

**PENGARUH SALINITAS TERHADAP PERTUMBUHAN SEL,  
KONSENTRASI FENOLIK, DAN FLAVONOID SPIRULINA PADA  
MEDIA KULTUR MODIFIKASI WALNE DAN AIR LIMBAH  
BUDIDAYA IKAN**

**EFFECT OF SALINITY ON CELL GROWTH, PHENOLIC  
CONCENTRATION AND FLAVONOID OF SPIRULINA IN WALNE  
MODIFIED CULTURE MEDIA AND FISH CULTIVATION WASTEWATER**

**Anggraeni\*<sup>1</sup>, Robby Gus Mahardika<sup>2</sup>, dan Eva Utami<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung, Gedung F Kampus Terpadu UBB Desa  
Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka, Indonesia 33172

<sup>2</sup>Program Studi Kimia, Universitas Bangka Belitung, Gedung B Kampus Terpadu UBB Desa  
Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka, Indonesia 33172

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Bangka Belitung, Gedung D Kampus Terpadu UBB  
Desa Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka, Indonesia 33172

\*e-mail: anggraeni@ubb.ac.id

**ABSTRAK**

*Spirulina* merupakan mikroalga potensial untuk dikultur karena mengandung bahan aktif pada pangan fungsional, seperti pigmen fikosianin, fenolik dan senyawa flavonoid. Pertumbuhan dan produksi senyawa aktif *Spirulina* optimal apabila dikultur pada media yang mengandung nutrisi yang cukup, terutama nitrogen. Penyerapan nitrogen dipengaruhi oleh salinitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis salinitas optimum yang mampu meningkatkan pertumbuhan sel dan senyawa aktif *Spirulina*. Penelitian dilakukan secara eksperimental laboratoris. Perlakuan salinitas digunakan 6 taraf konsentrasi, yaitu 0, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppt. Modifikasi media kultur berupa pupuk walne dan air limbah budidaya ikan dengan perbandingan 1:1. Parameter yang diamati berupa laju pertumbuhan sel, konsentrasi senyawa fenolik dan flavonoid secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan salinitas yang berbeda berpengaruh terhadap laju pertumbuhan, sintesis senyawa fenolik dan flavonoid. Salinitas 30 ppt menghasilkan pertumbuhan sel *Spirulina* tertinggi dengan jumlah 34.575 unit/mL. Pemberian perlakuan salinitas meningkatkan kadar fenolik dan flavonoid apabila dibandingkan tanpa perlakuan salinitas. Peningkatan salinitas memberikan reaksi positif terhadap peningkatan kadar flavonoid, namun menunjukkan reaksi negatif pada kadar fenolik.

**Kata Kunci:** Fenolik, Flavonoid, Salinitas, Spirulina

**ABSTRACT**

*Spirulina* is a potential microalgae to be cultured because it contains active ingredients in functional foods, such as phycocyanin pigments, phenolic and flavonoid compounds. The growth and production of *Spirulina's* active compounds are optimal when cultured on media containing sufficient nutrients, especially nitrogen. Nitrogen uptake is affected by salinity. This research aims to analyze the optimum salinity that can increase cell growth and active compounds of *Spirulina*. The research was conducted in an experimental laboratory. Salinity

treatment used 6 concentration levels, namely 0, 10, 15, 20, 25, and 30 ppt. Modification of culture media in the form of waste fertilizer and fish farming wastewater in a ratio of 1:1. Parameters observed were cell growth rate, concentration of phenolic compounds and flavonoids quantitatively. The results showed that different salinity treatments affected the growth rate, synthesis of phenolic compounds and flavonoids. Salinity of 30 ppt produced the highest *Spirulina* cell growth with 34,575 units/mL. Salinity treatment increased phenolic and flavonoid levels when compared to no salinity treatment. Increasing salinity gave a positive reaction to the increase in flavonoid levels, but showed a negative reaction to phenolic levels.

**Keywords:** Phenolic, Flavonoids, Salinity, *Spirulina*

---

## PENDAHULUAN

*Spirulina* merupakan salah satu mikroalga yang mengandung sediaan bahan aktif dalam pangan fungsional (Deamici *et al.*, 2018), yang bernilai tambah tinggi seperti senyawa fitokimia fenolik, flavonoid dan protein yang memiliki potensi sebagai suplemen kesehatan (Notonegoro *et al.*, 2018). *Spirulina* termasuk dalam kelompok cyanophyta dan dikenal dengan sebutan *Arthrospira*, memiliki nilai nutrisi 20% karbohidrat, 6-10% lipid, dan 55-70% protein (Borowitzka *et al.*, 2016). Wells *et al.* (2017) menyatakan bahwa tingginya kandungan nutrisi ini menyebabkan *Spirulina* banyak dikultivasi di dunia dan sebagai bahan tambahan pada banyak makanan untuk meningkatkan kandungan protein dan senyawa aktif makanan, serta suplemen kesehatan. Kultivasi *Spirulina* dapat dilakukan secara *in vitro* maupun kultur secara massal di lapangan. Teknik kultivasi *Spirulina* dipengaruhi oleh faktor fisika, kimia dan biologi, antara lain jenis, konsentrasi, nutrisi dan mineral media pertumbuhan, pencahayaan, pH, dan aerasi (Rangkuti dan Suyono, 2021).

Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan nutrisi berupa nitrogen pada media kultur *Spirulina* yaitu dengan memanfaatkan air limbah budidaya ikan. Amalia (2014) menyatakan bahwa air limbah budidaya ikan mengandung sekitar 75% nitrogen. Hal serupa disampaikan Nogueira *et al.* (2018), bahwa kandungan nitrogen total sebesar 39,5 mg/L dan fosfat

sebesar 0,96 mg/L pada air limbah budidaya ikan dapat digunakan sebagai pupuk untuk media kultur *Spirulina*. Kandungan nitrogen dalam kultur *Spirulina* dibutuhkan untuk metabolisme sel (Putri dan Sopandi, 2021). Namun, *Spirulina* dalam menyerap nitrogen pada media pertumbuhan dipengaruhi berbagai faktor salah satunya adalah salinitas (Astiani *et al.*, 2016).

Ismail *et al.* (2016) menyatakan bahwa salinitas mempengaruhi produktivitas biomassa dan pertumbuhan sel, fotosintesis, dan aktivitas metabolisme seluler *Spirulina*. Hal ini mempengaruhi penyerapan nutrisi sehingga mempengaruhi kandungan senyawa organik atau fitokimia sel seperti flavonoid, dan protein, serta senyawa yang berperan sebagai pelindung organisme seperti fenolik. Flavonoid secara alami terdapat pada tumbuhan yang memiliki aktivitas penting sebagai bahan aktif pangan fungsional dan suplemen karena adanya senyawa aktif potensial (Notonegoro *et al.*, 2018). Senyawa fenolik sendiri dihasilkan suatu organisme sebagai respon terhadap stress lingkungan (Hanin dan Pratiwi, 2017). Pada penelitian Rangkuti dan Suyono (2021) menyatakan bahwa *Spirulina* sendiri sebenarnya memiliki toleransi yang cukup luas terhadap kadar salinitas. Namun, tingginya kadar salinitas pada media juga berpengaruh terhadap penghambatan proses pembentukan sel anakan, penghambatan proses fotosintesis, respirasi, dan menghasilkan tekanan osmosis sehingga

justru menghambat penyerapan nutrisi (Pramedistian, 2019).

Berdasarkan beberapa informasi diatas, maka pengaruh perbedaan konsentrasi salinitas pada kultur *Spirulina* dengan media modifikasi menarik untuk diteliti. Penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis salinitas optimum untuk meningkatkan pertumbuhan sel dan senyawa fitokimia *Spirulina*.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Oktober 2022. Kultur *Spirulina* dilakukan di Laboratorium Ilmu Kelautan, sedangkan pengukuran laju pertumbuhan dan analisis senyawa fenolik dan flavonoid dilakukan di Laboratorium Biologi dan Laboratorium Dasar Universitas Bangka Belitung.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah refraktometer, wadah kultur, aerator, mikroskop, spektrofotometer, destilator, mikropipet, hand counter, pH meter dan pipet ukur. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultur murni mikroalga *Spirulina*, air laut, akuades, walne dan air limbah budidaya ikan sebagai pupuk, vitamin B1 dan B12.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap. Perlakuan salinitas yang digunakan yaitu 0, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppt dengan 2 ulangan. Parameter yang diamati berupa laju pertumbuhan populasi *Spirulina*, konsentrasi senyawa fenolik dan flavonoid. Prosedur kerja penelitian berupa:

### Sterilisasi

Alat kaca tahan panas untuk kultur *Spirulina* disterilisasi menggunakan

*autoclave* selama 15 menit pada suhu 121°C. Sterilisasi peralatan yang tidak tahan panas dan berukuran besar dapat dilakukan dengan penyemprotan alkohol 70%. Sterilisasi media kultur (air laut) dilakukan dengan kaporit 20 ppm selama 24 jam dan diberi aerasi, kemudian dilakukan pemberian natrium thiosulfat 10 ppm.

### Pengenceran Media Kultur

Salinitas air laut yang digunakan sebagai media kultur awal adalah 32 ppt. Pengenceran media dengan menambahkan akuades. Salinitas media disesuaikan dengan perlakuan, yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 ppt. Sebagai kontrol digunakan media kultur dengan salinitas 0 ppt. Pengenceran ini menggunakan rumus sebagai berikut (Bangun *et al.*, 2015):

$$V1 \times N1 = V2 \times N2$$

Keterangan:

V1 = Volume yang diinginkan

V2 = Volume air yang dibutuhkan

N1 = Salinitas awal air

N2 = Salinitas yang diinginkan

### Kultivasi *Spirulina*

Perhitungan kepadatan sel jumlah awal inokulan yang akan dikultur pada bibit *Spirulina* kultur murni dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 560 nm (Saeid & Chojnacka, 2016). Untuk perlakuan dilakukan dengan mengkultur *Spirulina* pada media tumbuh Walne dengan tambahan air limbah ikan dengan perbandingan 1:1 sesuai konsentrasi optimum media tumbuh *Spirulina*, kemudian diberi perlakuan perbedaan salinitas. Volume kultur 10.000 mL, dengan volume starter *Spirulina* 500 mL, walne 20 mL dan air limbah ikan 20 mL, vitamin B1 dan B12 masing-masing 4 mL. Kultur dikultivasi dengan selalu memberi aerasi, pH 7 dan diberi pencahayaan.

### **Pemanenan dan Pengeringan *Spirulina***

Pemanenan dilakukan pada saat *Spirulina* berada pada fase stasioner karena pada fase tersebut metabolit sekunder banyak diproduksi. Pemanenan *Spirulina* dengan cara penyaringan menggunakan saringan plankton net 40 mikron, kemudian dibilas dengan akuades steril. Pengeringan dilakukan dengan menyimpan biomassa basah diatas plastik kemudian diangin-anginkan dengan suhu ruang selama 24 jam agar kandungan senyawa organik tetap terjaga.

### **Parameter Pengamatan**

#### *Laju Pertumbuhan Populasi Spirulina*

Pengamatan laju pertumbuhan populasi *Spirulina* dengan menghitung jumlah sel di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x selama 20 hari dengan interval 2 hari sekali menggunakan *hand counter* sampai populasinya menurun. Penghitungan pertumbuhan *Spirulina* dalam satuan unit/mL.

#### *Penentuan Total Fenolik dan Flavonoid*

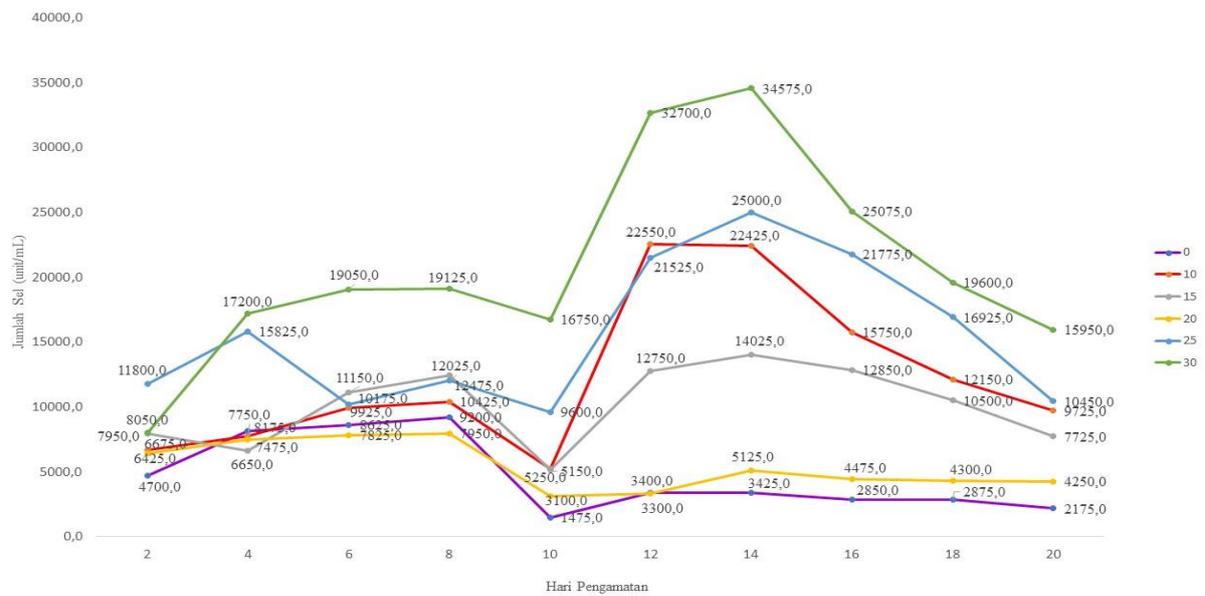
Penentuan total fenolik mengacu pada Nur *et al.* (2019). Biomassa *Spirulina* kering dimaserasi menggunakan metanol selama 24 jam dengan perbandingan sampel dan pelarut 1:5 (w/v), kemudian dishaker selama kurang lebih 24 jam, lalu disaring. Untuk pengukuran fenolik, filtrat diambil 0,5 mL dan ditambahkan 0,5 mL reagen Folin – Ciocalteu lalu divortex selama 30 detik kemudian ditambahkan 2,5 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7% dan divortex kembali selama 30 detik. Larutan tersebut didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit dan dihitung absorbansinya menggunakan spektrometer UV-VIS pada panjang gelombang 760 nm. Sedangkan untuk pengukuran flavonoid, filtrat diambil 0,5 mL dan ditambahkan 0,1 mL AlCl<sub>3</sub> 10% , 1,5 mL metanol p.a, 0,1 mL CH<sub>3</sub>COONa 1 M dan 2,8 mL akuades. Larutan tersebut kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *vortexer* selama

30 detik lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit. Setelah diinkubasi larutan standar tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 420 nm.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Laju Pertumbuhan Populasi *Spirulina***

Pada awal penelitian atau sebelum dilakukan perlakuan, dilakukan perhitungan jumlah sel awal kultur stok yang akan menjadi kultur starter perlakuan. Dari hasil perhitungan jumlah sel menggunakan mikroskop, didapat jumlah sel awal berjumlah 30.733 unit /mL. Berdasarkan hasil perlakuan dapat dilihat bahwa pertumbuhan *Spirulina* pada penelitian ini menunjukkan pola pertumbuhan yang terbagi dalam fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian. Hasil penelitian menunjukkan pada hari ke-2 sampai ke-10 setelah kultur perlakuan salinitas, pertumbuhan *Spirulina* mengalami penurunan jumlah sel (Gambar 1). Hal ini dikarenakan *Spirulina* memasuki fase lag, yaitu fase adaptasi fisiologi terhadap media yang baru. Tewal *et al.* (2021) menyatakan bahwa pada fase lag, mikroalga mengalami perubahan metabolisme sel dalam pertumbuhan, seperti peningkatan kadar enzim dan metabolit yang terlibat dalam pembelahan sel akibat adaptasi terhadap media. Selain itu, perbedaan konsentrasi salinitas pada perlakuan dengan kultur starter dapat menyebabkan efek pada *Spirulina*, antara lain menyebabkan cekaman osmotik dari ion garam pada membran sel *Spirulina* (Hariyati, 2008).



**Gambar 1.** Kurva Pertumbuhan *Spirulina* pada Kadar Salinitas Berbeda

Berdasarkan grafik pada Gambar 1, jumlah sel pada fase lag untuk perlakuan 0 ppt berkisar antara 1.475-9.200 unit/mL, perlakuan 10 ppt berkisar antara 5.250-10.425 unit/mL, perlakuan 15 ppt berkisar antara 5.150-12.025 unit/mL, perlakuan 20 ppt berkisar antara 3.100-7.950 unit/mL, perlakuan 25 ppt berkisar antara 9.600-15.825 unit/mL, dan perlakuan 30 ppt berkisar antara 16.750-19.125 unit/mL.

Peningkatan pertumbuhan secara signifikan pada perlakuan terjadi pada kultur mulai hari ke-11 hingga 12, artinya pada kondisi ini *Spirulina* memasuki fase eksponensial, dengan populasi tertinggi (puncak) pada konsentrasi 10, 15, 25, dan 30 ppt terjadi pada hari ke-12. Sedangkan untuk perlakuan 0 dan 20 ppt populasi tertinggi terjadi pada hari ke-8. Hal tersebut memperlihatkan bahwa dalam proses pertumbuhannya diperlukan waktu tertentu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Maharsyah *et al.* (2013), bahwa mikroalga memerlukan waktu untuk beradaptasi. Pada fase ini, *Spirulina* sudah beradaptasi terhadap media tumbuh dan secara fisiologi telah melakukan metabolisme secara maksimal. Pada fase eksponensial, *Spirulina* memanfaatkan nutrisi yang diberikan dalam

media kultur untuk pembelahan sel, sehingga perlahan kepadatan sel mulai meningkat (Tawel *et al.*, 2021). Penambahan jumlah sel *Spirulina* tertinggi terjadi pada perlakuan 30 ppt dengan kisaran antara 32.700-34.575 unit/mL. Berdasarkan hasil laju pertumbuhan ini dapat dilihat bahwa perlakuan salinitas 30 ppt menghasilkan tingkat pertumbuhan populasi sel tertinggi dibandingkan dengan perlakuan salinitas yang lain. Peningkatan pertumbuhan yang baru terjadi pada hari ke-11 ini lebih lama bila dibandingkan dengan penelitian Mahardika *et al.* (2023) yang terjadi pada hari ke-4. Hal ini dikarenakan adanya penambahan air limbah budidaya ikan sebagai modifikasi media kultur, sehingga dapat dilihat bahwa penambahan air limbah budidaya ikan pada media kultur tidak memberi pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan sel *Spirulina*. Hal ini diduga karena air limbah ikan tidak mengandung nutrisi yang kompleks dibandingkan dengan pupuk walne, sehingga memberikan respon pertumbuhan sel yang lambat dan memerlukan waktu untuk beradaptasi pada media yang mengandung air limbah ikan (Anggraeni *et al.*, 2022).

Pertumbuhan populasi *Spirulina* mulai konstan terjadi pada hari ke-13-14 pada perlakuan salinitas 10, 15, 20, 25, dan 30 ppt, dimana populasi *Spirulina* mulai memasuki fase stasioner. Pada fase ini pertumbuhan sel mulai melambat karena nutrisi dan faktor fisika kimianya mulai membatasi pertumbuhan. Fase ini dipengaruhi oleh berkurangnya nutrisi yang ada pada media kultur (Mahardika *et al.*, 2023). Fase stasioner ditandai dengan kematian *Spirulina* hampir sama dengan laju pertumbuhannya sehingga kepadatan *Spirulina* relatif konstan (Tawel *at al.*, 2021). Fase penurunan dan kematian mulai terjadi pada hari ke-15 hingga 20 ditandai dengan menurunnya kandungan nutrisi media dan menurunnya kondisi kualitas air, sehingga kepadatan sel menurun cepat karena laju kematian *Spirulina* lebih tinggi daripada laju pertumbuhannya.

#### Total Fenolik dan Flavonoid *Spirulina*

Analisis fenolik dilakukan dengan menggunakan metode follin ciocalteu, dan flavonoid menggunakan aluminium

klorida. Pengujian ini dilakukan menggunakan larutan standar uji, fenolik menggunakan standar asam galat dengan pengukuran pada panjang gelombang 760 nm dan flavonoid menggunakan standar kuersetin yang diukur pada panjang gelombang 420 nm. Ekstraksi senyawa fenolik dan flavonoid dari *Spirulina* dilakukan dengan metode maserasi dengan pelarut metanol.

Berdasarkan hasil analisis kadar fenolik terlihat bahwa media kultur yang diberi perlakuan salinitas memiliki kadar fenolik yang lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan salinitas, dengan konsentrasi tertinggi pada perlakuan 10 ppt dengan nilai 193,42 ppm (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa salinitas rendah memiliki kadar fenolik yang cenderung tinggi, sebaliknya meningkatnya salinitas menyebabkan penurunan kadar senyawa golongan fenolik yang dihasilkan *Spirulina* sp selama kultivasi. Peningkatan salinitas memberikan reaksi negatif terhadap kadar fenolik.

Tabel 1. Hasil pengujian fenolik ekstrak *Spirulina*

Salinitas (ppt)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
0	1,98	93,71
10	4,00*	193,42
15	3,21	154,36
20	3,57	172,57
25	3,11	149,46
30	2,88	138,27

\* Konsentrasi terlalu pekat

Untuk kadar flavonoid, dapat dilihat bahwa konsentrasi flavonoid yang diberi perlakuan salinitas menunjukkan reaksi positif, semakin tinggi kadar salinitas maka semakin tinggi pula kadar flavonoid. Hal ini diduga pemberian salinitas membuat sel *Spirulina* beradaptasi dengan menghasilkan metabolit sekunder flavonoid untuk

melindungi terhadap cekaman. Fithriani *et al.* (2015) menyatakan bahwa flavonoid merupakan salah satu dari banyak molekul yang digunakan oleh sel untuk melindungi bahaya reaktif oksigen spesies. Hasil pengujian flavonoid berdasarkan kurva standar dan pengukuran absorbansi ekstrak dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian flavonoid ekstrak *Spirulina*

Salinitas (ppt)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
0	0,355	55,27
10	1,981	301,64
15	0,917	140,42
20	4,000*	607,55*
25	0,882	135,12
30	4,000*	607,55*

\*Konsentrasi terlalu pekat

Fenolik dan flavonoid yang merupakan antioksidan dihasilkan sebagai respon adaptasi sel terhadap pemberian salinitas untuk menjaga stabilitas metabolisme di dalam sel dan mencegah kerusakan sel

*Spirulina*. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa respon adaptasi sel terhadap peningkatan salinitas lebih diperankan oleh flavonoid dibandingkan fenolik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Peningkatan salinitas menunjukkan peningkatan laju pertumbuhan sel *Spirulina* dengan puncak laju pertumbuhan tertinggi pada salinitas 30 ppt yaitu 34.575 unit/mL. Peningkatan salinitas memberikan reaksi positif terhadap peningkatan kadar flavonoid, namun memberikan reaksi negatif terhadap kadar fenolik. Penambahan air limbah budidaya ikan pada media kultur tidak berpengaruh terhadap peningkatan laju pertumbuhan sel dan konsentrasi senyawa aktif fenolik dan flavonoid.

### Saran

Perlu penelitian lanjut mengenai kandungan nutrisi yang terdapat di dalam air limbah budidaya ikan, serta pengujian pada produksi pigmen *Spirulina*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM UBB yang telah mendanai kegiatan ini melalui hibah program Penelitian Dosen Tingkat Universitas (PDTU) Tahun 2022 dengan nomor kontrak LPPM No. 193.C/UN50/L/PP/2022.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, F. 2014. Kapasitas Fitoremediator *Lemna perpusila* dalam Mereduksi Limbah Nitrogen dan Fosfat Pada Sistem Resirkulasi Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*). Thesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Anggraeni, Eva Utami & Robby Gus Mahardika. (2022). Pengaruh Salinitas Terhadap Kepadatan Populasi dan Konsentrasi Klorofil-a *Spirulina* Pada Media Kultur Modifikasi Walne dan Air Limbah Budidaya Ikan. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi dan Mikrobiologi*. 07 (2):112-120.
- Astiani, F., Dewiyanti, I., & Mellisa, S. 2016. Pengaruh Media Kultur Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp. *JIM*, 1(3): 441-448.
- Bangun, HH., Hutabarat, S., & Ain, C. (2015). Perbandingan Laju Pertumbuhan *Spirulina platensis* Pada Temperatur yang Berbeda Dalam Skala Laboratorium. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4(1), 74-81.

- Borowitzka, M.A., Beardal, J., & Raven, J.A., 2016. *The Physiology of Microalgae*. London: Springer International Publishing Switzerland.
- Deamici, K. M., Santos, L. O., & Costa, J. A. V. 2018. Magnetic Field Action on Outdoor and Indoor Cultures of Spirulina: Evaluation Of Growth, Medium Consumption And Protein Profile. *Bioresource Technol.*, 249: 168-174.
- Fithriani D, Amini S, Melanie S. & Susilowati R. 2015. Uji Fitokimia Kandungan Total Fenol dan Aktivitas Antuoksidan Mikroalga Spirulina sp, Chlorella sp. dan Nannochloropsis sp. *Jurnal JPB Kelautan dan Perikanan*, 10(2): 101–109.
- Hanin, N.N.F & Pratiwi, R. 2017. Kandungan Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Paku Laut (*Acrostichum aureum* L.) Fertil dan Steril. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology* *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 2: 51-56.
- Hariyati, R., 2008. Pertumbuhan dan Biomassa *Spirulina* sp Dalam Skala Laboratoris. Laboratorium Ekologi dan Biosistematik Fakultas Matematika dan IPA Universitas Diponegoro.
- Ismail, M.M.S., El-Ayouty, Y.M., & Piercey-Normore, M., 2016. Role of pH on Antioxidants Production by *Spirulina (Arthrospira) platensis*. *Brazilian Journal of Microbiology*. 47(2): 298-304.
- Mahardika, D.N., Hartati, R., & Widianingsih. 2023. Pengaruh Salinitas Terhadap kandungan Lutein *Spirulina platensis*. *Journal of marine Research*, 12(1): 83-88.
- Maharsyah, T., Lutfi, M., & Nugroho, W.A. 2013. Efektifitas Penambahan Plant Growth Promoting Bacteria (*Azospirillum* sp.) dalam Meningkatkan Pertumbuhan Mikroalga (*Chlorella* sp.) pada Media Limbah Cair Tahu Setelah Proses Anaerob. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3): 258-264.
- Nogueira, S.M.S., Junior, J.S., Maia, H.D, Saboya, J.P.S., & Farias, W.R.L. (2018). Use of *Spirulina platensis* in Treatment of Fish Farming Wastewater. *Scientific Article*, 49 (4), 599-606.
- Notonegoro, H., Setyaningsih, I., & Tarman, K., 2018. Kandungan Senyawa Aktif *Spirulina Platensis* Yang Ditumbuhkan Pada Media Walne Dengan Konsentrasi NaNO<sub>3</sub> berbeda. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 13 (2): 111- 122.
- Nur, S., Sami, F.J., R, W., Awaluddin, A., Indah, M., Afsari, A. 2019. Korelasi Antara Kadar Total Flavonoid dan Fenolik dari Ekstrak dan Fraksi Daun Jati Putih (*Gmelina arborea* Roxb.) Terhadap Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Farmasi Galenika*, 5(1): 33-42.
- Putri, S.A & Sopandi, T. 2021. Konsumsi Nitrogen dan Karbon Oleh *Spirulina platensis* dari Kotoran Burung Puyuh sebagai Media Kultivasi. *Stigma*, 14(1): 1-9.
- Pramedistian, AA. 2019. Pengaruh Perbedaan Salinitas Terhadap Pertumbuhan *Spirulina* sp. Pada Skala Laboratorium. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rangkuti, PM & Suyono, EA. 2021. Pengaruh Salinitas Terhadap Kontaminasi, Pertumbuhan, dan Kandungan Metabolit Kultur Massal

- Spirulina* (*Arthrospira platensis* Gomont). Thesis. Universitas Gadjah Mada.
- Saeid A. & Chojnacka K. 2016. Evaluation Of Growth Yield of *Spirulina Maxima* In Photobioreactors. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 30(1): 127- 136.
- Tewal, F., Kemer, K., Rimper, JRTSL., Mantiri, DMH, Pelle, WE., & Mudeng, JD. 2021. Laju Pertumbuhan dan Kepadatan Mikroalga *Dunaliella* sp. Pada Pemberian Timbal Asetat dengan Konsentrasi yang Berbeda. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis.* 9(1): 30-37.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., & Brawley, S.H. 2017. Algae as Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding. *J. Appl. Phycol.*, 29(2): 949-982.