sp., yang termasuk ke dalam kelas *Phaeophyceae*. *Sargassum* sp. memiliki beberapa kandungan senyawa seperti alkaloid, fenolik, saponin, steroid dan tanin. Menurut Pakidi & Suwoyo (2016), *Sargassum* sp. dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri, anti kanker, anti tumor, biofertilizer, krim kosmetik, dan juga berpotensi sebagai antioksidan. Keberadaan *Sargassum* sp. memiliki peran yang cukup penting bagi ekosistem laut yaitu sebagai sumber makanan dan habitat dari berbagai jenis organisme herbivor laut. Hal ini disebabkan karena kemampuan *Sargassum* sp. untuk dapat memproduksi zat organik melalui proses fotosintesis (Irwandi dkk., 2017). *Sargassum* sp. menyukai perairan yang jernih dengan

substrat berbatu karang (Lalu dkk., 2015). Salah satu habitat perairan yang dapat mendukung keberadaan *Sargassum* sp. adalah pantai di Gunungkidul.

Kondisi lingkungan yang berbeda dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi produksi metabolit sekunder, pigmen, antioksidan pada *Sargassum* sp.. Penelitian (Austen dkk., 2019) menyatakan bahwa salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi metabolit sekunder adalah CO₂ dan suhu, dimana pada kadar CO₂ dan suhu yang semakin tinggi maka dapat meningkatkan hasil produksi metabolit sekunder. Hal ini disebabkan suhu tinggi dan CO₂ tinggi dapat menghasilkan efek yang saling membatalkan pada biosintesis isoprene (Li dkk., 2020). Metabolit sekunder berperan sebagai alat pertahanan untuk melawan parasit, patogen, kompetitor dan predator. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh makro alga berperan dalam pertahanan terhadap kondisi lingkungan seperti alkaloid, flavonoid, kumarin, steroid, dan terpenoid yang produksinya bergantung pada kondisi lingkungan. Pigmen pada *S. ilicifolium* berperan menyerap energi cahaya, yang kemudian digunakan dalam fotosintesis untuk mengubah karbon dioksida dan air menjadi senyawa organik (Kusmita dkk., 2023). Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa *Sargassum* sp. memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menghasilkan pigmen yang memiliki bioaktivitas sebagai antioksidan, anti kanker dan antibakteri. Pigmen alami yang ditemukan dalam *Sargassum* sp. adalah karotenoid, klorofil dan *phycobiliprotein*. Pigmen tersebut penting untuk adaptasi terhadap lingkungannya. Perubahan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi hasil produksi pigmen, salah satunya intensitas cahaya karena mempengaruhi perubahan stabilitas sehingga mengalami penurunan pada pigmen yang diakibatkan adanya degradasi pigmen (Fitriyani dkk., 2017). Kondisi lingkungan yang berbeda dapat mempengaruhi aktivitas antioksidan. Hal ini didukung oleh penelitian Sun dkk. (2022) yang menyatakan bahwa paparan sinar ultraviolet-B dari sinar matahari dapat memicu adanya pembentukan radikal bebas, dimana keberadaan radikal bebas ini akan dilawan oleh *Sargassum* sp. dengan cara membangun suatu sistem pertahanan antioksidan alami dengan membentuk endogen. Adanya interaksi antara faktor lingkungan dengan

biosintesis metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan dapat mengoptimalkan produksi senyawa bioaktif pada *Sargassum* sp. sehingga dapat diaplikasikan ke dalam farmasi, pangan maupun pertanian sehingga dapat membantu dalam memanfaatkan potensi bioaktif dari *Sargassum* sp. berguna untuk kesejahteraan ekosistem maupun kesehatan manusia

Pantai di Gunungkidul memiliki karakteristik yang khas sehingga dapat membedakan dari pantai lainnya. Gunungkidul merupakan daerah karst dan pada bagian utara sebagian besarnya merupakan daerah *aluvial*. Kondisi tanah dengan wilayah *aluvial* berbeda dengan wilayah karst karena memiliki ciri-ciri seperti tanah yang lebih subur, sedangkan wilayah karst di Gunungkidul memiliki tanah yang tandus. Pantai Karst yang ada di Gunungkidul seperti Pantai Porok, Pantai Watu Kodok, dan Pantai Watulawang memiliki persamaan pada kondisi geologi dan proses pembentukan morfologi pantai, namun pada setiap pantai tetap memiliki perbedaan karakteristiknya masing-masing. Perbedaan karakteristik ini terletak pada bentuk pantai serta ukuran partikel sedimen. Perbedaan ini juga mengakibatkan perbedaan kondisi pantai seperti suhu, pH, intensitas cahaya dan tipologi pada masing-masing pantai. Beberapa pantai di Gunungkidul terbentuk dari substrat karang dan bebatuan. Selain itu, keberadaan ekosistem terumbu karang menjadi faktor pendukung kelimpahan *Sargassum* sp. Salah satu jenis *Sargassum* sp. yang ditemui pada Pantai Gunungkidul adalah jenis *Sargassum ilicifolium*. Spesies ini memiliki karakteristik dengan warna coklat kuning kehijauan. Munculnya warna tersebut karena dominasi dari pigmen fucoxanthin, klorofil a, dan c, beta karoten dan xantofil lainnya. Berdasarkan penelitian Ismail (2017), *S.ilicifolium* mempunyai kandungan protein yang tinggi sebesar 14,89% serta kandungan senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid dan β karoten.

Berdasarkan pada latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang profil kandungan metabolit sekunder, pigmen serta aktivitas antioksidan yang terdapat pada ekstrak *S.ilicifolium* dari Pantai di Gunungkidul. Penelitian terkait pengaruh kondisi lingkungan terhadap metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan pada *S.ilicifolium* masih jarang diteliti. Oleh karena itu,

penelitian ini diharapkan dapat dilakukan secara intensif dan berkelanjutan sehingga dapat memberikan informasi keanekaragaman, kandungan metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan serta pemanfaatan *S.ilicifolium* sebagai pertimbangan dalam budidaya sebagai upaya pengembangan ekonomi masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

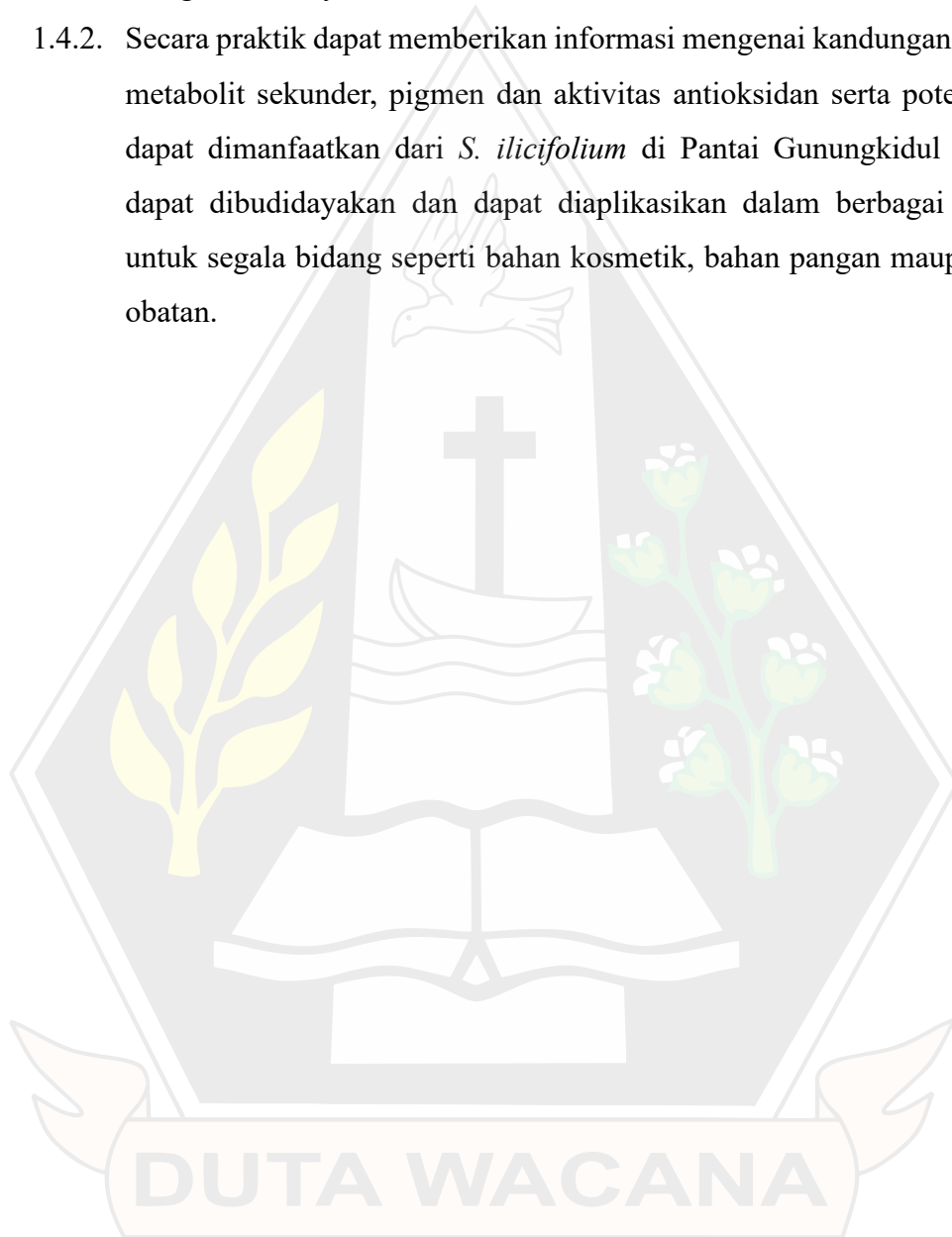
- 1.2.1 Bagaimanakah kondisi lingkungan pada tiga lokasi pantai di Gunungkidul?
- 1.2.2 Bagaimanakah pengaruh kondisi lingkungan terhadap metabolit sekunder pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul?
- 1.2.3 Bagaimanakah pengaruh kondisi lingkungan terhadap pigmen pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul?
- 1.2.4 Bagaimanakah pengaruh kondisi lingkungan terhadap aktivitas antioksidan pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui kondisi lingkungan pada tiga lokasi pantai di Gunungkidul.
- 1.3.2 Mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap metabolit sekunder pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul.
- 1.3.3 Mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap pigmen pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul.
- 1.3.4 Mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap aktivitas antioksidan pada *S.ilicifolium* dari tiga lokasi pantai di Gunungkidul.

1.4 Manfaat Penelitian

- 1.4.1. Secara teoritis dapat memberikan ilmu pengetahuan, wawasan serta penelitian ini dapat digunakan untuk referensi pada penelitian selanjutnya mengenai *S.ilicifolium*.
- 1.4.2. Secara praktik dapat memberikan informasi mengenai kandungan senyawa metabolit sekunder, pigmen dan aktivitas antioksidan serta potensi yang dapat dimanfaatkan dari *S. ilicifolium* di Pantai Gunungkidul sehingga dapat dibudidayakan dan dapat diaplikasikan dalam berbagai kegiatan untuk segala bidang seperti bahan kosmetik, bahan pangan maupun obat-obatan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 5.1.1. Kondisi lingkungan pada ketiga pantai memiliki parameter curah hujan, kelembapan dan tipologi yang menunjukkan perbedaan, sementara pada parameter suhu, pH, dan tipe substrat menunjukkan sama.
- 5.1.2. Faktor kondisi lingkungan berpengaruh terhadap metabolit sekunder pada ekstrak *triphasic S.ilicifolium* dari ketiga lokasi pantai yang teridentifikasi memiliki kandungan senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, steroid, terpenoid dan fenolik, dengan nilai rendemen ekstrak tertinggi ditemukan pada Pantai Watu Kodok sebesar 33,56%.
- 5.1.3. Faktor kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan berpengaruh terhadap kandungan pigmen pada ekstrak *triphasic S.ilicifolium* dari ketiga lokasi pantai dengan hasil tertinggi ditemukan pada Pantai Watu Kodok dengan rata-rata klorofil a $21,35 \pm 1,26$ mg/g, klorofil b $28,54 \pm 0,87$ mg/g, klorofil c $14,78 \pm 5,85$ mg/g, dan karotenoid $46,67 \pm 4,12$ mg/g dan pada uji *Korelasi Pearson* memiliki hubungan korelasi signifikan positif terhadap faktor suhu dan kelembapan
- 5.1.4. Faktor kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan pada ekstrak *triphasic S.ilicifolium* dari ketiga lokasi pantai dengan hasil tertinggi ditemukan pada Pantai Watu Kodok sebesar 1,49 ppm.

5.2 Saran

- 5.2.1. Dalam upaya pengembangan penelitian ini, perlu dilakukan penelitian berkelanjutan terkait potensi dan pemanfaatan dari *S.ilicifolium* yang dapat dikembangkan dalam berbagai bidang industri seperti kosmetik dan kesehatan.

5.2.2. Dalam upaya pengembangan penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait hasil pengukuran dari masing-masing pelarut ekstraksi yang digunakan.

5.2.3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait pengukuran parameter lingkungan seperti salinitas dan unsur hara pada masing-masing lokasi penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, R., & Arisandi, A. (2021). Perbedaan Distribusi Alga Coklat (*Sargassum* sp.) di Perairan Pantai Srau dan Pidakan Kabupaten Pacitan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 2(1), 25–31. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i1.9766>
- Adu-Boahen, K., Dadson, I. Y., & Agyekum, S. (2020). Dynamics of Global Coastline: An Exposition of Erosional and Depositional Landforms Along The Komenda Coastline in The Central Coastal Plains of Ghana. *European Journal of Environment and Earth Sciences*, 1(4). <https://doi.org/10.24018/ejgeo.2020.1.4.30>
- Agustiyar, F., & Abusama, N. F. (2022). Strategi Pengembangan Pariwisata Perairan Berdasarkan Daya Dukung Kawasan dan Kesesuaian Lahan Pantai Watu Kodok Gunungkidul. *Journal Of Indonesian Tropical Fisheries (Joint-Fish) : Jurnal Akuakultur, Teknologi Dan Manajemen Perikanan Tangkap, Ilmu Kelautan*, 5(2), 123–138. <https://doi.org/10.33096/joint-fish.v5i2.140>
- Alisher, M., Rakhmonkulov S, & Rafiyeva F.U. (2019). The Effect of Elevated Temperatures on The Chlorophyll Content (a) In The Leaves of Some Medium and Fine Fiber Varieties Of Cotton. *European Science Review*, 1(1–2), 62–64.
- Arbi, B., Farid Ma'ruf Dan, W., Program, R., Teknologi, S., Perikanan, H., Perikanan, J., Perikanan, F., Kelautan, I., Diponegoro, U., & Soedarto, J. (2016). Activity of Bioactive Compounds from Sea Lettuce (*Ulva lactuca*) as Antioxidant in Fish Oil. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology (IJFST)*, 12(1), 12–18.
- Arguelles. (2021). Evaluation of Antioxidant Capacity, Tyrosinase Inhibition, and Antibacterial Activities of Brown Seaweed, *Sargassum ilicifolium* (Turner) C. Agardh 1820 for Cosmeceutical Application. *Journal of Fisheries and Environment*, 45(1).
- Astuti, W. Y., & Respatie, D. W. (2022). Kajian Senyawa Metabolit Sekunder pada Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Vegetalika*, 11(2), 122. <https://doi.org/10.22146/veg.60886>
- Austen, N., Walker, H. J., Lake, J. A., Phoenix, G. K., & Cameron, D. D. (2019). The Regulation of Plant Secondary Metabolism in Response to Abiotic Stress: Interactions Between Heat Shock and Elevated CO₂. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01463>
- Balboa, E. M., Gallego-Fábrega, C., Moure, A., & Domínguez, H. (2016). Study of the seasonal variation on proximate composition of oven-dried *Sargassum muticum* biomass collected in Vigo Ria, Spain. *Journal of Applied Phycology*, 28(3), 1943–1953. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0727-x>

- Bayu, M., Budi, S., Majid, D. A., Program, M., Agroteknologi, S., Pertanian, F., Jember, U., & Program, D. M. (2018). Potensi Kombinasi *Trichoderma* sp. dan Abu Sekam Padi sebagai Sumber Silika dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Jagung (*Zea mays*) terhadap Serangan Penyakit Bulai (*Peronosclerospora maydis*). *Seminar Nasional Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Jember*.
- Budi Setyorini, H., Amallia Puspitasari, dan, Studi Teknik Kelautan, P., Studi Teknik Industri, P., & Teknologi Sumber Daya Alam, F. (2021). Antioxidant Activities in Various Types of Macroalgae at Sepanjang Beach, Gunungkidul District, Yogyakarta. *Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology Available*, 17(2), 130. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/saintek>
- Bui, H. T. T., Luu, T. Q., & Fotedar, R. (2018). Effects of Temperature and pH on the Growth of *Sargassum linearifolium* and *S. podacanthum* in Potassium-Fortified Inland Saline Water . *American Journal of Applied Sciences*, 15(3), 186–197. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2018.186.197>
- Cahyadi, A., Nugraha, H., Ayuningtyas, E. A., & Ramdani, M. A. A. (2015). Evolusi Tipologi Pesisir Kawasan Karst Di Pantai Watukodok Kabupaten Gunungkidul. *Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia: Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia*
- Cahyaningrum, K., Husni, A., Budhiyanti, S. A., Perikanan, J., & Pertanian, F. (2016). Antioxidant Activity of Brown Seaweed (*Sargassum polycystum*) Extracts. *AGRITECH* (Vol. 36, Nomor 2).
- Cai, Z., Qu, Z., Lan, Y., Zhao, S., Ma, X., Wan, Q., Jing, P., & Li, P. (2016). Conventional, ultrasound-assisted, and accelerated-solvent extractions of anthocyanins from purple sweet potatoes. *Food Chemistry*, 197, 266–272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.110>
- Cardoso, I., Meißner, A., & Hofmann, L. C. (2024). The effect of irradiance versus light dose on the antioxidant activity of two strains of *Ulva lacinulata*. *Botanica Marina*. <https://doi.org/10.1515/bot-2023-0064>
- Devi, T. A., Sivaraman, R. M., Thavamani, S. S., Amaladhas, T. P., AlSalhi, M. S., Devanesan, S., & Kannan, M. M. (2022). Green synthesis of plasmonic nanoparticles using *Sargassum ilicifolium* and application in photocatalytic degradation of cationic dyes. *Environmental Research*, 208, 112642. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112642>
- Devi G. V, Y., Nagendra, A. H., Shenoy P, S., Chatterjee, K., & Venkatesan, J. (2022). Isolation and purification of fucoidan from *Sargassum ilicifolium*: Osteogenic differentiation potential in mesenchymal stem cells for bone tissue engineering.

- Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 136, 104418. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2022.104418>
- Dharmawan, D., Putriana, N. A., & Anggraeni, S. R. (2023). Kandungan Total Fenolik dan Nilai Sun Protection Factor Ekstrak *Sargassum* sp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 126–134. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.15934>
- Dharmayanti, N., Mufida, N., Permadi, A., Asriani, Zachro Nurbani, S., & Indriati, N. (2021). Penambahan Konsentrasi Alginat dari *Sargassum polycystum* untuk Formulasi Krim Lulur. Dalam *Jurnal Akuatek* (Vol. 2, Nomor 2).
- Endo, H., Okumura, Y., Sato, Y., & Agatsuma, Y. (2017). Interactive effects of nutrient availability, temperature, and irradiance on photosynthetic pigments and color of the brown alga *Undaria pinnatifida*. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1683–1693. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1036-8>
- Faradilla, F., Nikmah, F., Putri, A. D., Agustin, G. A., Nurkaromah, L., Febrianti, M. W., Budhiman, M. A., Salamah, U., & Chasani, A. R. (2022). Macroalgae diversity at Porok Beach, Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Agriculture and Applied Biology*, 3(1), 50–61. <https://doi.org/10.11594/jaab.03.01.06>
- Fatjria, R., Nurtiana, W., Ningtias, D., Dewi, A., Alhazazie, N., Kurniaulia, N., & Siburian, G. (2023). Review: Pigmen Betalain sebagai Sumber Pewarna Alami dan Stabilitasnya terhadap Pengaruh Lingkungan. *Jurnal Pangan dan Gizi*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.26714/jpg.13.1.2023.1-7>
- Febrianto, W., Djunaedi, A., Suryono, S., Santosa, G. W., & Sunaryo, S. (2019). Potensi Antioksidan Rumput Laut *Gracilaria verrucosa* Dari Pantai Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*, 22(1), 81. <https://doi.org/10.14710/jkt.v22i1.4669>
- Fitriyani, W., Harpeni, E., & Muhaemin, M. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pigmen Carotenoid, Fucoxanthin, Dan Phaeophytin Zooxanthellae Dari Isolasi Karang Lunak *Zoanthus* sp. *Maspari Journal*, 9(2), 121–130.
- Friesen. (2024). Automation and All-In-One Systems. *Cannabis Science and Technology*, 1(7), 18–19.
- Gao, X., Endo, H., Nagaki, M., & Agatsuma, Y. (2017). Interactive effects of nutrient availability and temperature on growth and survival of different size classes of *Saccharina japonica* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycologia*, 56(3), 253–260. <https://doi.org/10.2216/16-91.1>
- Gerasimenko, N., & Logvinov, S. (2016). Seasonal Composition of Lipids, Fatty Acids Pigments in the Brown Alga *Sargassum pallidum* The Potential for Health. *Open*

- Journal of Marine Science*, 06(04), 498–523. <https://doi.org/10.4236/ojms.2016.64041>
- Ghafoor, K., Mohamed Ahmed, I. A., Doğu, S., Uslu, N., Fadimu, G. J., Al Juhaime, F., Babiker, E. E., & Özcan, M. M. (2019). The Effect of Heating Temperature on Total Phenolic Content, Antioxidant Activity, and Phenolic Compounds of Plum and Mahaleb Fruits. *International Journal of Food Engineering*, 15(11–12). <https://doi.org/10.1515/ijfe-2017-0302>
- Goh, H. -H., Khairudin, K., Sukiran, N. A., Normah, M. N., & Baharum, S. N. (2016). Metabolite profiling reveals temperature effects on the VOCs and flavonoids of different plant populations. *Plant Biology*, 18(S1), 130–139. <https://doi.org/10.1111/plb.12403>
- Gori, A., Boucherle, B., Rey, A., Rome, M., Fuzzati, N., & Peuchmaur, M. (2021). Development of an innovative maceration technique to optimize extraction and phase partition of natural products. *Fitoterapia*, 148, 104798. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104798>
- Gunungkidul.go.id. (2023). Kedudukan Kabupaten Gunung Kidul. *Pemkab Gunung Kidul*. https://gunungkidulkab.go.id/D-9055270d7eb02ff55_b8d46a5f9a41f4f-NR-100-0.html
- Hamka, Z., N.Noena, R. A., & Azmin, R. A. P. (2022). Pengaruh Metode Maserasi Bertingkat Terhadap Nilai Rendemen dan Profil Kromatografi Lapis Tipis (KLT) Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum basilicum* L.). *Jurnal Kesehatan Yarnasi Makassar*, 6(1), 154–164.
- Handayani, T. (2019). Peranan Ekologi Makroalga Bagi Ekosistem Laut. *OSEANA*, 44(1), 1–14. <https://doi.org/10.14203/oseana.2019.Vol.44.No.1.25>
- Hasnaeni, Wisdawati, & Usman, S. (2019). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Rendemen Dan Kadar Fenolik Ekstrak Tanaman Kayu Beta-Beta (*Lunasia amara Blanco*). *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy)*, 5(2), 175–182. <https://doi.org/DOI: 10.22487/j24428744.2019.v5.i2.13149>
- Hendriyani, I., Nurchayati, Y., & Setiari, N. (2018). Contents of chlorofil and carotenoid of beans (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in the different age of plants. *Jurnal Biologi Tropika*, 1(2), 38–43.
- Hikmah, N. (2021). Analisis Kandungan Klorofil Makroalga Hijau Dominan di Perairan Teluk Awur, Jepara. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 5(3). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.03.14>
- Irwandi, Salwiyah, & Nurgayah, W. (2017). Struktur Komunitas Makroalga pada Substrat yang Berbeda di Perairan Desa Tanjung Tiram Kecamatan Moramo Utara

- Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Perairan*, 2(3), 215–224.
- Ismail, G. A. (2017). Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Science and Technology*, 37(2), 294–302. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.20316>
- J.I., N. K., Kumar, R. N., Bora, A., Amb, M. K., & Chakraborty, S. (2019). An Evaluation of the Pigment Composition of Eighteen Marine Macroalgae Collected from Okha Coast, Gulf of Kutch, India. *Our Nature*, 7(1), 48–55. <https://doi.org/10.3126/on.v7i1.2553>
- Kalurahan Tepus. (2019, Agustus 12). *PANTAI WATU LAWANG*. Kalurahan Tepus Government Site.
- Khafid, A., Widodo, S., Suedy, A., & Nurchayati, Y. (2021). Kandungan Klorofil dan Karotenoid Daun Salam (*Syzgium polyanthum* (Wight) Walp.) pada Umur yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 6(1).
- Kore, M., Nge, S., & Nitsae, M. (2018). Uji Aktivitas Antioksidan Pada Ganggang Cokelat (*Sargassum polycystum*) dan Ganggang Hijau (*Euchema cottonii*) Pada Perairan Dahi' Ae Melkianus Mola Kore, Sonya Titin Nge, Merpiseldin Nitsae. *Indigenous Biologi Jurnal pendidikan dan Sains Biologi* (Vol. 1, Nomor 3).
- Kumar, A., Abdelgawad, H., Castellano, I., Lorenti, M., Delledonne, M., Beemster, G. T. S., Asard, H., Buia, M. C., & Palumbo, A. (2017). Physiological and biochemical analyses shed light on the response of sargassum vulgare to ocean acidification at different time scales. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00570>
- Kumar, A., AbdElgawad, H., Castellano, I., Selim, S., Beemster, G. T. S., Asard, H., Buia, M. C., & Palumbo, A. (2018). Effects of ocean acidification on the levels of primary and secondary metabolites in the brown macroalga *Sargassum vulgare* at different time scales. *Science of the Total Environment*, 643, 946–956. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.176>
- Kurniyawati, A. (2016). Evaluasi Kesesuaian Lahan Kering untuk Budidaya Tanaman Kedelai di Desa Pucung, Kecamatan Girisubo, Kabupaten Gunungkidul. *Geo Educasia*, 1(7).
- Kusainova, A. A., Mezentseva, O. V., & Tusupbekov, Z. A. (2020). Influence of precipitation variability and temperature conditions on the yield of grain crops in Northern Kazakhstan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/4/042026>

- Kusmita, L., Pratiwi, D., Kadek, I., Stifar, B., Pharmasi, Y., Letjend, S., Edhie, S., Km, W., Semarang, I., & Com, L. (2023). Identification, Isolation and Antioxidant Activity of Pigments from *Sargassum polycystum* from Sumbawa, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 27(6), 433-443. www.ejabf.journals.ekb.eg
- Lalu, J., Lutfiawan, M., & Karnan. (2015). Analisis Pertumbuhan *Sargassum* sp. dengan Sistem Budidaya yang Berbeda di Teluk Ekas Lombok Timur Sebagai Bahan Pengayaan Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan. *Jurnal Biologi Tropis*. <https://doi.org/10.29303/jbt.v15i2.202>
- Lase, M. (2014). Keanekaragaman Makroalga di Sekitar Pantai Desa Fodo Kota Gunungsitoli. *Universitas Sumatera Utara*.
- Leba, M. A. U. (2017). Buku Ajar: Ekstraksi dan Real Kromatografi (1 ed., Vol. 1). Deepublish.
- Li, T., Tiiva, P., Rinnan, Å., Julkunen-Tiitto, R., Michelsen, A., & Rinnan, R. (2020). Long-term effects of elevated CO₂, nighttime warming and drought on plant secondary metabolites in a temperate heath ecosystem. *Annals of Botany*, 125(7), 1065-1075. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa037/5802778>
- Magdugo, & Rexie. (2021). Algues marines d'importance économique aux Philippines : évaluation de six espèces. <https://theses.hal.science/tel-03141859>
- Maharani, A. S., Ekowati, N., & Ratnaningtyas, N. I. (2022). Pengaruh pH dan Waktu Inkubasi berbeda terhadap Pertumbuhan dan Produksi β -Glukan *Schizophyllum commune*. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 4(1), 38–45.
- Mahfudh, I., Santosa, G. W., & Pramesti, R. (2021). Stabilitas Ekstrak Kasar Klorofil-a dan b Rumput Laut *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh 1873 pada Suhu dan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *Journal of Marine Research*, 10(2), 184–189. <https://doi.org/10.14710/jmr.v10i2.29685>
- Mannino, A. M., Vaglica, V., Cammarata, M., & Oddo, E. (2016). Effects of temperature on total phenolic compounds in *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory (Fucales, Phaeophyceae) from southern Mediterranean Sea. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150(1), 152–160. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.941033>
- Marfai, M. A., Cahyadi, A., Anggraini, D. F. (2013). Tipologi, Dinamika, dan Potensi Bencana di Pesisir Kawasan Karst Kabupaten Gunungkidul. *Forum Geografi*, 27(2), 147-158.
- Nagappan, H., Pee, P. P., Kee, S. H. Y., Ow, J. T., Yan, S. W., Chew, L. Y., & Kong, K. W. (2017). Malaysian brown seaweeds *Sargassum siliquosum* and *Sargassum*

- polycystum* : Low density lipoprotein (LDL) oxidation, angiotensin converting enzyme (ACE), α -amylase, and α -glucosidase inhibition activities. *Food Research International*, 99, 950–958. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.01.023>
- Napaumpaiporn, P., & Sirikhachornkit, A. (2016). Effects of High Temperature on Carotenoid Accumulation and Gene Expression in the Model Green Alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Chiang Mai Journal of Sci*, 43(3). 263-460. <http://epg.science.cmu.ac.th/ejournal/>
- Nguyen, T. Van, & Boo, S. M. (2020). Distribution patterns and biogeography of *Sargassum* (Fucales, Phaeophyceae) along the coast of Vietnam. *Botanica Marina*, 63(5), 463–468. <https://doi.org/10.1515/bot-2019-0082>
- Ningrum, D., Zainuri, M., & Widiarati, R. (2022). Variabilitas Bulanan Klorofil-A dan Suhu Permukaan Laut pada Perairan Teluk Rembang Dengan Menggunakan Citra Sentinel-3. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(2), 88-96. <https://coda.eumetsat.int/>,
- Noiraksa, T., Manthachitra, V., Buranapratheprat, A., & Komatsu, T. (2017). Growth and reproductive seasonal pattern of *Sargassum polycystum* C. Agardh (Sargassaceae, Phaeophyceae) population in Samaesarn Island, Chon Buri Province, Thailand. *Société franco-japonaise d'océanographie*, 55(1), 11–23.
- Nur Hana, P., Nurchayati, Y., & Budihastuti, R. (2020). Efek Naungan dan Umur Tanaman Terhadap Pertumbuhan dan Profil Metabolit Bunga Krisan (*Chrysanthemum* sp.), *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 5(1), 8-17. <https://doi.org/10.14710/baf.5.1.2020.8-17>
- Nurdin, G. M., & Puspitasari, A. (2023). Identifikasi Jenis Makroalga yang Berpotensi Sebagai Antibakteri di Perairan Pantai Dato Kabupaten Majene. *BIOMA: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 5(1), 56–66.
- Nurusholah, T., Farid Ma, W., & Ibrahim, R. (2014). Pengaruh Perbedaan Penambahan Konsentrasi $ZnCl_2$ dalam Ekstrak Kasar Pigmen Klorofil Rumput Laut *Sargassum* sp. Terhadap Stabilitasnya. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1), 89-97. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
- Ode, I. (2013). Kandungan alginat rumput laut *Sargassum crassifolium* dari Perairan Pantai Desa Hutumuri, Kecamatan Leitimur Selatan, Kota Ambon. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 6, 47–54. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.6.0.47-54>
- Pakidi, C. S., & Suwoyo, H. S. (2016). Potensi Dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat *Sargassum* sp. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 5(2), 488–498.

- Park, J. J., Han, T., & Choi, E. M. (2016). Differences in the oxidative stress and antioxidant responses of three marine macroalgal species upon UV exposure. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 8(2), 101–107. <https://doi.org/10.1007/s13530-016-0267-z>
- Patty, S. I., & Huwae, R. (2023). Temperature, Salinity, and Dissolved Oxygen West and East seasons in the waters of Amurang Bay, North Sulawesi. *Patty Jurnal Ilmiah Platax*, 11(1), 196–205. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.46651>
- Paul. (2023). *Principles of Oceanography*.
- Perangin, Y. (2019). Pemanfaatan Kandungan Metabolit Sekunder yang Dihasilkan Tanaman pada Cekaman Biotik. *Jurnal Agriland*, 7(1), 40.
- Praiboon, J., Palakas, S., Noiraksa, T., & Miyashita, K. (2018). Seasonal variation in nutritional composition and anti-proliferative activity of brown seaweed, *Sargassum oligocystum*. *Journal of Applied Phycology*, 30(1), 101–111. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1248-6>
- Purnamaningrum, A., & Nihayati, E. (2019). Pengaruh Pemakaian Mulsa dan Dosis Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Iler (*Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7, 2186–2195.
- Rahayu, T. H., & Nugroho, A. P. (2020). Integrated assessment of biomarker responses in algae chlorella sorokiniana exposed to copper and cadmium. *Biodiversitas*, 21(8), 3569–3575. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210820>
- Rebeiz, C. A. (2014). Chlorophyll Biosynthesis and Technological Applications. *Springer Netherlands*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7134-5>
- Resende, A. C. R., Pereira, R., Nunes, C., Cruz, S., Calado, R., & Cartaxana, P. (2023). Photosynthetic Pigment and Carbohydrate Profiling of *Fucus vesiculosus* from an Iberian Coastal Lagoon. *Plants*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/plants12061324>
- Restu, & Anita. (2015). Pengaruh Faktor Abiotik Terhadap Hubungan Kekerabatan Tanaman *Sansevieria trifasciata* L. *Jurnal Biota*, 1(1), 33-41. <https://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/biota/article/view/383>
- Riwanti, P., & Juniar, K. (2024). Antioxidant activity of brown algae extract (*Sargassum* sp.): A review. *Science Midwifery*, 11(6), 962-970. <https://doi.org/10.35335/midwifery.v11i6.1420>
- Rohmat, N., Ibrahim, R., & Riyadi, P. H. (2014). Pengaruh Perbedaan Suhu dan Lama Penyimpanan Rumput Laut *Sargassum Polycystum* Terhadap Stabilitas Ekstrak Kasar Pigmen Klorofil. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(1), 118–126.

- Rotur Rochimah, N., Wahib Muhaimin, A. (2015). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Produksi Dan Rendemen Tebu di Kabupaten Malang. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*, 6(2), 171-180.
- Santi, I. W., Radjasa, O. K., & Widowati, I. (2014). Potensi Rumput Laut *Sargassum duplicatum* Sebagai Sumber Senyawa Antifouling. *Journal of Marine Research*, 3(3), 274–284.
- Santoso, J., Fitriani, D., & Wardiatno, Y. (2019). Kandungan Fenol dan Aktivitas Antioksidan Makroalga Bentik *Caulerpa racemosa* (Forsskal) dari Teluk Hurun, Lampung. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 369–378. <https://doi.org/10.24002/biota.v15i3.2592>
- Sartika, D., Chasani, A. R., Ningrum, A. M., Nafiah, S. L., & Cahyani, S. W. (2021). Keanekaragaman dan Komposisi Spesies Makroalga Laut pada Tipologi Pantai Yang Berbeda di Kawasan Pesisir Gunungkidul D.I. Yogyakarta. *Berita Biologi*, 20(1), 13–21. <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v20i1.3941>
- Sasadara, M. M. V., Nayaka, N. M. D. M. W., Yuda, P. E. S. K., Cahyaningsih, E., & Dewi, N. L. K. A. A. (2022). Pengaruh Pemilihan Pelarut dalam Ekstraksi Klorofil pada Rumput Laut *Gracilaria* sp. dan *Caulerpa* sp. Segar dan Kering. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 9(1), 22–28. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v9i1.5344>
- Sedjati, S., Supriyantini, E., Ridlo, A., Soenardjo, N., & Santi, V. Y. (2018a). Kandungan Pigmen, Total Fenolik Dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum* sp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 137–144.
- Sedjati, S., Supriyantini, E., Ridlo, A., Soenardjo, N., & Santi, V. Y. (2018b). Kandungan Pigmen, Total Fenolik Dan Aktivitas Antioksidan *Sargassum* sp. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 137. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3329>
- Setiabudi, A., Pringgenies, D., & Ridlo, A. (2020). Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas DPPH dan Daya Reduksi Ekstrak *Gracilaria verrucosa*. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 4(2), 47. <https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.5761>
- Setiawati, T., Saragih, I. A., Nurzaman, M., & Mutaqin, A. Z. (2016). Analisis Kadar Klorofil dan Luas Daun Lampeni (*Ardisia humilis Thunberg*) pada Tingkat Perkembangan yang Berbeda di Cagar Alam Pangandaran. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016*, 25(1), 122–126.
- Setyati, W. A., Pramesti, R., & Suryono, C. A. (2020). Analisis Kadar Senyawa Fenol dan Aktivitas Antioksidan pada Tiga Jenis *Sargassum* dari Pantai Jepara, Indonesia. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(2), 83–92. <https://doi.org/10.14710/buloma.v9i2.32127>

- Setyorini, H. B., & Maria, E. (2020). Analisis Kandungan Fitokimia pada Berbagai Jenis Makroalga di Pantai Jungwok, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta (Analysis of Phytochemical Contents in Various Types of Macroalgae at Jungwok Beach, Gunungkidul District, Yogyakarta). *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 16(1), 15–21. <https://doi.org/10.14710/ijfst.16.1.15-21>
- Sianipar, E. A., Satriawan, N., Sumartono, J., & Kambira, P. F. A. (2022). Pengujian Aktivitas Antioksidan Makro Alga Sumbawa dalam Hubungannya dengan Kandungan Senyawa Bioaktif dan Efek Farmakologi. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, 6(2), 151–157. <https://doi.org/10.37294/jrkn.v6i2.457>
- Sidauruk, S. W., Sari, N. I., Diharmi, A., & Arif, I. (2021). Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Sargassum plagyophyllum* terhadap Bakteri *Listeria monocytogenes* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 27–37. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i1.33417>
- Sodiq, A. Q., & Arisandi, A. (2020). Identifikasi dan Kelimpahan Makroalga di Pantai Selatan Gunungkidul. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 1(3), 325–330. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v1i3.8560>
- Sulichantini, E. D. (2015). Produksi Metabolit Sekunder Melalui Kultur Jaringan. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 205–212. <https://doi.org/10.25026/mpc.v1i1.27>
- Sumandiarsa, I. K., Hamida, N., Santoso, J., & Tarman, K. (2022). Antioxidant activities from different parts of *Sargassum polycystum thalli* through ultrasound-assisted extraction (UAE) method. *Omni-Akuatika*, 18(2), 79. <https://doi.org/10.20884/1.oa.2022.18.2.907>
- Summers, N., Fragoso, G. M., & Johnsen, G. (2023). Photophysiologically active green, red, and brown macroalgae living in the Arctic Polar Night. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44026-5>
- Sun, T., Rao, S., Zhou, X., & Li, L. (2022). Plant Carotenoids: Recent Advances and Future Perspectives. *Molecular Horticulture*, 2(3). <https://doi.org/10.1186/s43897-022-00023-2>
- Sun, Y., Liu, Q., Shang, S., Chen, J., Lu, P., Zang, Y., & Tang, X. (2022). Physiological Responses and Metabonomics Analysis of Male and Female *Sargassum thunbergii* Macroalgae Exposed to Ultraviolet-B Stress. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.778602>
- Suryatman, A., & Achmad, N. (2022). Uji Daya Hambat Ekstrak Alga Coklat (*Sargassum* sp.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Vibrio harveyi* Secara In-vitro. *Lutjanus*, 27(1), 6–12. <https://doi.org/10.51978/jlpp.v27i1.445>

- Susanto, N. S., Prasetyaningsih, A., & Madyaningrana, K. (2021). Potency of Local *Gracilaria* sp. Extract as an Antibacterial against Skin Disease Pathogen. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 9(8), 215–222. <https://doi.org/10.36347/sajb.2021.v09i08.006>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant Physiology and Development (Vol. 6th). *Sinauer Associates*.
- Tarigan, R. S., Hartati, R., & Widowati, I. (2020). Diversity of brittle star and sea urchin (*Echinoderm: Ophiuroidea, Echinoidea*) of Krakal and Watu Kodok beach, Gunung Kidul, Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012042>
- Titlyanov, E. A., Titlyanova, T. V., Li, X., & Huang, H. (2017a). Common Marine Algae of Hainan Island (Guidebook). Dalam *Coral Reef Marine Plants of Hainan Island* (hlm. 75–228). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811963-1.00004-4>
- Titlyanov, E. A., Titlyanova, T. V., Li, X., & Huang, H. (2017b). Common Marine Algae of Hainan Island (Guidebook). Dalam *Coral Reef Marine Plants of Hainan Island* (hlm. 75–228). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811963-1.00004-4>
- Untari, D., Wibowo, T. A., Ivan's, E., Novita, & Anwar. (2021). Analisis Dampak Negatif Kegiatan Pengunjung yang Menyebabkan Penurunan Kualitas Lingkungan Objek Wisata (Studi Kasus Pantai Teluk Hantu, Desa Pagar Jaya, Kecamatan Punduh Pedada, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung). *Fisheries of Wallacea Journa*, 2(1).
- Vimala, T., & Poonghuzhali, T. V. (2013). Estimation of Pigments from Seaweeds by Using Acetone and DMSO. Dalam *International Journal of Science and Research* (Vol. 4). www.ijsr.net
- Wardani, Y. K., Betty, E., Kristiani, E., & Sucahyo, D. (2020). Korelasi Antara Aktivitas Antioksidan dengan Kandungan Senyawa Fenolik dan Lokasi Tumbuh Tanaman *Celosia argentea* Linn. *Bioma*, 22(2), 236-142.
- Widaningsih, W., Muchtar, A. E., & Apsari, A. (2018). Effect Of Immersion Resin Acrylic Heat Cured On *Sargassum ilicifolium* as a Denture Cleanser Towards To Hardness Surface. *DENTA*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.30649/denta.v12i1.166>
- Widyaswari, S. G., Metusalach, Kasmianti, & Amir, N. (2024). Bioactive compounds and DPPH antioxidant activity of underutilized macroalgae (*Sargassum* sp.) from coastal water of Makassar, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(1), 162–168. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250118>

- Wildan, M., Azkia, A., Hitayuwana, N., Khusna, Z. A., & Widodo, E. (2019). Analisis Temperature dan Kelembaban Terhadap Curah Hujan di Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Prosiding UMS*.
- Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 762. <https://doi.org/10.3390/molecules23040762>
- Yeh, H.-Y., Libatique, M. J., Liao, Z.-H., Nan, F.-H., & Lee, M.-C. (2021). Environmental factors impact the early life stages of *Sargassum ilicifolium* in laboratory. *Algal Research*, 56, 102–306. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102306>
- Yende, S. R., Harle, U. N., Arora, S. K., & Pande, V. B. (2018). Phytochemical screening and anticonvulsant activity of *Sargassum ilicifolium* (brown algae) in mice. *The Journal of Phytopharmacology*, 7(1), 25-28. www.phytopharmajournal.com
- Zhang, S., Zhang, L., Zou, H., Qiu, L., Zheng, Y., Yang, D., & Wang, Y. (2021). Effects of Light on Secondary Metabolite Biosynthesis in Medicinal Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.781236>
- Zunnuraini, Cokrowati, N., & Diniarti, N. (2023). Profil klorofil selada laut *Ulva* sp. dengan umur panen yang berbeda pada budidaya terkontrol. *e-Journal Budidaya Perairan*, 11(1), 61–78.

