

Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Ikan Cakalang (*Katsuwonus* sp.) terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil-A pada *Chlorella* sp.

Puguh Sujarta^{1*}, Henderite L. Ohee², Muhammad Zainuri³, Imam Mishbach⁴, Euniche R.P.F Ramandey²

¹Program Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih
Jl. Kambolker Perumnas III, Yabansai, Heram, Jayapura 99224, Papua, Indonesia

³Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang Semarang Jawa Tengah 50275 Indonesia

⁴Departemen Ilmu Kelautan dan Perikanan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih
Jl. Kambolker Perumnas III, Yabansai, Heram, Jayapura 99224, Papua, Indonesia
Email: cakpuguh69@gmail.com

Abstrak

Pupuk pro analitik (PA) biasanya digunakan budidaya *Chlorella* sp., tetapi mahalnya harga pupuk PA sehingga diperlukan alternatif pupuk yang bisaenuhi kebutuhan nutrisi *Chlorella* sp. Inovasi pupuk alternatif ini memiliki prospek dalam mengganti pupuk PA yang mahal dipasaran dengan pemanfaatan limbah ikan yang diperoleh dari pasar hamadi, Jayapura. Pupuk yang digunakan merupakan pupuk organik yang diambil dari limbah ikan cakalang. Umumnya penjualan ikan dipasar bermacam-macam ikan, namun mayoritas ikan yang dijual di pasar hamadi adalah ikan cakalang. Tujuan dari riset ini merupakan menganalisis pengaruh pupuk organik cair dari limbah cakalang terhadap laju perkembangan, biomassa, serta klorofil a *Chlorella* sp. Tata cara yang digunakan dalam riset ini merupakan tata cara Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan memakai 2 perlakuan dengan masing masing 3 ulangan. Perlakuan yang diberikan pada riset ini merupakan pupuk organik cakalang dengan dosis 1 ml/ l serta kontrol (1 ml/ l Guillard). Parameter utama yang diamati merupakan pertumbuhan *Chlorella* sp., serta klorofil a. Bersumber pada hasil pertumbuhan dari aplikasi pupuk organik cair dari limbah ikan cakalang dengan pupuk kontrol (Guillard) diperoleh hasil tertinggi pada control dan pupuk ikan sebesar 12×10^8 dan 11.15×10^8 sel/mL. Sedangkan pada hasil klorofil diperoleh bahwa untuk control sebesar 1.85 mg/L serta hasil pupuk ikan 1.62 mg/L Hasil menunjukkan bahwa limbah pupuk ikan cakalang berpotensi dijadikan pupuk komersial guna meningkatkan pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

Kata kunci : Pupuk Organik Cair Limbah Ikan Cakalang, *Chlorella* sp., Klorofil

Abstract

Effect of Applying Liquid Organic Fertilizer for Skipjack Fish Waste (*Katsuwonus* sp) on the Growth and Content of Chlorophyll-A in *Chlorella* sp.

*Pro-Analytical (PA) fertilizer is commonly used in the cultivation of *Chlorella* sp., but the high cost of PA fertilizer requires an alternative fertilizer that can meet the nutritional needs of *Chlorella* sp.. This innovation of alternative fertilizer has prospects as a substitute for the expensive PA fertilizer in the market by utilizing fish waste obtained from the Hamadi market in Jayapura. The fertilizer used is an organic fertilizer made from skipjack tuna fish waste. Although various types of fish are sold at the market, the majority of fish sold at Hamadi market are skipjack tuna. The aim of this research is to analyze the effect of liquid organic fertilizer from skipjack tuna waste on the growth rate, biomass, and chlorophyll a of *Chlorella* sp.. The research method used is a Completely Randomized Design (CRD) with two treatments and three replications. The treatments applied in this study are liquid organic fertilizer from skipjack tuna*

with a dose of 1 ml/L and a control (1 ml/L Guillard). The main parameters observed are the growth of *Chlorella* sp. and chlorophyll a. Based on the growth results from the application of liquid organic fertilizer from skipjack tuna waste and the control (Guillard), the highest results were obtained for the control and fish fertilizer at 12×10^8 and 11.15×10^8 cells/mL, respectively. As for chlorophyll, the control yielded 1.85 mg/L and the fish fertilizer yielded 1.62 mg/L. The results show that skipjack tuna fish waste fertilizer has the potential to be developed as a commercial fertilizer to enhance the growth of *Chlorella* sp. microalgae.

Keywords: Skipjack Fish Liquid Organic Fertilizer, *Chlorella* sp., Chlorophyll

PENDAHULUAN

Pasar ikan ialah salah satu tempat yang berpotensi pencemaran (Rahman *et al.*, 2024). Pencemaran yang disebabkan oleh pasar salah satunya merupakan hasil pembuangan ikan- ikan yang sudah membusuk yang tidak terjual ataupun air cucian ikan yang bisa menimbulkan permasalahan pembusukan dilingkungan. Alasannya apabila air limbah ini dimanfaatkan lebih lanjut bisa membagikan sesuatu nilai murah (Fauzia & Siska, 2021). Tidak cuma itu, jeroan-jeroan yang tidak terpakai serta terbuang pula bisa dimanfaatkan. Pasar ikan hamadi ialah tempat yang berpotensi mempunyai khasiat dalam pengolahan limbahnya. Salah satu komoditas ikan yang sangat populer di pasar hamadi merupakan ikan cakalang (Vianka, 2021). Ikan cakalang ialah ikan dominan yang dijual di pasar hamadi. Sebagian besar penjual ikan di pasar hamadi menjual ikan cakalang. Ikan adalah salah satu hewan yang tinggi nilai gizinya (Sawasdee *et al.*, 2023). Jumlah tangkapan ikan di Pasar Ikan Hamadi dapat mempengaruhi volume limbah yang dihasilkan, termasuk ikan yang membusuk, air cucian ikan, jeroan, dan bagian tubuh ikan yang tidak dikonsumsi. Jika 100 kg ikan ditangkap dan sekitar 10% dari total beratnya menjadi limbah, maka sekitar 10 kg limbah dapat dihasilkan (Zheng *et al.*, 2023). Untuk mengetahui nilai dan potensi pemanfaatan limbah ini, penting untuk melakukan analisis proksimat yang mengukur kandungan nutrisi limbah seperti kadar air, protein, lemak, abu, dan karbohidrat (Hamed *et al.*, 2023).

Pembuangan limbah yang tidak terbatas memicu permasalahan yang krusial bagi lingkungan. Pasalnya limbah yang tidak diolah terlebih dulu menimbulkan degradasi (Harjanti & Anggraini, 2021). Dikala limbah pasar ikan ini masuk kedalam perairan hingga hal- hal semacam gabungan senyawa menciptakan bau gas yang tidak nikmat dan membagikan warna baru pada perairan (Akbar & Pratiwi, 2023). Limbah

perikanan yang belum dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk komersial. Tidak cuma pupuk diperuntukkan tumbuhan tetapi pupuk pertumbuhan mikroalga (Padmanabhan *et al.*, 2023). Mikroalga, seperti *Chlorella vulgaris* adalah organisme autotrofik yang berkembang melalui fotosintesis dan sering ditemukan pada limbah ikan. Mikroalga ini juga merupakan organisme autotrofik yang berkembang melalui fotosintesis (Saragih *et al.*, 2021). Mikroalga tumbuh hingga waktu 2 ataupun 3, 5 jam. Mikroalga tidak hanya diperuntukkan sebagai pakan alami larva ikan, namun pula sebagai santapan sekunder, semacam rotifera, copepoda, Artemia, serta Brachionus (Erlina *et al.*, 2004). Selain itu mengandung klorofil sehingga aktif dalam fotosintetik menghasilkan protein, karbohidrat, lemak, vit serta mineral untuk organisme akuatik. Salah satu mikroalga yang populer dan besar pemanfaatannya dalam dunia perikanan merupakan *Chlorella* sp (Nalhadi *et al.*, 2020).

Chlorella sp. adalah mikroalga hijau yang populer dalam industri perikanan karena kemampuannya untuk beradaptasi dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, termasuk perairan tercemar (Yu *et al.*, 2024). Mikroalga ini sering digunakan sebagai pakan alami, pakan ternak, dan suplemen makanan karena kandungan nutrisinya yang tinggi, seperti protein, karbohidrat, asam lemak tidak jenuh, vitamin, klorofil, enzim, dan serat (Harahap *et al.*, 2020). Tingkat regenerasi sel *Chlorella* sp. sangat tinggi, dengan kemampuan berkembang biak hingga 10.000 sel dalam waktu 2 jam (Araina *et al.*, 2020). Keberhasilan pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh faktor makro seperti nitrogen (N) dan fosfor (P), serta lingkungan yang kaya bahan organik seperti protein dan lemak (Preechaphonkul *et al.*, 2024). *Chlorella* sp. juga dikenal untuk kandungan klorofil yang tinggi, yang mendukung fotosintesis bahkan dengan pencahayaan yang rendah. Potensi

Chlorella sp. dalam pengolahan limbah ikan, yang kaya nutrisi, menjadikannya kandidat ideal untuk digunakan sebagai media tanam (Barari *et al.*, 2024).

Pupuk ialah aspek eksternal dari aspek yang penting yang wajib dicermati dalam pertumbuhan mikroalga. Faktor hara yang diperlukan oleh mikroalga terdiri dari faktor hara makro serta faktor hara mikro (Sari *et al.*, 2022). Makronutrien yang diperlukan meliputi C, H, N, P, K, S, dan Ca; dibutuhkan mikronutrien meliputi Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Bo (Putri *et al.*, 2024). Akumulasi nutrisi berkembang pada media kultur mikroalga diyakini selaku aspek yang sangat pengaruhi jumlah biomassa yang dihasilkan oleh kultur mikroalga (Ekawandani & Halimah, 2021). Unsur hara yang terdapat dalam pupuk dapat pula ditemukan dalam limbah. Limbah pada dasarnya merupakan bahan yang terbuang ataupun dikeluarkan dari sumber kegiatan manusia. Dalam proses pembersihan memerlukan bayaran yang lumayan besar (Elystia *et al.*, 2023). Tidak hanya itu bisa mencemari air disekitar tersebut (Li *et al.*, 2023). Limbah penangkapan ikan umumnya berbentuk sisa ikan yang tidak terpakai, tersebar serta residu olahan yang menciptakan cairan serta potongan produk semacam produk pencucian serta pengolahan (Ali *et al.*, 2020). Salah satu pemanfaatan tersebut merupakan penciptaan limbah pupuk cair organik Ikan cakalang (*Katsuwonus sp.*). Pupuk limbah cair Ikan Cakalang (*Katsuwonus sp.*) memiliki makromineral semacam nitrogen (N) 21 gram/ l, fosfor (P) 7, 3 gram/ l dan kalium (K) 13 gram/ l. Isi mikromineral dari pupuk ini merupakan kalsium (Ca), magnesium (Miligram), Besi (Fe), mangan (Mn), klorin (Cl). Dalam pupuk cair limbah ikan cakalang (*Katsuwonus sp.*) yang diperuntukkan untuk pakan diharapkan dapat meningkatkan perkembangan *Chlorella sp* sebagai pupuk pengganti komersial.

Penelitian bertujuan untuk mengkaji hubungan antara penggunaan pupuk organik cair dari limbah ikan dengan hasil pertumbuhan *Chlorella sp.* dan kandungan klorofil-a, sehingga memberikan wawasan tentang potensi aplikasi pupuk organik dalam budidaya mikroalga dan pengelolaan limbah. Mengingat potensi *Chlorella sp.* dalam industri pakan di masa depan dan manfaat limbah ikan sebagai sumber bahan organik.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

pada Universitas Cenderawasih Jayapura. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen laboratorium. Metode eksperimen adalah metode uji yang valid untuk variabel non eksperimen. Variabel kontrol ini diperlukan untuk menguji validitasnya dalam suatu penelitian. Studi eksperimen bertujuan untuk memverifikasi hipotesis yang sudah dirumuskan (Hosseini *et al.*, 2024). Rancangan penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua perlakuan, masing-masing diulang tiga kali. Perlakuan pertama adalah pemberian pupuk organik cair dari limbah ikan cakalang (*Katsuwonus sp.*), yang bertujuan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap pertumbuhan dan kandungan klorofil-a mikroalga *Chlorella sp.* Setiap kultur mikroalga menerima 1 ml/l dari pupuk ini. Perlakuan kedua adalah pupuk kontrol berupa larutan Guillard's, yang merupakan standar dalam budidaya mikroalga, juga diberikan dengan dosis 1 ml/l. Pupuk Guillard's digunakan sebagai pembanding untuk menilai efektivitas pupuk organik cair dari limbah ikan. Pemilihan kedua perlakuan ini memungkinkan peneliti untuk menguji potensi limbah ikan sebagai sumber nutrisi alternatif dan membandingkannya dengan pupuk standar dalam hal pertumbuhan mikroalga dan kandungan klorofil-a.

Pada penelitian ini, metode purposive sampling digunakan untuk pengambilan sampel air di tiga titik stasiun di Tepi Laut Base G Jayapura. Stasiun 1 berada 5 meter dari bibir pantai, Stasiun 2 berada 10 meter, dan Stasiun 3 berada 15 meter dari bibir pantai. Pengambilan sampel dilakukan dengan menebar jala plankton di permukaan air yang tenang, kemudian menggerakkannya secara mendatar dan menegak. Air laut kemudian diambil menggunakan water sampler. Parameter yang diukur langsung meliputi pH, temperatur, kecerahan, dan oksigen terlarut.

Hasil air dari ketiga stasiun dicampur dan disimpan dalam coolbox untuk menjaga kestabilan sampel hingga analisis lebih lanjut. Tujuan pengambilan sampel air ini adalah untuk menentukan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga seperti *Chlorella sp.* dan untuk mengidentifikasi potensi limbah atau sumber benih mikroalga. Jika air tersebut digunakan untuk keperluan perlakuan atau isolasi *Chlorella sp.*, penting untuk memastikan bahwa kondisi lingkungan seperti pH dan kandungan nutrisi sesuai untuk mendukung pertumbuhan mikroalga tersebut. Selain itu,

sampel air ini dapat membantu dalam menentukan apakah limbah yang ada di area tersebut bisa menjadi media yang baik untuk *Chlorella sp.* atau jika perlu dilakukan isolasi dan pemurnian untuk mendapatkan benih mikroalga yang murni dan berkualitas untuk eksperimen.

Isolasi mikroalga dilakukan dengan metode pengenceran bertingkat. Larutan BBM (Bold Basal Medium) dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 9 mL kemudian dimasukkan sampel air laut Base G Jayapura pada tabung pertama sebanyak 1 mL dan dilakukan pengadukan hingga homogen (Alhumaira *et al.*, 2022). Pengenceran dilakukan dengan cara mengambil 1mL larutan dari tabung pertama yang telah homogen dan dimasukkan ke dalam tabung kedua lalu seterusnya sampai tabung kelima (Andersen, 2005). Semua tabung reaksi tersebut disusun dalam rak tabung reaksi, lalu ditutup dengan menggunakan sumbat, diletakkan di bawah cahaya lampu serta diinkubasi selama 14 hari.

Metode Biakan Murni Multi Spesies (Spread Plate)

Metode biakan murni multi spesies digunakan dengan menggunakan media agar. Cawan petri yang telah berisi media agar diberi mikroalga dengan menggunakan pipet tetes

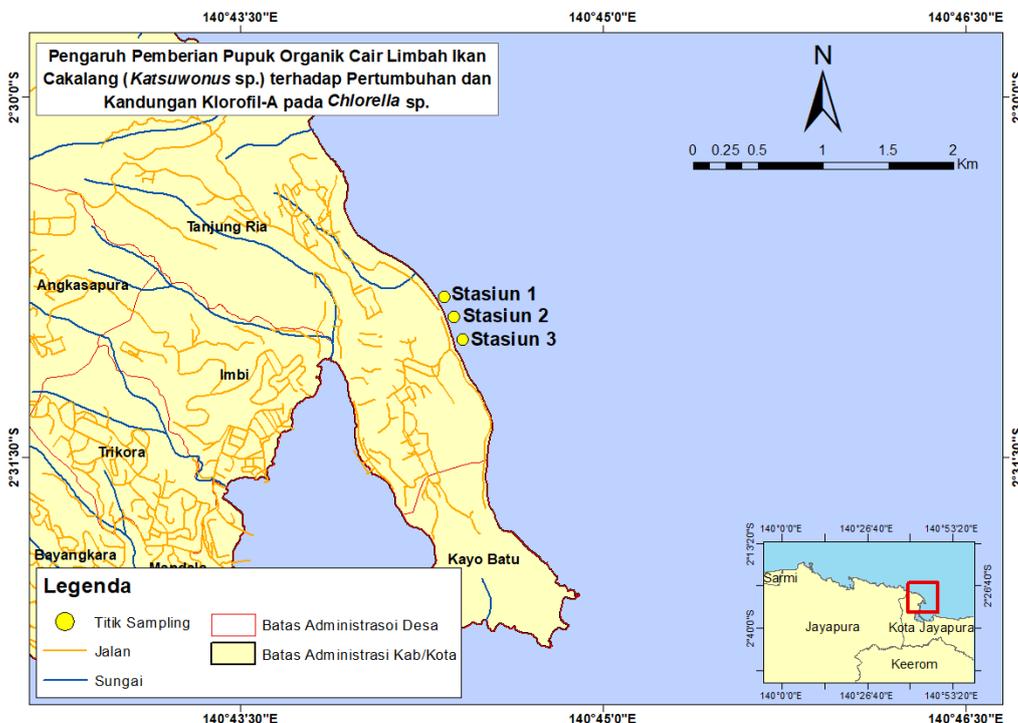
kemudian tutup cawan petri dan disill. Inkubasi 14 hari pada suhu kamar. Morfologi koloni mikroalga yang tumbuh diamati.

Metode Biakan Murni Mono Spesies (Streak Plate)

Setiap koloni mikroalga yang tumbuh pada biakan multi spesies diperiksa dengan menggunakan mikroskop. Jika spesies yang dikehendaki tumbuh banyak maka diambil dengan menggunakan jarum ose. Kemudian dilakukan isolasi ke dalam media nutrient agar di cawan petri yang baru. Tutup cawan petri dan di beri kode nama spesies masing-masing cawan petri menggunakan kertas label lalu disill. Inkubasi selama 14 hari pada suhu kamar. Pertumbuhan dan jenis mikroalga yang tumbuh dominan diamati dibawah mikroskop.

Metode Pemurnian Biakan Spesies

Koloni isolasi mikroalga yang telah diberi kode pada masing-masing cawan petri dengan ose diambil, lalu ditumbuhkan ke dalam media agar miring. Koloni dari satu cawan petri ditumbuhkan ke dalam dua agar miring, dimana satu tabung sebagai koloni stok dan satunya lagi sebagai koloni kerja. Inkubasi selama 14 hari pada suhu kamar.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Identifikasi Mikroalga

Mikroalga yang tumbuh dominan pada metode pemurnian agar miring diamati morfologinya dibawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 40 dan digunakan buku identifikasi mikroalga dari Iskandar (2017) dan Van Vuuren, Taylor, Gerber, & Van Ginkel (2016), sebagai panduan untuk mengidentifikasi dan mengetahui jenis mikroalga yang teradaptasi.

Pertumbuhan pada Erlenmeyer

Koloni murni dari agar miring kemudian ditumbuhkan dengan dicuplik menggunakan batang ose, lalu dimasukkan ke dalam larutan BBM 250 mL, lalu diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang. Hasil kultur pertumbuhan induk mikroalga digunakan sebagai bibit (starter) pada kultur tahap berikutnya, Jenis mikroalga yang tumbuh dominan diamati dibawah mikroskop.

Kultivasi *Chlorella* sp.

Tujuan dari kultivasi mikroalga *Chlorella* sp. adalah mendapatkan biomassa maksimal. Kultur mikroalga *Chlorella* sp. ini digunakan wadah kaca dengan ukuran volume 2,5 liter sebagai wadah kultur. Perbandingan antara bibit dan media kultur *Chlorella* sp. yaitu 1:4. Bibit *Chlorella* sp. dan media kultur dicampur kedalam wadah kemudian diberi aerasi untuk suplai oksigen mikroalga ini. Media kultur yang digunakan *Chlorella* sp. adalah air mineral murni yang sesuai dengan pertumbuhan mikroalga ini pada stok kultur murni. Pemberian pupuk kontrol dan pupuk organik cair masing masing sebanyak 1 ml/liter, digunakan 2,5ml pupuk walne untuk kultur mikroalga *Chlorella* sp. Selanjutnya diberikan aerasi agar pupuk kontrol dan perlakuan homogen bersama media kultur. Selain kondisi media, kondisi suhu ruangan penting untuk disesuaikan dengan suhu optimum mikroalga *Chlorella* sp. Suhu optimum mikroalga *Chlorella* sp. adalah 25-35 °C, suhu yang optimum dapat meningkatkan pertumbuhan mikroalga. Kultivasi mikroalga diperlukan penambahan cahaya pada setiap masing-masing wadah dengan perlakuan berbeda. Pengukuran kualitas air dilakukan setiap hari selama proses kultur hingga masa panen. Intensitas cahaya yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan pada lampu Philips 38 watt mempunyai besaran dalam kisaran 2000 - 4000 lux, hal tersebut dapat ditambahkan sehingga diperoleh cahaya sesuai penelitian. Pemasangan

lampu dilakukan samping wadah kaca. Mikroalga ditumbuhkan selama 8 hari.

Pemanenan *Chlorella* sp.

Pemanenan biomassa *Chlorella* sp. dilakukan pada fase stasioner. Ketika jumlah sel mikroalga *Chlorella* sp. mulai menurun maka sekitar perlakuan siap untuk dipanen. pemanenan mikroalga *Chlorella* sp. dengan cara mengendapkan mikroalga *Chlorella* sp. dengan aluminium sulfat murni sebanyak 0,2 gr/L (Hidayati *et al.*, 2015). Sampel mikroalga yang telah diberikan larutan aluminium sulfat kemudian dihomogenkan selama 30 menit dengan tanpa aerasi. Wadah kaca mikroalga *Chlorella* sp. ditutup dengan plastic wrap kemudian didiamkan selama 1 malam. Setelah *Chlorella* sp. mengendap. Sisa air laut yang bening yang terdapat di bagian permukaan mikroalga *Chlorella* sp. dibuang perlahan hingga tersisa cairan ekstrak saja. Sampel mikroalga diambil 5 ml dengan menggunakan pipet tetes kemudian dimasukkan ke vial. Setelah itu dilakukan sentrifugasi 3.000 rpm selama 5 menit (Kuntari *et al.*, 2017). Kemudian bagian supernatan dibuang dan bagian endapan yang terbentuk di bawah dikeluarkan. Biomassa basah mikroalga diletakkan dalam wadah terbuka dengan lapisan aluminium foil lalu disimpan di dalam kulkas hingga sampel mengering.

Ekstraksi *Chlorella* sp.

Metode ekstraksi dalam penelitian ini adalah maserasi. Hasil kering mikroalga sebanyak 1 gram kemudian dimaserasi dengan 225 ml pada suhu kamar selama 1 hari, lalu kemudian disaring. Sampel hasil maserasi disaring menggunakan kertas whatman no.42, filtrat yang lolos hasil penyaringan disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit untuk memisahkan residu (Sedjati dan Yudiati, 2012)

Analisa Klorofil – a

Kertas saring jenis Whatman Milippore Filter ukuran pori 0,42µm yang sudah digunakan buat menyaring ilustrasi, sehabis itu dimasukan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan aseton 90% sebanyak 15 ml buat ekstraksi isi klorofil- a. sehabis itu di centrifuge selama 30-45 menit pada kelajuan 4000 rpm untuk mengasingkan hasil pengestrakan komposisi klorofil-a berwarna jernih dan hijau daripada kertas turas yang juga telah terlarut dalam aseton. Selepas proses emparan, tuangkan ke wadah kuvet kaca untuk

membaca nilai serapan dengan panjang gelombang 665 nm, 645 nm, 630 nm memakai spektrofotometer UV-Vis (Riyono, 2006). Kandungan klorofil-a fitoplankton dikira menggunakan prosedur spektrofotometer

Chl- a= 11, 85 E665–1, 54 E645–0, 08630µg/ ml

Keterangan: Chl- a = Isi klorofil- a; E = Penyerapan pada Panjang gelombang yang bersangkutan

Buat menghitung kandungan klorofil pada ilustrasi air laut ke dalam satuanµg/ l, hingga hasil dari nilai diatas dikalikan dengan aspek (k) bersumber pada jumlah ilustrasi yang disaring.

Aspek K:

$$K = \frac{Va}{Vsxd}$$

Keterangan: Va= Volume ekstrak (ml); Vs = Volume air laut yang disaring (l) d = Lebar kuvet (cm)

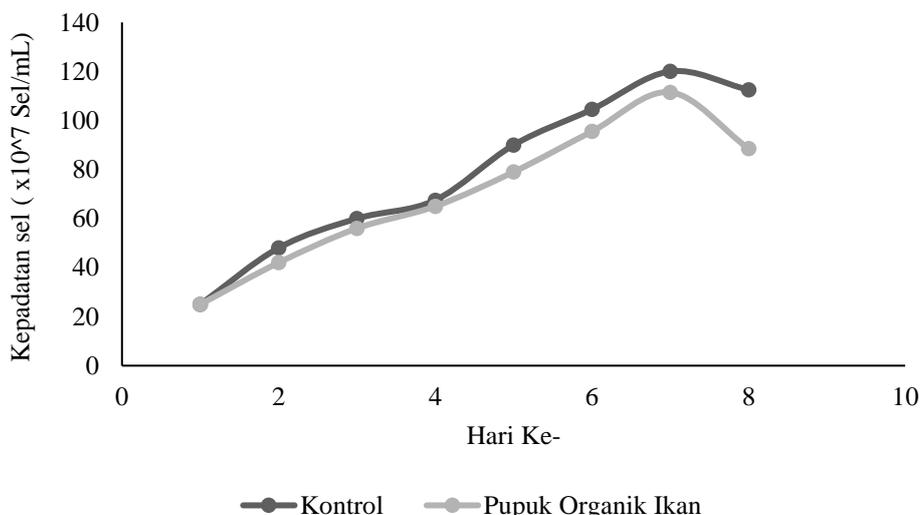
Riset ini memakai Rancangan Acak Lengkap (RAL). Informasi observasi parameter utama pada seluruh perlakuan diuji memakai uji ANOVA (analisis varians) dengan tingkatan keyakinan 95%(α= ± 0, 05). Dari informasi varians, diperoleh apabila perlakuan mempengaruhi nyata maka dilanjutkan ke uji Duncan dengan (α < 0, 05). Uji lanjutan untuk

mengetahui dengan seberapa besar perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada media dari pupuk cair limbah ikan cakalang (*Katsuwonus* sp) dengan pupuk control (guillart). Masing masing diberikan 1 ml/l menunjukkan bahwa grafik pertumbuhan sebagai berikut. Kultivasi *Chlorella* sp. dengan pupuk cair limbah ikan cakalang (*Katsuwonus* sp) menunjukkan pola pertumbuhan yang bervariasi dalam waktu 7 hari (Gambar 2).

Nampak bahwa sel dari hari ke 0 hingga hari ke 3 sehabis inokulasi hadapi fase menyesuaikan diri pada medium yang diberi perlakuan pupuk (Gambar 1). Perihal ini cocok dengan Fakhry & Ekawati (2020), yang pada fase menyesuaikan diri tidak hadapi pertumbuhan populasi serta sel hadapi perubahan komposisi kimia sehingga terjalin kenaikan dimensi serta modul intraseluler. Perkembangan *Chlorella* sp. bertambah ataupun terjalin dengan kilat. Perihal ini ialah dini fase perkembangan logaritmik terjalin dari hari ke 3 hingga hari ke 6 hadapi multiplikasi (Wardani *et al.*, 2022). Tiap harinya sel berkembang serta membelah secara eksponensial setelah menyesuaikan diri dengan keadaan baru, sampai jumlah maksimum bila didukung oleh keadaan area(khususnya dalam perihal ini media). Perihal ini pula didukung oleh Gufran & Mawardi (2019). Sehabis fase perkembangan eksponensial, sel merambah fase stasioner serta fase kematian.



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan *Chlorella* sp.

Dalam riset ini cuma membagikan cerminan sampai hari ke 7, tetapi mungkin dalam 3 hari kedepan sel mulai hadapi penyusutan. Perihal ini diakibatkan minimnya nutrisi pada medium serta penumpukan racun dari produk sisa metabolisme sel, menyebabkan sel tidak berkembang sedini pada fase log. Pada fase ini, proliferasi sel senantiasa konstan sebab tingkatan kematian sel serta laju proliferasi sel balance (Gufran & Mawardi, 2019). Di sisi lain, bagi Fakhry & Ekawati (2020), terdapatnya zat yang dihasilkan oleh sel yang terkubur dalam media serta produk limbah dari sel membatasi perkembangan dalam kultur. Dalam riset ini, bisa dibedakan secara pas kalau control serta hasil dari pupuk organik ikan mempunyai hasil yang hamper sama. Setelah itu pada hari ke 3 dari control serta pupuk organik hadapi pemisahan yang sama. Perihal ini sebab mempunyai defisiensi nutrisi ataupun penumpukan metabolit toksik menimbulkan terhentinya perkembangan perihal ini bisa dipicu oleh terdapatnya zat yang dihasilkan oleh media serta produk limbah dari sel membatasi perkembangan dalam kultur. Sehingga nampak kalau masing masing perlakuan masih dalam fase penyesuaian media. Pupuk organik ikan mempunyai isi nutrisi yang bisa penuhi kebutuhan mikroalga sehingga hasil kurjanya bisa bersaing dengan pemakaian control selaku pupuk. Perihal ini bisa disimpulkan kalau pemanfaatan limbah ikan cakalang mempunyai kemampuan selaku pengganti pupuk komersial.

Bae *et al.* (2020) dalam dua kondisi yang berbeda: satu dengan penambahan pupuk organik dari limbah dan satu lagi sebagai kontrol. Garis regresi pada grafik memiliki persamaan $y = -14x + 125.33$ yang mengindikasikan bahwa laju penurunan kepadatan sel *Chlorella sp.* adalah 14 juta sel per mililiter untuk setiap satuan waktu yang digunakan. Nilai $R^2 = 0.4028$ menunjukkan bahwa model linear ini menjelaskan sekitar 40,28% dari variabilitas pertumbuhan *Chlorella sp.* dalam kondisi yang dianalisis.

Penelitian pertumbuhan mikroalga *Chlorella sp.* selain dilihat pada pola pertumbuhan serta kepadatan sel juga didukung oleh hasil uji stastistik SPSS 20. Hasil uji menunjukkan bahwa pada uji normalitas dan homogenitas menunjukkan nilai ($p > 0,05$), hal ini menunjukkan bahwa data kepadatan sel tersebar normal serta homogen. Selanjutnya pada uji stastistik One Way ANOVA menunjukkan nilai signifikan ($p < 0,05$), maka hal

ini dapat diartikan bahwa perlakuan intensitas cahaya berbeda memberikan pengaruh yang nyata pada pertumbuhan *Chlorella sp.*

Berdasarkan hal tersebut dapat diperoleh hasil bahwa pupuk ikan yang semakin diberikan memberikan hasil kepadatan sel mikroalga *Chlorella sp.* yang bervariasi juga. Tabel hasil uji statistik One Way ANOVA memiliki hasil yang berbeda nyata, maka diperlukan uji lanjutan (Tukey) dan regresi. Fungsi uji tersebut untuk mengetahui adanya perbedaan hasil masing masing perlakuan.

Perbedaan control dan pupuk ikan saling berhubungan dengan pertumbuhan sel. Perlu dilakukan analisa regresi mikroalga *Chlorella sp.* untuk mengetahui besaran pengaruh control dan pupuk ikan tersebut, maka perlu dilakukan analisa regresi.

Hasil penelitian menunjukkan kepadatan sel *Chlorella sp.* pada dua perlakuan yang berbeda. Kepadatan sel dalam satuan 10^7 sel/ml. Kedua perlakuan memiliki kepadatan sel yang serupa, dengan nilai sekitar 2×10^7 sel/ml untuk keduanya. Bar pada setiap perlakuan juga memiliki error bar yang mengindikasikan variabilitas data, tetapi secara umum tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan 1 dan 2 dalam hal kepadatan sel. Sehingga perlakuan 1 dan 2 tampaknya tidak memberikan perbedaan besar dalam pertumbuhan atau kepadatan sel *Chlorella sp.*

Kromatografi lapis tipis pupuk cair limbah ikan cakalang (Katsuwonus sp)

Identifikasi kandungan pigmen mikroalga *Chlorella sp.* dilakukan oleh menggunakan kromatografi lapis tipis (KLT) dengan plat gel silika sebagai fasa tidak bergerak. Fasa bergerak yang digunakan ialah kloroform:etanol (9,8:0,2) v/v) (Pradila & Razak, 2024). (Tabel 1).

Berdasarkan analisis komposisi pigmen menggunakan metode KLT dari ekstrak methanol *Chlorella sp.* tersebut membentuk tujuh titik yang terdiri dari pigmen yang dapat dibedakan, yaitu klorofil a, klorofil c, fukosantin dan karoten. Perlakuan kontrol (Guillard) aplikasi pupuk organik menunjukkan bercak warna yang hampir identik dan nilai Rf. Studi yang dilakukan oleh Bae *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa nilai Rf fucoxanthin berkisar antara 0,28 hingga 0,9. Rf untuk klorofil a dalam kisaran 0,7-0,8. Fasa diam dan fasa Gerakan yang digunakan dalam kajian ini ialah kloroform:etanol (v/v). Fasa bergerak yang digunakan mempunyai komposisi yang berbeza, tetapi kekutuban dominan bagi eluen yang digunakan adalah kekuatan yang sama.

Tabel 1. Hasil screening pigmen menggunakan KLT

Perlakuan	Jumlah Spot	Rf	Warna	Jenis Pigmen
Kontrol	3	0.76	Hijau	Klorofil-a
		0.50	Hijau	Klorofil-a
		0.30	Kuning	Fukosantin
Pupuk organik ikan	3	0.88	Jingga	Karoten
		0.55	Hijau	Klorofil-a
		0.33	Kuning	Fukosantin

Kandungan klorofil-a pada *Chlorella sp.*

Hasil penelitian menggambarkan kandungan klorofil dalam dua perlakuan yaitu Kontrol dan Pupuk organik ikan. Kadar klorofil dalam satuan mg/L. Kadar klorofil pada perlakuan Kontrol dan Pupuk organik ikan memiliki nilai yang hampir sama, sekitar 2 mg/L. Kedua perlakuan menunjukkan adanya error bar yang relatif kecil, mengindikasikan bahwa variasi data tidak terlalu besar. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa penambahan pupuk organik ikan memberikan pengaruh tetapi tidak signifikan terhadap kandungan klorofil dibandingkan dengan kontrol.

Dalam studi ini, di antara ganggang yang dipelajari, jumlah total klorofil yang lebih tinggi tercatat sebesar (1,85±0,008 mg/L) tumbuh pada limbah ikan, tetapi pada *Chlorella sp.* (1,62 ± 0,007 mg/L), tidak ada perbedaan yang signifikan pada limbah ikan dan *Chlorella sp.* sedangkan kandungan klorofil yang lebih rendah diamati pada limbah ikan.

Hasil penelitian menunjukkan hubungan antara kandungan klorofil *Chlorella sp.* dengan waktu atau faktor lain yang tidak disebutkan. Grafik ini berisi data yang diwakili oleh titik-titik hitam (kontrol) dan abu-abu (pupuk organik ikan), dengan sebuah garis regresi yang menggambarkan tren penurunan kandungan klorofil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil riset di atas, terbaik perlakuan untuk pertumbuhan sel *Chlorella sp.* diinkubasi selama 8 hari dengan perlakuan pupuk organik limbah cair ikan cakalang dan control masing – masing 1ml/l. Dengan demikian hasil menunjukkan kurva pertumbuhan yang bersaing, hal ini karena limbah ikan masih N, P, S, dan K yang memainkan peranan penting dalam pertumbuhan sel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Universitas Cenderawasih atas dibiayai penelitian ini oleh PNBP FMIPA Universitas Cenderawasih Tahun 2022 dengan nomor kontrak: 2142/UN.20.1.5/PL/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abyor., N.H., & Ariyanti, D. 2012. Kemampuan Mikroalga Selaku Sumber Biojisim serta Pembangunan Produk Penerbitan. *Metode*. 33(2): 58-65. doi: 10.14710/teknik.v33i2.4384
- Alhumairi, A., Hamouda, R., & Saddiq, A. 2022. Comparative study between immobilized and suspended *Chlorella sp.* in treatment of pollutant sites in Dhaha port Kingdom of Saudi Arabia. *Heliyon*, 8(9): e10766. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10766
- Ali, M., Nisak, F., & Pratiwi, Y.I. 2020. Pemanfaatan limbah cair ikan tuna terhadap pertumbuhan tanaman pakchoy dengan wick system hidroponik. *Agricultural Biotechnology*, 3(2): 186-193. doi: 10.37637/ab.v3i2.616
- Akbar, A., & Pratiwi, I. 2023. Dampak pencemaran lingkungan di wilayah pesisir Makassar akibat limbah masyarakat. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, 6(1): 75-78. doi: 10.62012/sensistek.v6i1.24252
- Araina, E., Sulistyaningrum, T.W., & Firlianty, F. 2020. Edukasi mengenai peranan makhluk hidup dan kandungan nilai gizinya terhadap tumbuh kembang anak usia dini. *Gervasi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1): 141-149. doi: 10.31571/gervasi.v4i1.1382
- Bae, M., Kim, M.B., Park, Y.K., & Lee, J.Y. 2020. Health benefits of fucoxanthin in the prevention of chronic diseases. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Molecular and Cell*

- Biology of Lipids*, 1865(11): p.158618. doi: 10.1016/j.bbali.2020.158618
- Barari, F., Eydi Gabrabad, M., & Bonyadi, Z. 2024. Recent progress on the toxic effects of microplastics on *Chlorella* sp. in aquatic environments. *Heliyon*, 10(12): e32881. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32881
- Ekawandani, N., & Halimah, N. 2021. Pengaruh penambahan mikroorganisme lokal (MOL) dari nasi basi terhadap pupuk organik cair cangkang telur. *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 6(2): 78-85. doi: 10.23969/biosfer.v6i2.4944
- Elystia, S., Nasution, F.H.M., & Sasmita, A. 2023. Rotary algae biofilm reactor (RABR) using microalgae *Chlorella* sp. for tofu wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings*, 87 (Part 2): 263-271. doi: 10.1016/j.matpr.2023.03.206
- Fakhri, M., & Ekawati, A.W. 2020. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan, biomassa, dan klorofil-a *Dunaliella* sp. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*, 4(3): 395-398. doi: 10.21776/ub.jfmr.2020.004.03.12
- Fauzia, D.A., & Siska, F. 2021. Pengadaan instalasi pengolahan air limbah sebagai syarat pembuangan limbah cair dalam upaya pencegahan pencemaran air berdasarkan Peraturan Bupati Cirebon Nomor 1 Tahun 2014 tentang ketentuan perizinan pembuangan limbah cair ke sumber air di Kabupaten Cirebon. *Journal Riset Ilmu Hukum*, 1(2): 104-110. doi: 10.29313/jrih.v1i2.527
- Gufuran, M., & Mawardi. 2019. Dampak pembuangan limbah domestik terhadap pencemaran air tanah di Kabupaten Pidie Jaya. *Serambi Engineering*, 4(1): 416-425. doi: 10.32672/jse.v4i1.852
- Hamed, M., Martyniuk, C.J., Lee, J.S., Shi, H. & Sayed, A.E.D.H. 2023. Distribution, abundance, and composition of microplastics in market fishes from the Red and Mediterranean seas in Egypt. *Journal of Sea Research*, 194: p.102407. doi: 10.1016/j.seares.2023.102407
- Harahap, R., Gusmeizal, G., & Pane, E. 2020. Efektifitas kombinasi pupuk kompos kubis-kubisan (Brassicaceae) dan pupuk organik cair bonggol pisang terhadap produksi kacang panjang (*Vigna sinensis* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 2(2): 135-143. doi: 10.31289/jiperta.v2i2.334
- Harjanti, I.M., & Anggraini, P. 2020. Pengelolaan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) Jatibarang, Kota Semarang. *Jurnal Planologi*, 17(2): 185-197. doi: 10.30659/jpsa.v17i2.9943
- Hosseini, I., Hossain, M. Z., Zhang, Y., & Rahman, S. 2024. Deep learning model for simultaneous recognition of quantitative and qualitative emotion using visual and bio-sensing data. *Computer Vision and Image Understanding*, 248: p.104121. doi: 10.1016/j.cviu.2024.104121
- Li, H., Li, X., Cui, L., Alam, M.A., & Lu, W. 2023. Coupling nutrient removal and biodiesel production by cultivation of *Chlorella* sp. in cafeteria wastewater: Assessment of the effect of wastewater disinfection. *Desalination and Water Treatment*, 291: 101-107. doi: 10.5004/dwt.2023.29477
- Nalhadi, A., Syarifudin, S., Habibi, F., Fatah, A., & Supriyadi, S. 2020. Pemberdayaan masyarakat dalam pemanfaatan limbah rumah tangga menjadi pupuk organik cair. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1): 43-46. doi: 10.30656/jpmwp.v4i1.2134
- Padmanabhan, S., Yadavar, K.R., Muthaiah, M., & Muthukumar, A. 2023. Identification of predominant bacterial species involved in microbial fuel cell assisted electricity generation using fish market wastewater. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 6: p.100051. doi: 10.1016/j.clcb.2023.100051
- Pradila, A.O., & Razak, A. 2024. Pengaruh pupuk organik cair (POC) dari limbah perut ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) terhadap pertumbuhan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2): 208-214. doi: 10.24036/srmb.v9i2.352
- Preechaphonkul, N., Sirikwanpong, S., & Maneeruttanarungroj, C. 2024. Freshwater green alga *Chlorella* sp. KLS59 produced all forms of omega-3 oil: ALA, EPA, and DHA. *Algal Research*, 80: p.103532. doi: 10.1016/j.algal.2024.103532
- Putri, R., & Razak, A. 2024. Pengaruh pupuk organik cair (POC) teknologi nano dari limbah perut ikan tuna mata besar (*Thunnus obesus*) terhadap pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Serambi Biologi*, 9(2): 199-207. doi: 10.24036/srmb.v9i2.353
- Rahman, R.-R., Baqee, A., Alam, M., Khan, M. W., Muhib, M. I., & Kabir, A. 2024. Organ-specific bioaccumulation of microplastics in

- market fish of Dhaka and size-dependent impacts of PVC microplastics on growth of *Anabas testudineus*. *Environmental Pollution*, 361: p.124807. doi: 10.1016/j.envpol.2024.124807
- Saragih, E.W., Purwaningsih, P., Noviyanti, & Tethool, A. 2021. Pupuk organik cair berbahan dasar limbah ternak untuk tanaman sayuran. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(6): 1465-1471. doi: 10.31849/dinamisia.v5i6.5534
- Sari, D.A. P., Taniwiryono, D., Andreina, R., Nursetyowati, P., & Irawan, D.S. 2022. Pembuatan pupuk organik cair dari hasil pengolahan sampah organik rumah tangga dengan bantuan larva black soldier fly (BSF). *Agrikultura*, 5(1): 102-112. doi: 10.37637/ab.v5i1.848
- Sawasdee, N., Jantakee, K., Wathikthinnakon, M., Panwong, S., Pekkoh, J., Duangjan, K., Yenchitsomanus, P., & Panya, A. 2023. Microalga *Chlorella* sp. extract induced apoptotic cell death of cholangiocarcinoma via AKT/mTOR signaling pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 160: p.114306. doi: 10.1016/j.biopha.2023.114306
- Vianka, M.I. 2021. Penegakan hukum lingkungan atas pembuangan limbah plastik di Indonesia. *Morality: Jurnal Ilmu Hukum*, 7(2): 245-256. doi: 10.52947/morality.v7i2.221
- Wardani, N.K., Supriyantini, E., & Santosa, G.W. 2022. Pengaruh konsentrasi pupuk walne terhadap laju pertumbuhan dan kandungan klorofil-a *Tetraselmis chuii*. *Journal of Marine Research*, 11(1): 77-85. doi: 10.14710/jmr.v11i1.31732
- Yu, H.Y., Cho, D.H., Seo, D., Yoo, C., Park, S.B., Jung, W.K., Jung, J.E., Kim, H.S., & Kim, J. 2024. Microalga *Chlorella* sp. biomass containing high lutein prevents light-induced photooxidation and retinal degeneration in mice. *Algal Research*, 82: p.103620. doi: 10.1016/j.algal.2024.103620
- Zheng, S., Wu, A., Wang, H., Chen, L., Song, J., Zhang, H., He, M., Wang, C., Chen, H., & Wang, Q. 2023. Purification efficiency of *Pyropia*-processing wastewater and microalgal biomass production by the combination of *Chlorella* sp. C2 cultivated at different culture temperatures and chitosan. *Bioresource Technology*, 373: p.128730. doi: 10.1016/j.biortech.2023.128730