

Pemanfaatan Pupuk Organik Rumput Laut (*Ulva* Sp.) Terhadap Produktivitas dan Kandungan Protein *Chlorella pyrenoidosa*

Lusi Septiani^{1*}, Shobrina Silmi Qori Tartila¹, Tholibah Mujtahidah¹

¹ Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Tidar. Jl. Kapten Suparman 39, Magelang Utara, Jawa Tengah, 56116. *Email Korespondensi : septianilusi199@gmail.com

Abstrak. *Chlorella pyrenoidosa* sering dimanfaatkan sebagai pakan alami larva ikan maupun udang. Tingginya pemanfaatan *C. pyrenoidosa* menyebabkan adanya upaya untuk mendukung banyaknya permintaan yang berkesinambungan. Beberapa jenis bahan alami dapat dimanfaatkan sebagai pupuk untuk memenuhi kebutuhan nutrisi bagi *C. pyrenoidosa*, salah satunya yaitu rumput laut jenis *Ulva* sp. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan perlakuan terbaik pupuk *Ulva* sp. terhadap produktivitas dan kandungan protein *C. pyrenoidosa*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Tidar. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan empat kali ulangan, meliputi perlakuan pupuk Walne yaitu P1 (1 ml/L), P2 (1 ml/L *Ulva* sp.), P3 (2 ml/L *Ulva* sp.), P4 (3 ml/L *Ulva* sp.). Parameter yang diamati yaitu kepadatan *C. pyrenoidosa*, laju pertumbuhan spesifik, biomassa dan protein, serta parameter kualitas air. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of variance* (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf kesalahan 5%, sedangkan nilai kandungan protein dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa P2 mampu meningkatkan kepadatan sebesar $5,06 \pm 1,91 \times 10^6$ sel/ml, laju pertumbuhan spesifik sebesar $0,34 \pm 0,09$ individu/hari, dan biomassa sebanyak $0,60 \pm 0,06$ gr/L, tetapi kadar protein tertinggi diperoleh pada P3 sebesar 13,64%.

Kata kunci : *C. pyrenoidosa*; pupuk *Ulva* sp.; produktivitas; protein

Pendahuluan

Budidaya perikanan merupakan kegiatan untuk menunjang keberlanjutan (*sustainability*) biota akuatik, baik stok di alam (*restocking*) maupun pemenuhan kebutuhan manusia, untuk memperoleh keuntungan (*profitability*). Menurut Mujtahidah dkk. (2023), budidaya perikanan bertujuan untuk memperoleh kultivar sebanyak-banyaknya untuk menjaga ketersediaan spesies yang ada di alam dan terpenuhinya ketahanan pangan. Budidaya perikanan dikatakan berhasil, apabila telah memenuhi kebutuhan dari spesiesnya, salah satunya yaitu pakan. Pakan menjadi komponen utama untuk menunjang kegiatan budidaya perikanan (Putra dkk., 2022). Pakan digolongkan menjadi dua jenis, meliputi pakan alami dan pakan buatan dengan kandungannya masing-masing.

Pakan alami adalah pakan yang mengandung gizi optimal, dengan ukuran dan bentuk pakan yang sesuai dengan bukaan mulut dan kebutuhan larva (Buwono dkk., 2019). Berbagai jenis pakan alami yang sering dimanfaatkan pada kegiatan pembenihan dalam budidaya perikanan, salah satunya fitoplankton yaitu *Chlorella pyrenoidosa*. Hal tersebut karena *Chlorella* sp. merupakan mikroalga sel tunggal yang mengandung protein 51-58%, minyak 28-32 %, karbohidrat 12-17 %, lemak 14-22 %, dan asam nukleat 4-5 % (Mufidah dkk., 2017). Menurut Yulita (2015), *C. pyrenoidosa* dapat meningkatkan pertumbuhan dari larva ikan atau udang, sehingga dapat meningkatkan produktivitas usaha budidaya.

Tingginya pemanfaatan *C. pyrenoidosa* menyebabkan adanya upaya untuk mendukung banyaknya permintaan yang berkesinambungan terhadap *C. Pyrenoidosa* yaitu dengan kultur. Menurut Behera dan Paramasivan (2022), kebutuhan pasar *Chlorella* sp. secara global diperkirakan mencapai laju pertumbuhan tahunan gabungan atau *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) sebesar 6,31% selama periode perkiraan. Pertumbuhan yang substansial tersebut didorong oleh meningkatnya kesadaran konsumen tentang manfaat *Chlorella* sp. (Hehanusa, 2024). *Chlorella* sp. sebagai mikrolaga yang mengandung protein, vitamin, dan mineral tinggi, sehingga permintaannya meningkatkan di berbagai aplikasi seperti suplemen makanan, makanan dan minuman, farmasi, dan pakan larva ikan.

Parameter utama yang harus ada ketika kultur ialah nutrisi. Menurut Eyster (1978), *C. pyrenoidosa* membutuhkan nutrisi berupa makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien terdiri dari Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Silikon (Si) dan Kalsium (Ca), sedangkan mikronutrien terdiri dari Besi (Fe), Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Seng (Zn), dan Kobalt (Co). Menurut Eyster (1967), kebutuhan pupuk untuk *C. pyrenoidosa* yaitu N (0,07-0,014)%, P (0,00075-0,03)%, K (0,00075-0,15)%.

Pemenuhan kebutuhan nutrisi dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk, baik pupuk organik maupun pupuk komersil. Namun, penggunaan pupuk komersil terbilang relatif mahal. Jenis pupuk sintesis yang umum digunakan adalah pupuk Pro Analisis (PA) yang telah melalui proses standarisasi, seperti pupuk Walne, Guillard, dan formulasi sejenis lainnya. Sejalan dengan Viqram dkk. (2018), harga pupuk Walne berada pada kisaran Rp 500,- hingga Rp 1.000,- per mL, sedangkan pupuk Guillard mencapai harga sekitar Rp 400.000,- per liter. Meskipun memberikan hasil yang optimal dalam mendukung pertumbuhan mikroalga, jenis pupuk tersebut memiliki beberapa keterbatasan, antara lain tingkat ketersediaan yang rendah di pasaran, harga yang relatif tinggi, serta kebutuhan akan formulasi media yang kompleks dengan komposisi nutrisi makro dan mikro yang spesifik. Kondisi tersebut menjadi tantangan bagi pembudidaya *C. pyrenoidosa*, sehingga diperlukan pemanfaatan bahan alternatif pupuk organik yang lebih ekonomis dan berkualitas. Berbagai jenis bahan alami yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam kultur *C. pyrenoidosa*, salah satunya adalah rumput laut (makroalga).

Rumput laut berpotensi untuk dikembangkan menjadi pupuk organik kultur *C. pyrenoidosa*, yaitu *Ulva* sp. (selada laut). *Ulva* sp. mengandung mineral lebih baik dibandingkan jenis rumput laut lainnya, seperti *Codium* sp., *Padina* sp., dan *Amfiro* sp., yaitu Ca, Mg, Na, N, P, K (Utomo dan Asmawit, 2012). Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada penelitian Nasmia dkk. (2021), pupuk organik yang memiliki potensi yang baik dengan melihat kandungan N, P, dan K adalah pupuk organik *Ulva* sp. yang diperoleh dari Sulawesi Tengah dengan kandungan N (0,00045%), P (0,0077%), dan K (0,011%). Menurut Norziah dan Ching (2000) dan Santi dkk. (2012), terdapat berbagai jenis kandungan kimia pada rumput laut yang dipengaruhi oleh lokasi geografi atau tempat tumbuhnya, musim, jenis spesies, umur panen, dan kondisi lingkungan. Ketersediaan *C. pyrenoidosa* sebagai pakan alami merupakan hal yang sangat penting untuk mempertahankan keberlanjutan kegiatan budidaya. Maka dari itu, diperlukan penelitian mengenai penggunaan pupuk *Ulva* sp. yang diharapkan dapat memberikan hasil terbaik dari segi kualitas maupun kuantitas *C. pyrenoidosa*. Berdasarkan uraian di atas, maka hal tersebut menjadi dasar pada penelitian ini yang bertujuan untuk memanfaatkan rumput laut (*Ulva* sp.) sebagai pupuk organik, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan kandungan protein *C. pyrenoidosa*.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium secara terkontrol pada bulan Januari hingga Maret 2025 di Laboratorium Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Tidar. Berikut alat utama yang digunakan, meliputi: autoklaf, kran aerator, selang aerator, oven, *haemocytometer*, *band counter*, pipet tetes, erlenmeyer, toples kaca, pH meter, mikroskop, termometer, DO meter, refraktometer, *cover glass*, lampu neon, dan blower. Bahan utama yang digunakan ketika penelitian, meliputi: akuades, *C. pyrenoidosa*, kaporit, *Na-thiosulfat*, alkohol 96%, pupuk Walne, dan pupuk *Ulva* sp. Teknik pengambilan data yang digunakan yaitu secara primer (pengambilan data secara langsung) dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan empat kali ulangan dan didukung dengan data sekunder, sementara parameter protein dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

Perlakuan yang digunakan diantaranya perlakuan dengan pemberian pupuk *Ulva* sp. menggunakan toples 1 L kepadatan awal 1×10^6 sel/mL dan konsentrasi salinitas awal yang sama yaitu 0 ppt, perlakuan kontrol menggunakan pupuk Walne 1 mL/L dan vitamin B12 dengan dosis 1 mL/L untuk setiap wadah kultur (Buwono dan Nurhasanah, 2018). Uji kandungan NPK pada media kultur untuk setiap perlakuan di Laboratorium Kimia Badan Standarisasi Instrumen Pertanian, Semarang.

Berikut langkah kerja dalam kultur *C. pyrenoidosa* dengan perlakuan pupuk Walne sebagai kontrol dan perlakuan pupuk *Ulva* sp., sebagai berikut:

Persiapan Pupuk *Ulva* sp.

Ulva sp. yang akan digunakan sebagai pupuk didapat dari Pantai Ujung Genteng Sukabumi, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari secara langsung selama 2-3 hari, yang bertujuan untuk menurunkan kadar airnya (Irawan dkk., 2023). Perbandingan *Ulva* sp. basah dan kering yaitu 5:1 kg, artinya sebanyak 5 kg *Ulva* sp. basah didapatkan 1 kg *Ulva* sp. kering. *Ulva* sp. kering dihaluskan menggunakan blender, dan selanjutnya difermentasi dengan perbandingan 1:1, yaitu 50 mL molase : 50 mL EM₄ : 500 gr *Ulva* sp. : 2500 mL air tawar (Ariyunita dkk., 2022). Setelah proses fermentasi tersebut selesai, kemudian dilakukan penyaringan untuk memisahkan cairan dan endapan *Ulva* sp. yang tersisa.

Penebaran Bibit dan Perhitungan Bibit Awal *C. pyrenoidosa*

Bibit *C. pyrenoidosa* didapat dari pengkayaan kultur skala laboratorium. Bibit *C. pyrenoidosa* dimasukkan ke dalam air 1 L dengan salinitas 0 ppt dan media kultur berupa perlakuan pupuk Walne pupuk *Ulva* sp.

Memasukkan bibit *C. pyrenoidosa* sebanyak 1×10^6 sel/ml dan dipelihara selama 7 hari (Suhada dkk., 2024). Menurut Satyantini dan Masithah (2008), adapun rumus perhitungan jumlah bibit awal, sebagai berikut:

$$V1 = \frac{N2 \times V2}{N1}$$

Keterangan:

- V1 : Volume bibit yang dibutuhkan (ml)
 N1 : Kepadatan bibit (sel/ml)
 V2 : Volume media kultur (1000 ml)
 N2 : Kepadatan bibit yang diinginkan (10^6 sel/ml)

Perhitungan Kepadatan *C. pyrenoidosa*

Selama proses pemeliharaan dilakukan perhitungan setiap hari sekali pada jam yang sama ketika pertama kali melakukan kultur, yang dimulai dari hari pertama sampai hari kesepuluh (Boroh dkk., 2019). Sampel diambil sebanyak 1 ml kemudian dihitung (Lebeharia, 2016). Perhitungan *C. pyrenoidosa* menggunakan *haemocytometer* dan *hand counter* sebagai alat bantu yang terdiri atas kotak-kotak bidang pandang. Adapun rumus menghitung kepadatan menggunakan metode *Small Block*:

$$N = \frac{A+B+C+D+E}{2} \times 10^5$$

Keterangan:

- N : Kepadatan *Chlorella* sp. (sel/ml)
 A + B + C + D + E : Kepadatan bibit *Chlorella* sp. (unit/ml)

Pemanenan *C. pyrenoidosa*

Pemanenan *C. pyrenoidosa* dilakukan ketika fase stasioner, yaitu antara hari ke-6 sampai ke-7. Pemanenan dilakukan dengan menambahkan NaOH yang dihomogenkan kemudian diendapkan (Pratama, 2011), didapatkan biomassa dari endapan *C. pyrenoidosa*, kemudian dilakukan penimbangan *C. pyrenoidosa* yang didapat, sebagai hasil dari biomassa (Fasya dkk., 2014), yang kemudian dilakukan uji kandungan protein dengan metode Kjeldhal. Data yang diamati selama penelitian yaitu kepadatan populasi *C. pyrenoidosa*, laju pertumbuhan spesifik, biomassa dan uji protein *C. pyrenoidosa* yang dipengaruhi oleh pupuk *Ulua* sp., sementara parameter kandungan protein dianalisa secara deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Kepadatan Harian *C. pyrenoidosa*

Nilai kepadatan, biomassa, dan kandungan protein *C. pyrenoidosa* dengan pemberian pupuk Walne sebagai perlakuan kontrol dan pupuk *Ulua* sp. selama 7 hari menunjukkan adanya perbedaan hasil pada setiap perlakuan. Parameter ini digunakan untuk mengetahui pengaruh pupuk *Ulua* sp. sebagai nutrisi utama untuk mendukung produktivitas dan kandungan protein *C. pyrenoidosa* dengan dosis perlakuan yang berbeda. Hasil perhitungan rata-rata kepadatan *C. pyrenoidosa* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kepadatan *C. pyrenoidosa*

Perlakuan	Kepadatan sel <i>C. pyrenoidosa</i> hari ke- ($\times 10^6$ sel/ml)							Rata-rata	SD
	1	2	3	4	5	6	7		
P1	2,76	4,24	7,47	8,81	11,91	11, 14	8,47	7,83	3,36 ^a
P2	2,39	3,28	4,17	5,62	7,98	6,29	5,68	5,06	1,91 ^b
P3	2,07	3,67	4,28	5,30	6,03	5,40	4,91	4,52	1,33 ^b
P4	2,35	3,33	4,06	4,51	6,26	5,28	4,51	4,33	1,27 ^b

Sumber : Analisis data primer, 2025

Keterangan : P1 (1 ml/L pupuk Walne), P2 (1 ml/L *Ulua* sp.), P3 (2 ml/L *Ulua* sp.), P4 (3 ml/L *Ulua* sp.)

Notasi : a = berbeda nyata, b = tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil dari penelitian pada Tabel 1, kepadatan sel tertinggi *C. pyrenoidosa* ditemukan pada P1 sebagai perlakuan kontrol (Walne) dengan nilai $7,83 \pm 3,36 \times 10^6$ sel/ml, diikuti P2 sebesar $5,06 \pm 1,91 \times 10^6$ sel/ml,

dan yang terendah yaitu P4 sebanyak $4,33 \pm 1,27 \times 10^6$ sel/ml. Perlakuan tertinggi untuk substitusi pupuk Walne menggunakan pupuk *Ulva* sp. ditemukan pada P2, diikuti P3 dan P4, meskipun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Pupuk *Ulva* sp. dapat menumbuhkan *C. pyrenoidosa* meskipun belum memberikan dampak pertumbuhan yang signifikan apabila dibandingkan dengan penggunaan pupuk Walne. Berdasarkan hasil analisis dengan uji ANOVA menunjukkan bahwa, pemberian pupuk *Ulva* sp. berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan *C. pyrenoidosa* dengan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf kesalahan 5% dan 1% dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Kondisi tersebut terjadi karena pupuk Walne mengandung mikronutrien berupa zat besi yang dapat membantu mempercepat penyerapan nutrisi. Sesuai dengan pernyataan Endar dkk. (2012) dalam Ladida (2016), bahwa pupuk Walne mengandung $FeCl_3$ sebanyak 0,13% dan vitamin B12 sebanyak 0,1%. Menurut Fadila dkk. (2021), pupuk Walne juga vitamin B1 sebanyak 1%, sementara menurut Windyaswari dkk. (2019), bahwa *Ulva* sp. tidak mengandung senyawa $FeCl_3$, dan menurut Izza (2016), *Ulva* sp. mengandung vitamin B1 sebanyak 0,31%.

Perlakuan dengan pemberian pupuk *Ulva* sp. (P2, P3, dan P4), menunjukkan kepadatan yang lebih rendah dibandingkan dengan P1. Kondisi tersebut karena media pupuk *Ulva* sp. mengandung nitrogen dalam jumlah minim, sehingga menghambat proses fotosintesis dan menyebabkan pertumbuhan *C. pyrenoidosa* menjadi terhambat pula. Sedangkan kebutuhan fosfor dan kalium pada media kultur *C. pyrenoidosa* telah terpenuhi. Hasil uji NPK pada media kultur didapat nilai nitrogen, fosfat, dan kalium berturut-turut pada kedua media, yaitu 0,003%, 0,001%, dan 0,01% pupuk Walne, sementara pada pupuk *Ulva* sp., yaitu 0,002%, 0,005%, dan 0,01%. Menurut Eyster (1967), kebutuhan nitrogen *Chlorella* sp. yaitu 0,014-0,07%. Secara berturut-turut kebutuhan fosfor dan kalium *Chlorella* sp. yaitu 0,0015-0,062% dan 0,00195-3,09% (Eyster 1978). Menurut Anwar dkk. (2025), adanya unsur N yang cukup dapat membentuk asam amino menjadi protein yang selanjutnya diperlukan dalam proses fotosintesis. Fosfor berperan dalam transfer energi di dalam sel, sedangkan kalium berperan penting dalam proses metabolisme dengan mengaktifkan kerja enzim dan proses pengangkutan hasil fotosintesis.

Apabila dipisah dalam beberapa fase pertumbuhan, yaitu fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian, maka pemberian pupuk *Ulva* sp. yang dibandingkan dengan pupuk Walne menunjukkan adanya pengaruh nyata, khususnya pada fase eksponensial. Nilai rata-rata tertinggi kepadatan *C. pyrenoidosa* pada fase lag ditunjukkan pada P1 yang berada pada hari ke-1 hingga hari ke-3, yaitu $4,82 \pm 2,41 \times 10^6$ sel/ml, sedangkan kepadatan tertinggi untuk pemberian pupuk *Ulva* sp. ditemukan pada P2 sebanyak $3,28 \pm 0,89 \times 10^6$ sel/ml dan kepadatan terendah ditunjukkan pada P4 sebanyak $3,25 \pm 0,86 \times 10^6$ sel/ml. Fase lag yang cukup lama hingga (1-3 hari) karena dipengaruhi oleh jumlah inokulan dan nutrisi media kultur. Fase lag pada mikroalga dipengaruhi oleh jumlah, umur inokulan, dan kondisi media kultur (Fogg dan Thake, 1987) dalam (Muliani dkk., 2018). Hasil penelitian menunjukkan fase eksponensial *C. pyrenoidosa* terjadi pada hari ke-4 hingga hari ke-5 untuk semua perlakuan. Hal ini sependapat atas pernyataan Piu dkk. (2023), fase eksponensial ditandai dengan penambahan jumlah sel yang sangat cepat melalui pembelahan sel. Fase eksponensial *C. pyrenoidosa* tertinggi terdapat pada P1 dengan kepadatan $12,21 \pm 1,93 \times 10^6$ sel/ml, sedangkan perlakuan penggunaan pupuk *Ulva* sp. yang menunjukkan kepadatan tertinggi pada fase eksponensial adalah P2 dengan nilai $7,98 \pm 1,91 \times 10^6$ sel/ml, meskipun tidak berbeda nyata dengan P3 dan P4.

Perlakuan P1 mengalami fase stasioner pada hari ke-6, sedangkan P2, P3 dan P4 pada hari ke-7. Fase stasioner tertinggi terdapat pada P1 dengan nilai sebanyak $8,47 \pm 3,23 \times 10^6$ sel/ml, sedangkan perlakuan tertinggi pemberian pupuk *Ulva* sp. pada fase stasioner ditunjukkan pada P2 sebanyak $6,29 \pm 1,91 \times 10^6$ sel/ml, P4 sebanyak $5,28 \pm 1,58 \times 10^6$ sel/ml. Pemanfaatan nutrisi pada fase eksponensial berlangsung selama ± 2 hari, karena sedang berlangsung proses penyerapan nutrisi secara perlahan oleh *C. pyrenoidosa*. Hal tersebut mengakibatkan fase stasioner terjadi pada hari ke-7. Perlakuan pupuk *Ulva* sp. (P2, P3, dan P4) mengalami fase stasioner terjadi lebih lama dibanding pupuk Walne, disebabkan oleh proses penyerapan nutrisi membutuhkan durasi yang cukup lama ketika fase eksponensial dan ketika fase stasioner terjadi ketika pertumbuhan *C. pyrenoidosa* mulai menurun secara perlahan karena nutrisi pada media kultur menurun. Penurunan tersebut disebabkan oleh menurunnya nutrisi pada media kultur karena sudah dimanfaatkan ketika fase eksponensial (Hasim dkk., 2022). Setelah mengalami fase stasioner *C. pyrenoidosa* akan mengalami kematian. Namun, pada penelitian ini tidak dilakukan pengamatan fase kematian. Apabila tidak segera dilakukan pemanenan pada puncak populasi, maka banyak mikroalga akan mengalami kematian sehingga dapat menurun kualitasnya (Buwono dan Nurkhasanah, 2018).

Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik digunakan sebagai indikator untuk mengetahui daya dukung media dalam menunjang pertumbuhan mikroalga. Laju pertumbuhan spesifik *C. pyrenoidosa* merupakan kecepatan pertumbuhan jumlah individu baru yang terbentuk per satuan waktu tertentu dan dipengaruhi oleh banyaknya kandungan nutrisi pada media kultur sebagai sumber energi mikroalga (Indrayani dkk, 2022). Data laju pertumbuhan spesifik diakumulasikan ke dalam rata-rata dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Laju pertumbuhan spesifik *C. pyrenoidosa*

Perlakuan	Ulangan				Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	I	II	III	IV			
P1	0,46	0,32	0,50	0,38	1,66	0,42	0,08 ^a
P2	0,29	0,28	0,39	0,39	1,36	0,34	0,09 ^a
P3	0,29	0,37	0,31	0,30	1,26	0,32	0,11 ^a
P4	0,38	0,23	0,29	0,28	1,18	0,29	0,05 ^a
Total					5,46	0,34	
Sumber	: Analisis data primer, 2025						
Keterangan	: P1 (1 ml/L pupuk Walne), P2 (1 ml/L <i>Ulua</i> sp.), P3 (2 ml/L <i>Ulua</i> sp.), P4 (3 ml/L <i>Ulua</i> sp.)						
Notasi	: a = tidak berbeda nyata						

Laju pertumbuhan spesifik tertinggi terdapat pada P1 dengan nilai $0,42 \pm 0,08$ individu/hari, diikuti P2 sebanyak $0,34 \pm 0,09$ individu/hari, dan laju pertumbuhan spesifik terendah yaitu pada P4 sebanyak $0,29 \pm 0,05$ individu/hari. Tingginya laju pertumbuhan spesifik pada P1 disebabkan oleh terpenuhinya nutrisi yang terdapat pada pupuk Walne, sehingga daya dukung media dalam menunjang pertumbuhan *C. pyrenoidosa* tergolong optimal. Hasil rata-rata laju pertumbuhan pada penelitian ini dari semua perlakuan, terindikasi dalam keadaan normal. Umumnya, laju pertumbuhan spesifik fitoplankton sebesar 0,200 – 0,410 individu/hari (Putriany dkk., 2021). Berdasarkan pengamatan pada penelitian ini, perbandingan ukuran sel *C. pyrenoidosa* dengan perlakuan pupuk Walne, populasi *C. pyrenoidosa* terlihat banyak tetapi dengan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan pupuk *Ulua* sp. Ukuran sel *C. pyrenoidosa* pada P2, P3, dan P4 terlihat lebih besar, tetapi jumlah populasinya tidak terlalu banyak dari pada P1. Menurut Musa dkk. (2013), ketika ukuran sel semakin kecil, maka luas permukaannya akan semakin besar, sehingga nutrisi mudah diserap oleh *Chlorella* sp. Diduga karena kondisi tersebut yang mempengaruhi pupuk *Ulua* sp. tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan *C. pyrenoidosa*.

Perbedaan ukuran tersebut disebabkan karena pada pupuk *Ulua* sp. mengandung zat pengatur tumbuh yang tidak terdapat pada pupuk Walne. Menurut Nasmia dkk. (2021), bahwa pupuk *Ulua* sp. mempunyai hormon auksin berupa *Indole Acetic Acid* (IAA) (0,00004%), giberelin (0,0037%), dan sitokinin (0,0003%). Senyawa auksin berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan, pembelahan sel, dan sintesis protein sel (Gardner dkk., 1991) dalam Azmi dan Handriatni, (2018), sementara IAA dapat merangsang pertumbuhan, pembesaran dan pembelahan sel (Park, 2013) dalam Praharyawan (2021). Sependapat dengan penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dkk. (2024), populasi *Chlorella* sp. meningkat dengan pemberian fitohormon berupa auksin (IAA). Selain itu, menurut Nasmia dkk. (2021), pupuk *Ulua* sp. mengandung mikronutrien meliputi Fe (0,00022%), S (0,00067%), Cu (0,000019%), dan Zn (0,002%). Unsur hara tersebut berfungsi sebagai sumber energi dan perkembangan sel.

Biomassa *C. pyrenoidosa*

Pengukuran biomassa pada penelitian ini merupakan variabel untuk mengetahui kuantitas yang dihasilkan dalam masing-masing perlakuan. Biomassa dipengaruhi oleh banyaknya senyawa organik di dalam sel *C. pyrenoidosa*. Biomassa basah diambil ketika akhir fase eksponensial yaitu pada hari ke-6 dan hari ke-7. Hasil perhitungan biomassa disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil biomassa (gr/L) *C. pyrenoidosa*

Perlakuan	Ulangan				Total	Rerata	Standar Deviasi
	I	II	III	IV			
P1	3,17	0,77	0,78	0,17	4,90	1,22	1,33 ^a
P2	0,65	0,62	0,50	0,61	2,38	0,60	0,06 ^a
P3	0,41	0,14	0,32	0,50	1,37	0,34	0,15 ^a
P4	0,19	0,44	0,42	0,16	1,21	0,30	0,15 ^a
Total					9,86	0,80	

Sumber : Analisis data primer, 2025

Keterangan : P1 (1 ml/L pupuk Walne), P2 (1 ml/L *Uha* sp.), P3 (2 ml/L *Uha* sp.), P4 (3 ml/L *Uha* sp.)

Notasi : a = tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 3, biomassa tertinggi terdapat pada P1 sebesar $1,22 \pm 1,33$ gr/L dan biomassa terendah pada P4 yaitu $0,30 \pm 0,15$ gr/L. Perlakuan P1 menunjukkan konsentrasi biomassa paling tinggi dan diikuti oleh P2 sebanyak $0,60 \pm 0,06$ gr/L. Tingginya biomassa pada P1 disebabkan oleh terpenuhinya nutrisi yang dibutuhkan oleh *C. pyrenoidosa*. Pemberian pupuk Walne mengandung nutrisi makro dan mikro yang lengkap, sehingga menghasilkan konsentrasi biomassa yang lebih tinggi (Indrayani dkk., 2022). Perlakuan *Uha* sp. pada P2 cenderung memberikan hasil biomassa tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi perlakuan pupuk *Uha* sp. yang lainnya. Perlakuan yang tidak signifikan, akan memberikan pengaruh yang sama terhadap biomassa *C. pyrenoidosa*. Hal tersebut diduga karena dipengaruhi oleh nutrisi yang terkandung dalam pupuk *Uha* sp. belum mampu untuk meningkatkan biomassa dari *C. pyrenoidosa*, sehingga dosis pupuk *Uha* sp. merespon sama oleh *C. pyrenoidosa*, yang berhubungan dengan ukuran dari sel mikroalga. Ukuran sel *C. pyrenoidosa* pada perlakuan pupuk Walne lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan pupuk *Uha* sp. Pupuk Walne dapat meningkatkan populasi *C. pyrenoidosa* dengan ukuran sel yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan pupuk *Uha* sp., yang mempengaruhi produksi biomassa.

Protein *C. pyrenoidosa*

Data kandungan protein yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Data dianalisis pada masing-masing perlakuan dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan protein *C. pyrenoidosa*

Perlakuan	Rerata Protein (%) [*]	Standar ^{**}
P1	25,26	
P2	12,51	19-35,95%
P3	13,64	
P4	10,47	

Sumber: ^{*} : Analisis data primer, 2025^{**} : Trikuti dkk., (2016); Fadila dkk., (2021)Keterangan : P1 (1 ml/L pupuk Walne), P2 (1 ml/L *Uha* sp.), P3 (2 ml/L *Uha* sp.), P4 (3 ml/L *Uha* sp.)

Kandungan protein tertinggi ditunjukkan pada P1 sebanyak 25,26%, diikuti P3 yaitu 13,64%, dan P2 sebanyak 12,51%, hingga protein terendah pada P4 sebanyak 10,47%. Nilai protein pada P1 dikatakan optimal karena sesuai penelitian yang dilakukan oleh Trikuti dkk. (2016) dan Fadila dkk. (2021), protein dari mikroalga diberi pupuk Walne dan perlakuan tanpa diberi pupuk Walne pada *Chlorophyta* yang hidup di air tawar mengandung protein kisaran 19% - 35,95%, sedangkan nilai protein *C. pyrenoidosa* pada P2, P3, dan P4 menunjukkan belum cukup optimal. Protein pada P1, menunjukkan bahwa sintesis protein dalam tubuh *C. pyrenoidosa* berjalan dengan optimal. Hal tersebut terjadi karena ketersediaan nitrogen pada P1 yang terpenuhi, sementara pada P2, P3, dan P4 belum memenuhi kebutuhan *C. pyrenoidosa*.

Pupuk Walne mengandung unsur kimia anorganik, salah satunya NaNO_3 (Natrium Nitrat) sebanyak 100 gr/L, yang berfungsi untuk memudahkan proses penyerapan nutrisi pada media kultur oleh *Chlorella* sp. (Halima dkk., 2019). Sementara, pada pupuk *Uha* sp. terbuat dari fermentasi *Ula* sp. secara alami, sehingga mengandung nitrogen, tetapi tidak sebanyak pupuk Walne. Maka dari itu, kandungan protein *C. pyrenoidosa* pada

P2, P3, dan P4 lebih rendah dari pada P1. Semakin rendah nitrogen, maka semakin rendah kandungan protein mikroalga (Fadila dkk., 2021). Kandungan protein terendah yaitu pada P4 sebanyak 10,47%, yang diduga disebabkan oleh konsentrasi nitrogen dari *Ulua* sp. lebih sedikit dari pupuk Walne, yaitu 0,002%, sementara pada pupuk Walne yaitu 0,003%. Unsur nitrogen berperan sebagai nutrisi utama yang dibutuhkan mikroalga dalam sintesis protein, enzim, klorofil, dan komponen penting lainnya (Kurniawati dan Praharyawan, 2020). Nilai protein yang rendah pada perlakuan pupuk *Ulua* sp. juga disebabkan karena adanya akumulasi senyawa karbon bukan protein, melainkan lipid dan glukosa. Hal tersebut terjadi karena *C. pyrenoidosa* cenderung melakukan fotosintesis untuk mempertahankan keberlangsungan hidup dan tidak melakukan sintesis DNA untuk pertumbuhan atau pembelahan sel (Klassen dkk., 2018).

Kualitas Air

Pengamatan kualitas air yang diambil adalah pH, suhu, dan salinitas. Pengukuran dilakukan dua kali sehari yaitu pagi hari pukul 07.00-08.00 WIB dan sore hari pukul 15.00-16.00 WIB tergolong optimal sesuai dengan kebutuhan *C. pyrenoidosa*. Parameter kualitas air mempengaruhi pertumbuhan mikroalga ketika proses fotosintesis (Risit, 2016).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan yaitu pupuk *Ulua* sp. berpotensi dijadikan sebagai solusi alternatif bahan alami dalam kultur *C. pyrenoidosa* dengan perlakuan dosis terbaik yaitu pada P2 (1 ml/L *Ulua* sp.) sebanyak $5,06 \pm 1,91 \times 10^6$ sel/ml dengan laju pertumbuhan spesifik $0,34 \pm 0,09$ individu/hari. Perlakuan dosis terbaik pupuk *Ulua* sp. terhadap biomassa *C. pyrenoidosa* yaitu P2 (1 ml/L) sebanyak $0,60 \pm 0,06$ gr/L, dan untuk kandungan protein yaitu P3 (2 ml/L) sebanyak 13,64%. Sehingga, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian rasio pupuk *Ulua* sp. dan Walne, untuk penentuan optimalisasi pertumbuhan hingga produksi biomassa dan protein.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada keluarga yang sudah mendukung secara moral dan moril, dan Program Studi Akuakultur Universitas Tidar yang telah membimbing selama penelitian kultur *C. pyrenoidosa* dengan alternatif pemberian pupuk *Ulua* sp. hingga selesai.

Daftar Pustaka

- Anwar, C., Wonggo, D., Mongi, E., and Dotulong, V. 2025. Macro And Micro Nutrients in The Soil of The Mangrove Forest Area, Bunaken Marine Park. *Jurnal Ilmiah Platax*. 13(1), 174-181.
- Ariyunita, S., Dhokhikah, Y., dan Fitria, F. L. 2022. Pelatihan pengolahan limbah rumput laut menggunakan rotary drum composter. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6(3), 400-406.
- Boroh, R., Litaay, M., Umar, M. R., dan Ambeng, A. 2019. Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada beberapa kombinasi media kultur. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*. 4(2), 129-137.
- Buwono, N. R., Mahmudi, M., Sabtaningsih, S. O., dan Lusiana, E. 2019. Analisis daya cerna pakan alami pada larva Ikan Koi. *The Indonesian Green Technology Journal*. 8(1), 11-16. <https://doi.org/10.21776/ub.igtj.2019.008.01.03>
- Eyster, C. 1967. Nutrien concentration requirements for *Chlorella sorokiniana*. USAF School of Aerospace Medicine, Aerospace Medical Division (AFSC). Brooks Air Force Base, Texas.
- Eyster, H. C. 1978. Nutrient concentration requirements for *Chlorella sorokiniana*. Available from the author or the Mobile college Library. Mobile, Alabama. 78(2), 79-81.
- Fadila, A. R., Suminto, S., Subandiyono, S., dan Chilmawati, D. 2021. Pengaruh rasio N:P dalam media kultur terhadap pola pertumbuhan dan kandungan protein *Thalassiosira* sp. *Sains Akuakultur Tropis: Indonesian Journal of Tropical Aquaculture*. 5(2), 147-158.
- Fasya, A. G., dan Romaidi, R. 2014. Uji aktivitas antibakteri ekstrak metanol mikroalga *Chlorella* sp. pada fase stasioner hasil kultivasi dalam Medium Ekstrak Tauge (MET). *Alchemy: Journal of Chemistry*. 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.18860/al.v0i0.2893>
- Halima, A., Nursyirwani, N., Effendi, I., dan Ambarsar, H. 2019. Potential microalga *Chlorella vulgaris* for bioremediation of heavy metal Pb. *Asian Journal of Aquatic Sciences*. 2(3), 224-234.
- Hasim, H., Akram, M., dan Koniyo, Y. (2022). Kinerja kepadatan *Spirulina* sp. yang diberi salinitas berbeda pada media kultur walne. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 6(2), 141-152.

- Indrayani, I., Fadilah, R., dan Nurmila, N. 2022. Karakterisasi dan optimasi pertumbuhan dan produktivitas biomassa mikroalga isolat IND-UNM1 dan IND-UNM2. *Laporan Akhir Penelitian*. Universitas Negeri Makassar.
- Irawan, I., Hasanah, R., Sulistiawati S. S. 2023. Penanganan pasca panen dan aplikasi Rumput Laut (*Gracilaria* sp.). *Skripsi*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Izza, P. E. N. (2016). *Ulva* sp. (Selada Laut yang kaya nutrisi). [Ulva sp. \(Selada laut yang kaya nutrisi\). Biodiversity Warriors. Kehati](#)
- Klassen, O. B., S. Chaudari, V. Klassen, R. Wondenweber, T. Steffens, D. Cholewa, K. Niehaus, J. kalinowski and O. Kurse. 2018. Metabolic survey of *Botryococcus braunii*: impact of the physiological state on product formation. *Journals Plos One*. 13 (6), 1-23.
- Kurniawati, R., dan Praharyawan, S. 2020. Optimasi nisbah natrium nitrat: urea dan konsentrasi nitrogen pada kultivasi *Spirulina platensis* untuk produksi protein dan pigmen fikosianin. *Menara Perkebunan*. 88(2), 130–140.
- Ladida, R, F. 2016. Pengaruh fermentasi alami air cucian beras yang ditambahkan urea terhadap pertumbuhan dan biomassa *Chlorella vulgaris*. *Thesis*. Universitas Brawijaya.
- Lebeharia, S. M. 2016. Pertumbuhan dan kualitas biomassa *Spirulina platensis* yang diproduksi pada media zarouk. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Mufidah, A., Agustono, S., Sudarno, S., dan Nindarwi, D. D. 2017. Teknik kultur *Chlorella* sp. skala laboratorium dan intermediet di Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Situbondo Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 7(2), 50-56.
- Muliani, Ayuzar, E., dan Amri, M. C. 2018. Pengaruh pemberian pupuk kascing (bekas cacing) yang difermentasi dengan dosis yang berbeda dalam kultur *Spirulina* sp. *Acta Aquatica. Aquatic Sciences Journal*. 5 (1), 30-35.
- Musa, B., Raya, I., dan Dali, S. 2013. Pengaruh penambahan ion Cu_{2+} terhadap laju pertumbuhan fitoplankton *Chlorella vulgaris*. *Jurusan Kimia. Universitas Hasanuddin. Makassar*.
- Nasmia, Rosyida, E., Masyahoro, A., Putera, F. H. A., dan Natsir, S. 2021. The utilization of seaweed-based liquid organic fertilizer to stimulate *Gracilaria verrucosa* growth and quality. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 18, 1637-1644. <https://doi.org/10.1007/s13762-020-02921-8>
- Norziah, M.H and C.Y Ching. 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*. 68(1), 69-76.
- Praharyawan, S. 2021. Peningkatan produksi biomassa sebagai strategi jitu dalam mempercepat produksi biodiesel berbasis mikroalga di Indonesia. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia (JBBI)*. 8(2), 294-320.
- Pratama, I. 2011. Pengaruh metode pemanenan mikroalga terhadap biomassa dan kandungan esensial *Chlorella vulgaris*. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Putra, I., Aulia, A. H., Dwifani, A. P., Ramadani, D., Saputra, F. F., Diva, F., Karimah, P., Indriartini, R. T., Nafisah, R., Tiffany, S., dan Putri, W. K. 2022. Pembuatan pakan ikan tenggelam dengan bahan baku lokal di Desa Simpang Beringin. *Journal of Rural and Urban Community Empowerment*. 4 (1), 5-8. <https://doi.org/10.31258/jruce.4.1.5-8>
- Rahmawati, A. S., dan Erina, R. 2020. Rancangan acak lengkap (RAL) dengan uji ANOVA dua jalur. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*. 4(1), 54-62. <https://doi.org/10.37478/optika.v4i1.333>
- Risit, W. B. (2016). Identification of biodiesel yield and its properties from microalgae *Botryococcus* sp. isolated at Sembrong dam. *Tesis*. University Tun Hussein. Malaysia.
- Santi, A. A., Sunarti, V. V., Santoso, D. D., dan Triwisari, A. A. 2012 Komposisi kimia dan profil polisakarida Rumput Laut Hijau. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 3(2), 105-114.
- Satyantini, W. H., dan Masithah, E.D. 2008. *Pemilihan Jenis dan Nilai Nutrisi Pakan Alami*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Suhada, Q. A. R., Gunawan, A. I., Sartika, T., Lathifah, H. L., Puteri, M. N., Sukma, M. A. Nugraha, N.S., Faqihah, R.A., dan Zahira, T. 2024. The potensi mikroalga laut, *Chlorella vulgaris*, dalam menghasilkan listrik. *Jurnal Biodiversitas dan Bioteknologi*. 1(1), 25-29.
- Trikuti, I. K., Anggreni, A. A. M. D., dan Gunam, I. B. W. 2016. Pengaruh jenis media terhadap konsentrasi biomassa dan kandungan protein mikroalga *Chaetoceros calcitrans*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 4(2), 13-22.
- Viqram., Zaenal, A. dan Alis, M. 2018. Pengaruh penambahan pupuk organik Guano dengan konsentrasi yang berbeda terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp. *Jurnal Perikanan Unram*. 8(2), 58-65. <https://doi.org/10.29303/jp.v8i2.119>

Yulita, E. 2015. Substitusi *Chlorella vulgaris* hasil isolasi dari limbah cair industri karet sebagai pakan ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 26(2), 133-140.