

**PISANG RAJA OVERRIPE SEBAGAI SUMBER KARBON PADA PERTUMBUHAN MIKROALGA
Thraustochytrids PENGHASIL DHA**

Diza Lailuna Ardini*), Sri Winarti, Ulya Sarofa
Teknologi Pangan UPN "Veteran" Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya No. 1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, 60294
*)Penulis korespondensi: dizaardini@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi signifikan dalam produksi mikroalga, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Terdapat banyak penelitian terbaru yang menyatakan bahwa banyak jenis mikroalga yang mampu menghasilkan metabolit berupa asam lemak omega-3 DHA dan EPA dengan konsentrasi tinggi, yang juga dapat menurunkan biaya produksinya. *Thraustochytrids* merupakan mikroalga penghasil lipid yang tumbuh di habitat laut dan bakau. Dalam pertumbuhannya, *Thraustochytrids* bersifat heterotrof dimana sumber karbon yang digunakan adalah glukosa. Pisang raja dapat menjadi sumber karbon yang menjanjikan bagi pertumbuhan *Thraustochytrids* terkait dengan kandungan glukosanya yang mencapai 17,12% ketika dalam keadaan *overripe* (limbah). Pada penelitian ini dilakukan studi terkait produksi biomassa kering mikroalga *Thraustochytrids* yang diisolasi dari daun mangrove (*Rhizophora apiculata*). Lama waktu fermentasi 5 dan 7 hari, dan konsentrasi sari pisang raja *overripe* pada 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% diperoleh berat biomassa kering yang berbeda. Berat kering 3,9 g/L pada konsentrasi sari pisang 50% di hari ke-7 fermentasi serupa dengan glukosa murni (0% sari pisang) yaitu sebesar 3,95 g/L di hari yang sama. Biomassa kering yang dihasilkan ke depannya dapat diekstrak lebih lanjut untuk menghasilkan asam lemak tak jenuh seperti DHA dan EPA.

Kata Kunci: Mikroalga, *Thraustochytrids*, Mangrove, Sari Pisang Overripe, DHA

ABSTRACT

Indonesia is a country that has significant potential in microalgae production, but its utilization is still very limited. There are many recent studies which state that many types of microalgae are capable of producing high concentrations of metabolites in the form of omega-3 fatty acids DHA and EPA, which can also reduce production costs. Thraustochytrids are lipid-producing microalgae that grow in marine and mangrove habitats. In its growth, Thraustochytrids are heterotrophs where the carbon source used is glucose. Banana plantains can be a promising carbon source for the growth of Thraustochytrids due to their glucose content which reaches 17.12% when overripe (waste). This research was conducted in relation to the study of dry biomass production of Thraustochytrids microalgae isolated from mangrove leaves (Rhizophora apiculata). The fermentation time was 5 and 7 days, and the concentration of overripe banana plantain juice at 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% obtained different weight of dry biomass. The dry weight of 3.9 g/L at 50% concentration of banana juice on day 7 had a similar reaction with pure glucose (0% banana juice) which was 3.95 g/L on the same day. The dry

biomass generated in front of it can be further extracted to produce unsaturated fatty acids such as DHA and EPA.

Keywords: *Microalgae, Thraustochytrids, Mangroves, Overripe Banana Extract, DHA*

PENDAHULUAN

Asam lemak omega 3 adalah asam lemak tidak jenuh ganda yang mempunyai ikatan rangkap banyak, ikatan rangkap pertama terletak pada atom karbon ketiga dari gugus metil omega, ikatan rangkap berikutnya terletak pada nomor atom karbon ketiga dari ikatan rangkap sebelumnya. Asam dokosaheksaenoat (DHA) merupakan golongan senyawa asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated Fatty Acid/PUFA*) yang memiliki beragam manfaat dalam bidang pangan dan kesehatan. Asam lemak ini tergolong ke dalam kelompok omega-3 rantai panjang (LC-PUFA) yang baik bagi kesehatan terutama bagi kerja otak manusia. Selain itu kelompok asam lemak ini juga mampu menurunkan risiko penyakit jantung, stroke, merawat fungsi ginjal, dan baik bagi pertumbuhan anak (Ryckebosch, 2012). DHA banyak dimanfaatkan dalam bentuk suplemen atau sebagai fortifikan pada makanan. Oleh karena itu, DHA juga memiliki nilai yang tinggi dalam aspek ekonomi.

Secara umum, DHA banyak diperoleh dari berbagai macam jenis ikan-ikanan yang diekstrak menjadi minyak ikan. Asam lemak omega-3 terutama EPA dan DHA banyak ditemukan pada ikan yang berlemak antara lain ikan herring, makerel, sardine dan salmon

(Gunstone 1996; Sijtsma, 2004). Namun pemanfaatan hasil perikanan ini mengundang penolakan secara global karena keterkaitannya dengan isu lingkungan tentang pemanenan ikan secara berlebihan yang dapat merusak ekosistem dan rantai makanan di laut. Menurut Crawford (2013), untuk memenuhi kebutuhan omega-3 yang salah satunya merupakan DHA, diperlukan sebanyak lebih dari 164 juta ton ikan/tahun. Hasil perikanan pada saat ini masih terdapat pada angka 120 juta ton ikan/tahun. Apabila pemenuhan kebutuhan DHA ini terus dilakukan dengan menggunakan ikan, maka dikhawatirkan akan terjadi perusakan rantai makanan lebih lanjut pada ekosistem laut.

Maka dari itu, telah banyak dilakukan studi untuk mencari alternatif sumber penghasil DHA selain ikan yaitu antara lain; minyak krill, minyak cumi, tanaman dengan rekayasa genetik, dan mikroalga. Pemanfaatan minyak krill dan cumi-cumi dipandang potensial namun masih berisiko untuk mengalami panen berlebih sehingga tidak jauh berbeda dengan minyak ikan, akan berdampak buruk terhadap ekosistem laut. Di sisi lain menurut Sayanova (2011), tanaman memerlukan rekayasa genetik agar dapat menghasilkan DHA dan juga membutuhkan lahan yang cukup luas untuk produksi DHA

skala besar. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber DHA yang paling potensial hingga saat ini adalah mikroalga. Dibandingkan dengan tumbuhan atau sumber DHA lainnya, mikroalga memiliki kandungan lipid yang relatif tinggi dan tidak membutuhkan banyak lahan untuk pertumbuhannya. Selain itu, mikroalga bisa dikultivasi baik secara fotoautotrof maupun heterotrof (Ryckebosch, 2012).

Potensi pengembangan mikroalga *Thraustochytrids* di Indonesia dapat dikategorikan tinggi. Hal ini dikarenakan kondisi geografis Indonesia yang menjadikan Indonesia sebagai negara maritim dimana hasil dari kelautannya sangat beragam, yang dalam kaitannya dengan penelitian ini yaitu berupa *mangrove* sebagai habitat mikroalga *Thraustochytrids* penghasil asam lemak tak jenuh. Ekosistem *mangrove* merupakan sumber daya alam yang memberikan banyak keuntungan bagi kehidupan manusia, yakni dikarenakan oleh produktivitasnya yang tinggi serta kemampuannya dalam memelihara alam. *Mangrove* sendiri memproduksi nutrisi yang dapat menyuburkan perairan laut, *mangrove* membantu dalam perputaran karbon, nitrogen dan sulfur serta perairan *mangrove* kaya akan nutrisi baik *nutrient organic* maupun anorganik (Bengen, 2001).

Mikroorganisme yang termasuk ke dalam kelas Labyrinthulomycetes dan famili

Thraustochytriaceae adalah mikroorganisme uniseluler yang terdapat dalam ekosistem laut. Mereka memiliki peran penting pada tahap awal makanan rantai mikroba, sebagai degradator organik (Raghukumar, 2002). Pada famili Thraustochytriaceae ditemukan kandungan lipid yang cukup tinggi sehingga hal ini menarik banyak minat penelitian terhadap mikroalga ini (Molina, 2017).

Pada mode fotoautotrof, mikroalga akan membentuk senyawa organik dari senyawa anorganik (CO₂) dengan bantuan cahaya. Namun mode kultivasi ini memiliki kelemahan yaitu sulit menghasilkan biomassa dengan konsentrasi tinggi karena masuknya cahaya berbanding terbalik dengan densitas sel yang menyebabkan rendahnya produktivitas biomassa dan lipid pada mikroalga (Chen and John, 1995). Berikutnya pada mode kultivasi heterotrof, mikroalga akan memanfaatkan molekul-molekul organik seperti glukosa dan asam organik sebagai sumber karbon. Kelebihan dari mode kultivasi ini adalah tidak memerlukan cahaya matahari, sehingga hal ini menyebabkan tingginya densitas sel yang merujuk kepada tingginya produktivitas biomassa dan lipid dari sel mikroalga (Li *et al.*, 2007). Namun pada mode kultivasi ini sumber karbon yang digunakan merupakan komponen termahal pada media fermentasi (Pleissner, 2013), sehingga masih belum banyak industri yang

memproduksi DHA dari mikroalga heterotrof dalam skala besar.

Mikroorganisme yang termasuk ke dalam kelas *Labyrinthulomycetes* dan famili *Thraustochytriaceae* adalah mikroorganisme uniseluler yang terdapat dalam ekosistem laut. Mereka memiliki peran penting pada tahap awal makanan rantai mikroba, sebagai degradator organik (Raghukumar, 2002). Pada famili *Thraustochytriaceae* ditemukan kandungan lipid yang cukup tinggi sehingga hal ini menarik banyak minat penelitian terhadap mikroalga ini (Molina, 2017).

Mikroalga dapat dibiakkan baik secara fotoautotrof atau heterotrof. Berdasarkan penelitian Ryckebosch *et al.* (2012), Pada metode budidaya heterotrofik, mikroalga mengambil molekul organik sebagai sumber nutrisi utama. Biasanya dilakukan dalam fermentor tertutup. Kedua sistem memiliki kelebihan dan kekurangan. Kultur fotoautotrofik bersifat lebih *sustainable*, karena adanya penggunaan CO₂ sebagai satu-satunya sumber karbon. Keuntungan utama dari budidaya heterotrofik adalah dapat menghasilkan sel dengan densitas yang lebih tinggi yang bisa diaplikasikan pada industri besar dengan menumbuhkan sel tunggal (misal; ragi, bakteri) dalam fermentor. Mikroalga yang telah terbukti dapat tumbuh heterotrof termasuk *Chlorella*, *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Tetraselmis*, Spesies *Schizochytrium* dan *Cryptothecodinium*. Mikroalga heterotrof

menghasilkan omega-3 LC-PUFA (EPA dan/atau DHA, tergantung pada spesies) terutama sebagai triasilgliserol dan fosfolipid.

Buah pisang dalam keadaan *overripe* atau lewat matang memiliki kadar gula yang tinggi yaitu total gula sebesar 26,7% (Marriott, 1981). Hal ini disebabkan adanya proses hidrolisis pati menjadi gula-gula yang lebih sederhana. Proses konversi pati menjadi gula disebabkan oleh adanya aktivitas enzim amilase pada proses pematangan. Aktivitas enzim amilase paling tinggi ditemukan pada fase *ripe* (Adewale, 2013). Mekanisme kerja enzim α -amilase terdiri dari dua tahap, yaitu: tahap pertama degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas buah dengan cepat. Tahap kedua terjadi pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim α -amilase pada molekul amilosa. Pada molekul amilopektin kerja α -amilase akan menghasilkan glukosa, maltosa dan satu seri α -limit dekstrin, serta oligosakarida yang terdiri dari empat atau lebih glukosa yang mengandung ikatan α -1,6-glikosidik (Winarno, 2010). Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan sari pisang raja *overripe* sebagai sumber karbon pada pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids* dalam produksi asam lemak tak jenuh.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari daun *mangrove* (*Rhizophora apiculata*) di kawasan Hutan *Mangrove* Wonorejo Surabaya dengan menggunakan media YPG (*Yeast, Peptone, and Glucose*) broth, ekstrak yeast, *pepton*, dan air laut steril dari Pantai Maneron Bangkalan. Sedangkan sari pisang raja *overripe* yang digunakan berasal dari petani di Kecamatan Mojo, Kediri (pisang dipanen dalam keadaan belum matang dan disimpan hingga mengalami fase lewat matang selama 14 hari).

Pembuatan sari pisang raja *overripe* sebagai sumber karbon menggunakan pisang raja yang berusia 14 hari setelah dipanen (dalam keadaan warna hijau) yang dikupas dan dihaluskan menggunakan *blender*. Selanjutnya masuk ke tahap pemerasan dan penyaringan dengan ayakan 60 mesh yang kemudian sari pisang disterilkan pada suhu 121°C selama 15 menit sebelum disimpan pada suhu -10°C sampai waktu penggunaan. Sari pisang raja *overripe* yang telah diperoleh kemudian dianalisa kandungan gulanya menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

Proses isolasi mikroalga *Thraustochytrids* dilakukan dengan menggunakan metode *direct planting*, yaitu dengan memperkecil ukuran sampel daun yang ditumbuhi mikroalga menjadi persegi dengan ukuran 1 cm x 1 cm, kemudian sampel

direndam dengan air laut steril selama 5 menit dan dibilas kembali dengan air laut steril. Setelah tidak berair, sampel daun kemudian diletakkan pada cawan petri berisi media padat By+ yang tersusun atas glukosa 0,5% (w/v), *yeast extract* 0,1% (w/v), *bactopeptone* 0,1% (w/v), agar 1% (w/v), air laut steril 50% (v/v), antibiotik penisilin G. 0,3 gr/l dan streptomisin 0,3 gr/l dalam akuades steril. Sampel diletakkan di tengah cawan petri dengan jumlah dua buah sampel pada tiap cawan. Sampel yang telah ditanam diinkubasi selama 2-3 hari disertai dengan pengamatan secara fisik dan mikroskopis pada tiap harinya. Pengamatan morfologi mikroalga yang tumbuh dilakukan menggunakan mikroskop cahaya. Isolat yang diperoleh kemudian disimpan isolat mikroalga heterotrof *Thraustochytrids* yang telah diisolasi pada media yang terdiri dari (per liter); 5 g glukosa, 1 g peptone, dan 1 g ekstrak yeast dalam 1 liter air laut steril.

Proses fermentasi dimulai dengan persiapan media dengan glukosa sebagai kontrol positif (konsentrasi final 48 gr/L) dan sari pisang *overripe* yang diencerkan dengan konsentrasi sari pisang lewat matang (v/v) yang terdiri dari (25%, 50%, 75%, dan 100% (sebagai kontrol negatif)). Mikroalga *Thraustochytrids* yang berusia 1-2 hari (Fathurohman, 2017) diinokulasikan pada media dengan volume inokulum sebesar 10% dari 100 ml media yang digunakan pada

Erlenmeyer 250 mL. Pengadukan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm (Julianti *et al.*, 2018) selama 5 dan 7 hari. Sampel dari setiap perlakuan kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 3 menit lalu endapan yang diperoleh dikeringkan di oven pengering dengan suhu 80°C selama 3 jam maka diperoleh biomassa kering yang kemudian ditimbang pada waktu yang berbeda (5 dan 7 hari) sebagai parameter pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids*. Percobaan serupa dilakukan dengan dua kali pengulangan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat (Liang *et al.*, 2010).

Adapun alat yang digunakan dalam proses pengujian kandungan gula pada sari pisang *overripe* menggunakan HPLC (Shimadzu). Proses fermentasi menggunakan Erlenmeyer, *shaker*, dan sentrifuge. Selanjutnya proses pengeringan biomassa menggunakan oven pengering.

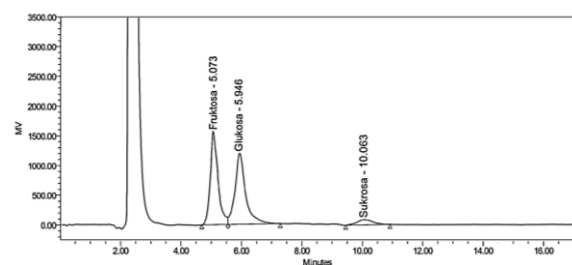
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sari Pisang Raja *Overripe*

Tahap pertama pada penelitian ini adalah mempersiapkan unsur gula yang akan dijadikan sebagai sumber karbon pada proses produksi DHA oleh mikroalga *Thraustochytrids* yakni dari sari pisang raja *overripe*. Pembuatan sari pisang *overripe* diawali dengan pematangan pisang raja yang telah dipanen dalam keadaan *all green* atau pada tingkat kematangan 1 yaitu hijau secara

keseluruhan dan dengan status “belum matang”, Pisang yang dipanen kemudian disimpan di ruang terbuka selama 14 hari untuk mencapai tingkat “lewat matang” atau “*overripe*”. Pisang yang telah lewat matang kemudian dicuci dan dipisahkan dari kulitnya. Buah yang diperoleh dihancurkan dan dihaluskan menggunakan blender yang kemudian disaring menggunakan kertas saring agar diperoleh sari pisang raja *overripe*.

Sari pisang *overripe* lalu diuji kandungan gulanya dengan menggunakan metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis gula yang terkandung pada sari pisang raja *overripe* beserta kuantifikasinya. Dari pengujian HPLC yang telah dilakukan, diketahui bahwa gula yang terkandung pada sari pisang raja *overripe* terdiri dari tiga jenis gula yaitu fruktosa, glukosa, dan sukrosa. Kromatogram hasil pengujian kandungan gula pada sari pisang raja *overripe* dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Kromatogram Kandungan Gula pada Sampel Sari Pisang Raja *Overripe*

Puncak dari fruktosa dan glukosa pada sampel ditemukan pada waktu retensi selama 5,073 menit dan 5,946 menit, sedangkan

sukrosa ditemukan pada waktu retensi 10,063 menit. Berdasarkan kromatogram yang diperoleh, diketahui bahwa nilai resolusi dari tiap jenis gula yaitu sebesar 1,53 untuk glukosa dan 5,26 untuk sukrosa. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan puncak pada setiap jenis gula telah memenuhi standar ($\geq 1,5$) sesuai dengan Anggraena (2018) yang

menyatakan bahwa nilai Resolusi harus mendekati atau lebih dari 1,5 karena akan memberikan pemisahan puncak yang baik (*base line resolution*). Selanjutnya, kandungan gula yang terdapat pada sampel sari pisang raja *overripe* beserta kadarnya ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Kadar Gula yang Terkandung pada Sampel Sari Pisang dan Larutan Standar

Sampel	Kadar (g/100 mL)			
	Fruktosa	Glukosa	Sukrosa	Total Gula
Sari Pisang Raja <i>Overripe</i>	17.68	17.12 ± 0.01	2.48	37.28 ± 0.26
Larutan Standar Gula	21.22 ± 0.2	22.04 ± 0.21	20.16 ± 0.11	63.42 ± 0.94

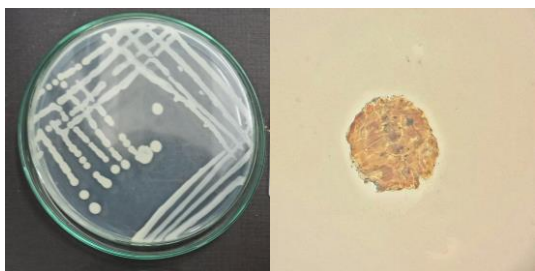
Pada penelitian ini, kandungan glukosa menjadi acuan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids*. Berdasarkan hasil analisa HPLC yang telah dilakukan, diketahui bahwa kandungan glukosa pada sampel pisang raja *overripe* yang digunakan mencapai sebesar 17.12 ± 0.01 (g/100 mL). Hal ini selaras dengan yang telah dipaparkan oleh Sylvia *et al.* (2015), bahwa pada akhir pemasakan buah hampir semua pati (yang semula berjumlah 20-30%) terhidrolisis menjadi gula sederhana hingga mencapai 90% dari total kandungan pati. Sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Paul & Halen (1981) terkait rasa manis pada buah yang telah masak ditentukan oleh adanya gula hasil degradasi pati menjadi gula yang lebih sederhana yaitu sukrosa, glukosa, dan fruktosa. Maka pada sampel sari pisang raja *overripe* yang digunakan mengandung

glukosa yang cukup tinggi dan dapat digunakan sebagai alternatif sumber karbon bagi pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids* penghasil DHA.

Kultivasi Mikroalga

Proses isolasi mikroalga *Thraustochytrids* dari daun mangrove (*Rhizophora apiculata*) yang berasal dari Hutan Mangrove Wonorejo dilakukan pada media padat *By+* (*Yeast extract, peptone, glucose*) dengan metode *direct planting*. Koloni mikroalga yang tumbuh kemudian dimurnikan dengan metode *streak plate* hingga didapat mikroalga yang murni jika diamati secara mikroskopik. Sampel dengan ciri-ciri yang paling mendekati bentuk morfologi dari mikroalga *Thraustochytrids* mengacu kepada Julianti *et al.* (2018) dan Jarithkuan & Suanjit (2018) sebagai perlakuan terbaik yang kemudian

difermentasikan dengan media YPG dengan sari pisang raja *overripe* sebagai sumber karbon.



Gambar 2. Mikroalga *Thraustochytrids* dari sampel daun *R. apiculata* coklat (400x)

Hasil pengamatan mikroskopis mikroalga yang telah diisolasi dari daun *mangrove* menunjukkan kesesuaian dengan jenis mikroalga *Thraustochytrids* yang telah ditemukan sebelumnya oleh Julianti *et al.* (2018). Sampel yang didapatkan setelah proses isolasi memenuhi ciri-ciri mikroalga *Thraustochytrids* yang berbentuk miselia bulat, dan tidak memiliki bagian-bagian yang jelas pada komponen selnya. Hal ini sesuai dengan Metzger dan Largeau (2004) yang menyatakan bahwa bentuk mikroalga berupa miselia mikroskopis (dengan diameter 1-10 μm), termasuk ke dalam kelas alga dan hidup sebagai koloni dan juga sel tunggal. Morfologi bentuk uniseluler dari mikroalga tidak memiliki pembagian fungsi organ yang jelas pada komponen selnya. Berdasarkan kemiripan ciri-ciri morfologi isolat mikroalga yang diperoleh dengan isolat milik Julianti *et al.*, (2018), dapat diketahui bahwa isolat mikroalga yang telah didapatkan merupakan *Thraustochytrium* sp., mikroalga

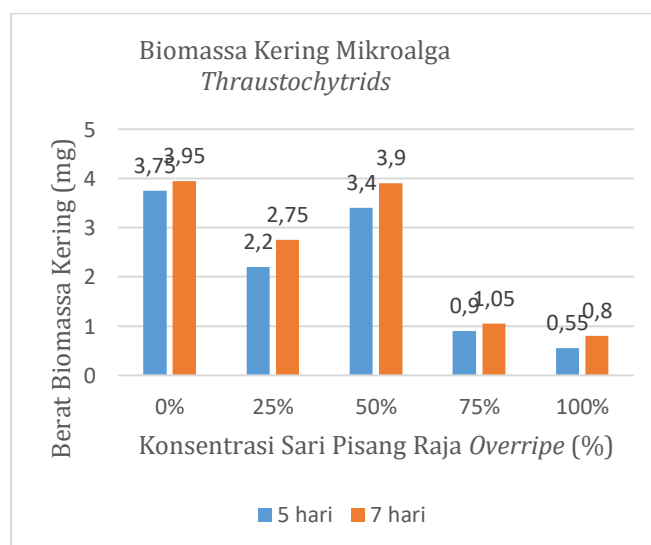
Thraustochytrids heterotrof penghasil DHA.

Isolat mikroalga yang diperoleh kemudian dikultivasi ke dalam cawan petri yang berisi media YPG dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C.

Fermentasi Mikroalga *Thraustochytrids*

Isolat *Thraustochytrium* sp. dari sampel terbaik yang diperoleh dari hasil pengamatan mikroskopik kemudian difermentasikan dengan media YPG dan sari pisang raja *overripe* untuk menghasilkan lipid berjenis PUFA (*Polyunsaturated Fatty Acid*). Proses Fermentasi ini dilakukan dengan menggunakan dua faktor yaitu konsentrasi sari pisang yang digunakan sebagai sumber karbon (0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%) dan lama fermentasi (5 dan 7 hari) terhadap produksi biomassa yang dihasilkan. Adapun berat biomassa yang diperoleh tertera pada

Gambar 3.



Gambar 3. Biomassa Kering yang dihasilkan terhadap Lama Fermentasi dan Konsentrasi Sari Pisang Raja *Overripe*

Pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids* pada konsentrasi sari pisang *overripe* yang berbeda diamati dan dibandingkan dengan mikroalga yang menggunakan glukosa murni sebagai sumber karbon (konsentrasi sari pisang 0%). Seperti yang tercantum pada **Gambar 2**, hasil terbaik ditemukan pada konsentrasi sari pisang 50% dengan lama fermentasi 7 hari yang memiliki berat biomassa paling mendekati berat biomassa kontrol (glukosa murni). Sedangkan pada konsentrasi sari pisang *overripe* sebesar 75% dan 100% didapatkan biomassa yang sangat kecil atau hampir tidak ditemukan biomassa dari mikroalga *Thraustochytrids*. Penjelasan untuk hasil yang didapat adalah dengan beberapa kemungkinan berdasarkan Liang (2010): (1) penghambatan substrat di mana konsentrasi substrat yang rendah merangsang pertumbuhan sel sedangkan konsentrasi substrat yang tinggi memiliki efek penghambatan. Hal ini didukung oleh fakta bahwa pada lima hari pertama, kandungan sari pisang 25% menghasilkan peningkatan biomassa tercepat dibandingkan dengan tiga konsentrasi lainnya; dan (2) kandungan garam. *Thraustochytrids* adalah alga laut. Media yang kami gunakan untuk pertumbuhannya memiliki 18 g/L NaCl. Saat media ini digunakan untuk mengencerkan sari pisang untuk membentuk konsentrasi yang berbeda, konsentrasi NaCl untuk masing-masing konsentrasinya berbeda. Pada

konsentrasi sari pisang sebesar 100% secara otomatis tidak mengandung air laut sama sekali sehingga hal ini yang menjadi alasan terdapat perbedaan pertumbuhan mikroalga *Thraustochytrids* yang signifikan dibanding dengan konsentrasi lainnya.

KESIMPULAN

Pemanfaatan sari pisang raja *overripe* dinilai efektif untuk menjadi sumber karbon pada proses fermentasi mikroalga *Thraustochytrids* dengan hasil biomassa kering sebesar 3,9 g/L pada konsentrasi sari pisang sebesar 50% dengan lama fermentasi 7 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, I. O., Adefila, A., & Adeyemi, T. B. (2013). Changes in Amylase Activity, Soluble Sugars and Proteins of Unripe Banana and Plantain during Ripening. *Annual Review & Research in Biology* 3(4): 678-685
- Anggraena, F. W. (2018). Validasi Metode Analisa Penetapan Kadar Nystatin Dalam Tablet Nystatin Salut Gula 500.000 IU Secara HPLC (High Performance Liquid Chromatography). [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Bengen, D. G. (2001). Sinopsis Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pesisir. Institut Pertanian Bogor: Pusat kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan.
- Chen F, Johns M. R. (1995). A Strategy for High Cell Density Culture of Heterotrophic Microalgae with Inhibitory Substrates. *J Appl Phycol* 7:43-46

- Crawford, M. A., Leigh Broadhurst, C., Guest, M., Nagar, A., Wang, Y., Ghebremeskel, K., & Schmidt, W. F. (2013). A Quantum Theory for The Irreplaceable Role of Docosahexaenoic Acid In Neural Cell Signalling Throughout Evolution. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA), 88(1), 5–13. doi:10.1016/j.plefa.2012.08.005 10.1016/j.plefa.2012.08.005
- Julianti, E., Fathurohman, M., Damayanti, S. & Kartasusmita, R. E. (2018). Isolate of Heterothrophic Microalgae *Thraustochytrium aureum* as a Potential Source of Docosahexanoic Acid (DHA). *Mar. Res. Indonesia* Vol. 43, No. 2, 2018: 79-86
- Liang, Y., Sarkany, N., Cui, Y., Yesuf, J., Trushenski, J., & Blackburn, J. W. (2010). Use of sweet sorghum juice for lipid production by *Schizochytrium limacinum* SR21. *Bioresource Technology*, 101(10), 3623–3627. doi:10.1016/j.biortech.2009.12.087
- Li X. F., Xu H., Wu Q. Y. 2007. Large-scale Biodiesel Production from Microalga *Chlorella protothecoides* Through Heterotrophic Cultivation in Bioreactors. *Biotechnol Bioeng* 98:764–771
- Marriott, J., Robinson, M. & Karikari, S.K. (1981). Starch and SUGAR Transformation during the Ripening of Plantains and Bananas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (10), 1021-1026, 1981
- Metzger, P., & Largeau, C. (2004). *Botryococcus braunii*: A Rich Source for Hydrocarbons and Related Ether Lipids. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 66(5), 486–496. doi:10.1007/s00253-004-1779-z
- Molina, E. C. (2017). Isolation and Molecular Characterization of *Thraustochytrium* Strain Isolated from Antarctic Peninsula and its Biotechnological Potential in the Production of Fatty Acids. *Brazilian Journal of Microbiology* <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjm.2017.01.011>
- Paul, P.C. & H. P. Halen. (1981). Fruit Theory and Application, John Willey and Sons Inc. Co., New York.
- Pleissner, D., Lam, W. C., Sun, Z., & Lin, C. S. K. (2013). Food Waste as Nutrient Source in Heterotrophic Microalgae Cultivation. *Bioresource Technology*, 137, 139–146. doi:10.1016/j.biortech.2013.03.088
- Raghukumar, S. (2002). Ecology of The Marine Protists, the Labyrinthulomycetes (*Thraustochytrids* and *Labyrinthulids*). *European Journal of Protistology*, 38(2), 127–145. doi:10.1078/0932-4739-00832
- Ryckebosch, E., Bruneel, C., Muylaert, K., & Foubert, I. (2012). Microalgae as an Alternative Source of Omega-3 Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids. *Lipid Technology*, 24(6), 128–130. doi:10.1002/lite.201200197
- Sayanova, O., Ruiz-Lopez, N., Haslam, R. P., & Napier, J. A. (2011). The Role of $\Delta 6$ -Desaturase Acyl-Carrier Specificity in The Efficient Synthesis of Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids in Transgenic Plants. *Plant Biotechnology Journal*, 10(2), 195–206. doi:10.1111/j.1467-7652.2011.00653
- Sijtsma, L. (2004). Marine Micro---organisms as New Sources of n---3 Polyunstaurated Fatty Acids (PUFA). In: Functional Foods, Cardiovascular Disease and Diabetes. Edited by: A. Arnoldi. 2004. CRC Press. Boca Raton.
- Sylvia, N., Meriatna & Haslina. (2015). Kinetika Hidrolisa Kulit Pisang Kepok Menjadi Glukosa Menggunakan Katalis

Asam Klorida. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4: 2 (November 2015) 51-65
Winarno, F.G. (2010). *Enzim Pangan*. Bogor: M-Brio Press.