

POTENSI PAKAN MENGANDUNG OMEGA-3 MENGGUNAKAN MIKROALGA *AURANTIOCHYTRIUM* UNTUK INDUSTRI PERIKANAN YANG BERKELANJUTAN

Suhendra^{1,*}, A. Fitri Sugianti², A. Safitri³, D. Wahyudiyanto⁴

^{1,2,3,4}Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Ringroad Selatan, Bantul, Yogyakarta, 55166

¹*corresponding author: suhendra@che.uad.ac.id, ²2211020019@webmail.uad.ac.id ³2200020037@webmail.uad.ac.id ⁴dwi2100020058@webmail.uad.ac.id*

ABSTRAK

Sebagai produsen alami asam lemak omega-3 yang esensial, mikroalga *Aurantiochytrium* dapat diintegrasikan ke dalam pakan ikan, meningkatkan kualitas daging ikan, dan meningkatkan ketahanan terhadap stres lingkungan. Kemampuannya sebagai pengganti minyak ikan konvensional mendukung praktik budidaya yang berkelanjutan dan mengurangi tekanan pada sumber daya laut. Tulisan ini menampilkan eksperimen isolasi mikroalga *Aurantiochytrium* dan produksi biomasnya skala laboratorium. Kultivasi dilakukan dengan nutrisi glukosan dan ekstrak kamir (yeast extract) dengan perbandingan 3:1. Tingkat pH biomassa yang dihasilkan 6,7 dan biomassa basah pada penelitian ini 11,22 gram/liter. Selanjutnya, potensi biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* dibahas. Dengan potensi yang ada, inovasi pakan dari biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* tidak hanya mendukung pertumbuhan industri perikanan secara berkelanjutan tetapi juga menciptakan peluang inovasi dalam pengembangan produk pangan fungsional yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Dengan menggabungkan potensi nutrisi dan keberlanjutan, mikroalga *Aurantiochytrium* muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan dampak positif dalam industri perikanan global.

Kata kunci: *Aquakultur, Aurantiochytrium, mikroalga, omega-3, perikanan.*

ABSTRACT

As a natural producer of essential omega-3 fatty acids, Aurantiochytrium microalgae can be integrated into fish feed, improving fish meat quality and increasing resistance to environmental stress. Its ability to replace conventional fish oil supports sustainable farming practices and reduces pressure on marine resources. This paper presents experiments on the isolation of Aurantiochytrium microalgae and their biomass production on a laboratory scale. Cultivation is carried out with glucosane nutrition and yeast extract in a ratio of 3:1. The pH level of the biomass produced was 6.7 and the wet biomass in this study was 11.22 grams/liter. Next, the biomass potential of Aurantiochytrium microalgae is discussed. With the existing potential, innovation in feed from Aurantiochytrium microalgae biomass not only supports the sustainable growth of the fishing industry but also creates innovation opportunities in the development of functional food products that are beneficial for human health. By combining nutritional and sustainability potential, Aurantiochytrium microalgae emerge as a promising solution to increase efficiency and positive impact in the global aquaculture industries.

Keywords: *Aquaculture, Aurantiochytrium, fisheries, microalgae, omega-3.*

1. PENDAHULUAN

Bisnis akuakultur memainkan peran penting dalam pencapaian ketahanan pangan global dan penciptaan lapangan kerja bagi banyak orang di seluruh dunia (FAO, 2018). Ketika konsumen semakin sadar akan kesehatan, banyak yang ingin memasukkan lebih banyak ikan ke dalam makanan mereka. Ikan berminyak, terutama salmon, merupakan sumber yang kaya asam lemak omega-3 dan protein. Dengan meningkatnya kesadaran akan kesehatan di kalangan konsumen, terdapat kecenderungan yang meningkat untuk memasukkan lebih banyak ikan ke dalam pilihan makanan mereka.

Berdasar kebutuhan tersebut, pasar akuakultur global memiliki trend peningkatan, dari bernilai US\$ 289,6 miliar pada tahun 2022 hingga diproyeksikan akan meningkat masing-masing menjadi US\$ 1,6 triliun pada tahun 2028 dan US\$ 421,2 miliar (Marketsandmarkets, 2023). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Grealis dkk. (2017), industri akuakultur mempunyai dampak signifikan terhadap ketahanan pangan global dengan menyediakan sumber nutrisi berkualitas tinggi yang dapat diandalkan, seperti protein dan lipid yang berharga (Grealis et al., 2017). Selain itu, hal ini juga berkontribusi terhadap diversifikasi sumber pangan dan mengurangi ketergantungan pada sumber pangan lain. Selain itu, budidaya perairan juga mendorong produksi sumber daya alam yang berkelanjutan dan bertanggung jawab (Taoka, 2017).

Ikan tangkapan liar sering kali lebih disukai karena persepsi umum bahwa ikan tersebut memiliki rasa dan tekstur yang lebih otentik dibandingkan dengan ikan budidaya. Sejak tahun 1961, terdapat tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sekitar 3,2% dalam konsumsi ikan, dua kali lebih cepat dari tingkat pertumbuhan populasi global (Grealis et al., 2017). Namun demikian, meningkatnya tingkat polusi laut yang disebabkan oleh logam berat dan mikroplastik, serta meningkatnya biaya energi yang terkait dengan pengoperasian kapal, telah meningkatkan kecenderungan terhadap perluasan budidaya perikanan.

Dalam pernyataannya baru-baru ini, Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) melaporkan bahwa lebih dari 30% populasi ikan yang diproduksi menghadapi tantangan terkait dengan mahalnya pakan dan asal usul yang tidak berkelanjutan (FAO, 2018).

Berdasarkan fakta tersebut, diperlukan inovasi dalam pembuatan pakan budidaya perikanan yang berkualitas dan ramah lingkungan (Idenyi et al., 2022). Pasokan omega-3 merupakan bahan baku penting bagi industri perikanan guna menjaga kualitas produk. Ikan, seperti halnya manusia, membutuhkan asam lemak omega-3 untuk tumbuh dan hidup dengan baik. Semakin banyak ikan omega-3 yang dimakan, semakin banyak omega-3 yang tersedia untuk dikonsumsi manusia. Oleh karena itu, teknologi inovatif untuk memproduksi asam lemak omega-3 dari sumber alami yang lebih melimpah dan mudah diakses harus dikembangkan. Salah satu sumber alternatif yang penting adalah mikroalga yang berasal dari hutan daun bakau (Nobrega et al., 2019).

Eksplorasi alternatif sumber omega-3 terbaru yang berasal selain dari ikan didasari kekhawatiran semakin tingginya pencemaran air laut (Ji et al., 2015). Beberapa kajian menunjukkan bahwa tingkat pencemaran mikroplastik dan logam berat sudah pada tahap mengkhawatirkan (Hixson & Arts, 2016). Berdasar hal tersebut, kajian tentang potensi bahan baku omega-3 selain ikan semakin meningkat. Salah satu sumber omega-3 yang banyak mendapat perhatian peneliti adalah berasal dari mikroalga *Aurantiochytrium* (Honda, D.; Yokochi, T.; Nakahara, T.; Erata, M.; Higashihara, 1998).

Spesies mikroalga *Aurantiochytrium* umumnya diisolasi dari perairan laut, terutama di hutan bakau (Honda et al., 1998). Mikroalga *Aurantiochytrium* kemudian dikenal sebagai penghasil lipid tinggi dimana sebagian besar lipid mengandung omega-3 asam dokosaheksanoat (docosahexanoic acid (DHA)) (Gao et al., 2013a).

Meski Indonesia negara dengan

hutan bakau terluas di Indonesia, sayangnya tidak banyak kajian pendahuluan tentang strain mikroalga *Aurantiochytrium* lokal Indonesia (Suhendra et al., 2019) . Berdasar hal tersebut, tim yang diprakasai di prodi teknik kimia Universitas Ahmad Dahlan dan Biologi Universitas Prof. Dr. HAMKA melakukan kajian pendahuluan (Hutari et al., 2022; Suhendra et al., 2023). Beberapa media pembelajaran ditampilkan untuk memberikan inspirasi kepada mahasiswa (Suhendra, 2020; Suhendra, Chuzaimah, et al., 2022; Suhendra & Andri Hutari, 2023; Suhendra, Chuzaimah, Andri Hutari, 2022).

Berdasar hal tersebut, tulisan ini menampilkan kajian awal isolasi mikroalga *Aurantiochytrium* dan potensinya di bidang budidaya perikanan. Kajian ini untuk melengkapi kajian sebelumnya terkait potensi besar mikroalga *Aurantiochytrium* di bidang industry strategis nasional (Suhendra, 2022; Suhendra et al., 2021; Suhendra, Septianingsih, et al., 2022). Ide kajian ini terinspirasi oleh rekam jejak penelitian internasional yang telah melakukan hilirisasi hingga produksi skala pabrik untuk tujuan pakan ikan salmon (Evonik, 2018, 2019) . Oleh karenanya, semoga kajian ini mendapat perhatian untuk potensi penguatan industri perikanan Indonesia masa depan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Isolasi Mikroalga *Aurantiochytrium* Proses isolasi mikroalga

Aurantiochytrium dilakukan dengan menggunakan teknik direct plating seperti yang dilakukan sebelumnya oleh Hoonda dkk. (1998) (Honda, D.; Yokochi, T.; Nakahara, T.; Erata, M.; Higashihara, 1998) . Modifikasi teknik ini dilakukan untuk penyesuaian dengan ketersediaan bahan dan alat (Hutari et al., 2022; Suhendra et al., 2023). Prinsipnya, metode ini dimulai dengan mengambil sampel daun bakau dari perairan hutan bakau, lalu dipotiing seluas 1 cm², kemudian ditanam pada medium agar dan diinkubasi pada suhu ruangan selama 1-2 hari ditempat yang gelap. Koloni mikroba yang berkembang pada potongan daun tersebut dicek dengan menggunakan mikroskop

untuk mengindikasi isolat tersebut mengandung mikroalga *Aurantiochytrium* yang diinginkan atau tidak. Setelah terindikasi mikroalga jenis *Aurantiochytrium*, *streaking* isolat tersebut pada medium agar untuk mendapatkan *single colony*.

2.2 Kultivasi Mikroalga *Aurantiochytrium*

Tahapan kultivasi media *standing culture* (SC), Pre-culture (PC), dan *Main Culture* (MC). Media cair disini dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *Standing Culture* (SC), *Media Pre-culture* (PC) dan *Main Culture* (MC). Pada dasarnya pada proses pembuatannya dari alat dan bahan relatif sama yaitu *yeast extract*, glukosa dan *reef salt* akan tetapi pada media MC terdapat bahan yang berbeda yaitu menggunakan sumber karbon fruktosa dan sumber nitrogen MSG. Pada pembuatannya bahan yang ada di masukan ke dalam setiap erlenmeyer yang akan digunakan untuk perbandingan air yang digunakan *yeast*, glukosa dan *reef salt* yaitu 2:2:1. Setelah air dan setiap bahan dilarutkan di dalam erlenmeyer maka dilakukan pemanasan menggunakan *autoclave* dengan suhu 120 C dan lama waktu 15 menit ketika suhu sudah konstan di 120 C.

Tahap kultivasi dipaparkan sebelumnya di paper sebelumnya pembibitan awal adalah memasukan sampel mikroalga murni dari media padat kedalam media cair *standing culture* (SC). Pada pemindahan ini dilakukan dengan mengambil 1 cuplikan mikroalga yang sudah tumbuh pada media agar yang sudah diamati dengan mikroskop adalah mikroalga yang sudah murni. Pada tahapan inokulasi selanjutnya SC dimasukkan kedalam media cair PC sebanyak 10% dari media SC yang sudah di buat sesuai dengan kapasitas yang sudah di perhitungkan. Pada inokulasi pre-culture (PC) ke *main culture* (MC) yaitu dengan cara memasukan setiap PC yang ada ke dalam setiap media MC yang sudah dibuat. Fermentasi ini dilakukan di atas *shaker* selama 48 jam dengan kecepatan 220rpm. Dengan tujuan agar mikroalga dapat tumbuh dan berkembang baik seperti pola hidup sebelumnya di perairan. Pada tahapan pemanenan ini dapat dihitung 4

hari setelah PC dimasukkan kedalam MC. Sebelum pemanenan dapat dilakukan pengecekan beberapa karakteristik dari mikroalga dengan menggunakan mikroskop. Setelah dilakukan pengecekan dapat dilakukan pemanenan dengan menggunakan centrifuge. Hasil yang di dapat berupa padatan biomassa dan cairan yaitu supernatan.

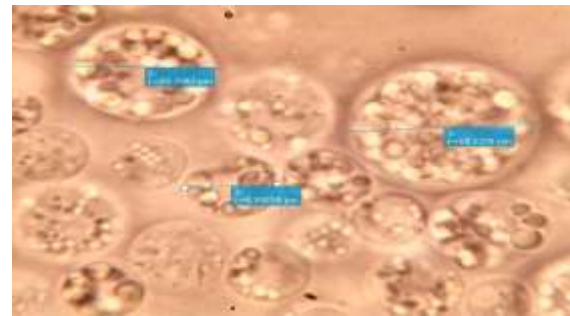
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sel mikroalga Aurantiochytrium

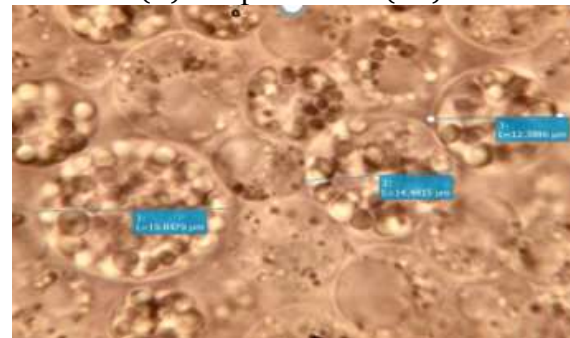
Gambar 1 menunjukkan bentuk khas sel mikroalga Aurantiochytrium yang bulat atau oval. Secara keseluruhan, morfologi sel mereka cenderung sederhana. Sel-sel tersebut bersifat uniseluler, artinya setiap sel berdiri sendiri dan tidak membentuk koloni. Ukuran sel Aurantiochytrium bervariasi, baik pada tahap SC, PC maupun MC. Sebagian besar sel memiliki diameter berkisar antara sekitar 9 mikrometer hingga 20 mikrometer. Dinding sel Aurantiochytrium pada gambar menampilkan lapisan tipis dan fleksibel yang melindungi sitoplasma sel. Setiap sel Aurantiochytrium memiliki satu inti sel. Beberapa sel menunjukkan adanya pembelahan sel atau membentuk struktur khusus yang menunjukkan adanya reproduksi, seperti zoospora atau hifa. Gambar 2 menunjukkan karakter khas biomassa mikroalga Aurantiochytrium. Biomassa Aurantiochytrium umumnya memiliki warna kuning cerah seperti pada gambar 2 tersebut. Aroma biomassa berbau amis seperti kajs aroma ikan. Bentuk biomassa suspensi sel kecil. Keasaman biomassa pada skala 6,7. Biomassa basah yang dihasilkan pada skala laboratorium ini 11,22 gram/ liter.



(A). Sel standing culture (SC)



(B). Sel pre-culture(PC)



(C). Sel main culture MC)

Gambar 1. Mikrograf sel mikroalga Aurantiochytrium



Gambar 2. Karakter biomassa mikroalga Aurantiochytrium

PEMBAHASAN

Tulisan ini telah menunjukkan bagaimana metode menghasilkan isolate sel, produksi skala laboratorium, mikrograf sel hingga karakter umum biomassa mikroalga Aurantiochytrium. Seperti pada gambar 1, sel berbentuk bulat atau oval uniseluler dimana inti sel ini mengandung materi genetik dalam bentuk DNA dan mengatur aktivitas sel. Bentuk sel

Aurantiochytrium dapat beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, termasuk suhu dan salinitas yang bervariasi. Kemampuan adaptasi ini membuat mereka dapat hidup di lingkungan laut yang berubah-ubah (Hong et al., 2011).

Mikroalga Aurantiochytrium dikenal karena kemampuan mereka menghasilkan lipid dan minyak yang kaya akan asam lemak omega-3. Struktur lipida ini sering disimpan dalam vesikel lipid di dalam sel. Beberapa spesies Aurantiochytrium memiliki potensi untuk aplikasi bioteknologi, terutama dalam produksi lipid yang dapat digunakan untuk keperluan industri akuakultur dan pangan (Nobrega et al., 2019).

Aroma mikroalga Aurantiochytrium dapat dipengaruhi oleh komposisi kimia sel mereka, termasuk senyawa-senyawa organik yang dihasilkan selama pertumbuhan. Produksi senyawa seperti asam lemak omega-3 dapat memberikan kontribusi pada aroma dan bau keseluruhan (Singh et al., n.d.).

Aroma dan bau mikroalga Thraustochytrids dapat mengalami perubahan selama siklus pertumbuhan, terutama selama fase pertumbuhan aktif dan fase produksi metabolit tertentu.

Aurantiochytrium menghasilkan asam lemak omega-3, terutama DHA (asam dokosaheksaenoat) dan EPA (asam eikosapentaenoat) (Gao et al., 2013b). Asam lemak ini penting untuk pertumbuhan dan kesehatan ikan, serta dapat meningkatkan kualitas daging ikan (Lenihan-geels et al., 2013).

Berdasar karakteristik sel mikroalga Aurantiochytrium yang didapat pada penelitian ini, maka metoda skala laboratorium menghasilkan biomassa mikroalga Aurantiochytrium dapat dilanjutkan untuk kajiannya untuk skala ekonomis. Kedepannya, potensi biomassa mikroalga Aurantiochytrium dapat diintegrasikan ke dalam pakan ikan sebagai sumber nutrisi alami, seperti kajian sebelumnya yang digunakan untuk pakan ikan salmon (Carter et al., 2003). Keberadaan asam lemak omega-3 dapat meningkatkan profil nutrisi pakan, yang pada gilirannya dapat memberikan

manfaat kesehatan bagi ikan (Jung & Lovitt, 2010),

Konsumsi pakan yang mengandung mikroalga Aurantiochytrium dapat meningkatkan kandungan asam lemak omega-3 dalam daging ikan, yang dapat membuat daging ikan lebih bernilai gizi dan sehat bagi konsumen (Muller-Feuga et al., 2007). Selain itu, asam lemak omega-3 dalam Aurantiochytrium juga dapat meningkatkan ketahanan ikan terhadap stres lingkungan, seperti perubahan suhu atau kualitas air yang buruk (Shah & Mraz, 2020).

Di masa depan, produksi mikroalga Aurantiochytrium dapat dilakukan dengan cara yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Keunggulan menggunakan mikroalga Aurantiochytrium adalah lebih sedikit air dan lahan dibandingkan dengan sumber pakan ikan konvensional, seperti ikan teri atau ikan lain yang digunakan dalam pakan (Taberna, 2008). Asam lemak omega-3 yang dihasilkan oleh Aurantiochytrium dapat dijadikan sebagai pengganti minyak ikan dalam pakan. Ini dapat membantu mengurangi tekanan pada populasi ikan tangkapan liar yang digunakan untuk memproduksi minyak ikan (Harel et al., 2002).

Oleh karenanya, penggunaan mikroalga Aurantiochytrium dapat membuka peluang untuk inovasi dalam produk pakan ikan dan mungkin menciptakan pangan fungsional yang memberikan nilai tambah dalam hal kesehatan. Integrasi mikroalga Aurantiochytrium dalam industri ikan tidak hanya memberikan manfaat nutrisi yang tinggi tetapi juga mendukung keberlanjutan dan mengurangi tekanan pada sumber daya alam. Seiring dengan perkembangan teknologi kultivasi dan pemrosesan, pemanfaatan mikroalga ini dapat semakin meningkat dalam mendukung keberlanjutan industri akuakultur.

4. KESIMPULAN

Tulisan ini menampilkan potensi mikroalga Aurantiochytrium untuk industri perikanan. Dengan potensinya dalam menghasilkan asam lemak omega-3 yang vital untuk pertumbuhan dan

kesehatan ikan, mikroalga Aurantiochytrium menjanjikan kontribusi signifikan dalam industri perikanan. Kemampuannya sebagai sumber nutrisi alami dalam pakan ikan memberikan manfaat ganda, meningkatkan kualitas daging ikan dan memperkuat ketahanan terhadap stres lingkungan. Dengan mengintegrasikan Aurantiochytrium ke dalam produksi pakan, kita dapat meminimalkan tekanan terhadap sumber daya laut dan menciptakan produk pakan yang lebih berkelanjutan. Selain itu, potensi penggantian minyak ikan konvensional dengan asam lemak omega-3 yang dihasilkan oleh mikroalga ini memberikan langkah penting menuju ketahanan sumber daya laut yang lebih baik. Inovasi ini bukan hanya mendukung pertumbuhan industri perikanan secara berkelanjutan tetapi juga membuka pintu menuju pengembangan produk pangan fungsional yang memberikan nilai tambah bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu, investasi dalam penelitian dan pengembangan mikroalga Aurantiochytrium untuk aplikasi industri perikanan muncul sebagai langkah strategis dalam mendukung keberlanjutan dan kesehatan ekosistem akuakultur.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini sebagian dibiayai dari dana proyek Kedaireka Matching Fund dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Ditjen Diktiristek), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Mitra dalam proyek ini adalah PT. Pertamina Research and Technology Innovation (RTI). Oleh karenanya, kami mengucapkan banyak terimakasih kepada Ditjen Diktiristek dan PT. Pertamina RTI yang telah memberikan bantuan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Carter, C. G., Bransden, M. P., Lewis, T., & Nichols, P. D. (2003). Potential of hraustochytrids to Partially Replace Fish Oil n Atlantic Salmon Feeds. 480–492. <https://doi.org/10.1007/s10126-002-0096-8>

- Evonik. (2018). DSM and Evonik stablish Veramaris joint venture. <https://corporate.evonik.com/en/media/pressreleases/nutrition-and-are/pages/article.aspx?articleId=100424>
- Evonik. (2019). Evonik and DSM joint venture Veramaris named world's best-selling algae-based omega-3 supplier to aquaculture. <https://corporate.evonik.com/en/pages/article.aspx?articleId=118968%0D>
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture. In FAO (Vol. 61, Issue 1). <https://doi.org/10.6024/jmbai.2019.61.1.2053-01>
- Gao, M., Song, X., Feng, Y., Li, W., & Cui, Q. (2013a). Isolation and characterization of Aurantiochytrium species: High docosahexaenoic acid (DHA) production by the newly isolated microalga, Aurantiochytrium sp. SD116. *Journal of Oleo Science*, 62(3), 143–151. <https://doi.org/10.5650/jos.62.143>
- Gao, M., Song, X., Feng, Y., Li, W., & Cui, Q. (2013b). Isolation and characterization of Aurantiochytrium species: high docosahexaenoic acid (DHA) production by the newly isolated microalga, Aurantiochytrium sp. SD116. *Journal of Oleo Science*, 62(3), 143–151. <https://doi.org/10.5650/jos.62.143>
- Grealis, E., Hynes, S., Donoghue, C. O., Vega, A., & Osch, S. Van. (2017). The economic impact of aquaculture expansion : An input- output approach. *Marine Policy*, 81(March), 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.014>
- Harel, M., Koven, W., Lein, I., Bar, Y., Behrens, P., Stubblefield, J., Zohar, Y., & Place, A. R. (2002). Advanced DHA , EPA and ArA enrichment materials for marine aquaculture using single cell heterotrophs. 213, 347–362.
- Hixson, S. M., & Arts, M. T. (2016). Climate warming is predicted to reduce omega-3, long-chain, polyunsaturated fatty acid

- production in phytoplankton. *Global Change Biology*, 22(8), 2744–2755. <https://doi.org/10.1111/gcb.13295>
- Honda, D.; Yokochi, T.; Nakahara, T.; Erata, M.; Higashihara, T. (1998). *Schizochytrium limacinum* sp. nov., a new thraustochytrid from a mangrove area in the west Pacific Ocean. *Mycol. Res.* 1998, 102, 439–448., 102, 439–448.
- Honda, D., Yokochi, T., Nakahara, T., Erata, M., & Higashihara, T. (1998). *Schizochytrium limacinum* sp. nov., a new thraustochytrid from a mangrove area in the west Pacific Ocean. *Mycological Research*, 02(4), 439–448. <https://doi.org/10.1017/S0953756297005170>
- Hong, D. D., Anh, H. T. L., & Thu, N. T. (2011). Study on biological characteristics of heterotrophic marine microalga- *Schizochytrium mangrovei* p6 isolated from Huc Island, Kien Giang province, Vietnam. *Journal of Phycology*, 47(4), 944–954. <https://doi.org/10.1111/j.1529-817.2011.01012.x>
- Hutari, A., An Nisaa, R., Suhendra, S., Gustin, Y., & Ayunda, K. A. (2022). Exploration Of High Economic Value Microalgae In The Mangrove Area Of Pari Island, Seribu Islands, Jakarta. *JURNAL EMBELAJARAN DAN BIOLOGI NUKLEUS*, (3), 662–672. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3096>
- Ji, X., Ren, L., & Huang, H. (2015). mega-3 biotechnology : a green and sustainable process for omega-3. 3(October), 389–3390. <https://doi.org/10.3390/nu5041301>
- Jung, I. S., & Lovitt, R. W. (2010). Aquacultural Engineering Integrated production of long chain polyunsaturated fatty acids (PUFA) - rich *Schizochytrium* biomass using a nutrient supplemented marine aquaculture wastewater. *Aquacultural engineering*, 43(2), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.05.00>
- Lenihan-Gels, G., Bishop, K. S., & Ferguson, L. R. (2013). Alternative Sources of mega-3 Fats: Can We Find a Sustainable substitute for Fish? 1301–1315. <https://doi.org/10.3390/nu5041301>
- MarketsandMarkets. (2023). Quaculture ProductsMarket. https://www.marketsandmarkets.com/Market-reports/aquaculture-product-market-224024.html?gclid=CjwKCAjwxOymBhAFEiwnodBLPTkUfUk1vlnm8_GfPnA5dF1tKvTOMu7VtX5BRRY1uPsPpM6GbIlhoC9B4QAvD_B E
- Muller-Feuga, A., Robert, R., Cahu, C., Robin, J., & Divanach, P. (2007). Uses of microalgae in Aquaculture. *Live Feeds in Marine Aquaculture*, Rosenberry 1998, 253–99. <https://doi.org/10.1002/9780470995143.ch7>
- Nobrega, R. O., Batista, R. O., Corrêa, C.
- Mattioni, B., Filer, K., Pettigrew, J. E., & Fracalossi, D. M. (2019). Dietary supplementation of *Aurantiochytrium* sp. meal, a docosahexaenoic-acid source, promotes growth of Nile tilapia at a suboptimal low temperature. *Aquaculture*, 507(May), 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.030>
- Shah, B. R., & Mraz, J. (2020). Advances in nanotechnology for sustainable aquaculture and fisheries. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 925–942. <https://doi.org/10.1111/raq.12356>
- Singh, A., Wilson, S., & Ward, O. P. (n.d.). Docosahexaenoic *Thraustochytrium* acid (DHA) production. 1.
- Suhendra, S., Sulistiawati, E., Evtasari, T., Ariandi, T. R., Septianingsih, L., & Hutari, (2023). Bioprocess potentials of *Aurantiochytrium* microalgae from Kulonprogo mangrove forest Yogyakarta, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2667. <https://doi.org/10.1063/5.0112298>
- Taberna, E. G. (2008). Heterotrophic cultivation of microalgae as a source of docosahexaenoic acid for aquaculture.
- Taoka, Y. (2017). Aquaculture and fisheries

2017. *J Fisheries Livest Prod* 2017, 5:2
Suhendra, & Andri Hutari. (2023, April 21).
Biodiscovery Mikroalga Bunaken.
<https://www.youtube.com/watch?v=TKJsvTtWneA>.
- Suhendra, Chuzaimah, Andri Hutari, A. G. E. S. (2022). Isolasi Mikroalga Aurantiochytrium Dari Hutan Bakau Hingga Isolat Murni : In HKI, Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia, HKI Nr.: ECo0202208612, 5 Februari 2022 :
- Suhendra, Chuzaimah, Hutari, A., & Saputro, A. G. E. (2022). Isolasi Mikroalga dari Hutan Bakau.
- Suhendra, E., S., H., Z., & A, H. (2019). Kajian Singkat Rancang Bangun Pabrik Docohexanoic Acid dari Mikroalga Species Aurantiochytrium dari Hutan Bakau Indonesia. *Konversi*, 8(1), 33–44.
- Suhendra, S. (2022). Bioprocess of of Astaxanthin Production as Functional Food from Aurantiochytrium Microalgae: A Review. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 8(2), 123. <https://doi.org/10.26555/chemica.v8i2.21954>
- Suhendra, S., Pantooyo, T., Fazlia, S., Sulistiawati, E., & Evitasari, R. T. (2021). Bioprocess Potentials of Squalene from Thraustochytrids Microalgae for Nutraceuticals in New Normal Era Isolated from Indonesian Mangroves: A Review. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 18. <https://doi.org/10.26555/chemica.v8i1.19121>
- Suhendra, S., Septianingsih, L., Rizka
- Suppl), 5(2), 4172.