

Analisis Kualitatif Squalene dari Mikroalga Hutan Bakau Lausiana, Kupang, Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis

Suhendra^{1,*}, Andri Hutari², Revi Maqfiro¹, Farida Penulis¹, Martomo Setiawan¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Kampus 4 UAD, Ringroad Selatan, Tamanan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55191.

²Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Prof. Dr. HAMKA, Jl. Tanah Merdeka No.20, Rambutan, Kec. Ciracas, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13830/

*Corresponding author: Suhendra@che.uad.aci.id

ABSTRAK

Squalene adalah komponen yang banyak digunakan pada industri nutrisi, kosmetika maupun farmasi. Di industri farmasi, squalene dipakai untuk bahan baku adjuvant vaksin. Umumnya squalene diproduksi dari hati ikan hiu. Salah satu alternatif bahan baku produksi squalene ramah lingkungan berasal dari fermentasi sel mikroalga *Aurantiochytrium*. Metode analisis squalene pada biomassa hasil produksi mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia belum pernah dipublikasikan sebelumnya. Karenanya, tulisan ini berfokus pada metode analisis kualitatif squalene yang dikandung pada ekstrak biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia. Isolat murni mikroalga diisolasi dari hutan bakau Lausiana, Kupang, Nusa Tenggara Timur. Teknik fermentasi terdiri dari standing culture (SC), pre-culture (PC) dan main culture (MC) menggunakan media 20% dari volume Erlenmeyer menggunakan orbital shaker 200 rpm. Nutrisi yang digunakan glukosa anhydrous dan ekstrak kamir (*yeast*) dengan perbandingan 3:1. Biomassa padat yang dihasilkan dikeringkan pada suhu 40°C, lalu diekstraksi menggunakan n-heksana dan etil asetat dengan perbandingan massa biomassa dengan solven 1:20. Analisis kualitatif menggunakan lempengan kromatografi lapis tipis (KLT) dengan larutan pembercak (H₂SO₄ 10%). Ekstrak biomassa yang dianalisis menggunakan KLT menunjukkan adanya potensi squalene pada biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia. Hasil ini diharapkan dapat menjadi landasan penelitian berikutnya untuk mengikuti dinamika kebutuhan produk berbasis squalene yang selalu meningkat.

Kata kunci: *Aurantiochytrium*, kromatografi lapis tipis, mikroalga, squalene.

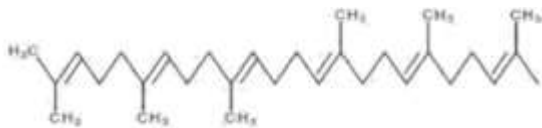
ABSTRACT

Squalene is a multifunctional component utilized in nutrition, cosmetics, and pharmaceuticals industries. The pandemic has led to an increase in the demand for squalene due to the rising need for healthcare products. In addition, squalene is required in the pharmaceutical industry as a vaccine adjuvant. Common raw material of squalene production is derived from shark liver. One of the environmentally friendly alternatives for the production of squalene raw material is derived from the fermentation of microbe, specifically from *Aurantiochytrium* microalgae. The analysis of squalene in the biomass produced by the local Indonesian strain of *Aurantiochytrium* microalgae has not been previously presented in any national or international journals. Hence, this paper focuses on the qualitative analysis method of squalene contained in the biomass of *Aurantiochytrium* microalgae. Pure isolate of *Aurantiochytrium* microalgae in this research was isolated from the mangrove forest of Lausiana, Kupang, East Nusa Tenggara. The fermentation technique comprises three stages, namely standing culture (SC), pre-culture (PC), and main culture (MC), utilizing a media volume of 20% in an Erlenmeyer flask with an orbital shaker set at 200 rpm. The nutrition utilized consists of glucose anhydrous and yeast extract, with a ratio of 3:1. Reef salt was added to osmoregulatory purpose. The generated biomass are dried at a temperature of 40°C, followed by extraction using n-hexane and ethyl acetate with a biomass to solvent mass ratio of 1:20. Qualitative analysis is conducted using thin layer chromatography (TLC) plates with a spotting solvent (10% H₂SO₄). The plat of thin-layer chromatography (TLC) revealed the presence of potential squalene in the microalgal biomass of the local Indonesian strain of *Aurantiochytrium*. It is expected that these findings can serve as a foundation for further research in keeping up with the evolving dynamics of the increasing demand for squalene-based products.

Keywords: *Aurantiochytrium*, microalgae, squalene, thin layer cultivation.

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian mengenai industri squalene telah menjadi pusat perhatian karena sifatnya yang unik dan potensial aplikasinya dalam berbagai produk seperti nutrasetikal, kosmetika dan farmasi (Amarowicz, 2009; Kumar et al., 2023). Ilustrasi rumus molekul squalene ditampilkan pada gambar 1. Penggunaan squalene sebagai pangan fungsional juga banyak dikaji karena sifat antioksidan squalene yang sangat baik untuk kesehatan tubuh (Bhilwade et al., 2010). Pada masa pandemi, senyawa squalene meningkat kebutuhannya karena digunakan sebagai bahan baku adjuvant vaksin (Beyer et al., 2019; Shi et al., 2019).



Gambar 1. Struktur senyawa squalene.

Sumber utama squalene umumnya dari hati ikan hiu. Peningkatan kebutuhan squalene telah memicu kontroversi akibat kekhawatiran kelestarian lingkungan, utamanya kekhawatiran akan punahnya beberapa spesies ikan hiu langka (Emma Bowman, 2020; Katherine J. Wu, 2020; Melissa Cristina Marquez, 2020). Industri squalene juga menjadi relevan dalam konteks pelestarian lingkungan, karena mempertimbangkan alternatif sumber squalene yang dapat dihasilkan dengan lebih efisien, termasuk melalui proses fermentasi mikroba laut. Pemahaman mendalam tentang industri squalene memainkan peran penting dalam menjembatani kebutuhan manusia dengan tanggung jawab terhadap ekosistem.

Oleh karenanya, pemilihan teknologi proses industri squalene menjadi relevan dalam konteks pelestarian lingkungan, karena mempertimbangkan alternatif sumber bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang banyak diusulkan sebagai pengganti ikan hiu melalui proses fermentasi mikroba (Xu et al., 2016).

Salah satu mikroba yang memiliki kemampuan memproduksi squalene adalah mikroalga *Aurantiochytrium* (Kaya

et al., 2017). Teknik memperoleh mikroalga *Aurantiochytrium* awal mulai diperkenalkan dengan cara isolasi dari sampel daun bakau yang telah jatuh air laut (Honda, D. et al., 1998). Pada perkembangannya, multiproduk yang mampu dihasilkan dari fermentasi mikroalga *Aurantiochytrium* semakin berkembang pesat. Publikasi dan video pembelajaran menggunakan strain lokal Indonesia juga telah dipublikasikan sebelumnya (Hutari et al., 2022; Suhendra, 2020; Suhendra & Andri Hutari, 2023; Suhendra, Chuzaimah, Andri Hutari, 2022; Suhendra, Martomo Setiawan, Endah Sulistiawati, 2022; Suhendra et al., 2021, 2023).

Salah satu hal penting dalam pemanfaatan squalene dari mikroalga *Aurantiochytrium* adalah pengembangan teknik analisis squalene dari biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia. Sayangnya, penelitian terkait analisis squalene dari mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia belum ada pada publikasi nasional maupun internasional.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengeksplorasi potensi squalene pada mikroalga *Aurantiochytrium* strain lokal Indonesia. Pada tulisan ini secara khusus dipresentasikan metoda analisis squalene secara kualitatif pada biomassa mikroalga *Aurantiochytrium*. Dengan publikasi ini diharapkan dapat melandasi kajian akademis berikutnya dalam rangka mengikuti dinamika industri squalene, mulai dari produksi, karakterisasi, hingga aplikasi potensialnya.

Dengan menggali potensi industri squalene, penelitian ini diharapkan akan memberikan wawasan yang berharga bagi perusahaan, peneliti, dan pemangku kepentingan lainnya dalam memandu pengembangan produk baru, meningkatkan efisiensi produksi, dan mengurangi dampak lingkungan dari industri ini. Melalui pandangan yang komprehensif ini, kita dapat memperkuat fondasi industri squalene untuk memberikan manfaat jangka panjang, baik dari segi ekonomi maupun keberlanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Isolat mikroalga *Aurantiochytrium* dari hutan bakau Louisiana, Kupang, Nusa Tenggara Timur dilakukan oleh tim laboratorium bioproses teknik kimia, Universitas Ahmad Dahlan. Metoda sampling dan isolasi telah dipaparkan sebelumnya untuk isolat dari hutan bakau Yogyakarta (Suhendra et al., 2023).

Teknik fermentasi terdiri dari tiga tahap, masing-masing standing culture (SC), pre-culture (PC) dan main culture (MC). Kultivasi menggunakan media 20% dari volume Erlenmeyer di atas shaker orbital berkecepatan 200 rpm. Setiap tahap fermentasi dicek mikroskop yang ada. Nutrisi yang digunakan untuk Fermentasi adalah glukosa anhydrous sebagai sumber karbon dan ekstrak kamir (yeast) sebagai sumber nitrogen dengan perbandingan 3:1.

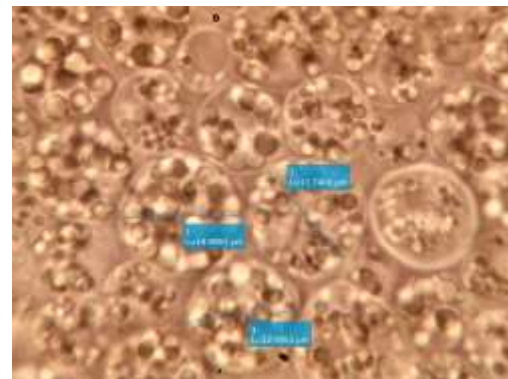
Biomassa yang dihasilkan dipisahkan antara fasa cair dan biomassa padat menggunakan sentrifugal. Selanjutnya, biomassa padat yang dihasilkan dikeringkan pada suhu 40 °C. Selanjutnya, biomassa kering yang dihasilkan diekstraksi menggunakan solvent n-heksana dan etil asetat dengan perbandingan massa biomassa dengan solven 1:20. Rasion kedua solven adalah 1:1.

Selanjutnya, analisis kualitatif menggunakan lempengan kromatografi lapis tipis (KLT) dari Merck®. Sebelumnya, standar squalene dari EBM Saintifik Bandung dicairkan dengan kloroform dengan perbandingan 1:20. Fasa gerak adalah normal heksana sementara larutan pembercak adalah asam sulfat. Plat KLT dipotong dengan ukuran 1,5 cm x 5 cm, beri garis 0,25 cm dari batas atas dan 0,74 cm dari batas bawah, kemudian pada garis batas bawah beri 2 titik dengan jarak 0,5 cm untuk titik penotolan dan beri kode, setelah itu masukan eluen n-Heksan 5 ml pada chamber. Penotolan 1x untuk standar squalene dan 3x untuk sampel, Masukan plat pada chamber lakukan eluensi sampai batas atas. Semprot dengan larutan pembercak (H_2SO_4 10%), Panaskan diatas hotplate dengan suhu 130°C, amati plat apabila terdapat bercak pada sampel ini berarti terdeteksi adanya squalene.

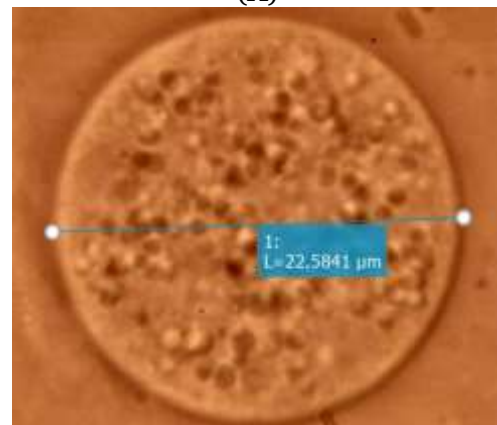
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Gambar 2 menampilkan isolat mikroalga yang digunakan, sementara gambar 3 menunjukkan tampilan biomassa yang dihasilkan. Dari gambar 2A nampak morfologi beberapa sel mikroalga *Aurantiochytrium* yang berbeda ukuran. Sementara gambar 2 mewakili gambar sel mikroalga *Aurantiochytrium* sebagai mikroorganisme uniseluler yang bentuk selnya bulat atau ovoid dengan satu flagelum yang mengelilingi sel. Dari gambar 2 nampak bahwa ukuran sel *Aurantiochytrium* bervariasi, dari sekitar 12 mikrometer hingga sekitar 23 mikrometer.



(A)



(B)

Gambar 2. Mikrograf sel mikroalga *Aurantiochytrium* setelah kultivasi.

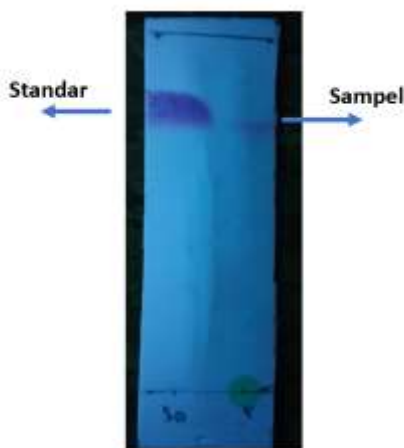
Biomassa yang dihasilkan seperti pada gambar 3 memiliki kekhasan warna kuning. Biomassa basah setelah sentrifugasi yang dihasilkan sebanyak 15,46 gram/ liter. Produk fermentasi yang dihasilkan memiliki kekhasan aroma amis

seperti aroma ikan dengan warna kuning cerah.

Hasil analisis KLT menunjukkan pemisahan senyawa yang baik. Gambar Pada plat KLT, titik-titik yang muncul sesuai dengan senyawa target, dan intensitasnya memberikan gambaran kualitatif dan kuantitatif mengenai keberadaan senyawa tersebut dalam sampel. Proses identifikasi senyawa dapat dikonfirmasi oleh perbandingan dengan standar atau metode analisis verifikasi lainnya.



Gambar 3. Biomassa hasil kultivasi sel mikroalga *Aurantiochytrium*.



Gambar 4. Hasil analisis KLT untuk pengujian potensi squalene pada ekstrak biomassa mikroalga *Aurantiochytrium*

3.2. Pembahasan

Penelitian ini telah berhasil memproduksi biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* skala laboratorium. Mikrograf yang ditampilkan dari hasil

kultivasi menunjukkan bahwa proses Fermentasi dengan nutrisi glukosa dan ekstrak kamir menghasilkan biomassa yang baik. Tampak mikrograf yang dihasilkan memiliki koloni homogen yang berarti kultur tidak terkontaminasi.

Bentuk sel mikroalga *Aurantiochytrium* pada penelitian ini berbentuk bulat. Namun demikian, pada umumnya sel mikroalga *Aurantiochytrium* dapat berbeda-beda antar spesies atau strain (Honda, D. et al., 1998). Variasi perbedaan diameter ini tergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhan. Secara umum, mereka dapat berbentuk bulat, oval, atau bahkan menyerupai bentuk lain yang lebih kompleks. Penting untuk dicatat bahwa karakteristik sel *Aurantiochytrium* dapat bervariasi antar spesies dan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di mana mikroalga ini tumbuh.

Seperti kebanyakan mikroalga, *Aurantiochytrium* memiliki struktur sel dasar yang terdiri dari inti sel (nukleus), kloroplas (mesosom), mitokondria, dan vakuola (Hong et al., 2013). Meskipun beberapa mikroalga termasuk dalam kelompok fotoautotrof dan memiliki kloroplas, *Aurantiochytrium* umumnya diklasifikasikan sebagai mikroalga heterotrof dan tidak memiliki kloroplas.

Seperti dinoflagellata pada umumnya, *Aurantiochytrium* memiliki dinding sel yang disebut pelikel. Pelikel terdiri dari lapisan yang memberikan ketahanan perlindungan pada bagian dalam sel. Meskipun banyak dinoflagellata termasuk di dalamnya memiliki kloroplas, *Aurantiochytrium* cenderung kurang berpigmen dan umumnya tidak memiliki kloroplas yang terlihat. Ini menunjukkan bahwa *Aurantiochytrium* lebih mengandalkan heterotrofik, yaitu mengonsumsi material organik sebagai sumber nutrisi (Kaya et al., 2011; *Optimisation of Media Composition for the Fermentation of Lipids by Aurantiochytrium Limacinum SR21*, 2014).

Salah satu karakteristik penting *Aurantiochytrium* adalah akumulasi lipid di dalam selnya (Kaya et al., 2011). Vakuola lipid atau vesikel lipid besar mengandung asam lemak rantai panjang dan squalene,

yang menjadikannya spesies yang menarik untuk potensi aplikasi industri, terutama dalam produksi senyawa-senyawa bernilai tambah seperti asam lemak, karotenoid dan terpenen.

Hasil uji kualitatif megguakan plat KLT menunjukkan tedensi adanya squalene pada ekstrak biomassa mikroalga *Aurantiochytrium*. KLT adalah metode pemisahan dan analisis senyawa kimia yang digunakan untuk memisahkan campuran senyawa menjadi komponen-komponennya. Metode analisis pada penelitian ini melibatkan pergerakan fasa gerak n-heksana melalui suatu fase diam lapisan tipis plat KLT.

Bercak squalene dari standar dan dari ekstrak biomassa terindikasi muncul pada plat KLT. Penampakan squalene pada ekstrak biomassa mikroalga *Aurantiochytrium* difahami karena squalene adalah senyawa hidrokarbon tak jenuh yang umumnya ditemukan dalam minyak alami, seperti juga ditemukan pada minyak hati hiu dan minyak zaitun. Analisis potensi keberadaan squalene menggunakan KLT yang dibangun pada penelitian ini telah dilakukan dengan hasil baik.

Pada dasarnya, penggunaan mikroalga *Aurantiochytrium* dalam produksi squalene menawarkan solusi berkelanjutan dibandingkan dengan praktek konvensional yang menggunakan hati ikan hiu. Mikroalga *Aurantiochytrium* telah menonjol sebagai produsen alami squalene yang efisien. Strain tertentu dari mikroalga *Aurantiochytrium* menunjukkan kemampuan menghasilkan tingkat akumulasi squalene yang tinggi, menjadikannya pilihan menarik untuk produksi industri (Kaya et al., 2011; Zhang et al., 2019).

Aurantiochytrium mengikuti jalur biosintesis yang kompleks untuk menghasilkan squalene. Berbagai enzim dan jalur metabolisme terlibat dalam pembentukan squalene, dan penelitian terus dilakukan untuk memahami dan meningkatkan proses produksi (Spanova & Daum, 2011) squalene. Berbagai enzim dan jalur metabolisme terlibat dalam pembent(Spanova & Daum, 2011). Penggunaan mikroalga *Aurantiochytrium*

dalam produksi squalene memiliki keuntungan lingkungan yang signifikan. Tidak seperti penangkapan hiu yang dapat merugikan ekosistem laut, produksi dari mikroalga ini dapat dilakukan dalam kondisi laboratorium atau fasilitas produksi terkontrol, mengurangi tekanan terhadap sumber daya laut.

Meskipun banyak potensi keuntungan, produksi squalene dari *Aurantiochytrium* juga menghadapi tantangan seperti efisiensi biaya dan perluasan skala produksi. Namun, dengan terus berkembangnya teknologi bioteknologi, peluang untuk mengatasi hambatan ini semakin meningkat. Karenanya, upaya optimasi bahan baku dari berbagai sumber karbon maupun nitrogen digali agar meminimalkan biaya operasi dari bahan baku yang digunakan.

Potensi penggunaan mikroalga *Aurantiochytrium* sangat menarik karena menjadi alternatif pengganti bahan baku ikan hiu. Dengan meminimalkan dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi produksi, dan mendukung ketahanan pangan, penggunaan mikroalga ini mencerminkan arah baru proses industri squalene yang lebih ramah lingkungan.

Dengan terus berinovasi dan menggabungkan prinsip-prinsip keberlanjutan, produksi squalene dari mikroalga *Aurantiochytrium* dapat menjadi kontributor utama untuk industri yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Squalene yang dihasilkan dari mikroalga memiliki potensi untuk digunakan dalamDalam beberapa dekade terakhir, penelitian mengenai industri squalene telah menjadi pusat perh. Ini menciptakan peluang untuk menggantikan sumber squalene konvensional dengan sumber yang lebih berkelanjutan.

Dengan hasil ini, di masa depan mikroalga *Aurantiochytrium* dapat kita gunakan untuk eksplorasi potensi mikroorganisme ini dalam memberikan solusi yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan inovatif bagi kebutuhan industri yang terus berkembang.

4. KESIMPULAN

Squalene adalah komponen penting yang menarik bagi industri pangan, kosmetika dan farmasi. Penelitian ini mengkaji analisis squalene dari mikroalga *Aurantiochytrium* dari hutan bakau Louisiana, Kupang, NTT. Tulisan ini mempresentasikan produksi biomassa mikroalga skala laboratorium dan dilanjutkan analisis kualitatif ekstrak biomassannya menggunakan teknik Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Hasil analisis pada pat KLT menunjukkan adanya potensi kandungan squalene pada ekstrak biomassa mikroalga yang dihasilkan. Hasil ini semoga menjadi dasar eksplorasi lebih lanjut pengembangan teknologi bioproses produksi squalene di Indonesia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini adalah bagian dari proyek Kedaireka, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia, tahun 2023 dengan mitra dari PT. Pertamina Research and Technology Innovation (RTI). Karenanya, kami mengucapkan terimakasih kepada Dirjen Dikti dan PT. Pertamina RTI atas kepercayaannya untuk bekerja sama dan memberikan hibah dana proyek ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Beyer, W. E. P., Palache, A. M., Reperant, L. A., Boulfich, M., & Osterhaus, A. D. M. E. (2019). Association between vaccine adjuvant effect and pre-seasonal immunity . Systematic review and meta-analysis of randomised immunogenicity trials comparing squalene-adjuvanted and aqueous inactivated influenza vaccines. *Vaccine*, xxx, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.12.037>
- Bhilwade, H. N., Tatewaki, N., Nishida, H., & Konishi, T. (2010). Squalene as Novel Food Factor. 875–880.
- Emma Bowman. (2020). A Coronavirus Vaccine Could Kill Half A Million Sharks, Conservationists Warn. <https://www.npr.org/sections/coronavirus-live-updates/2020/10/10/922398246/a>
- coronavirus-vaccine-could-kill-half-a-million-sharks-conservationists-warn
- Hutari, A., An Nisaa, R., Suhendra, S., Agustin, Y., & Ayunda, K. A. (2022). Exploration Of High Economic Value Microalgae In The Mangrove Area Of Pari Island, Seribu Islands, Jakarta. *JURNAL PEMBELAJARAN DAN BIOLOGI NUKLEUS*, 8(3), 662–672. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i3.3096>
- Katherine J. Wu. (2020, December 14). Coronavirus Vaccine Makers Are Not Mass-Slaughtering Sharks Are Shark Allies' numbers realistic? The New York Times, 13–15. <https://nyti.ms/34ScT6F>
- Kaya, K., Nakazawa, A., Matsuura, H., Honda, D., Inouye, I., & Watanabe, M. M. (2011). *Thraustochytrid Aurantiochytrium sp. 18W-13a Accumulates High Amounts of Squalene*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 75(11), 2246–2248. <https://doi.org/10.1271/bbb.110430>
- Melissa Cristina Marquez. (2020, October 12). Are Sharks Being Killed For Coronavirus Vaccines? Forbes, 10–14.
- Optimisation of Media Composition for the Fermentation of Lipids by *Aurantiochytrium limacinum* SR21 (Issue October). (2014).
- Shi, S., Zhu, H., Xia, X., Liang, Z., Ma, X., & Sun, B. (2019). Vaccine adjuvants : Understanding the structure and mechanism of adjuvanticity. *Vaccine*, 37(24), 3167–3178. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2019.04.055>
- Spanova, M., & Daum, G. (2011). Squalene - biochemistry, molecular biology, process biotechnology, and applications. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(11), 1299–1320. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100203>
- Suhendra. (2020). Isolation of Marine Microalgae.

- <https://www.youtube.com/watch?v=91cvOZ1A4I8>
- 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, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, HKI Nr.: ECo0202208612, 5 Februari 2022 :
- Suhendra, Martomo Setiawan, Endah Sulistiawati, S. W. N. (2022). Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Bahan Alam.
<https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- 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., Sulistiawati, E., Evitasari, R. T., Ariandi, T. R., Septianingsih, L., & Hutari, A. (2023). Bioprocess potentials of Aurantiochytrium microalgae from Kulonprogo mangrove forest Yogyakarta, Indonesia. AIP Conference Proceedings, 2667.
<https://doi.org/10.1063/5.0112298>
- Xu, W., Ma, X., & Wang, Y. (2016). Production of squalene by microbes: an update. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 32(12).
<https://doi.org/10.1007/s11274-016-2155-8>