



Isolasi Biomaterial Silika dari Mikroalga Autotrofik dengan Variasi Air Laut Buatan

Mochamad Fathurohman^{1*}, Yedy Purwandy Sukmawan², Muhammad Rommi Fauzi¹, Anindita Tri Kusuma Pratita¹

¹Departemen Kimia Farmasi, Program Studi Farmasi, STIKes BTH, Tasikmalaya, Indonesia

²Departemen Farmakologi dan Farmasi Klinik, Program Studi Farmasi, STIKes BTH, Tasikmalaya, Indonesia

*Corresponding author: fathur@stikes-bth.ac.id

Abstract

Indonesian waters, are mostly marine, that have abundant biodiversity. One of the biodiversity is microalgae. Microalgae is one of the wealth of marine products which has become an alternative to be developed as food. One of the species of microalgae is *Dunaleilla salina*. This study aims to determine the biosilica material level from the microalgae *Dunaleilla salina* in artificial seawater media. Isolation of biosilica was carried out by cultivation using a variety of mediums, namely artificial seawater (ALB), krosok salt (GK) and growth media of $FeCl_3$, Na_2SiO_3 , KNO_3 TSP fertilizer. Based on the results of the study, it was found that the different formulas of the growth media used in the microalgae *Dunaleilla salina* could affect the silica amount. Silica with krosok salt growth medium was 2.0483 gram, while for artificial seawater growth media it was 1.644 gram. Si-O-Si which is the functional group of silica gel (SiO_2)

Keywords: Artificial seawater, *Dunaliella salina*, Microalgae

Abstrak

Di daerah perairan Indonesia yang sebagian besar wilayahnya adalah laut, memiliki keanekaragaman hayati yang sangat melimpah. Salah satu keanekaragaman hayati tersebut adalah mikroalga. Mikroalga merupakan salah satu kekayaan hasil perairan laut yang telah menjadi alternatif untuk dikembangkan sebagai pangan. Spesies dari mikroalga salah satunya adalah *Dunaleilla salina*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui material biosilika dari mikroalga *Dunaleilla salina* dengan variasi media air laut buatan. Isolasi biosilika dilakukan dengan cara kultivasi dengan menggunakan dua formula, yaitu air laut buatan (ALB) dan garam krosok (GK) dan media pertumbuhan Feri klorida, Sodium metasilikat, Potassium nitrat, pupuk TSP. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perbedaan formula media pertumbuhan yang digunakan pada mikroalga *Dunaleilla salina* dapat berpengaruh terhadap silika yang diperoleh. Silika dengan medium pertumbuhan garam krosok lebih banyak yaitu 2,0483 gram, sedangkan untuk media pertumbuhan air laut buatan yaitu 1,644 gram dan Berdasarkan hasil dari karakterisasi FT-IR silika dari *Dunaliella salina* sudah sesuai dengan standar, di tandai dengan adanya gugus Si-OH dan Si-O-Si yang merupakan gugus fungsi dari silika gel (SiO_2).

Kata kunci: Air laut buatan, *Dunaliella salina*, Mikroalga

PENDAHULUAN

Mikroalga atau ganggang merupakan organisme perairan lebih dikenal dengan *fitoplankton* (alga laut bersel tunggal). Organisme ini dapat melakukan fotosintesis dan hidup dari nutrisi anorganik serta menghasilkan zat organik dari CO_2 dengan fotosintesis (Pranayogi, D. 2003). Mikroalga

dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok yaitu diatom (*Bacillariophyceae*), alga hijau (*Chlorophyceae*), alga coklat (*Phaeophyceae*), alga kuning keemasan (*Chrysophyceae*), alga merah (*Rhodophyceae*). (Isnansetyo Alim dan Kurniastuty, 1995). Beberapa jenis mikro alga memiliki kemampuan untuk merubah

kandungan nutrisi akibat pengaruh lingkungan dapat dikelompokkan dalam tiga bentuk yaitu *autotrof*, *heterotrof* dan *miksotrof* (Richmond dan Hu, 2013).

Dunaleilla salina merupakan alga hijau uniseluler dari kelas chlorophyta (oren, 2005). Sel *Dunaleilla salina* memiliki panjang 5-29 μm dan lebar 4-20 μm (Posudin et al., 2010). Sel *Dunaleilla salina* memiliki bentuk variasi yaitu elips, bulat, bulat telur dan silinder tergantung kondisi lingkungan tertentu. *Dunaleilla salina* mempunyai flagella sama panjang yang terletak pada bagian anterior (Polle and Ben-Amotz, 2009). *Dunaleilla salina* bersifat halofilik, yaitu mempunyai sebuah central pyrenoid dan memiliki kloroplas berbentuk melengkung, mengandung banyak beta-karoten pada bagian tepi sel sehingga berwarna kemerahan. (Borowitzka and Siva, 2007). Terdapat empat fase pada kultur *Dunaleilla salina* yang mencerminkan perubahan dalam biomasa dan lingkungan pertumbuhannya (Richmond, 2004). Empat fase tersebut adalah fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Pertumbuhan *Dunaleilla salina* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah nutrisi, pH, konsentrasi karbondioksida, cahaya, salinitas dan pupuk silika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui material biosilika dari mikroalga *Dunaleilla salina* dengan variasi media air laut buatan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah mikroalga *Dunaleilla salina*, garam laut kasar (garam krosok), Sodium kalsium edetat, Potassium nitrat, Sodium metasilikat, pupuk TSP (triple super phosphate), pupuk silika, Feri klorida, Natrium klorida, Kalium klorida, etanol 70%, Asam nitrat pekat, aquadest dan aqua DM.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), Botol kultur 1000 mL, lampu 18 watt (Philips), pipa L, botol vial, hemasitometer, selang, pipa cabang selang, salinometer (Resun), pH meter (Ionix), gelas arloji, aerator (Tamara), sentrifugasi (Oregon), autoklaf, oven (Mettler), neraca analitik, pengaduk, spatula, botol semprot, kertas payung, benang tali, kasa steril, tisu, tube effendorf, autoklaf, pipet volume, gelas kimia, gelas ukur, labu ukur.

Metode

Pembuatan Air Laut Buatan

Pembuatan air laut buatan diawali dengan menimbang formula pertama yaitu : 24,6 gram NaCl; 0,6 gram KCl; 1,36 gram CaCl₂; 6,2 gram MgSO₄; 4,66 gram MgCl₂ dan 0,18 gram NaHCO₃ dibuat untuk 1 liter dengan aquadest dan formula yang kedua dengan melarutkan 25,5 gram garam krosok dalam 1L aquades. Setelah disaring terlebih dahulu sampai terbebas dari partikel atau kotoran.

Pembuatan Media Pertumbuhan

Siapkan larutan medium pertumbuhan (FeCl₃, Na₂SiO₃, KNO₃ dan pupuk TSP). Timbang 33 gram FeCl₃ dengan 35 gram EDTA; 45gram Na₂SiO₃; 84 gram KNO₃ dan 54 gram TSP dengan 18,9 gram EDTA dibuat dalam 1 liter aquadest.

Kultivasi Mikroalga

Kultivasi mikroalga dibuat dengan 4 batch menggunakan botol kaca 1 liter. Siapkan larutan medium pertumbuhan (FeCl₃, Na₂SiO₃, KNO₃ dan pupuk TSP) yang telah dibuat. Setelah itu larutkan garam krosok dalam air sampai sanilitasnya mencapai 22-24 ppt. Masukkan 700 mL larutan garam 22-24 ppt ke dalam botol kaca 1 liter. Kemudian siapkan air laut buatan (ALB) yang telah dibuat dengan sanilitas 22-24 ppt sebanyak 700 mL ke dalam botol 1 liter. Lalu sterilkan medium pertumbuhan, larutan garam dan air laut buatan dengan autoklaf pada suhu

121°C selama 15 menit. Biarkan larutan garam, air laut buatan dan medium pertumbuhan mencapai suhu ruang. Setelah itu suntikan 1,8 mL FeCl₃, 18 mL KNO₃, 1,65 mL Na₂SiO₃, 2,4 mL pupuk TSP dan 5 gram pupuk silika ke dalam masing-masing botol. Masukkan 200 mL indukan mikroalga ke dalam campuran garam dan medium pertumbuhan. Atur tingkat aerasi pada inokulan dan amati pertumbuhan selama 14 hari.

Isolasi Biomassa Basah

Pada hari ke-14 matikan aerasi dan biarkan mikroalga mengendap selama 1 malam (skala besar). Kemudian pisahkan endapan mikroalga dengan membuang air medium pertumbuhan dan lanjutkan dengan sentrifugasi endapan pada kecepatan 4000 rpm selama 5 menit. Setelah itu simpan pellet hasil sentrifuga pada pendingin bersuhu 4°C.

Isolasi Biosilika Murni

Masukkan 30g biomassa basah ke dalam tabung falcon 50 mL. Lalu tambahkan HNO₃ (pekat) ke dalam tabung falcon hingga 45 mL. Kemudian aduk menggunakan vortex hingga homogen. Campuran disentrifuga 4000 rpm selama 5 menit. Setelah itu buang bagian supernatan kemudian bagian pelet disimpan untuk dicuci kembali. Ulangi prosedur 2-5 pada pelet biomassa hingga warnanya menjadi putih kekuningan yang merupakan biosilika.

Penetralan Biosilika dengan Aqua DM

Ke dalam tabung falcon yang berisi biosilika, tambahkan aqua dm hingga 45 mL. Lalu

aduk menggunakan vortex hingga homogen. Campuran disentrifuga 4000 rpm selama 5 menit. Kemudian buang bagian supernatan kemudian bagian pelet disimpan untuk dicuci kembali. Ulangi prosedur 1-4 pada pelet biosilika hingga supernatant mencapai pH netral. Keringkan biosilika di dalam oven 100°C selama 12 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kultivasi

Pada penelitian ini digunakan 2 formula air laut buatan untuk media kultivasi mikroalga yaitu formula 1 yang terdiri dari garam krosok dan formula 2 merupakan air laut buatan. Tujuan dilakukan kultivasi adalah untuk mendapatkan kelimpahan sel mikroalga yang tinggi dengan kandungan nutrisi baik (Herawati dan Hutabarat, 2014). Pertumbuhan dari mikroalga *Dunaliella salina* dapat digambarkan dengan kepadatan sel yang dihitung setiap hari selama 14 hari masa kultivasi menggunakan alat haemocytometer.

Berdasarkan hasil kultivasi, kepadatan sel mikroalga *Dunaliella salina* selama 14 hari didapatkan total kepadatan sel dari GK lebih banyak dibandingkan dengan ALB, di mana total kepadatan sel ALB yaitu 428×10^4 sel/mL dan total kepadatan sel GK yaitu $464,8 \times 10^4$ sel/mL. Garam krosok memiliki total kepadatan sel paling tinggi dibandingkan dengan air laut buatan hal ini dikarenakan penyimpanan yang terlalu lama, sumber O₂ yang tidak sama dalam setiap botol dan adanya pengotor yang masuk saat dilakukannya sampling.

Tabel 1. Kepadatan sel rata-rata *Dunaliella salina* selama 14 hari

Form ula	Kepadatan Sel (x 10 ⁴ sel/mL)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ALB (I)	13, 5	15, 25	23	24	24	32, 75	25	19, 5	13, 25	11, 25	8,2 5	6, 5	5	4
ALB (II)	20, 25	20, 25	21, 5	19 ,5	28, 75	19, 25	19 ,5	16, 5	13	9,5	8,2 5	6, 5	5, 5	3,5
GK (I)	12, 5	13, 3	15, 75	22 ,5	23, 75	19, 5	25 ,5	21, 25	16, 75	12, 5	10, 25	8, 25	6, 5	5
GK (II)	20, 75	23, 75	19, 75	19	23	29, 5	24 ,5	18, 75	16, 5	15, 5	12, 75	11 ,5	9, 5	6,7 5

Keterangan: Air Laut Buatan (ALB), Garam Krosok (GK)

Kepadatan *Dunaliella salina* pada masing-masing perlakuan mengikuti pola pertumbuhan kultur fitoplankton secara umum, yaitu fase adaptasi, eksponensial, stasioner dan kematian (Wahyuni et al., 2018). Pada formula ALB (A) dan ALB (B) hari ke 0 termasuk ke dalam fase adaptasi sehingga belum menunjukkan adanya pertumbuhan karena sel dari mikroalga belum mengalami pembelahan sel dan adaptasi pada lingkungan yang baru. merupakan fase adaptasi yang merupakan fase penyesuaian diri sel terhadap kondisi lingkungan yang baru hal ini ditandai dengan masih lambatnya pembelahan sel. Selanjutnya fase eksponensial terjadi pada hari ke-3 hingga ke-5 pada fase ini sel telah berhasil beradaptasi, melakukan pembelahan dan optimal dalam pemanfaatan Pada hari ke 6-7 pertumbuhan populasi dari mikroalga masuk ke dalam fase stasioner hal ini ditandai dengan laju pertumbuhan yang konstan dan terjadi kematian, hal ini dikarenakan meningkatnya akumulasi hasil metabolisme dan keterbatasan nutrisi pada media. Selanjutnya masuk ke fase kematian terjadi mulai hari ke-8 hingga hari ke-14 terjadi penurunan jumlah sel ini karena seluruh sel secara alami mengalami kematian selain itu juga ada faktor yang dapat mempercepat fase kematian dari mikroalga yaitu dengan berkurangnya ketersediaan nutrisi atau

nutrisi untuk makanan dari mikroalga dan juga ada metabolit sekunder mikroalga yang dapat menghambat pertumbuhan sel secara alami (Armanda, 2013).

Kepadatan *Dunaliella salina* pada masing-masing perlakuan mengalami fase adaptasi yang cukup lama dibandingkan dengan formula ALB(A) dan ALB(B) Fase adaptasi formula GK(A) berlangsung 2 hari sedangkan GK(B) berlangsung selama 4 hari kemudian masuk ke fase eksponensial terjadi pada hari ke 3-5 untuk formula GK(A) dan 4-6 untuk formula GK(B). Kemudian fase stasioner pada formula GK(A) terjadi pada hari ke 6-8 atau berlangsung selama 24 jam dan pada formula GK(B) terjadi pada hari ke 7-9. Fase kematian formula GK(A) pada hari ke 9-14 dan GK(B) berlangsung pada hari.

Berdasarkan hasil pengamatan kadar salinitas air media kultur *Dunaliella salina* diketahui bahwa semua perlakuan berada pada salinitas 22 ppt. Kisaran nilai salinitas yang baik dan optimal untuk mikroalga antara 20-30 ppt (Elvin Delgado, 2017). Salinitas lebih tinggi atau lebih rendah akan mengganggu proses metabolisme sel sehingga pertumbuhan *Dunaliella salina* melambat (Fitriani et al., 2017). Ada pun Kondisi pH optimum pertumbuhan Mikroalga ada pada rentang pH 7-8 (Malle, 2019).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pH air media kultur *Dunaliella salina* diketahui bahwa semua perlakuan berada di pH 7 yaitu pH yang baik untuk mikroalga. pH yang terlalu asam menyebabkan terganggunya proses metabolisme sel sehingga menyebabkan kemampuan sel menyerap nutrisi tidak optimal sehingga mempengaruhi proses pertumbuhan sel selanjutnya. Jika pH terlalu basa media, enzim yang berperan untuk membentuk amonium (sumber nitrogen) untuk metabolisme mikroalga tidak dapat bekerja sehingga proses metabolisme sel terganggu dan kerapatan sel menjadi rendah (Prihantini *et al.*, 2005).

Selama 14 hari kultivasi dilakukan proses aerasi hal ini bertujuan sebagai sumber oksigen dan untuk mempertahankan suhu tetap homogen agar penyebaran nutrisi tetap merata. Sirkulasi air juga dapat mencegah pengendapan plankton dan aerasi juga dibutuhkan sebagai akselerasi pemasukan udara terutama CO₂ dan O₂ (Fitriani *et al.*, 2017).

Isolasi Biosilika Basah

Isolasi biosilika basah dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan antara biomassa basah dengan larutan media pertumbuhan menggunakan teknik sentrifugasi. Proses pemisahan dengan teknik sentrifugasi yang nantinya dapatkan cairan dan padatan, yang kemudian padatannya diambil untuk dikumpulkan sebagai biomassa basah dan cairannya dibuang (Juliana *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil pengamatan endapan mikroalga *Dunaliella salina* didapatkan hasil biomassa pada formula GK yaitu 14,0765 gram dan formula ALB yaitu 10,6607 gram.

Pencucian Biomassa Basah

Tujuan dilakukan pencucian biomassa basah dengan asam pekat untuk menghilangkan logam pengotor seperti magnesium, calcium dan besi. Penggunaan asam untuk pencucian biomassa basah ini

dikarenakan unsur-unsur logam tersebut dapat larut dalam pelarut asam. Sedangkan silika memiliki kelarutan yang rendah terhadap asam jadi tidak ikut larut seperti unsur logam tadi asam yang digunakan pada pencucian biomassa ini yaitu asam nitrat pekat atau HNO₃ (Sapei Lanny *et al.*, 2015).

Penetralan Biosilika dengan Aqua DM

Tahap selanjutnya yaitu penetralan dengan Aqua DM atau aqua demineralisasi untuk menghilangkan kandungan dari asam nitrat pekat sampai pH dari supernatannya mencapai pH 7. Aqua DM digunakan karena tidak mengandung ion dan mineral sehingga tidak menambahkan pengotor lain pada saat proses penetralan biosilika yang didapatkan (Vansyah, 2017). Tujuan dari pH supernatant harus berada pH 7 atau netral dikarenakan sifat dari silika yang tidak larut dalam suasana pH netral sehingga didapat silika yang baik dan optimal (Sofyan *et al.*, 2013). Setelah biosilika dinetralkan, lakukan proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 100° C selama 10 jam sehingga menjadi serbuk (Putri R *et al.*, 2019). Adapun hasil dari biomassa kering yang didapatkan pada formula ALB yaitu 1,644 gram dan formula GK yaitu 2,0483 gram.

Kalsinasi

Tujuan kalsinasi adalah untuk menghilangkan komponen organik dan kandungan air yang diserap sebagai kristal dan untuk mengonversi senyawa kalsium karbonat menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida (Rumengan *et al.*, 2009). Hal ini dilakukan karena keberadaan ion karbonat dapat berpengaruh terhadap hasilnya dengan ditandai adanya pengendapan. Kalsinasi ini dilakukan dengan cara dipanaskan menggunakan tanur dengan suhu 550°C selama 10 jam setelah itu dilakukan pengulangan sebanyak dua kali dengan suhu yang sama selama 1 jam.

Berdasarkan hasil uji kualitatif pada proses kalsinasi yang dilakukan selama 10 jam dapat diketahui bahwa pada jam ke 10 ion karbonat pada sampel *Dunaliella salina* sudah tidak ada Hal ini sesuai dengan penelitian (Putri, 2019) bahwa waktu optimal untuk kalsinasi yaitu 10 jam.

Karakterisasi dengan Fourier Transform Infrared (FTIR)

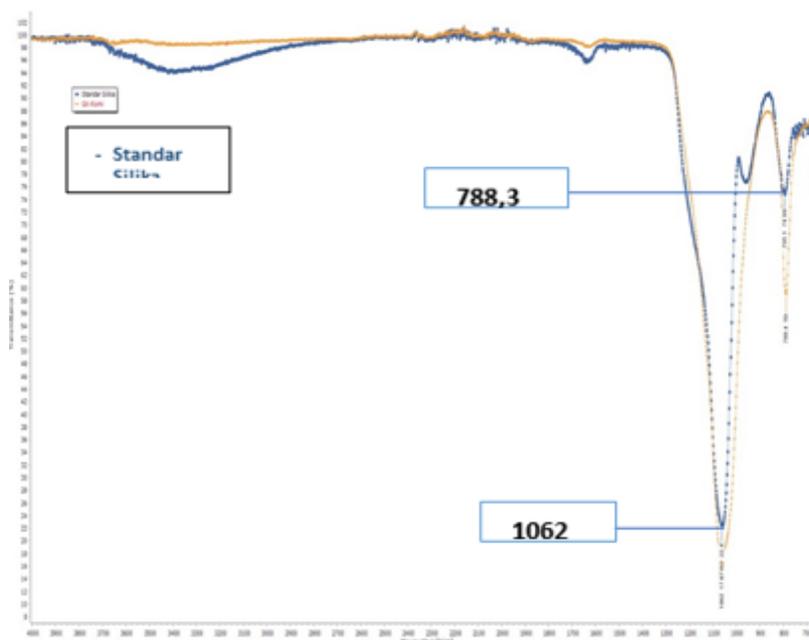
Tujuan dilakukannya Karakterisasi FTIR yaitu untuk menentukan gugus fungsi fungsional yang terdapat pada sampel atau senyawa selain itu juga dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul (Gunawan *et al.*, 2019). Sampel dianalisis dengan FT-IR pada bilangan gelombang antara 500-4000 cm^{-1}

Terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 1062 cm^{-1} Keberadaan gugus siloksan ditunjukkan oleh munculnya pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1000-1110 cm^{-1} yang menunjukkan gugus Si-O dari Si-O-Si (gugus siloksan).

Sedangkan pada bilangan gelombang 788,3 cm^{-1} menunjukkan Vibrasi ulur simetrik Si-O-Si karena ada pada rentang bilangan gelombang 500-820 cm^{-1} (Syukri *et al.*, 2017).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa perbedaan formula media pertumbuhan yang digunakan pada mikroalga *Dunaliella salina* dapat berpengaruh terhadap silika yang diperoleh. Silika dengan medium pertumbuhan garam krosok lebih banyak yaitu 2,0483 gram, sedangkan untuk media pertumbuhan air laut buatan yaitu 1,644 gram dan Berdasarkan hasil dari karakterisasi FT-IR *Dunaliella salina* sudah sesuai dengan standar di tandai dengan adanya gugus Si-O dari Si-O-Si pada panjang gelombang pada panjang gelombang 1062 cm^{-1} sedangkan pada bilangan gelombang 788,3 cm^{-1} menunjukkan Vibrasi ulur simetrik Si-O-Si.



Gambar 3. Spektrum FTIR Biosilika Mikroalga *Dunaliella salina*

Daftar Pustaka

- Armanda, D. T. (2013). *Pertumbuhan Kultur Mikroalga Diatom Skeletonema costatum (Greville) Cleve Isolat Jepara Pada Medium f/2 dan Medium Conway*. *Bioma*, 11(3), 55.
- Borowitzka, M.A and C. J. Siva. (2007). *The Taxonomy of the Genus Dunaliella (Chlorophyta, Dunaliellales) with Emphasis on teh Marine and Halophilic Species*. *Journal Applied Phycology*. 19 : 568-590.
- Elvin Delgado. (2017). *Form wetland to saltland: natural obstacles and socioecological consequences in the production of solar salt in Venezuela*. *Society & Natural Resources*, 1-5.
- Fitriani, F., Fendi, F., & Rochmady, R. (2017). Effect of inorganic fertilizer (NPK+Silicate) with different dosage to *Skeletonema costatum* density on hatchery of tiger shrimp. *Akuatikisle: Jurnal Akuakultur, Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*, 1(1), 11. <https://doi.org/10.29239/j.akuatikisle.1.1.11-18>
- Gunawan, G. M., Suhendar, D., Sundari, C. D. D., Ivansyah, A. L., Setiadji, S., & Rohmatulloh, Y. (2019). *Sintesis Zeolit Silikalit-1 Menggunakan Limbah Tongkol Jagung sebagai Sumber Silika*. *Al-Kimiya*, 4(2), 91–99. <https://doi.org/10.15575/ak.v4i2.5089>.
- Herawati, V. E., & Hutabarat, J. (2014). *Pengaruh pertumbuhan, lemak & profil asam amino essensial Skeletonerma cotatum dalam kultur massa menggunakan media kultur teknis yang berbeda*. *Jurnal Aquasains*. 2(3): 221-226.
- Isnansetyo Alim dan Kurniastuty (1995), *Teknik Kultur Phytoplankton Zooplankton. Pakan Alam untuk pembenihan organism laut*, Kanisius, Yogyakarta.
- Juliana, V., Budiana, W., Farmasi, F., & Bhakti, U. (2020). *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Mikroalga Porphyridium cruentum Menggunakan Metode Peredam Radikal Bebas DPPH*. 3(3), 157–165.
- Malle, A. I. (2019). Optimasi Pembentukan Bioflok Dari Skeletonema sp., Nitzschia sp. Dan Bakteri Probiotik Melalui Variasi pH Secara In Vitro. *Bionature*, 19(1), 23–34. <https://doi.org/10.35580/bionature.v19i1.7309>
- Oren, A.. (2005). *A Hundred Years of Dunaliella Research : 1905-2005*. Licensee Biomed Centra. Israel. p.14.
- Polle, J. E. W. and S. Qin. (2009). Development of Genetica and Molecular Tool Kits for Species of the Unicellular Green Alga Dunaliella (Chlorophyceae). In : A. Ben-Amotz, ed. *The Alga Dunaliella Biodiversity, Physiology, Genomics and Biotechnology*. USA: Science Publisher. pp. 403-409
- Posudin, Y. I., N. P. Massjuk and G. G. Lilitskaya. (2010). *Photomovement of Dunaliella teod*. Springer Fachmedian Wiesbaden. Germany. Pp. 24-25
- Prihantini, N. B., Putri, B., & Yuniati, R. (2005). *Pertumbuhan Chlorella spp. dalam Medium Ekstrak Tauge (MET) dengan variasi pH awal [The growth of Chlorella spp. in Tauge Extract Medium (TEM) with various initial pH]*. *Makara Journal of Science*, 9(1), 1–6. <http://journal.ui.ac.id/index.php/science/article/view/457>.
- Putri, R. M., Wulansari, L., & Afnan, N. t. (2019). Modul workshop biomaterial isolasi dan karakterisasi biosilika dari mikroalga di atom. *The 6th Gruber-Soedigdo Lecture (GSL) & 24th National Seminar of Indonsesia Society for Biochemistry and Molecular Biology (ISBMB)*. Institut Teknologi Bandung.
- Richmond, A and Hu, Q. (2013). *Handbook of Microalgal Culture : Applied Phycology and Biotechnology*. 2nd Edition. Wiley Blackwell. Hal : 3



- Richmond, A. (2004). Biological Principles of Mass Cultivation. In: Richmond, A. Handbook of Microalgae Culture Biotechnology and Applied Phycology. 125-217. Britain : Blackwell.
- Sapei, L., Padmawijaya, Samuel., K., Sutejo, A., & Theresia, L. (2015). Temperatur Leaching Menggunakan Asam Asetat. *Jurnal Teknik Kimia*, 9(2), 38–43.
- Sofyan, G. G. I., Alauhdin, M., & Susatyo, E. B. (2013). Sintesis Dan Karakterisasi Bahan Keramik Cordierite Dari Abu Sekam Padi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2).
- Syukri, I., Hindryawati, N., & S, R. . D. julia N. (2017). Sintesis Silika dari Abu Sekam Padi Termodifikasi 2-merkaptobenzotiazol untuk Adsorpsi Ion Logam Cd²⁺ dan Cr⁶⁺. *Jurnal Atomik*, 02(2), 221–226.
- Vansyah, A. T. L. U. I. (2017). *Untuk Sintesis Zeolit T. 4 (2)*.
- Wahyuni, N., Masithah, E. D., Soemarjati, W., & Ulkhaq, M. F. (2018). Pola Pertumbuhan Mikroalga *Spirulina sp.* Skala Laboratorium yang Dikultur Menggunakan Wadah yang Berbeda. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 16(2), 89–97.