

ANALISIS HISTOLOGI SEL *Gracilaria* sp. PADA MEDIA TERCEMAR MERKURI (Hg)

Histological Analysis Of Cells *Gracilaria* sp. On The Media Contaminated with Mercury (Hg)

Septiana Dwiyanti¹, Nuri Muahiddah²

^{1,2} Program Studi Budidaya Perairan, Universitas Mataram
Jalan Pendidikan no 37 Mataram
Koresponden Autor: antiseptiana@unram.ac.id

(Received 22 November 2023; Accepted 19 Desember 2023)

ABSTRAK

Gracilaria sp. memiliki sifat filter feeder yang memiliki kemampuan dalam menyaring atau mengakumulasi segala unsur yang ada di lingkungannya. Kemampuan tersebut tentunya memungkinkan makroalga dapat mengadsorpsi logam berat merkuri (Hg) yang ada di lingkungan perairan. Oleh karena itu, untuk mengetahui respon sel *Gracilaria* sp. terhadap konsentrasi merkuri (Hg) salah satunya dengan analisis histologi. Analisa histologi sel *Gracilaria* sp. pada media tercemar merkuri ini diharapkan dapat membantu kita untuk mengetahui bagaimana merkuri (Hg) dapat mempengaruhi rumput laut *Gracilaria* sp. yang dibudidayakan nantinya. Metode penelitian terdiri dari rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi Hg yang berbeda pada media budidaya. Parameter penelitian terdiri dan analisis histologi talus *Gracilaria* sp. dan kualitas air. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya konsentrasi Hg yang berbeda pada media budidaya *Gracilaria* sp. menyebabkan perubahan warna pada talus atau pelepasan pigmen yang diindikasikan *Gracilaria* sp. mengakumulasi Hg hingga tidak mampu mentolerer keberadaan Hg pada media budidaya. Berdasarkan hasil histologi menunjukkan bahwa sel mengalami perubahan struktur sel yang ditandai adanya kerusakan sel pada lapisan epeidermis atau dinding sel hingga medulla. Adanya logam berat Hg pada media, tidak berpengaruh besar pada kualitas air media pada penelitian ini. Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Hg yang berbeda pada media budidaya *Gracilaria* sp. mempengaruhi perubahan sel.

Kata Kunci: *Gracilaria* sp., Histologi, Kualitas Air, Merkuri (Hg), Sel

ABSTRACT

Gracilaria sp. is filter feeder; capability to filter and accumulate all elements present in its surroundings. This ability enables macroalgae to absorb the heavy metal mercury (Hg) found in aquatic environments. Therefore, one approach to understanding the response of *Gracilaria* sp. cells to mercury (Hg) concentration is through histological analysis. The examination of *Gracilaria* sp. cells in this mercury-contaminated medium is anticipated to provide insights into how mercury (Hg) may impact the future cultivation of *Gracilaria* sp. seaweed. The research method consists of a completely randomized design (CRD) with different Hg concentration

treatments in the cultivation media. The research parameters consisted of histological analysis of the thallus of *Gracilaria* sp. and water quality. The results of this study indicate that there were different Hg concentrations in the cultivation media for *Gracilaria* sp. causes discoloration of the thallus or release of pigment indicated by *Gracilaria* sp. accumulate Hg until they were unable to tolerate the presence of Hg in the cultivation media. Based on the histology results, it shows that the cells experienced changes in cell structure which were marked by cell damage in the epidermis layer or cell walls to the medulla. The presence of metals containing Hg in the media did not have a major effect on the quality of the media water in this study. In conclusion, the research results suggest that varying concentrations of Hg in the cultivation medium have an impact on cell changes in *Gracilaria* sp.

Keywords: Cells, *Gracilaria* sp., Histology, Mercury (Hg), Water Quality.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan logam berat di berbagai industri sudah banyak digunakan, salah satunya merkuri. Merkuri dengan lambang atom Hg ini, memiliki sifat yang sangat toksik menurut Ihsan *et al.*(2022) ion merkuri mudah larut dalam air dan terakumulasi dalam organisme serta jaringan terikat pada protein. Pencemaran merkuri (Hg) pada perairan dapat terjadi melalui masuknya hasil limbah merkuri tersebut melalui sungai, danau, lautan serta permukaan lainnya. Masuknya Hg ke perairan tidak saja menyebabkan terakumulasinya Hg tersebut ke dalam tubuh organisme perairan namun dapat juga menyebabkan menurunnya kualitas air pada lingkungan perairan termasuk perairan yang digunakan untuk kegiatan budidaya. Hal ini sesuai dengan pendapat Niode *et al.*(2021) yang menyatakan pencemaran merkuri memiliki dampak tidak saja di lingkungan melalui penurunan kualitas perairan tersebut namun juga berdampak buruk terhadap keberlangsungan hidup pada biota perairan .

Salah satu biota perairan yang akan berdampak buruk jika terjadinya pencemaran merkuri adalah *Gracilaria* sp. *Gracilaria* sp. merupakan salah satu jenis rumput laut yang memiliki sifat *filter feeder* yakni kemampuan dalam menyaring atau mengakumulasi segala unsur yang ada di lingkungannya. Kemampuan tersebut tentunya memungkinkan makroalga dapat mengadsorpsi logam berat yang ada di lingkungan perairan. Menurut hasil penelitian Dwiyanti (2017) menunjukkan bahwa *Gracilaria* sp. efektif dalam mengadsorpsi Hg kurang dari 24 jam. Demikian juga pada penelitian Ihsan *et al.* (2022) menyatakan bahwa *Gracilaria* sp. merupakan rumput laut yang memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap logam berat.

Daya serap *Gracilaria* sp. dalam mengadsorpsi logam berat tentunya akan mempengaruhi proses metabolismenya. Berdasarkan penelitian Dwiyanti (2023) menunjukkan *Gracilaria* sp. yang mengakumulasi Hg mengalami penurunan pigmen Klorofil a dan Fikoeritrin, selain itu menurut Rambu Tega *et al.*(2019) penyerapan logam berat Pb dengan konsentrasi tinggi oleh *Gracilaria* sp. pada awal tanam menyebabkan penurunan pertumbuhan. Kemampuan *Gracilaria* sp. dalam menyerap logam berat dikarenakan *Gracilaria* memiliki kandungan polisakarida yang terdapat pada dinding selnya.

Oleh karena itu, untuk mengetahui respon sel *Gracilaria* sp. terhadap konsentrasi merkuri (Hg) salah satunya dengan analisis histologi. Analisa histologi sel *Gracilaria* sp. pada

media tercemar merkuri ini diharapkan dapat membantu untuk mengetahui bagaimana merkuri (Hg) dapat mempengaruhi rumput laut *Gracilaria* yang dibudidayakan nantinya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2015 – Mei 2016 di Balai Budidaya Laut Sekotong Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Analisis histologi dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Ikan Departemen Manajemen Budidaya. Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Wadah pada penelitian budidaya *Gracilaria* sp. menggunakan sterofoam berukuran 70x40x30 cm³ dengan metode tanam lepas dasar dengan 40 hari masa pemeliharaan. Bibit *Gracilaria* sp. yang digunakan diperoleh dari budidaya di daerah sekotong dengan umur bibit 25-30 hari. Bibit rumput laut dan media pemeliharaan (air) yang digunakan, terlebih dahulu dianalisis kandungan awal logam sebelum diberi perlakuan. Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan merkuri yang berbeda dan di ulang sebanyak 2 kali. Berikut Perlakuan yang diberikan, pada penelitian ini didasarkan 10%, 30%, 70% dari nilai LC₅₀₋₉₆ jam;

1. PM1. Kontrol (Konsentrasi awal merkuri yang sudah terkandung pada media air pemeliharaan adalah 0.000354 ppm dan tanpa tambahan logam).
2. PM2. Konsentrasi merkuri 0.1 ppm
3. PM3. Konsentrasi merkuri 0.3 ppm
4. PM4. Konsentrasi merkuri 0.7 ppm

Parameter pengamatan penelitian ini adalah histologi *Gracilaria* sp. dan kualitas air. Berikut prosedur analisis histologi talus dengan metode Bouins (Carson, 2015).

Histologi

1. Talus dipotong \pm 1 cm, kemudian difiksasi selama 24 jam dengan larutan Bouinc. Setelah itu dibersihkan dengan etanol 70 %/
2. Dilakukan pengeringan dengan metode dehidrasi dengan etanol 70%,80%, 95%, dan100%, masing-masing selama 1 jam dan diulang sebanyak 2 kali, jaringan terlebih dahulu dimasukkan kedalam cassette dan deckel.
3. Dilakukan *clearing* (penjernihan), proses perendaman dengan xylol I, xylol II masing-masing selama 1 jam dan melakukan impregnasi.
4. *Embedding* (penanaman /perendaman) jaringan, dengan prosedur kerja
 - a. mengeluarkan jaringan dari *cassette* dan *deckel* lalu diletakkan ke dalam lempengan blok
 - b. letak jaringan diatur pada posisi yang memudahkan proses *cutting* nanti, menggunakan jarum besi
 - c. menuangkan parafin cair ke dalam lempengan blok yang berisi jaringansehingga jaringan tenggelam.
 - d. membiarkan sampai parafin cair membeku, simpan

5. *Cutting* (pemotongan)
 - a. Jaringan di iris dengan microtom, metode irisan (longitudinal) ukuran mikrometer
 - b. Hasil irisan di letakkan di objek glass,lalu ditetesi aquades dan dibiarkan mengering (memakai alat penangas air atau incubator)
6. *Staining* (pewarnaan), dengan metode Mayer-Bennett H&E
 - a. Menghilangkan parafin : xylol 1-5 menit.
 - b. Melakukan rehidrasi dengan menyimpan spesimen pada ethanol, mulai dari 100%, 95%, 80%, 85% dan 50% masing- masing selama 5 menit.
 - c. Spesimen di cuci dengan aquades selama 6 kali
 - d. Merendam spesimen pada Haematoxylin selama 5 menit
 - e. Spesimen dicuci lagi pada air kran mengalir selama 5 menit
 - f. Spesimen dicelupkan pada Eosin Phloxine selama 2 menit melakukan dehidrasi pada ethanol 95%, 95%,100%, 100% masing- masing selama 5menit
 - g. Spesimen disimpan pada xylol I, II, III, IV masing-masing 5 menit
 - h. Berikan entellan pada spesimen, lalu tutup (*cover*).
7. Pengamatan dilakukan dengan mikroskop

Kualitas Air

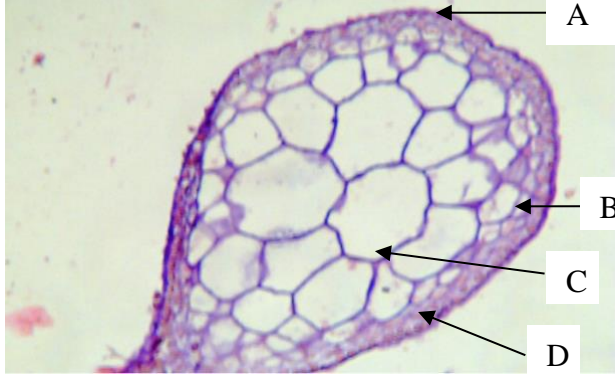
Pengukuran parameter kualitas air pada penelitian ini meliputi suhu, salinitas, pH dan DO.

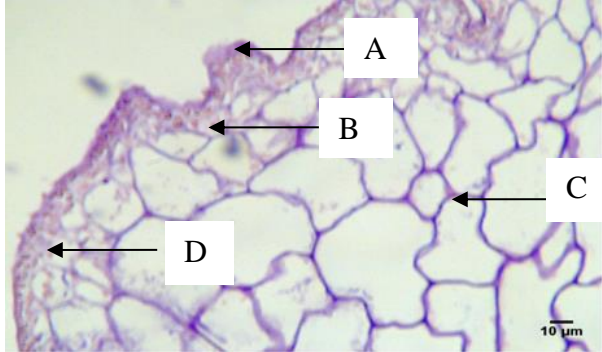
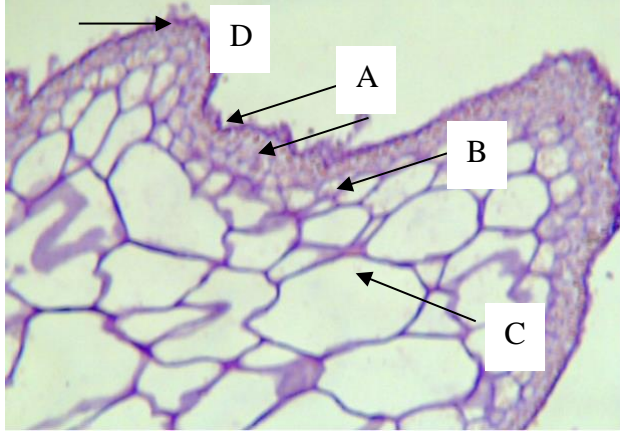
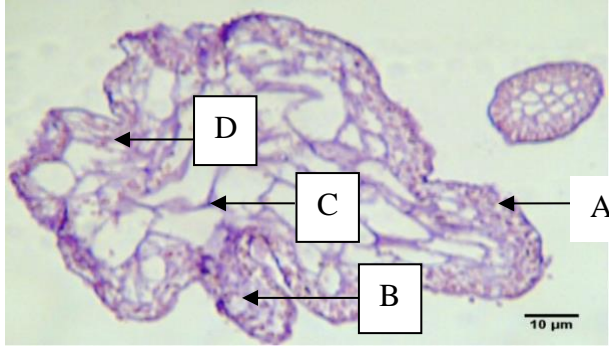
Analisis Data

Data gambaran jaringan rumput laut dianalisis secara dekskriptif kualitatif dengan melakukan pengamatan histopatologi serta kualitas air

HASIL

Hasil pengamatan histologi jaringan rumput *Gracilaria* sp.dapat dilihat pada Tabel 1.

<p>Kontrol (PM1)</p> 	<p>Keterangan</p> <p>A : Epidermis (Dinding sel)</p> <p>B : Korteks</p> <p>C: Medula</p> <p>D : Kaspospora</p>
<p>PM2 (0.1 ppm)</p>	<p>Keterangan</p> <p>A : Epidermis (Dinding sel)</p>

	<p>B : Korteks C: Medula D: Kaspospora</p>
<p>PM3 (0.3 ppm)</p> 	<p>Keterangan A : Epidermis (Dinding sel) B : Korteks C: Medula D: Kaspospora</p>
<p>PM4 (0.7 ppm)</p> 	<p>Keterangan A : Epidermis (Dinding sel) B : Korteks C: Medula D: Kaspospora</p>

Tabel 2. Kisaran nilai parameter kualitas air pemeliharaan *Gracilaria* sp. selama penelitian

Parameter	Perlakuan				Kisaran Optimum
	P1	P2	P3	P4	

Suhu (°C)	28.3	28	28	28.2	20-28 °C (WWF 2014)
Salinitas (ppt)	35	34	34.4	34.5	15-30 (WWF 2014)
pH	7.8	7.7	8.0	8.0	6-9 (WWF 2014)
DO (mg L ⁻¹)	6.5	6.4	6.6	6.6	> 5 mg L ⁻¹ (Atmadja <i>et al.</i> , 1996)

PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa rumput laut *Gracilaria* sp. pada media yang tercemar logam berat Hg mengalami perubahan morfologi dan anatomi. Perbedaan konsentrasi Hg pada media pemeliharaan menyebabkan respon perubahan morfologi yang berbeda. Berdasarkan pengamatan pemberian logam berat Hg dengan konsentrasi yang berbeda pada media pemeliharaan, menyebabkan talus *Gracilaria* sp. mengalami perubahan warna dari yang berwarna merah kecoklatan menjadi hijau pucat bahkan putih (*bleaching*). Menurut Meriam *et al.*, (2016) alga merah merupakan kelompok yang spesiesnya memiliki berbagai bentuk daun dengan variasi warna, hal ini dikarenakan kandungan klorofil a dan d serta mengandung pigmen fotosintetik berupa fikoeritrin, karoten, xantofil, dan fikobilin yang menyebabkan warna merah pada alga tersebut. Perubahan warna pada talus ini, diduga dikarenakan Hg mulai mengganggu fisiologis *Gracilaria* sp. dimana respon *Gracilaria* sp. terhadap Hg dengan melepas pigmen. Menurut Dwiyanti (2023) pada *Gracilaria* sp. terdapat pigmen klorofil a dan fikoeritrin yang membantu dalam proses fotosintesis. Bakar *et al.*, (2015) menyatakan bahwa logam berat dapat menghambat biosintesis klorofil yang mengakibatkan pengurangan produksi klorofil. Perubahan warna *Gracilaria* sp. pada pemeliharaan di media tercemar Hg, akan mengganggu proses fotosintesis yang berpengaruh terhadap proses metabolisme.

Selain itu, adanya pelepasan pigmen pada *Gracilaria* sp. dapat diindikasikan bahwa *Gracilaria* sp. tersebut mengalami kematian. Menurut (Saleh, 2016) dampak racun dari tekanan logam berat pada jaringan alga menyebabkan perubahan kloroplas berupa perubahan warna (klorosis) dan seluler deformasi hingga kematian. Hal ini sependapat dengan Yulianto & Ario (2006) menyatakan bahwa dampak fisiologis *Gracilaria* sp. yang ditanam pada media Cu menunjukkan penampakan talus menjadi mudah patah (non-elastis) dan ujung talus berwarna kekuningan.

Hasil penelitian histologi pada *Gracilaria* sp. yang terpapar media logam berat Hg menunjukkan bahwa struktur dan metabolismenya dipengaruhi oleh paparan Hg. Berdasarkan pengamatan didapatkan bahwa struktur anatomi talus *Gracilaria* sp. tersusun dari sel mulai dari luar sampai dalam tersusun atas epidermis, korteks dan medulla. Selain itu tampak adanya *cystocarp* pada *Gracilaria* sp. ini nampak seperti bintil atau tonjolan yang menyebar di permukaan talus. Kaspospora pada *Gracilaria* merupakan spora yang terbentuk dari hasil perkawinan antara sperma dan sel telur yang merupakan spora diploid (2n). Bentuk kaspospora dibentuk dalam suatu organ yang disebut *Cystocarp*. (Krakal *et al.*, 2016).

Selain itu, hasil pengamatan histologi memperlihatkan jaringan epidermis tersusun atas satu lapisan sel yang berbentuk persegi panjang dan tersusun rapat tanpa ruang antar sel sedangkan pada sel korteks ukurannya lebih besar dibandingkan epidermis serta tersusun teratur dan padat. Semakin kedalam ukuran sel semakin besar yang merupakan medulla. Menurut Redjeki *et al.* (2019) secara umum susunan sel *rumpul laut Gracilaria* lebih rapat dan

lebih teratur pada sel medulla berbentuk lonjong, berukuran besar dan banyak terdapat ruang yang kosong antar sel sedangkan sel korteks juga memiliki susunan lebih rapat dan teratur.

Penambahan konsentrasi logam berat Hg yang berbeda pada media pemeliharaan budidaya, mempengaruhi bentuk struktur dari sel *Gracilaria* sp. Pada perlakuan PM2, PM3 dan PM4 yang diberi logam berat Hg dengan konsentrasi berbeda terlihat pada Tabel 1, pada perlakuan PM2, PM3 dan PM4 yang diberikan logam berat Hg, menunjukkan adanya robekan pada lapisan epidermis yang diduga dinding sel yang menyebabkan masuknya Hg kedalam sel rumput laut. Menurut Amanda *et al.*(2021) bahwa masuknya unsur logam berat ke dalam *Gracilaria* sp. dikarenakan adanya polisakarida pada lapisan epidermis yaitu dinding sel, yang mampu mengikat ion logam berat selanjutnya mampu menembus dinding sel. Terserapnya Hg oleh dinding sel menyebabkan sel korteks dan sel modula pada perlakuan PM2, PM3 dan PM4 yang diberikan logam berat Hg pada media pemeliharaan terlihat tidak beraturan dan tidak rapat jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (PM1). Selain itu akibat dinding sel mengalami kerusakan, kaspaspora nampak terpecah keluar sel dan ke dalam sel. Ketidakmampuan dalam mentolerir adanya akumulasi logam berat menyebabkan gangguan fisiologis yang mengakibatkan kerusakan organ sel tumbuhan demikian juga dengan penelitian dos Santos *et al.*,(2014) menunjukkan bahwa arsitektur dan metabolisme *Gracilaria domingensis* dipengaruhi oleh paparan cadmium yang menyebabkan perubahan morfologi kloroplas. Dibandingkan dengan hasil histologi pada perlakuan kontrol (PM1), menunjukkan bagian sel *Gracilaria* sp. tidak mengalami perubahan. Sel- sel nampak normal dan jelas yang dimulai dari lapisan epidermis, pada bagian dinding sel tidak mengalami kerusakan atau tidak terlihat robek serta korteks dan medulla terlihat tersusun dan rapat.

Hasil pengukuran kualitas air pada penelitian ini, menunjukkan bahwa keberadaan logam berat pada media pemeliharaan *Gracilaria* sp. tidak mempengaruhi kualitas pada media pemeliharaan. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air yang dilakukan satu minggu sekali selama 4 minggu pemeliharaan masih dalam kisaran optimal. Hasil penelitian pada Tabel 2. Menunjukkan suhu selama penelitian ini, rata-rata 27 hingga 29.5°C, menurut WWF-Indonesia (2014) suhu yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. Adalah berkisar antara 20-28°C. Kenaikan dan penurunan suhu pada suatu lingkungan budidaya sangat berpengaruh terhadap keberadaan logam berat. Menurut Malau *et al.*,(2018) adanya penurunan suhu di perairan dapat membuat logam berat tidak larut dalam kolom air yang menyebabkan logam berat mengendap ke dasar perairan.

Gracilaria sp. merupakan rumput laut yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi salah satunya kemampuannya beradaptasi pada salinitas yang luas yakni bersifat *euryhaline*. Berdasarkan hasil pengukuran salinitas pada penelitian ini diperoleh salinitas rata-rata pada penelitian ini yaitu 31 hingga 39 ppt, menurut WWF (2014) salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut berkisar antara 15–30 ppt. Tingginya nilai salinitas pada penelitian ini dikarenakan penggunaan media pemeliharaan sesuai dengan kondisi lingkungan penelitian yang menggunakan air laut dalam pembudidayaannya. Menurut Pereira *et al.* (2017) fluktuasi salinitas tidak menyebabkan kematian, tetapi dapat mengubah densitas air, serapan unsur hara dan osmotik. Derajat Keasamaan (Ph) pada penelitian ini diperoleh pada kisaran 7.7-8, nilai tersebut merupakan nilai optimum untuk pertumbuhan *Gracilaria* sp. Menurut Agustina *et al* (2017) jika derajat keasaman di bawah kadar kritis maka pertumbuhan sel akan menurun. Kelarutan oksigen (DO) di perairan sangat penting dalam mempengaruhi kesetimbangan kimia

air laut dan juga dalam kehidupan organisme. Selain pH dan suhu parameter yang mendukung proses fotosintesis adalah oksigen terlarut, selain itu oksigen dibutuhkan oleh hewan dan tanaman air termasuk mikroorganisme untuk proses respirasinya. Nilai rata-rata DO pada penelitian ini yaitu 6 hingga 7.8 hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Atmadja *et al.* (1996) menyatakan baku mutu DO untuk rumput laut adalah lebih dari 5 Mg/L. Hal ini berarti jika oksigen terlarut dalam perairan mencapai 5 mg L⁻¹ maka metabolisme rumput laut dapat berjalan dengan optimal

KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian ini bahwa *Gracilaria* sp. yang dibudidayakan pada media tercemar logam berat Hg dengan konsentrasi yang berbeda mengalami perubahan warna dari berwarna merah kecoklatan hingga berwarna hijau keputihan bahkan *bleaching*. Hasil histologi menunjukkan bentuk sel, komponen penyusun sel sudah terlihat tidak jelas atau rusak pada bagaian sel epidermis dalam dinding sel.

TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPDP yang telah membantu dalam pendanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Institut Pertanian Bogor (IPB) dan Balai Perikanan Budidaya Laut Lombok (BPBL) yang memfasilitasi kegiatan penelitian ini dan terimakasih kepada keluargaserta teman-teman atas dukungan baik moril dan materi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Lilis L, S. D. A. (2017). PEMANFAATAN RUMPUT LAUT *Gracilaria* sp. UNTUK BIOFILTER TAMBAK UDANG DI PANTAI TRISIK. *Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*, 1(2015), 1–9.
- Amanda, R., Azizah, R., Nuraini, T., & Supriyantini, E. (2021). *Korelasi Antara Daya Serap Gracilaria sp . Terhadap Konsentrasi Logam Berat Cu di Media Pemeliharaan Correlation Between the Absorption Capacity of Gracilaria sp . Against Heavy Metal Cu Concentration in Maintenance Media*. 10(3), 363–368.
- Bakar, L. A., Amin, N. M., & Zakeri, H. A. (2015). Impact of Mercury (II) Nitrate on Physiological and Biochemical Characteristics of Selected Marine Algae of Different Classes. *Procedia Environmental Sciences*, 30(Ii), 222–227. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.040>
- Carson, L. . (2015). A self- instructional text. *Histotechnology*, 214–215.
- dos Santos, R. W., Schmidt, É. C., de L Felix, M. R., Polo, L. K., Kreusch, M., Pereira, D. T., Costa, G. B., Simioni, C., Chow, F., Ramlov, F., Maraschin, M., & Bouzon, Z. L. (2014). Bioabsorption of cadmium, copper and lead by the red macroalga *Gelidium floridanum*: Physiological responses and ultrastructure features. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 105(1), 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.02.021>
- Dwiyanti S. (2017). EFEKTIVITAS RUMPUT LAUT *Gracillaria* sp. DALAM MENGADSORBSI MERKURI (Hg) SEPTIANA DWIYANTI. Tesis. IPB. Bogor.
- Dwiyanti S. (2023). PERTUMBUHAN DAN KUALITAS AGAR RUMPUT LAUT *Gracilaria*

- sp . Effect of Mercury (Hg) on pigment content , growth and quality of seaweed. *Jurnal Peikanan* 13(2), 475–484.
- Ihsan, Y. N., Azizah, L., Fellatami, K., & Pribadi, T. D. K. (2022). The Effect of Ammonium Concentration Addition to *Gracilaria* sp. on The Absorption of Mercury. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(1), 1–7. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i1.13447>
- Krakal, P., Pramesti, R., Susanto, A. B., Wilis, A. S., Ridlo, A., & Oktaviaris, Y. (2016). *Struktur Komunitas dan Anatomi Rumput Laut di Perairan Teluk*. 19(November), 81–94.
- Malau, R., Azizah, R., Susanto, A., Santosa, G. W., & Irwani, I. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum* sp. Di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 155. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3010>
- Meriam, W. P. ., Kepel, R. ., & Lumingas, L. J. . (2016). Inventarisasi Makroalga Di Perairan Pesisir Pulau Mantehage Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 4(2), 84–108.
- Niode, S., Hasim, H., & Kasim, F. (2021). Tingkat Kontaminasi Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan Danau Limboto. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 9(3), 58–63.
- Pereira, D. T., Simioni, C., Filipin, E. P., Bouvie, F., Ramlov, F., Maraschin, M., Bouzon, Z. L., & Schmidt, É. C. (2017). Effects of salinity on the physiology of the red macroalga, *Acanthophora spicifera* (Rhodophyta, Ceramiales). *Acta Botanica Brasilica*, 31(4), 555–565. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0059>
- Rambu Tega, Y., Herawati, Y., & Kilawati, Y. (2019). Pb Bioaccumulation in Red Algae at Kupang Village. *Life Sci*, 9(2).
- Redjeki, S., Mulyaningrum, H., Indra, A., Asaad, J., Suwoyo, H. S., & Hendrajat, A. (2019). *Melalui Seleksi Massa*. 14(129), 153–162.
- Saleh, B. (2016). Lead (Pb) heavy metal impacts in the green *Ulva lactuca* (Chlorophyceae) marine algae. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 12(2), 62–71. http://www.jspb.ru/issues/2016/N2/JSPB_2016_2_62-71.html
- WWF-Indonesia. (2014). Teknik budidaya rumput laut. *Seri Panduan Perikanan Skala Kecil*, 1–32.
- Yulianto, B., & Ario, R. (2006). *Gracilaria-absorber-Pb*. 11(2), 72–78.