

**APLIKASI KOMBINASI PUPUK SP 36 DAN UREA PADA KULTUR
Spirulina sp. DAN *Spirulina platensis* SKALA SEMI MASSAL**

SKRIPSI

Oleh

**KOMALA SOLEHATI
NPM 2114111011**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**APLIKASI KOMBINASI PUPUK SP 36 DAN UREA PADA KULTUR
Spirulina sp. DAN *Spirulina platensis* SKALA SEMI MASSAL**

Oleh

KOMALA SOLEHATI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

APLIKASI KOMBINASI PUPUK SP 36 DAN UREA PADA KULTUR *Spirulina* sp. DAN *Spirulina platensis* SKALA SEMI MASSAL

Oleh

KOMALA SOLEHATI

Spirulina sp. dan *Spirulina platensis* merupakan mikroalga bernilai ekonomis tinggi dengan kandungan nutrisi lengkap, sehingga banyak dimanfaatkan dalam akuakultur dan produk kesehatan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* yang dikultur skala semi massal menggunakan kombinasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis berbeda. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua kelompok. Kelompok pertama adalah *Spirulina* sp (P1), dan kelompok dua *Spirulina platensis* (P2). Perlakuan dosis pupuk (N), terdiri dari empat taraf yaitu, conway 1 mL/L (N1), SP 36 +Urea 1 mL/L (N2), SP 36 +Urea 2 mL/L (N3), dan SP36 + Urea 3 mL/L (N4). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 24 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi kepadatan populasi, laju pertumbuhan populasi, puncak populasi kandungan nutrisi, serta kualitas air. Hasil statistik puncak populasi *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* menunjukkan dosis pupuk yang berbeda berpengaruh nyata terhadap semua perlakuan. Perlakuan terbaik ditunjukkan oleh P1N3 yang tercapai pada jam ke- 78 dengan kepadatan puncak populasi $30,54 \times 10^6$ sel/mL (*Spirulina* sp.) dan P2N3 yang tercapai di jam ke- 96 dengan kepadatan $27,39 \times 10^6$ sel/mL (*Spirulina platensis*), laju pertumbuhan terbaik ada pada perlakuan N3 dengan laju pertumbuhan *Spirulina* sp. (2,87 sel/6jam) dan (2,77 sel/6jam) untuk *Spirulina platensis*. Kandungan nutrisi dengan dosis SP 36+Urea 2 mL/L pada *Spirulina* menunjukkan bahwa *Spirulina* sp. unggul dalam kandungan protein dan mineral, sedangkan *Spirulina platensis* lebih tinggi pada kandungan karbohidrat, kualitas air selama kultur berada pada kisaran optimal.

Kata Kunci: Kandungan Nutrisi, *Spirulina* sp., *Spirulina platensis*, SP 36, Urea

ABSTRACT

APPLICATION OF COMBINED SP 36 AND UREA FERTILIZERS ON SEMI-MASS CULTURE OF *Spirulina* sp. AND *Spirulina platensis*

By

KOMALA SOLEHATI

Spirulina sp. and *Spirulina platensis* are microalgae with high economic value and complete nutritional composition, making them widely utilized in aquaculture and health-related products. This study aimed to evaluate growth and nutritional composition of *Spirulina* sp. and *Spirulina platensis* cultured at a semi-mass scale using different doses of SP-36 and urea fertilizer combinations. The experiment was arranged in a randomized block design (RBD) with two groups: the first group was *Spirulina* sp. (P1) and the second group was *Spirulina platensis* (P2). Fertilizer dosage treatments (N) consisted of four levels, namely Conway medium 1 mL/L (N1), SP 36 + urea 1 mL/L (N2), SP 36 + urea 2 mL/L (N3), and SP 36 + urea 3 mL/L (N4). Each treatment combination was replicated three times, resulting in a total of 24 experimental units. Observed parameters included population density, population growth rate, peak population, nutritional content, and water quality. Statistical analysis of peak population density of *Spirulina* sp. and *Spirulina platensis* indicated that different fertilizer dosages had a significant effect on all treatments. The best performance was observed in treatment P1N3, which reached peak population at 78 hours with a density of 30.54×10^6 cells/mL (*Spirulina* sp.), and in treatment P2N3, which reached peak population at 96 hours with a density of 27.39×10^6 cells/mL (*Spirulina platensis*). The highest growth rates were also recorded in treatment N3, with growth rates of 2.87 cells/6 hours for *Spirulina* sp. and 2.77 cells/6 hours for *Spirulina platensis*. Nutritional analysis at the SP 36 + urea dose of 2 mL/L showed that *Spirulina* sp. had higher protein and mineral contents, whereas *Spirulina platensis* exhibited higher carbohydrate content. Water quality parameters during the culture period remained within optimal ranges.

Keywords: Nutrient Content, *Spirulina platensis*, *Spirulina* sp., SP 36, Urea.

Judul skripsi

: APLIKASI KOMBINASI PUPUK SP 36 DAN
UREA PADA KUTUR *Spirulina* sp. DAN
Spirulina platensis SKALA SEMI MASSAL

Nama

: **Komala Solehati**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114111011

Program Studi

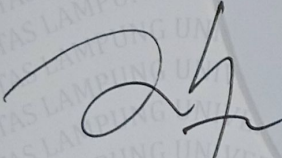
: Budidaya Perairan

Fakultas

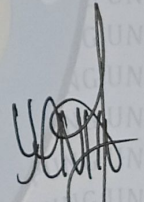
: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

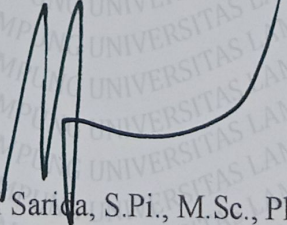

Ir. Siti Hudaiah, M.Sc.

NIP. 196402151996032001


Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si.

NIP. 199003182019032026

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

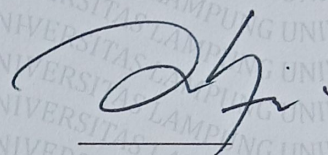

Muntir Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

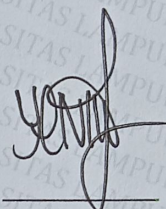
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

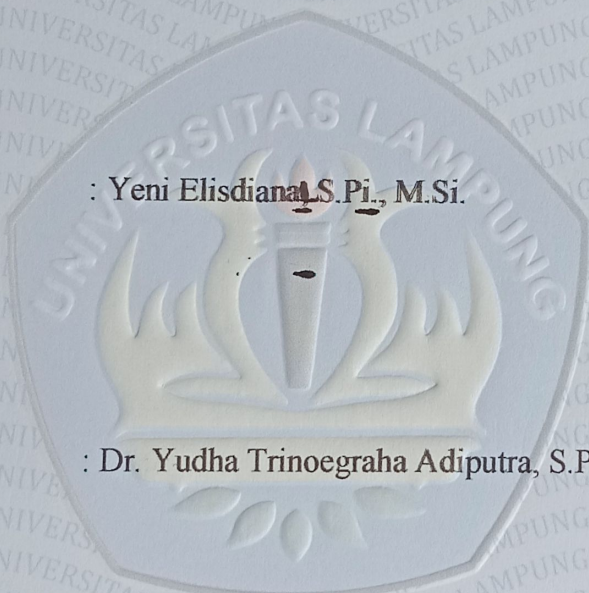
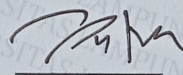
Ketua : Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.



Sekretaris : Yeni Elisdiana S.Pi., M.Si.



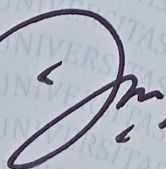
Penguji : Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi: 10 Desember 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul “**Aplikasi Kombinasi Pupuk SP 36 dan Urea pada Kultur *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* Skala Semi Massal**” tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 12 Februari 2026

Yang membuat pernyataan



Komala Solehati
NPM. 2114111011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Gaya Baru 7, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung, pada tanggal 26 September 2002 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Manuri dan Ibu Mislihatun. Penulis menempuh pendidikan formal dari TK Aisyiyah Bustanul Athfal Gaya Baru 7, Seputih Surabaya, Lampung Tengah, Lampung pada 2007-2009, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Gaya Baru 7 pada 2009-2015, SMPN 1 Seputih Surabaya pada tahun 2015-2018, dan SMAN 1 Seputih Surabaya pada 2018 – 2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang sarjana-1 (S1) sebagai mahasiswi Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2021. Penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (HIMAPIK) sebagai sekretaris Bidang Kewirausahaan.

Penulis memiliki pengalaman sebagai asisten dosen mata kuliah Teknologi Produksi Pakan Hidup tahun akademik 2024/2025, juga memiliki pengalaman magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung pada tahun 2023. Penulis juga mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Beringin Jaya, Kecamatan Rebang Tangkas, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Februari- Maret 2024, dan juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Instalasi Riset Plasma Nutrif Perikanan Air Tawar (IRPNPAT), Kecamatan Cijeruk, Bogor, Jawa Barat. Penulis juga melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tugas akhir dalam bentuk skripsi pada tahun 2025 dengan judul “Aplikasi Kombinasi Pupuk SP 36 dan Urea pada Kultur *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* Skala Semi Massal”.

Untuk orang tua tercinta, Bapak Manuri dan Ibu Mislihatun (Alm) yang telah melahirkanku serta Ibu Marsini yang telah menjadi ibu sambung yang senantiasa selalu mendoakan yang terbaik, dan terimakasih untuk kakak serta adik- adikku yang senantiasa memberikan doa dan dukungannya kepada penulis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Aplikasi Kombinasi Pupuk SP 36, dan Urea pada Kultur Spirulina sp. dan Spirulina platensis Skala Semi Massal*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Universitas Lampung;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Koordinator Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan;
4. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama;
5. Yeni Elisdiana, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
6. Dr. Yudha Trinoegraha Adiputra, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama;
7. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
8. Kedua orang tua saya, Bapak Manuri dan ibu Marsini;
9. Saudara tercinta, Yuni Eka Putri, Nur Huda, Nabila Safira Putri, Kaysa Farhana.

Bandar Lampung, 20 Februari 2026

Penulis,

Komala Solehati

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	v
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Kerangka Pikir	4
1.5 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Klasifikasi dan Morfologi <i>Spirulina</i> sp.	10
2.2 Klasifikasi dan Morfologi <i>Spirulina platensis</i>	11
2.3 Reproduksi dan Pertumbuhan <i>Spirulina</i>	11
2.4 Pupuk SP 36	14
2.5 Pupuk Urea	14
2.6 Pupuk Conway	15
2.7 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kultur <i>Spirulina</i>	15
2.8 Kandungan Nutrisi	17
2.9 Teknologi Kultur <i>Spirulina</i>	18
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.1.1 Waktu	21
3.1.2 Tempat	21

3.2 Bahan dan Alat.....	21
3.2.1 Bahan	21
3.2.2 Alat.....	22
3.3 Rancangan Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Persiapan Wadah dan Air.....	24
3.4.2 Kultur <i>Spirulina</i> sp dan <i>Spirulina platensis</i>	25
3.4.3 Pengambilan Data	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil	28
4.1.1 Kepadatan Populasi <i>Spirulina</i> sp., dan <i>Spirulina platensis</i>	28
4.1.2 Statistik Puncak Populasi <i>Spirulina</i> sp., dan <i>Spirulina platensis</i>	28
4.1.3 Laju Pertumbuhan Populasi <i>Spirulina</i> sp., dan <i>Spirulina platensis</i>	32
4.1.4 Kandungan Nutrisi	34
4.1.5 Kualitas Air.....	34
4.2 Pembahasan.....	36
V. SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Simpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan penelitian	21
2. Alat penelitian	22
3. Rancangan percobaan.....	23
4. Kandungan proksimat <i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i>	34
5. Kualitas air <i>Spirulina</i> sp.....	35
6. Kualitas air <i>Spirulina platensis</i>	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.....	6
2. Gambar <i>Spirulina</i> sp.....	10
3. Gambar <i>Spirulina platensis</i>	11
4. Fase pertumbuhan <i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i>	13
5. Susunan penempatan wadah penelitian.....	24
6. Pertumbuhan kepadatan populasi <i>Spirulina</i> sp selama masa kultur pada berbagai perlakuan.	28
7. Pertumbuhan kepadatan populasi <i>Spirulina platensis</i> selama masa kultur pada berbagai perlakuan	29
8. Puncak populasi <i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i>	30
9. Rata-rata puncak populasi <i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i>	31
10. Laju pertumbuhan populasi <i>Spirulina</i> sp selama masa kultur pada berbagai perlakuan.	32
11. Laju pertumbuhan populasi <i>Spirulina platensis</i> selama masa kultur pada berbagai perlakuan	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Puncak pengamatan populasi <i>Spirulina</i> sp dan <i>Spirulina platensis</i>	53
2. Hasil analisa proksimat pada <i>Spirulina</i> sp., dan <i>Spirulina platensis</i>	55
3. Dokumentasi penelitian.....	56
4. Perhitungan dosis pupuk	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Spirulina sp. dan *Spirulina platensis* merupakan mikroalga hijau-biru dari genus Cyanobacteria yang memiliki kandungan nutrisi tinggi serta potensi biomassa yang besar, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pakan alami dalam kegiatan akuakultur (Christwardana, 2013). *Spirulina* berperan sebagai pakan alami terutama pada fase awal kehidupan ikan yang membutuhkan pakan berukuran kecil, mudah dicerna, dan kaya nutrisi (Christiani et al., 2013). *Spirulina* mengandung berbagai senyawa bioaktif, termasuk pigmen, antioksidan, dan enzim–enzim pencernaan alami yang bermanfaat bagi efisiensi metabolisme dan daya cerna larva ikan (Aryono et al., 2022). Hal ini menjadikan *Spirulina* sebagai pakan alami yang memegang peran belum dapat digantikan oleh pakan buatan, karena mengandung enzim yang membantu proses pencernaan serta nutrisi yang mendukung pertumbuhan optimal ikan (Muliani et al., 2018). Kandungan nutrisi *Spirulina* terdiri dari protein 60-70%, lemak 8%, karbohidrat 16%, serta pigmen seperti klorofil- α 1,6%, fikosianin 18%, β -karoten 17%, dan γ -linolenat (20-30% dari total asam lemak) selain itu, juga mengandung vitamin seperti A, B1, B2, B5, B6, B12, D, E, dan K (Fakhri et al., 2020).

Tingginya nilai gizi *Spirulina* ini menjadikannya sangat diminati di pasar global, terutama dalam bentuk tepung, yang digunakan sebagai bahan baku pakan ikan, suplemen kesehatan, dan industri lainnya (Thevarajah et al., 2022). *Spirulina* banyak digunakan sebagai pakan alami dalam akuakultur, terutama untuk ikan, udang dan moluska karena kandungan nutrisinya yang lengkap dan mudah dicerna

(Cahya et al., 2020). Penelitian oleh Abdo et al. (2024), menunjukkan bahwa suplementasi *Spirulina* dalam pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mampu meningkatkan pertumbuhan, imunitas, dan kualitas fisiologis. Rouf et al. (2025), menyatakan bahwa pemberian tepung *Spirulina platensis* pada pakan dapat meningkatkan kecerahan ikan mas koki.

Pengembangan kultur *Spirulina* masih terkendala biaya produksi yang relatif tinggi karena penggunaan pupuk atau media kultur komersial yang harganya mahal, sehingga menjadi hambatan bagi masyarakat maupun pembudidaya yang ingin melakukan kultur. Salah satu strategi untuk menekan biaya produksi adalah dengan memanfaatkan pupuk anorganik yang lebih mudah didapatkan dan relatif murah seperti urea dan SP 36. Urea mengandung nitrogen yang berperan penting dalam sintesis protein, perkembangan sel, dan fotosintesis yang mempengaruhi produksi biomassa *Spirulina* (Mutia et al., 2021). Sementara itu, SP 36 menyediakan fosfor yang dibutuhkan dalam pembentukan energi dalam pertumbuhan sel (Nurazizah et al., 2020).

Spirulina dapat dikembangkan dengan cara dikultur baik skala laboratorium, skala semi massal dan massal (Andreas et al., 2014). Dalam penelitian ini kultur *Spirulina* dilakukan menggunakan skala semi massal, karena memiliki keunggulan yaitu biaya yang lebih efisien, kemudahan pengontrolan lingkungan, serta fleksibilitas dalam penggunaan sumber nutrisi alternatif seperti pupuk anorganik (Jubaedah et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Sasmita & Pratiwi (2023), menunjukkan bahwa kultur *Spirulina* pada skala semi massal dapat mencapai produktivitas tinggi dengan memanfaatkan pupuk murah, sehingga cocok diterapkan oleh pembudidaya kecil dan menengah.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik seperti urea dan TSP dapat mendukung pertumbuhan *Spirulina*. Penelitian oleh Arifin et al. (2023), menunjukkan bahwa penggunaan urea dengan dosis 0,4 g/L sebagai sumber nitrogen berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Spirulina platensis*. Cahya et al. (2020), menjelaskan bahwa kombinasi pupuk urea, pupuk NPK, dan pupuk TSP dengan dosis tertentu berpengaruh nyata terhadap kepadatan, puncak populasi dan laju pertumbuhan harian *Spirulina* sp. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih dilakukan

dalam skala laboratorium dengan volume kultur kecil. Hal ini menyebabkan hasil yang diperoleh belum sepenuhnya menggambarkan kondisi produksi yang biasa dilakukan oleh pembudidaya, khususnya pada skala semi massal.

Selain itu, saat ini masih belum banyak penelitian yang melakukan perbandingan langsung antara kombinasi pupuk SP 36 dan urea dengan media Conway sebagai kontrol standar, khususnya pada dua jenis *Spirulina* secara bersamaan, yaitu *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*. Sedangkan kedua spesies tersebut memiliki karakteristik pertumbuhan yang berbeda, sehingga penggunaan sumber nutrisi alternatif perlu di ujikan. Penelitian mengenai efek kombinasi pupuk anorganik pada skala semi massal, dan yang mengkaji kandungan nutrisi biomassa setelah panen, seperti protein, karbohidrat, air, abu, dan lemak masih terbatas (Rahmawati et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian mengenai aplikasi kombinasi pupuk SP 36 dan urea pada kultur *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* skala semi massal penting untuk dilakukan. Dengan harapan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metode kultur *Spirulina* yang lebih efisien, terjangkau dan aplikatif bagi pembudidaya.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk yaitu ;

1. Mengevaluasi pertumbuhan *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* yang dikultur skala semi massal menggunakan kombinasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis berbeda.
2. Mengevaluasi kandungan nutrisi pada *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* yang dikultur skala semi massal menggunakan kombinasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis berbeda.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan alternatif penggunaan pupuk sederhana sebagai nutrisi kultur *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis* sehingga dapat menekan biaya produksi pada kultur skala semi massal.

2. Menyediakan informasi ilmiah mengenai dosis pupuk yang sesuai untuk pertumbuhan *Spirulina* kultur skala semi massal.

1.4 Kerangka Pikir

Pakan merupakan faktor penting dalam budi daya perikanan karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, kesehatan, dan kelangsungan hidup ikan. Pakan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pakan alami dan pakan buatan. Pakan alami, seperti *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*, memiliki peran penting dalam budi daya perikanan karena kaya akan nutrisi seperti protein, vitamin, dan asam lemak esensial yang dibutuhkan oleh benih ikan. Namun, ketersediaan pakan alami di alam seringkali terbatas, sehingga diperlukan upaya kultur dan pengembangannya.

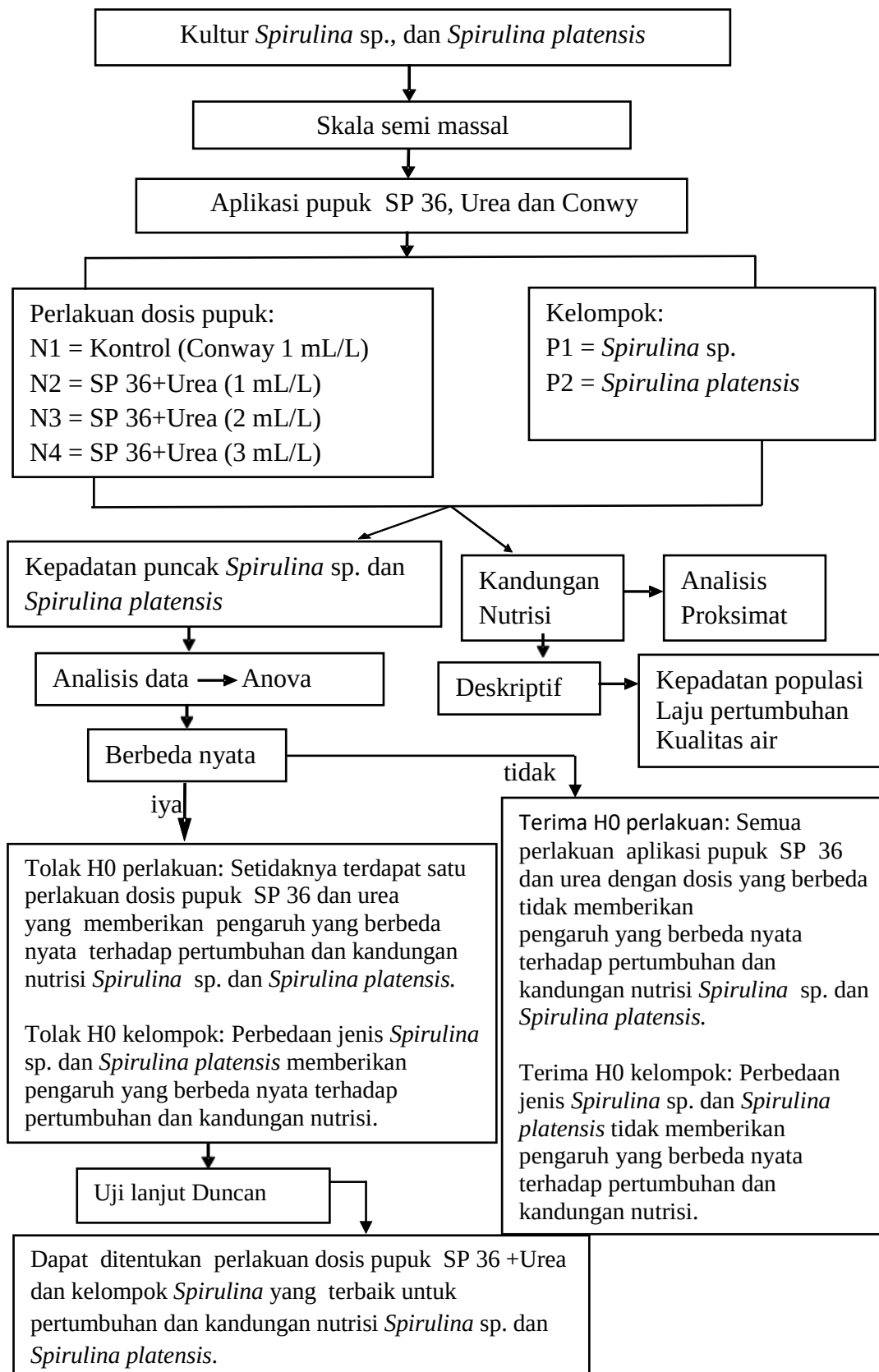
Menurut Tahe & Suwoyo (2010), kultur pakan alami seperti *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dapat dilakukan dengan memberikan sumber nutrisi berupa pupuk anorganik seperti SP 36 dan urea untuk mendukung pertumbuhannya. Nutrien ini berperan dalam menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroalga tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian pupuk SP 36 dan urea pada media kultur terhadap pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

Selain sebagai pakan alami, *Spirulina* juga memiliki potensi sebagai bahan baku dalam pakan buatan. *Spirulina* dapat diolah menjadi tepung yang kemudian dapat dicampurkan ke dalam formulasi pakan buatan. Kandungan protein tinggi yang ada pada *Spirulina* yaitu (50-70%) menjadikannya bahan baku bernilai gizi tinggi. *Spirulina* juga dapat berperan menjadi *feed additive* (bahan tambahan pakan) karena mengandung senyawa bioaktif seperti antioksidan, asam lemak esensial dan pigmen alami yang bermanfaat untuk meningkatkan pertumbuhan, imunitas dan warna alami ikan.

Analisis kandungan nutrisi pada *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas hasil kultur yang dihasilkan dari perlakuan dosis pupuk yang berbeda. Kandungan unsur hara dalam media kultur dapat mempengaruhi jalur metabolisme dalam sel *Spirulina*. Nitrogen berperan dalam pembentukan protein dan pigmen fotosintetik, sedangkan fosfor mempengaruhi meta-

bolisme energi, sintesis lipid, dan pertumbuhan sel (Fathi, 2022). Oleh karena itu, analisis kandungan nutrisi seperti protein, lemak, dan karbohidrat penting dilakukan untuk memastikan bahwa penggunaan pupuk anorganik tidak hanya meningkatkan jumlah sel, tetapi juga mempertahankan atau meningkatkan nilai gizi hasil kultur.

Dengan demikian, pemberian pupuk anorganik seperti SP 36 dan urea pada media kultur memiliki hubungan erat dengan kandungan nutrisi *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*. Kombinasi dosis pupuk yang tepat diharapkan dapat menghasilkan pertumbuhan optimal sekaligus meningkatkan kandungan protein dan komponen bioaktif lainnya. Kerangka pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

a. Kepadatan populasi sel

Hipotesis perlakuan

- $H_0: \tau_i = 0$: Semua perlakuan aplikasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan populasi sel *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.
- $H_1: \tau_i \neq 0$: Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis pupuk SP 36 dan urea yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan populasi sel *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

Hipotesis kelompok

- $H_0: \beta_j = 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan populasi sel.
- $H_1: \beta_j \neq 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan populasi sel.

b. Laju pertumbuhan sel

Hipotesis perlakuan

- $H_0: \tau_i = 0$: Semua perlakuan aplikasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.
- $H_1: \tau_i \neq 0$: Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis pupuk SP 36 dan urea yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

Hipotesis kelompok

- $H_0: \beta_j = 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan sel.
- $H_1: \beta_j \neq 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan sel.

c. Kepadatan Puncak

Hipotesis perlakuan

- $H_0: \tau_i = 0$: Semua perlakuan aplikasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan puncak *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.
- $H_1: \tau_i \neq 0$: Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis pupuk SP 36 dan urea yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan puncak *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

Hipotesis kelompok

- $H_0: \beta_j = 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan puncak.
- $H_1: \beta_j \neq 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kepadatan puncak.

d. Kandungan Nutrisi

Hipotesis perlakuan

- $H_0: \tau_i = 0$: Semua perlakuan aplikasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis yang berbeda tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kandungan nutrisi *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

$H1: \tau_i \neq 0$: Setidaknya terdapat satu perlakuan dosis pupuk SP 36 dan urea yang memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kandungan nutrisi *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*.

Hipotesis kelompok

$H0: \beta_j = 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* tidak memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kandungan nutrisi.

$H1: \beta_j \neq 0$: Perbedaan jenis *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap kandungan nutrisi.

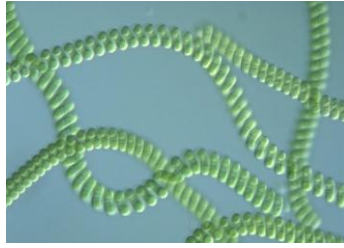
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi *Spirulina* sp.

Klasifikasi *Spirulina* sp. menurut Bold & Wyne (1985), adalah sebagai berikut:

Kindom	: Protista
Divisi	: Cyanophyta
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Famili	: Oscilatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Spesies	: <i>Spirulina</i> sp.

Spirulina sp., adalah mikroorganisme autotrof berwarna hijau kebiruan yang membentuk koloni filamen spiral (heliks) yang memutar ke kiri dan trikom multiseluler, sering disebut alga hijau-biru berfilamen. Cifferi (1983), menyatakan bahwa *Spirulina* sp. memiliki ukuran yang berbeda, ukuran kecil memiliki diameter 1-3 μm , sementara yang lebih besar memiliki diameter 3-12 μm . Ukuran ini tidak akan tetap jika lingkungan tidak sesuai dengan habitat aslinya. Struktur spiral *Spirulina* sp., hanya dapat dipertahankan di medium cair, sedangkan di media padat, strukturnya akan memendek tergantung kadar air di permukaan. Morfologi *Spirulina* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.



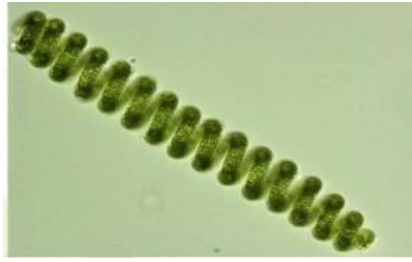
Gambar 2. *Spirulina* sp.
Sumber: Casandra (2016).

2.2 Klasifikasi dan Morfologi *Spirulina platensis*

Klasifikasi *Spirulina platensis* menurut Bold & Wyne (1985), adalah sebagai berikut:

Kindom	: Protista
Divisi	: Cyanophyta
Kelas	: Cyanophyceae
Ordo	: Nostocales
Famili	: Oscillatoriaceae
Genus	: <i>Spirulina</i>
Spesies	: <i>Spirulina platensis</i>

Morfologi dari *Spirulina platensis* adalah memiliki bentuk menyerupai benang terdiri dari rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis, berdiameter 1-12 μm . Filamen *Spirulina platensis* dapat bergerak bebas dan berwarna hijau tua yang berasal dari klorofil dalam jumlah tinggi. Sel *Spirulina platensis* berukuran relatif besar yaitu 110 μm , sehingga dalam proses pemanenan dengan menggunakan kertas saring lebih mudah (Kabinawa, 2006). Morfologi *Spirulina platensis* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Spirulina platensis*.

Sumber: Borowitzka (2018).

2.3 Reproduksi dan Pertumbuhan *Spirulina*

Siklus hidup *Spirulina* sp. yaitu proses reproduksinya disempurnakan dengan fragmentasi dari trikoma yang telah dewasa. Reproduksi *Spirulina* sp. terjadi secara aseksual (pembelahan sel) yaitu dengan memutus filamen menjadi satuan-satuan sel yang membentuk filamen baru. Proses reproduksi *Spirulina* sp., terdiri dari tiga tahap yaitu proses fragmentasi trikoma, pembesaran dan pematangan sel hormogonia, serta perpanjangan trikoma. Selanjutnya trikoma dewasa dapat dibagi menjadi filamen atau hormogonia dan sel-sel di hormogonia akan meningkat melalui pembelahan biner, tumbuh memanjang dan membentuk spiral (Hongmei, 2008).

Siklus reproduksi mikroalga tersebut berlangsung melalui pembentukan hormogonium yang dimulai ketika salah satu atau beberapa sel yang terdapat ditengah-tengah trikoma yang mengalami kematian dan membentuk badan yang disebut cakram pemisah berbentuk bikonkaf. Sel-sel mati yang disebut nekrida tersebut akan putus dengan segera, kemudian trikoma terfragmentasi menjadi koloni sel yang terdiri atas 2-4 sel yang disebut hormogonia dan memisahkan diri dari filamen induk untuk menjadi trikoma baru. Hormogonia memperbanyak sel dengan pembelahan pada sel terminal. Tahap akhir proses pendewasaan sel ditandai terbentuknya granula pada sitoplasma dan perubahan warna sel menjadi hijau kebiruan (Ciferri, 1983).

Pola pertumbuhan mikroalga berbentuk kurva sigmoid dengan 4 fase yaitu fase lag, eksponensial, stasioner dan kematian. Berikut adalah fase-fase pertumbuhan pada mikroalga:

1. Fase Lag

Fase lag atau biasa disebut sebagai fase adaptasi terjadi selama 1 hari setelah penambahan inokulan kedalam media penelitian. Fase lag merupakan fase ketika kepadatan sel tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel pada fase ini meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa *Spirulina* yang dikultur pada media pupuk mampu beradaptasi dengan baik dan mampu memanfaatkan nutrisi yang terkandung dalam pupuk untuk membelah diri dengan cepat (Leksono et al., 2017).

2. Fase Eksponensial

Fase eksponensial merupakan fase pertumbuhan yang terjadi peningkatan jumlah sel secara cepat. Diawali dengan terjadinya pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang terjadi secara terus menerus. Fase eksponensial ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan sehingga kepadatan *Spirulina* meningkat. Fase eksponensial terjadi pada hari ke-2 sampai dengan hari ke-7 jumlah *Spirulina* mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena media tempat pertumbuhan *Spirulina* kaya akan nutrisi yang sangat diperlukan (Pamukas, 2011).

3. Fase Stasioner

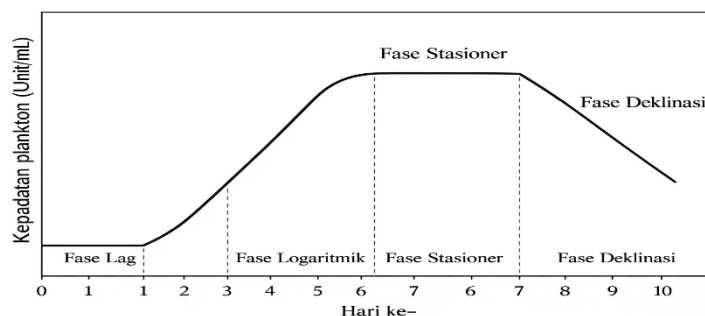
Fase stasioner merupakan fase dimana laju pertumbuhan *Spirulina* sudah mulai menurun. Pada fase ini kelimpahan *Spirulina* mencapai puncak populasi. Fase ini terjadi pada hari ke-7 sampai dengan hari ke-8. Hal ini disebabkan karena jumlah nutrisi dalam media sudah semakin berkurang, tetapi *Spirulina* masih dapat membelah tetapi jumlah tidak sebanyak pada fase eksponensial (Pamukas, 2011).

4. Fase Kematian

Fase kematian merupakan fase ketika terjadi penurunan jumlah atau kepadatan mikroalga. Menurunnya kepadatan *Spirulina* disebabkan karena padatnya sel *Spirulina* yang menyebabkan persaingan untuk memanfaatkan nutrisi sehingga berkurangnya kandungan nutrisi yang terkandung dalam media kultur. Sesuai dengan pernyataan Pamukas (2011), penurunan pertumbuhan dapat disebabkan oleh (1) Berkurangnya nutrisi dalam media, (2) Berkurangnya intensitas

cahaya karena penaungan sendiri, (3) Kompetisi yang semakin besar dalam mendapatkan nutrisi, ruang hidup dan cahaya.

Pola pertumbuhan mikroalga (Edhy et al., 2003) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fase pertumbuhan *Spirulina* sp., dan *Spirulina platensis*.

Sumber: Edhy et al. (2003).

2. 4 Pupuk SP 36

Pupuk Sp 36 termasuk jenis pupuk super fosfat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), yang merupakan pupuk anorganik dengan kandungan fosfor sebanyak 36% (Oktaviani, 2020). Fosfor sebagai penyusun asam nukleat dapat diberikan dalam bentuk KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 dan Ca_3PO_4 . Pupuk SP 36 ini biasa digunakan sebagai makro-nutrien untuk mendukung pertumbuhan mikroalga (Fathurohman et al., 2022). Pupuk SP 36 juga efektif dalam meningkatkan ketersediaan fosfor dalam media (Fauzan et al., 2021). Fosfor memiliki peran penting dalam pertumbuhan alga, produksi lipid, hasil asam lemak dan proses metabolisme seperti transfer energi, transduksi sinyal dan fotosintesis (Yang et al., 2018). Fosfor dalam sel mikroalga berperan membantu proses pembelahan sel dan menjaga populasi mikroalga. Pada proses metabolisme mikroalga, fosfor dibutuhkan dalam bentuk fosfat anorganik untuk sintesis molekul seperti DNA, RNA, membrane sel, dan komponen lainnya (Maizatul et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Wijaya & Prabaningtyas (2024), menunjukkan bahwa penambahan pupuk SP 36 berpengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan populasi mikroalga sel mikroalga *Chlorella*

vilgaris, sehingga SP 36 berperan penting dalam mempercepat proses metabolisme dan pembelahan sel mikroalga.

2.5 Pupuk Urea

Pupuk urea adalah pupuk yang berbentuk butiran kristal berwarna putih dengan rumus kimia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Pupuk urea mudah larut dalam air dan bersifat higroskopis (Lingga & Marsono, 2013). Unsur N dalam pupuk urea dimanfaatkan oleh tanaman sebagai makro nutrisi penyusun asam amino dan merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman dan fitoplankton selain dari unsur P dan K. Kandungan nitrogen urea sebesar 46% (Ribeiro et al., 2020). Pupuk urea sudah memiliki unsur nitrogen yang langsung tersedia dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Nitrogen sebagai penyusun utama protein dapat diberikan dalam bentuk KNO_3 , NaNO_3 , NH_4Cl dan $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Pupuk urea memiliki kelebihan yaitu cepat tersedia dan terserap oleh tanaman. Kekurangan yang dimiliki pupuk urea yaitu cepat hilang yang disebabkan oleh penguapan dan pencucian (Putra et al., 2015). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Arifin et al. (2023), menunjukkan bahwa penggunaan urea sebagai sumber nitrogen berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Spirulina platensis*, sehingga urea dapat digunakan sebagai sumber nitrogen alternatif pada kultivasi *Spirulina platensis*.

2.6 Pupuk Conway

Pupuk Conway adalah jenis pupuk yang mengandung unsur nutrisi baik makronutrien maupun mikronutrien yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan *Spirulina*. Kandungan bahan kimia yang terdapat pada pupuk Conway meliputi: $\text{NaNO}_3 = 100 \text{ g}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 20 \text{ g}$, $\text{EDTA} = 45 \text{ g}$, $\text{H}_3\text{BO}_3 = 33,6 \text{ g}$, $\text{FeCl}_3 = 1,5 \text{ g}$, dan $\text{MnCl}_2 = 0,5 \text{ g}$ yang berguna dalam pemenuhan kebutuhan nutrisi pada pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*. Nurazizah et al. (2020), menyatakan bahwa pupuk Conway mengandung unsur nitrogen yang berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan thalus. Hasil penelitian Coelho et al. (2012), menyatakan bahwa kultivasi mikroalga *Tetraselmis tetrathele* dalam media kultur

conway memberikan hasil terbaik untuk pertumbuhan sel dengan fase eksponensial yang jelas.

2.7 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Kultur *Spirulina*

Dalam kegiatan kultur mikroalga, keberhasilan kultur sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti:

1. Suhu

Suhu merupakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan suatu mikroorganisme. Secara umum laju pertumbuhan meningkat dipengaruhi oleh suhu yang meningkat, sehingga suhu dapat menekan kehidupan hewan budi daya dan bahkan menyebabkan kematian apabila peningkatan suhu naik secara drastis. Suhu berperan dalam mengatur proses metabolisme organisme dalam perairan. Suhu merupakan faktor yang menentukan pertumbuhan mikroalga. *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* termasuk ke dalam mikroalga mesofilik, yang dapat tumbuh pada suhu 20-40°C dengan suhu optimum pertumbuhannya yaitu 20-30°C (Hariyati, 2008).

2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*. Derajat keasaman berpengaruh aktif dalam proses enzimatik dimana kenaikan atau penurunan pH dapat menyebabkan kegiatan enzimatik pada sel terganggu. Perubahan pH dapat mengembalikan reaksi enzim dan mengubah hasil akhir kembali menjadi substrat. pH yang optimal untuk pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* *Spirulina platensis* yaitu 7,9-8,5 (Hariyati, 2008).

3. Salinitas

Faktor lingkungan menentukan kandungan pigmen dalam sel. Salinitas sangat penting karena berpengaruh terhadap produktivitas dan daya adaptasi mikroalga pada lingkungannya. Menurut Adenan et al. (2013), salinitas merupa-

kan faktor yang penting dalam pembentukan pigmen, produksi biomassa dan pertumbuhan sel. Pembentukan klorofil dapat dipengaruhi oleh salinitas, cahaya dan suhu. Salinitas yang berubah akan menyebabkan perubahan osmotik pada sel mikroalga (Adi et al., 2015). *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dapat hidup pada salinitas optimal yaitu 15-20 ppt (Hariyati, 2008).

4. Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) merupakan salah satu variabel kualitas air yang sangat penting dalam keberlangsungan hidup mikroorganisme. Kebutuhan oksigen terlarut sering digunakan untuk kegiatan metabolisme tubuh, termasuk fitoplankton (Kordi, 2012). Jumlah oksigen terlarut dalam wadah kultur dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya seperti penggunaan aerator, konsistensi cahaya sebagai kebutuhan untuk proses fotosintesis, serta jumlah karbon yang ada pada wadah kultur tersebut. Nilai optimum kadar oksigen terlarut pada media kultur mikroalga sebesar 4,02-9,40 mg/L (Mustofa & Utjo, 2016). Kegiatan pengukuran DO pada kultur fitoplankton dilakukan pada pagi hari untuk mengetahui jumlah oksigen terlarut pada media kultur tersebut.

5. Intensitas Cahaya

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh dalam budi daya mikroalga, karena cahaya merupakan bagian yang sangat penting dalam pigmen fotosintetik yang menyediakan energi bagi kehidupan mikroalga. Kekurangan cahaya dapat mengakibatkan proses fotosintesis tidak berlangsung normal sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina*. Ekawati (2005), mengatakan bahwa cahaya merupakan sumber energi pada proses fotosintesis, oleh karena itu intensitas, kualitas dan periode penyinaran perlu diperhatikan.

6. Nutrien

Mikroalga dalam pertumbuhannya membutuhkan unsur hara mikro seperti Fe, Mg, Mn, Zn, dan Cu untuk reaksi fotosintesis dan metabolisme. Nutrien seperti nitrogen, fosfor, dan karbon merupakan elemen utama penyusun biomassa.

Nitrogen dibutuhkan untuk sintesis protein dan pigmen fikosianin, sedangkan fosfor berperan dalam proses energi seluler. Kekurangan nutrisi menyebabkan penurunan laju pertumbuhan dan perubahan komposisi biokimia, misalnya peningkatan kadar karbohidrat ketika nitrogen terbatas (Becker, 2013).

2.8 Kandungan Nutrisi

Kandungan nutrisi adalah berbagai jenis zat gizi yang terkandung dalam suatu bahan. Kandungan nutrisi meliputi kadar protein, karbohidrat, lemak, kadar abu dan juga kadar air.

1. Protein

Protein merupakan komponen utama penyusun dalam tubuh mikroalga. Christwardana et al. (2013), menyatakan bahwa *Spirulina platensis* mengandung protein tinggi sekitar 55-70% yang mengandung asam amino esensial, metionin (1,3-2,75 %), sistin (0,5-0,7 %), triptofan (1-1,95 %), dan lisin (2,6-4,63 %). Protein memiliki peranan penting di dalam tubuh, diantaranya untuk proses pembentukan sel-sel baru sehingga dapat memperbaiki jaringan tubuh yang rusak. Kandungan protein pada *Spirulina* cukup lengkap karena terdapat semua asam amino esensial yang merupakan 47% dari total berat protein (Marrez et al., 2014).

2. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan zat pati atau zat tepung atau zat gula yang tersusun dari unsur Karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Karbohidrat pada *spirulina* berfungsi sebagai sumber energi utama (Almatsier, 2011). Karbohidrat juga merupakan komponen kimia yang terbentuk selama proses pertumbuhan mikroalga *spirulina*, kandungan karbohidrat dalam *Spirulina* yaitu 16%.

3. Lemak

Lemak merupakan molekul yang terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) seperti halnya karbohidrat. Lemak merupakan simpanan sumber zat gizi esensial. Kandungan lemak di dalam *Spirulina* yaitu 8%, dari

kandungan lemak yang tersedia lemak dapat berperan sebagai sumber energi dalam bahan pangan (Almatsier, 2011). Lemak sebagai sumber energi yang dapat menyediakan energi sekitar 2,25 kali lebih banyak daripada yang diberikan karbohidrat, protein.

2.9 Teknologi Kultur *Spirulina*

Mikroalga *Spirulina* dapat dikultur pada berbagai skala sesuai dengan tujuan penelitian maupun produksi. Teknologi kultur terbagi menjadi 3 skala yaitu skala laboratorium, skala semi massal, dan skala massal.

1. Skala Laboratorium

Kultur *Spirulina* pada skala laboratorium merupakan tahap dasar dalam penelitian mikroalga yang bertujuan untuk memahami laju pertumbuhan, respon terhadap nutrisi, kualitas air, dan komposisi biomassa. Menurut Wibowo et al. (2024), kultur *Spirulina* skala laboratorium dengan menggunakan wadah kecil dan lingkungan yang terkontrol memungkinkan optimasi media dan respon pertumbuhan *Spirulina*. Pada skala laboratorium penggunaan media seperti conway, walne, maupun pupuk anorganik sering diuji untuk membandingkan efektivitas nutrisi terhadap pertumbuhan dan kandungan biomassa. Penelitian oleh Zerveas et al. (2022), memperlihatkan bahwa dinamika pH pada kultur skala laboratorium sangat dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis sehingga perubahan kebutuhan nitrogen dan fosfat berpengaruh terhadap laju pertumbuhan. Selain itu, penelitian Renitasari et al. (2023) menunjukkan bahwa kultur skala laboratorium memberikan fase eksponensial yang cepat serta kepadatan sel lebih stabil, karena kondisi lingkungan dapat dikendalikan dengan baik.

2. Skala Semi Massal

Kultur skala semi massal menggunakan wadah berkapasitas menengah memiliki keunggulan yaitu biaya yang lebih efisien, kemudahan pengontrolan lingkungan, serta fleksibilitas dalam penggunaan sumber nutrisi (Jubaedah et al., 2021). Kultur skala semi massal dilakukan untuk meningkatkan biomassa *Spiru-*

lina sp., yang lebih besar dibandingkan kultur skala laboratorium (Buwono & Nurhasanah, 2018). Menurut Zainuddin et al. (2021), bahwa kultur semi massal sangat penting untuk memahami adaptasi fisiologis *Spirulina* terhadap cahaya alami, termasuk kemampuan aklimatisasi fotoperiod dan perubahan pigmentasi (klorofil-fikosianin). Sistem semi massal juga memberikan gambaran penting mengenai kebutuhan aerasi, stabilitas pH, dan dinamika oksigen terlarut yang sangat mempengaruhi produktivitas biomassa pada tahap transisi menuju produksi massal.

3. Skala Massal

Kultur skala massal yaitu menggunakan wadah kultur volume besar yang efektif untuk produksi biomassa komersial serta mengaji karakteristik biokimia dari biomassa yang dihasilkan. Secara keseluruhan, teknologi kultur *Spirulina* bersifat adaptif dan dapat diterapkan secara bertahap dari skala laboratorium hingga industrial. Colla et al. (2017), mengatakan bahwa kultur *Spirulina* dalam raceway pond menghasilkan biomassa berkualitas tinggi ketika pH dijaga pada 9-11 dan konsentrasi nutrisi dipertahankan terutama nitrogen anorganik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei - Agustus 2025.

3.1.2 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Analisa proksimat dilakukan di Laboratorium Kimia Pengolahan dan Sensoris Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 1. Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merek	Kegunaan
1	<i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i>	1 L	Ugo Plankton	Sebagai inokulan yang di kultur.
2	Air laut	120 L	-	Untuk media kultur <i>Spirulina</i> sp.
3	Air tawar	120 L	-	Untuk media kultur <i>Spirulina platensis</i> .
4	Urea	1 kg	Nitrea	Sebagai sumber nitrogen.

Tabel 1. Bahan Penelitian (Lanjutan)

No	Nama Bahan	Konsentrasi	Merek	Kegunaan
5	SP 36	1 kg	-	Sebagai sumber fosfor <i>Spirulina</i> .
6	Conway	100 mL	-	Sebagai media kontrol yang mengandung nutrisi lengkap.

3.2.2 Alat

Alat digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Kegunaan
1	Galon	Kapasitas 15 L	Le Minerale	Wadah kultur <i>Spirulina</i> sp. dan <i>Spirulina platensis</i> .
2	Perlengkapan aerasi	24 buah	-	Meningkatkan kadar oksigen dalam media pemeliharaan.
3	Lampu	3 unit	TL Ecoking	Sebagai sumber cahaya untuk membantu proses fotosintesis.
4	Gelas ukur	1 buah	-	Menakar volume air dan inokulan yang akan digunakan.
5	Refraktometer	1	Atago	Mengukur salinitas.
6	pH meter	1	-	Mengukur derajat keasaman air.
7	DO meter	1	Lutron	Mengukur kadar oksigen terlarut air.
8	Pipet tetes	1	-	Mengambil sampel yang akan diamati.

Tabel 2. Alat Penelitian (Lanjutan)

No	Nama Alat	Konsentrasi	Merek	Kegunaan
9	Skopnet	1 buah	-	Untuk menyaring sel <i>Spirulina</i> .
11	<i>Sedgewick rafter</i>	1 unit	-	Menghitung kepadatan sel <i>Spirulina</i> .
12	Mikroskop	1 unit	Yazumi	Membantu pengamatan <i>Spirulina</i> .

3.3 Rancangan Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan dan dua kelompok. Perlakuan dosis pupuk (N), terdiri dari empat taraf yaitu, conway 1 mL/L (N1), SP 36 +Urea 1 mL/L (N2), SP 36 +Urea 2 mL/L (N3), dan SP 36 + Urea 3 mL/L (N4). Perlakuan N2-N4 merupakan dosis pupuk anorganik yang ditetapkan berdasarkan proses penyetaraan konsentrasi N dan P terhadap media standar conway 1 mL/L, sehingga kandungan N dan P pada ketiga dosis tersebut berada pada kisaran yang sebanding dengan media kontrol. Kelompok pertama adalah *Spirulina* sp. (P1) dan kelompok kedua *Spirulina platensis* (P2). Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 24 unit percobaan. Perlakuan dari kedua kelompok tersebut disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rancangan Percobaan

Dosis \ Kelompok	<i>Spirulina</i> sp (P1)	<i>Spirulina platensis</i> (P2)
N1 = Conway 1 mL/L	P1N1 (1,2,3)	P2N1 (1,2,3)
N2 = SP 36 + Urea 1 mL/L	P1N2 (1,2,3)	P2N2 (1,2,3)
N3 = SP 36 + Urea 2 mL/L	P1N3 (1,2,3)	P2N3 (1,2,3)
N4 = SP 36 + Urea 3 mL/L	P1N4 (1,2,3)	P2N4 (1,2,3)

Model percobaan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke-i, dan kelompok ke-j.

μ = Rata-rata umum.

τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i.

I = Perlakuan dosis.

J = Kelompok *Spirulina*.

β_j = Pengaruh kelompok ke-j.

ε_{ijk} = Galat percobaan pada perlakuan ke-i, dan kelompok ke-j.

Susunan rancangan wadah penelitian secara acak dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Susunan penempatan wadah penelitian.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Wadah dan Air Kultur

Wadah penelitian berupa galon kapasitas 15 liter. Galon dicuci di air mengalir, kemudian dijemur, setelah kering wadah ditempatkan di rak penelitian, diisi air, dan diberi aerasi. Air yang digunakan sebagai media kultur *Spirulina* sp., berupa air laut steril, dan untuk *Spirulina platensis* menggunakan air tawar yang disterilisasi dengan cara direbus.

3.4.2 Kultur *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*

Proses kultur *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dilakukan secara semi-massal menggunakan wadah berupa galon berkapasitas 15 liter yang telah dibersihkan dan dilengkapi sistem aerasi. Setiap galon diisi sebanyak 9 L air laut untuk *Spirulina* sp., dan 9 L air tawar untuk *Spirulina platensis*. Setelah media siap, sebanyak 1 L inokulan dimasukkan ke dalam masing-masing galon sehingga total volume media menjadi 10 L. Selanjutnya dilakukan penambahan pupuk sesuai perlakuan, yaitu pupuk SP 36 + urea dengan dosis 1 mL/L, 2 mL/L, dan 3 mL/L, dan pupuk conway dengan dosis 1 mL/L digunakan sebagai kontrol. Setelah pupuk ditambahkan, dilakukan pengukuran kualitas air yang meliputi parameter suhu, pH, salinitas, dan oksigen terlarut (DO) untuk memastikan kondisi awal media berada dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan *Spirulina*. Inokulasi awal dilakukan dengan kepadatan sel sebesar 1×10^6 sel/mL pada masing-masing wadah kultur. Sebagai sumber cahaya untuk membantu proses fotosintesis digunakan lampu dengan daya 18 watt. Kultur *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dilakukan selama 7 hari atau sampai fase kematian sel. Selama kultur berlangsung *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* diberi pupuk pada saat awal kultur saja sesuai dengan dosis perlakuan, kemudian dilakukan pengukuran kualitas air setiap hari selama penelitian, serta dilakukan perhitungan pertumbuhan *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* setiap hari selama kultur.

3.4.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setiap 6 jam sekali pada waktu yang sama yaitu (jam 10.00 WIB, 16.00 WIB, 22.00 WIB, dan 04.00 WIB). Kemudian diambil sampel sebanyak 3 mL setiap unit percobaan. Setelah itu, sampel yang sudah diambil dihomogenkan. Selanjutnya, ambil 1 mL untuk dimasukkan ke dalam SRC kemudian tutup SRC dengan *cover glass* lalu amati dan hitung jumlah sel dibawah mikroskop.

3.4.4 Parameter Uji

1. Kepadatan Populasi

Perhitungan jumlah individu *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 1 mL dari setiap unit percobaan. Sampel tersebut kemudian diletakkan pada *Sedgewick Rafter Counting Cell*, diamati di bawah mikroskop, dan dihitung jumlah selnya. Perhitungan dilakukan setiap 6 jam sekali, untuk menentukan kepadatan populasi *Spirulina* menggunakan rumus sebagai berikut (Ekawati, 2005):

$$N = \frac{C \times 1000}{A \times F} \times R$$

Keterangan:

N = Kepadatan *Spirulina* sp. (sel/mL)

C = Jumlah individu terhitung(sel/mL)

A = π (3, 14)

F = Jumlah bidang pandang

R = Pengenceran

2. Laju Pertumbuhan Populasi

Perhitungan untuk mengetahui laju pertumbuhan populasi sel setiap 6 jam sekali didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Nurmalasari et al., 2020):

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

Keterangan:

μ = Laju pertumbuhan populasi (per 6 jam)

N_t = Kepadatan akhir populasi pada fase eksponensial (sel/mL)

N_0 = Kepadatan populasi awal (sel/mL)

t = Waktu (jam) dari N_0 ke N_t

3. Kepadatan Puncak

Nilai kepadatan puncak ditentukan dari nilai kepadatan sel tertinggi yang diperoleh selama kultur. Nilai kepadatan puncak dari setiap unit percobaan kemudian digunakan sebagai data untuk analisis statistik.

4. Kandungan Nutrisi *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis*

Sebelum dilakukan uji proksimat, *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* yang dikultur dipanen terlebih dahulu dengan cara membuka keran wadah kultur dan menyaring sel nya menggunakan kain saring, tujuannya untuk memisahkan sel dengan air kultur. Setelah itu, sel yang sudah disaring dijemur di bawah terik matahari selama 4 hari. Kemudian setelah itu sampel *Spirulina* sp. dan *Spirulina platensis* dihaluskan menggunakan mortar. Sampel yang sudah halus kemudian ditimbang seberat 7 g dan dimasukkan kedalam plastik zip dan dikirim ke Laboratorium Kimia Pengolahan dan Sensoris Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Kandungan nutrisi yang diukur meliputi kadar air, abu, protein, karbohidrat dan lemak.

5. Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur yaitu suhu, DO, pH dan salinitas. Frekuensi pengukuran yang dilakukan pada setiap unit percobaan yaitu setiap hari pukul 06.00 WIB, selama penelitian berlangsung. Alat yang digunakan berupa DO meter, pH meter dan refraktometer.

3.4.5 Analisis Data

Data yang diperoleh selama penelitian dianalisis menggunakan *Microsoft excel* dan SPSS versi 26. Kepadatan puncak dianalisis menggunakan uji Anova dengan tingkat kepercayaan 95% apabila terdapat beda nyata maka uji lanjutan menggunakan uji Duncan. Parameter kepadatan populasi, laju pertumbuhan, kandungan nutrisi, dan kualitas air dianalisis secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Aplikasi pupuk SP 36 dan Urea pada kultur *Spirulina sp.* dan *Spirulina platensis* skala semi massal menghasilkan pertumbuhan yang signifikan. Pertumbuhan tertinggi diperoleh pada aplikasi pupuk SP 36 + Urea 2 ml/L yang dicapai pada jam ke- 78, dengan kepadatan $30,54 \times 10^6$ sel/mL pada *Spirulina sp.* Sedangkan *Spirulina platensis* pada jam ke- 96, dengan Kepadatan $27,39 \times 10^6$ sel/mL.
2. Hasil proksimat *Spirulina sp.*, dengan dosis (SP 36 + Urea 2 mL/L) menghasilkan kandungan protein tinggi sebesar 63,53% dibandingkan yang lain. Sedangkan pada *Spirulina platensis* kandungan karbohidrat yang tinggi yaitu 57,98%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi pupuk SP 36 dan urea dengan dosis 2 mL/L direkomendasikan untuk diterapkan pada kultur *Spirulina sp.* dan *Spirulina platensis* skala semi massal, karena mampu menghasilkan kepadatan puncak dan laju pertumbuhan yang lebih tinggi serta kualitas nutrisi yang lebih baik dibandingkan dosis lainnya. *Spirulina sp.* lebih sesuai dikembangkan untuk tujuan kultur yang diarahkan pada produksi biomassa dengan kandungan protein yang tinggi, sedangkan *Spirulina platensis* lebih tepat digunakan untuk tujuan produksi biomassa dengan kandungan karbohidrat yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdo, S. E., El-Nahas, A. F., Abdellatif, R. E., Mohamed, R., Helal, M. A., Azzam, M. M., Di Cerbo, A., & El-Kassas, S. (2024). Combined dietary *Spirulina platensis* and citrus limon essential oil enhances growth, immunity, antioxidant capacity and intestinal health of Nile tilapia. *Veterinary Sciences*, 11(10), 474. <https://doi.org/10.3390/vetsci11100474>.
- Adi, I. A., Anggreni, W. D., & Arnata, I. W. (2015). Optimasi salinitas dan pH awal media BG-11 terhadap konsentrasi biomassa dan klorofil *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 3(4), 51–61.
- Adenan, N. S., Yusoff, F. M., & Shariff, M. (2013). Effect of salinity and temperature on the growth of diatoms and green algae. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 8(2), 397-404. <https://doi.org/10.3923/jfas.2013.397.404>.
- AlFadhly, N., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F., & Narayanankutty, A. (2022). Tren dan kemajuan teknologi dalam kemungkinan aplikasi makanan dari *Spirulina* dan manfaat kesehatannya. *Jurnal Molekul*, 27(12), 2-40. <https://doi.org/10.3390/molecules27175584>.
- Almatsier, S., Soetardjo, S., & Soekarti, M. (2011). *Gizi seimbang dalam daur kehidupan*. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ammar, E. E., Khairy, H. M., El-Maghraby, O. M., & El-Sheekh, M. M. (2022). Nitrogen metabolism and its impact on protein content in microalgae. *Algal Research*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102578>.
- Andreas, S. Q., Suminto, & Chilmawati, D. (2014). Studi pola pertumbuhan dan kualitas sel *Chlorella* sp. yang dihasilkan melalui teknologi pencucian bibit sel. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(4), 273-280. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jamt>.
- Arifin, N. B., Putra, A. P. R., Widyawati, Y., & Hariati, A. M. (2023). Pengaruh urea terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi *Arthrospira (Spirulina) platensis*. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 7(4), 493-503. <https://doi.org/10.46252/jsai-fpik-unipa.2023>.

- Aryono, B., Zainuddin, M., & Fithria, R. F. (2022). Pertumbuhan, kadar pigmen dan aktivitas antioksidan *Spirulina platensis* pada kultur dengan perbedaan warna pencahayaan leds. *Journal of Marine Research*, 11(4), 805-815. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i4.35310>.
- Becker, E. W. (1995). *Microalgae biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press.
- Bold, H. C., & Wyne, M. J. (1985). *Introduction to the algae structure and reproduction, second edition*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs.
- Borowitzka, M. A. (2018). Biology of microalga. *Academic Press*, 23-72. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811405-6.00003-7>.
- Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi pertumbuhan populasi *Spirulina* sp. pada skala kultur yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(1), 26–33. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i1.8202>.
- Casandra, N. A. M. (2016). Identifikasi spesies berdasarkan Gen 16S rRNA dan efek iradasi berkas elektron pada *Spirulina* sp.(No Publikasi 44808) [Tesis, Universitas Padjajaran]. Repository Universitas Padjajaran Jawa Barat.
- Cahya, N., Waspodo, S., & Setyono, B. D. H. (2020). Analisis pertumbuhan *Spirulina* sp. dengan kombinasi pupuk yang berbeda. *Jurnal Perikanan*, 10(2), 123-133. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i2.185>.
- Ciferri, O. (1983). *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiological Reviews*, 47(4), 551-578. <https://doi.org/10.1128/mr.47.4.551-578.19>.
- Christwardana, M., Nur, M. M. A., & Hadiyanto. (2013). *Spirulina platensis* potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1), 1-4.
- Christiani, C., Chasanah, T., & Rahayu, D. R. U. S. (2013). Pemanfaatan gulma air untuk meningkatkan produksi mikroalga *Spirulina platensis* sebagai pakan alami ikan gurami. *Sainteks*, 10(1), 98-107. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v10i1.225>.
- Chen, J. Li, J., Dong, W., Zhang, X., & Tyagi, R. D. (2021). Physiological differences in protein and carbohydrate accumulation in *Spirulina* under variable nutrient conditions. *Bioresource Technology*, 337. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125433>.
- Chen, X., Liu, J., & Wang, Y. (2022). Light intensity regulates CO₂ uptake and pH dynamics in cyanobacterial cultures. *Algal Research*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102673>.

- Coelho, C. A. A., Barros, M. U. G., Bezerra, J. H. C., Silva, da A. W. J., Moreira, L. R., & Farias, L. R. W. (2012). Growth of the microalgae *Tetraselmis tetrahele* and nitrate depletion in culture medium Guillard f/2 and Conway. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 35(2), 163-168. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i2.13971>.
- Colla, G. M., Reinehr, C. O., Reichert, C., & Costa, J. A. V. (2017). Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. *Bioresource Technology*, 98(7), 1489–1493. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.030>.
- Djunaedi, A., Suryono, C. A., & Sardjito. (2017). Kandungan pigmen polar dan biomassa pada mikroalga *Dunaliella salina* dengan salinitas berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(1), 1-6. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i1.1347>.
- Edhy, W. A., Januar, P., & Kurniawan. (2003). *Plankton di lingkungan PT. Central Pertiwi Bahari. suatu pendekatan biologi dan manajemen plankton dalam budidaya udang*. Mitra Bahari.
- Ekawati, A. W. (2005). *Diktat kuliah budi daya pakan alami*. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Fauzan, M., Siregar, S. H., & Nasution, S. (2021). Effect of different types of fertilizer on the growth of marine phytoplankton population *Chlorella Vulgaris*. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(1), 65–72. <https://doi.org/10.31258/ajoas.4.1.65-72>.
- Fathi, M. (2022). Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis, and N use efficiency. *Agrisost*, 28, 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7143588>.
- Fathurohman, M., Oktaviani, S. U., Gustaman, F., Tri, A., & Pratita, K. (2022). Isolasi dan karakterisasi senyawa lutein dari mikroalga *Dunaliella salina* dengan metode ASE (Accelerated Solvent Extraction). *Prosiding Seminar Nasional Diseminasi*. Hlm: 185–194. <https://ejurnal.universitas-bth.ac.id/index.php/PSNDP/article/view/981/751>.
- Febryana, N., E., & Jumrodah. (2018). Kepadatan sel fitoplankton *Chaeotoceros calsitrans* dan *Navicula* sp. sebagai pakan *Sea Urchin* pada skala laboratorium, *Prosiding Seminar Nasional SIMBIOSIS III, Madiun 5* (pp. 302–310). [Prosiding.unipma.ac.id](https://prosiding.unipma.ac.id). <https://prosiding.unipma.ac.id/index.php/simbiosis/article/view/1764>.
- Fakhri, M., Antika, P. W., Ekawati, A. W., & Arifin, N. B. (2020). Pertumbuhan, kandungan pigmen, dan protein *Spirulina platensis* yang dikultur pada $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dengan dosis yang berbeda. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 9(1), 38-43. <https://doi.org/10.20473/jafh.v9i1.15769>.

- Garcia, J. L., de Vicente, M., & Galán, B. (2020). *Microalgae, cyanobacteria and their biotechnological applications*. *Microbial Biotechnology*, 13(1), 4–24. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13458>.
- Gal, J. L., Cole, N. R., Eggett, D. L., & Jonhson, S. M. (2023). Growth comparasion of *Arthrospira platensis* in different vessels: standard cylinder vs. enhanced surface area at low light. *Energy Reports*, 5, 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.02.033>.
- Goncalves, J., Freitas, J., Fernandes, I., & Silva, P. (2023). Microalgae as biofertilizers: A sustainable way to improve soil fertility and plant growth. *Sustainability*, 15(16), 12413. <https://doi.org/10.3390/su151612413>
- Hariyati, R. (2008). Pertumbuhan dan biomasa *Spirulina* sp. dalam skala Laboratoris. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 10(1), 19-22. <https://doi.org/10.14710/bioma.10.1.19-22>.
- Hongmei, G. T., Yunlai, W. J. W., Xiaogang, Z., Lixin & Congming, L. (2008). Characterization of photosystem II in salt-stressed cyanobacterial *Spirulina platensis* cells. *Biochemica et Biophysica Acta*. 1777, 48-49.
- Indarmawan, T., Mubarak, A. S., & Mahasri. (2012). Pengaruh konsentrasi pupuk *Azolla pinata* terhadap populasi *Chaetoceros* sp. *Jurnal of Marine and Coastal Science*. 1(1), 22-29.
- Janssen, J., H., Wiffels, R., H., & Babosa, M., J. (2019). Produksi lipid pada *Nannochloropsis gaditana* selama kekurangan nitrogen. *Biology*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/biology8010005>.
- Jubaedah, S., Nurhayati, D., & Hartati, R. (2021). Optimization of semi-mass cultivation systems for microalgae production using low-cost nutrient sources. *Aquaculture and Fisheries*, 6(4), 412–420. <https://doi.org/10.53623/tebt.v2i2.451>.
- Kabinawa, I. N. K. (2006). *Spirulina ganggang penggempur aneka penyakit*. PT Agromedia Pustaka.
- Kordi, K. M. G. H. (2012). *Budi daya ikan konsumsi di air tawar*. PT Rineka Cipta.
- Leksono, A. W., Mutiara, D., & Yusanti, I. A. (2017). Penggunaan pupuk organik cair hasil fermentasi dari *Azolla pinnata* terhadap kepadatan sel *Spirulina* sp. *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v12i1.1414>.
- Lingga, P., & Marsono. (2013). *Petunjuk penggunaan pupuk*. Niaga Swadaya.

- Marrez, D. A., Mohamed, M. N., Yousef, Y. S., Zakaria, Y. D. & Aziz, M. H. (2014). Evaluation of chemical composition for *Spirulina platensis* in different culture media. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(4), 1161 – 1171.
- Maizatul, A.Y., Radin, M.S.R., Mohamed, A.A., Ambati, R.A., & Ranga, R. (2021). Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: An overview. *Cells*, 10(393), 10–20. <https://doi.org/10.3390/sel10020393>.
- Muliani., Ayuzar, A., & 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. <https://doi.org/10.29103/aa.v5i1.658>.
- Mustofa, A., & Utojo. (2016). Struktur komunitas plankton pada tambak intensif dan tradisional Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 8(1), 269-288. <https://doi.org/10.29244/JITKT.V8I1.13467>.
- Mutia, S., Nedi, S., & Elizal. (2021). Effect of nitrate and phosphate concentration on *Spirulina platensis* with indoor scale. *Asian Journal of Aquatic Science*, 4(1), 29-35. <https://doi.org/10.31258/ajoas.4.1.29-35>.
- Nurazizah, Syukri, M., Yasir I., Tuwo, A., Carong, S.R., & Arbit, N.I.S. (2020). Respon pertumbuhan rumput laut *Gracilaria* sp. terhadap perbedaan konsentrasi pupuk conwy. *Siganus: Journal of Fisheries and Marine Science*, 2(1), 98-195. <https://doi.org/10.31605/siganus.v2i1.816>.
- Nurjannah, I., Pradana, R., & Hartono, H. (2025). Key nutrient drivers for biomass and C-phyococyanin production in *Spirulina* sp.: Effects of carbon, nitrogen and phosphorus modification. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(21), 10425. <https://doi.org/10.3390/ijms262110425>.
- Oktaviani, A. (2020). Pengaruh pupuk Sp-36 dan pupuk bio-urin sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terong hijau (*Solanum melongena* L.) varietas arya hijau. *Agrifor*, 19(2), 201. <https://doi.org/10.31293/Af.V19i2.4631>.
- Pamukas, N. A. (2011). Perkembangan kelimpahan fitoplankton dengan pemberian pupuk organik cair. *Jurnal Berkala Perikanan Terumbuk*, 39 (1), 79-90.
- Putra, A. D., M. M. B. Damanik, & Hanum, H. (2015). Aplikasi pupuk urea dan pupuk kandang kambing untuk meningkatkan N-total pada tanah inceptisol kwala bekala dan kaitannya terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(1), 128 – 135. <https://doi.org/10.32734/jaet.v3i1.9373>.

- Piu, N. J. F., Koniyo, Y., & Salam, A. (2022). The effect of salinity and light on the density of *Spirulina platensis*, by using walne media. european multidisciplinary. *Journal of Modern Science*, 5(1). 1-16.
- Rahmawati, T., Andriani, S., & Putri, D. A. (2022). Evaluasi kandungan nutrisi *Spirulina* pada berbagai media kultur alternatif. *Bioaquaculture Journal*, 4(1), 14–21. <https://doi.org/10.30587/jpp.v7i2.8493>.
- Renitasari, D., Anton, A., Supryady, S., & Rasnijal, M. (2023). Kepadatan sel *Spirulina platensis* pada skala laboratorium dan semi massal yang dipelihara dalam salinitas 2 ppt. *Jurnal Intek Akuakultur*, 7(2), 51–60. <https://doi.org/10.31629/intek.v7i2.5922>.
- Ribeiro, D.M., Roncaratti, L.F., Possa, G. C., Garcia, L.C., Cancado, L.J., Williams, T.C.R., & Brasil, B. dos S.A.F. (2020). A low-cost approach for *Chlorella sorokiniana* production through combined use of urea, ammonia and nitrate based fertilizers. *Bioresource Technology Reports*, 9(1), 6-30. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100354>.
- Richmond, A. (2004). Microalgal culture *Spirulina*. *Microalga Biotechnology Cambridge*. Cambridge University Press.
- Rouf, A., B., Alfiansyah, D., A., & Rudi, M. (2025). Pengaruh pencampuran tepung *Spirulina* pada pakan ikan mas koki (*Carrasius auratus*) terhadap kecerahan warna. *Jurnal Perikanan Pantura*, 8(1), 643-650. <https://doi.org/10.30587/jpp.v8i1.9328>.
- Rafiqul, I. S. M., Hassan, C. R., & Hassan, R. (2019). Growth kinetics and nutrient uptake of *Spirulina platensis* in an open pond system. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1017-1026.
- Rusyani, E., L. Erawati., & A. Hermawan. (2005). *Budidaya zooplankton dalam pembenihan kuda laut*. Balai Budidaya Laut Lampung Dirjen Perikanan Budidaya DKP.
- Sasmita, E., & Pratiwi, D. (2023). Productivity performance of *Spirulina platensis* cultivated in semi-mass outdoor ponds using cost-efficient fertilizers. *Algal Research*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103280>.
- Sopian, T., Junaidi, M., & Azhar, F. (2019). Laju pertumbuhan *Chaetoceros* sp. pada pemeliharaan dengan pengaruh warna cahaya lampu yang berbeda. *Jurnal Kelautan*. 12(1), 36-44. <https://doi.org/10.21107/jk.v12i1.4873>.
- Tahe, S. & Suwoyo, H. S. (2010). Pertumbuhan dan sintasan udang vaname (*Litopenaeus vanamei*) dengan kombinasi pakan berbeda dalam wadah terkontrol. *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(1), 31- 40. <https://doi.org/10.15578/jra.6.1.2011.31-40>.

- Taqiyyah, A. M., Wardani, E., & Putra, R. H. (2023). Effect of aquaculture wastewater and zarrouk medium on biomass, protein and carotenoid production of *Spirulina platensis*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 15(2), 458–467. <https://doi.org/10.20473/jipk.v15i2.25727>.
- Thevarajah, B., Nishshanka, G.K.S.H., Premaratne, M., Nimarshana, P.H.V., Nagarajan, D., Chan, J. S., & Ariyadasa, T.U. (2022). Produksi skala besar protein berbasis *Spirulina* dan c-phycocyanin: Pendekatan biorefinery. *Jurnal Teknik Biokimia*, 185(1), 2-13. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108541>.
- Tinambunan, J., Wijayanti, M., & Jubaedah, D. (2017). Pertumbuhan populasi *Spirulina platensis* dalam media limbah cair bahan olahan kecap dan media zarrouk. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*, 5(2), 209-219. <https://doi.org/10.36706/jari.v5i2.7144>.
- Wardah, W., Nurhayati, F., Magdalena, M. M., Fazilah, N., & Sopandi, T. (2022). Growth and biochemical composition of *Spirulina platensis* dry biomass in diluted monosodium glutamate waste waters. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, (3), 45–54. <https://doi.org/10.35495/ajab.2021.05.220>.
- Wibowo, D. S., Nurtaati, M., Y., Alisa, Y., Abadi, A., I., & Ramadhani, I. S. (2024). Perbandingan efektivitas pupuk Walne dan NPK dalam kultur *Spirulina sp.* untuk peningkatan biomassa pada skala laboratorium. *Maiyah*, 3(4), 227-237. <https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2024.3.4.14051>.
- Widawati, D., G. W. Santosa & E. Yudiati. (2022). Pengaruh pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap kandungan pigmen beda salinitas. *Journal of Marine Research*, 11(1), 61-70.
- Wijaya, C., & Prabaningtyas, G., L., S. (2024). Pengaruh sumber fosfat terhadap pertumbuhan *Chlorella vulgaris* yang dikultur bersama bakteri penghasil Indole-3-Acetic Acid. *Jurnal Ilmiah Sains*, 24(2), 148-159. <https://doi.org/10.35799/jis.v24i2.57375>.
- Yang, F., Xiang, W., Li., T., & Long, L. (2018). Transcriptome analysis for phosphorus starvation-induced lipid accumulation in *Scenedesmus sp.* *Scientific Reports*, 8(1), 111. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34650-x>.
- Zainuddin, A., Nurhayati, A., & Pratama, H. (2021). Adaptasi *Spirulina platensis* terhadap cahaya alami pada sistem kultur semi massal. *Journal of Aquatic Biotechnology*, 5(1), 23–31. <https://doi.org/10.20473/jafh.v9i1.15769>.
- Zerveas, S., Mente, M., S., Tsakiri, D., & Kotzabasis, K. (2021). Fotosintesis mikroalga menginduksi alkalinisasi lingkungan perairan sebagai hasil penyerapan H⁺ secara independen dari konsentrasi CO₂. *Jurnal*

Manajemen Lingkungan, 289(1), 451.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112546>.