

Pengaruh Variasi Salinitas Terhadap Fase Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*

Eka Yasmin Sevia Sanda¹, Novi Indriyawati^{1*}, Salwa Najah Fauriah¹, Supriyanto²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura

²Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang, Perumahan Telang Inda, Telang, Kamal, Bangkalan, Jawa Timur 69162 Indonesia
Email: novi_indriyawati@yahoo.co.id

Abstract

The Effect of Salinity Variations on the Growth Phase of the Microalgae *Tetraselmis chuii*

Tetraselmis chuii is a unicellular microalga belonging to the Chlorodendraceae family and Chlorodendrophyceae class. *Tetraselmis chuii* has a promising future as a food source or health product due to its high nutritional content. This study aims to analyze the effect of salinity variation on the growth phase of *Tetraselmis chuii* using a completely randomized design (CRD) with four salinity treatments (Control = 30 ppt, P1 = 27 ppt, P2 = 35 ppt, and P3 = 37 ppt) and three replicates. Cell density (cells/mL) was observed using a haemocytometer and analyzed statistically using correlation and simple linear regression tests. The results showed a normal growth pattern through the adaptation, exponential, stationary, and death phases. The treatments using salinity levels of 35 ppt (P2.1) and 37 ppt (P3.2) showed higher cell densities of $1,176 \times 10^4$ cells/mL and $2,692 \times 10^4$ cells/mL, respectively, and survived longer than the other treatments. Statistical analysis showed that Pearson's correlation analysis indicated that salinity had no significant relationship with the number of *Tetraselmis chuii* cells ($r = 0.054$; Sig. = 0.625), so that changes in salinity did not have a significant effect on growth. The ANOVA test also yielded similar results ($F = 0.241$; Sig. = 0.625), indicating that the regression model was not significant and that cell number variation was more influenced by other factors such as nutrition, lighting, dissolved oxygen, pH, and temperature than by salinity.

Keywords: Cell density; osmotic stress; correlation

Abstrak

Tetraselmis chuii merupakan mikroalga uniseluler yang termasuk dalam famili Chlorodendraceae dan kelas Chlorodendrophyceae. *Tetraselmis chuii* memiliki masa depan yang menjanjikan sebagai sumber makanan atau produk kesehatan karena memiliki kandungan gizi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi salinitas terhadap fase pertumbuhan *Tetraselmis chuii* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan salinitas (Kontrol = 30ppt, P1 = 27ppt, P2 = 35 ppt, dan P3 = 37 ppt) serta tiga ulangan. Pengamatan kepadatan sel (sel/mL) dilakukan menggunakan haemocytometer dan dianalisis secara statistik dengan uji korelasi dan regresi linier sederhana. Hasil menunjukkan pola pertumbuhan normal melalui fase adaptasi, eksponensial, stasioner, dan kematian. Perlakuan yang menggunakan salinitas 35ppt (P2.1) dan 37ppt (P3.2) menunjukkan jumlah kepadatan sel yang lebih tinggi senilai 1.176×10^4 sel/mL dan 2.692×10^4 sel/mL, serta bertahan lebih lama dibandingkan perlakuan lainnya. Analisis statistik menunjukkan hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa salinitas tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan jumlah sel *Tetraselmis chuii* ($r = 0,054$; Sig. = 0,625), sehingga perubahan salinitas tidak berdampak pada pertumbuhannya secara nyata. Uji ANOVA juga memberikan hasil yang serupa ($F = 0,241$; Sig. = 0,625), yang menunjukkan bahwa model regresi tidak signifikan dan variasi jumlah sel lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti nutrisi, pencahayaan, oksigen terlarut, pH, dan suhu, daripada salinitas.

Kata kunci: Kepadatan sel; stres osmotik; korelasi

PENDAHULUAN

Tetraselmis sp. merupakan mikroalga yang banyak ditemukan di berbagai tempat dan terdiri dari beberapa jenis. Salah satu spesies *Tetraselmis* yang sering ditemukan di perairan tropis adalah *Tetraselmis chuii* (Wardani et al., 2022). *Tetraselmis chuii* merupakan mikroalga uniseluler yang termasuk dalam famili Chlorodendraceae dan kelas Chlorodendrophyceae (Paterson et al., 2023). *Tetraselmis chuii* yang segar memiliki kadar air sekitar 80-90%. Sementara itu, kandungan nutrisi dalam *Tetraselmis chuii* kering sekitar protein (50%), lemak (20%), karbohidrat (20%), asam amino, vitamin, dan mineral (Khoironi et al., 2021). *Tetraselmis chuii* memiliki masa depan yang menjanjikan sebagai sumber makanan atau produk kesehatan karena memiliki kandungan gizi yang tinggi (Ginting et al., 2018). *Tetraselmis chuii* juga bisa digunakan dalam bidang kesehatan sebagai antioksidan,

immunostimulan, bahan baku kecantikan, bahan baku zat pewarna, fortifikasi bahan pangan, serta dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif untuk biodiesel. *Tetraselmis chuii* mempunyai potensi besar untuk dikembangkan secara budidaya (Kristin *et al.*, 2024). Keuntungan memelihara mikroalga *Tetraselmis chuii* adalah mudah dikembangbiakkan, tidak memerlukan lahan yang luas, tidak bersentuhan dengan bahan makanan, dan tidak menghasilkan limbah sehingga lebih ramah lingkungan (Negara *et al.*, 2019).

Salinitas adalah salah satu faktor abiotik yang berperan dalam menentukan pertumbuhan dan hasil produksi biomassa mikroalga. Setiap jenis mikroalga memiliki rentang salinitas tertentu yang paling cocok untuk tumbuh (Widawati *et al.*, 2022). Pada *Tetraselmis chuii* salinitas yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan stres osmotik, yang berdampak pada perubahan bentuk tubuh, penurunan kecepatan pembelahan sel, serta perubahan pada senyawa kimia sekunder yang dihasilkan (Koletti *et al.*, 2024). Perubahan ini juga memengaruhi jumlah biomassa yang terakumulasi, yaitu total materi organik yang dihasilkan mikroalga dalam waktu tertentu. Semakin baik kondisi salinitasnya semakin efektif proses fotosintesis dan pembentukan biomassa yang menjadi tanda pertumbuhan kultur mikroalga (Nezafatian *et al.*, 2024).

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa salinitas adalah faktor lingkungan penting yang memengaruhi pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii*. Menurut Haris *et al.* (2022) menyelidiki dampak variasi salinitas pada laju pertumbuhan serta komposisi biokimia *Tetraselmis chuii*, dengan salinitas sebagai variabel perlakuan, dan melaporkan bahwa rentang salinitas 25–35 ppt memberikan hasil pertumbuhan dan biomassa yang lebih baik dibandingkan salinitas di luar rentang tersebut. Menurut Durmaz & Pirinç. (2017)) mengevaluasi dampak salinitas terhadap kepadatan sel *Tetraselmis chuii* dan menemukan bahwa peningkatan salinitas hingga sekitar 30–35 ppt dapat meningkatkan kepadatan sel, sedangkan salinitas yang terlalu tinggi mulai mengakibatkan penurunan laju pertumbuhan.

Tingkat salinitas sangat memengaruhi pertumbuhan dan komposisi sel mikroalga ini. Ketika salinitas tinggi laju fotosintesis mengalami penurunan karena energi yang digunakan lebih banyak untuk menyesuaikan diri terhadap tekanan osmotik, sedangkan ketika salinitas rendah, pertumbuhan meningkat tetapi produksi karotenoid berkurang (Venckus *et al.*, 2021). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meneliti secara ilmiah bagaimana perubahan tingkat salinitas mempengaruhi pertumbuhan mikroalga *Tetraselmis chuii*, mengingat salinitas adalah salah satu faktor lingkungan penting yang berperan dalam memengaruhi proses fisiologis dan metabolisme sel mikroalga tersebut. Penelitian ini memberikan beberapa jenis perlakuan salinitas agar dapat mengetahui bagaimana pertumbuhan *Tetraselmis chuii* bereaksi pada kondisi salinitas rendah, salinitas yang paling baik, dan salinitas tinggi. Hasil analisis itu digunakan untuk mengetahui tingkat salinitas yang paling baik dalam mendukung pertumbuhan dan produksi biomassa maksimal, sehingga bisa menjadi acuan dalam menerapkan teknik budidaya mikroalga yang lebih baik, konsisten, dan hemat, terutama untuk kebutuhan pakan alami maupun keperluan bioteknologi lainnya.

MATERI DAN METODE

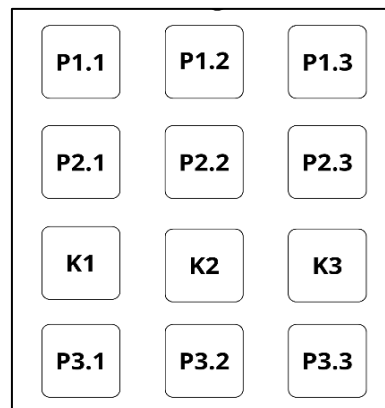
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura. Kegiatan penelitian meliputi persiapan media, proses kultur mikroalga, pengamatan pertumbuhan, serta analisis data. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bibit mikroalga *Tetraselmis chuii*, pupuk Walne sebagai sumber nutrisi utama, air laut dan air tawar sebagai media kultur, kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) untuk sterilisasi media, natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) sebagai penetral klorin, serta garam krosok untuk pengaturan salinitas. Bibit *Tetraselmis chuii* dan pupuk Walne diperoleh dari Balai Perikanan Budidaya Air Payau Situbondo. Peralatan yang digunakan antara lain galon transparan sebagai wadah kultur, refraktometer, pH meter, DO meter, lux meter, haemocytometer, mikroskop cahaya, aerator, pipet steril, dan hand counter.

Langkah awal yang dilakukan adalah mensterilkan alat dan juga bahan. Air laut dan air tawar yang digunakan sebagai media tumbuh bagi mikroalga disterilkan terlebih dahulu dengan kaporit untuk membunuh mikroorganisme yang bisa mengganggu dan mencegah kontaminasi selama proses budidaya *Tetraselmis chuii* (Buwono & Nurhasanah, 2018). Dosis kaporit yang digunakan sekitar $\pm 0,2$ gram per volume media. Kemudian, media tersebut diaduk hingga merata dan dibiarkan selama sekitar ± 24 jam untuk memastikan proses oksidasi berjalan dengan baik sehingga mikroorganisme yang tidak diinginkan bisa dihilangkan. Setelah waktu tersebut, sisa kaporit yang berbahaya dinetralkan dengan menambahkan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) secara bertahap sampai bau klorin tidak lagi tercium. Media yang sudah dinetralkan lalu disaring menggunakan saringan halus untuk menghapus endapan dan partikel yang tersisa sehingga dihasilkan media yang steril dan siap untuk digunakan. Proses sterilisasi dan penyaringan ini sangat penting dilakukan agar tidak ada organisme lain yang bisa bersaing dengan *Tetraselmis chuii* dalam memperoleh nutrisi, cahaya, dan ruang tumbuh selama proses pemeliharaan berlangsung.

Kultur mikroalga *Tetraselmis chuii* dilakukan dengan menggunakan wadah yang tembus cahaya, yaitu galon agar cahaya masuk secara baik dan mendukung proses fotosintesis. Wadah tersebut diisi dengan media kultur yang sudah disterilkan dan diberi nutrisi berupa pupuk Walne sebagai sumber nitrogen, fosfat, vitamin, serta unsur mikro yang dibutuhkan dalam metabolisme dan pembelahan sel. Awalnya, kultur dibuat dengan mencampurkan 2 liter air laut steril yang memiliki salinitas 28 ppt dengan 500 mL bibit mikroalga dan 2 mL pupuk Walne untuk memastikan pertumbuhan awal berjalan stabil. Menurut Aeni & Suprianti, (2023) pada penelitiannya mikroalga *Tetraselmis chuii* dikultur pada salinitas 28 ppt dan temperatur 27-30 °C yang merupakan kisaran suhu optimum pertumbuhannya. Penambahan pupuk dan penggantian sebagian media dilakukan setiap 3-4 hari agar nutrisi tidak berkurang akibat konsumsi sel dan untuk menjaga media tetap layak digunakan. Kultur awal kemudian dikembangkan hingga mencapai volume sekitar 3,5 liter sebagai stok induk yang digunakan dalam uji salinitas. Selama proses budidaya, dilakukan aerasi ringan dan pengadukan setiap pagi agar sel tidak tenggelam di dasar wadah, sirkulasi nutrisi tetap merata, serta cahaya terdistribusi secara optimal. Pengadukan juga membantu meningkatkan penyerapan oksigen dalam media, sehingga aktivitas respirasi sel mikroalga tetap terjaga. Dengan cara perawatan yang terkontrol tersebut, kultur mikroalga yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan siap digunakan untuk pengujian salinitas dalam penelitian utama.

Penelitian ini menggunakan model eksperimen di laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan salinitas, yaitu kontrol (30 ppt), P1 (27 ppt), P2 (35 ppt), dan P3 (37 ppt), masing-masing diulang tiga kali, sehingga total ada 12 satuan percobaan. Menurut Pratiwi (2019) salinitas yang optimal untuk pertumbuhan *Tetraselmis chuii* berada pada kisaran 25-35 ppt, maka penelitian ini menggunakan salinitas 30 ppt sebagai kontrol karena berada di tengah rentang nilai optimal dan mencerminkan kondisi alami air laut yang biasa digunakan dalam budidaya mikroalga. Salinitas 27 ppt dipilih untuk mewakili batas bawah rentang yang optimal, sehingga bisa menunjukkan bagaimana *Tetraselmis chuii* tumbuh dalam kondisi salinitas yang sedikit lebih rendah namun masih bisa ditoleransi. Salinitas 35 ppt digunakan sebagai batas atas rentang optimal untuk mengevaluasi kemampuan mikroalga menjaga pertumbuhan maksimal dalam kondisi yang hampir mencapai batas toleransi. Salinitas 37 ppt yang berada di luar rentang optimal, digunakan untuk menguji respons stres salinitas terhadap pertumbuhan dan biomassa *Tetraselmis chuii*. Variasi salinitas yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengetahui kondisi terbaik, tetapi juga untuk mengetahui batas toleransi dan cara respons fisiologis *Tetraselmis chuii* terhadap perubahan salinitas (Gambar 1.)

Setiap unit percobaan dibuat dengan total volume 1.000 mL, yang terdiri dari 700 mL media yang telah disterilkan dan 300 mL inokulum dari mikroalga *Tetraselmis chuii*. Penyesuaian kadar salinitas dilakukan dengan mencampurkan air laut dan air tawar steril sesuai perlakuan yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan kondisi salinitas yang tepat. Selama fase kultur, aerasi dilakukan secara terus-menerus dengan intensitas rendah untuk memelihara kestabilan kadar oksigen terlarut dan membantu sirkulasi media agar nutrisi tersebar merata serta mencegah sel mikroalga mengendap



Gambar 1. Rancangan Acak Lengkap

di bagian bawah wadah. Penerangan buatan diberikan secara merata pada semua perlakuan dengan durasi dan intensitas yang sama untuk meningkatkan proses fotosintesis secara maksimal. Pemeliharaan kultur berlangsung selama tujuh hari dalam kondisi lingkungan yang terkontrol, termasuk suhu, pH, dan kualitas air lain, agar pertumbuhan mikroalga berlangsung secara optimal dan perbedaan yang terlihat benar-benar disebabkan oleh variasi salinitas.

Pengamatan dilaksanakan setiap hari selama seminggu kultur. Variabel yang dicermati meliputi jumlah sel *Tetraselmis chuii*, perubahan warna dan kekeruhan media, serta kualitas air yang meliputi salinitas, pH, suhu, oksigen terlarut (DO), dan tingkat cahaya. Penilaian kualitas air dilakukan setiap pagi dengan menggunakan alat ukur yang tepat untuk memastikan data tetap konsisten.

Kelimpahan organisme dapat dilihat dengan menghitung kepadatan. Kepadatan adalah jumlah individu dalam suatu populasi yang ada di dalam satu unit area (Tewal *et al.*, 2021). Perhitungan kepadatan sel *Tetraselmis chuii* dilakukan dengan menggunakan alat haemocytometer, yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan perbesaran 10 kali. Untuk memastikan hasil penghitungan lebih akurat dan konsisten, alat bantu hand counter digunakan. Setiap hari selama penelitian, sekitar 1 mL sampel dari kultur diperoleh dengan menggunakan pipet steril, lalu ditetaskan secara perlahan pada permukaan haemocytometer agar sel terdistribusi merata dan tidak membentuk kelompok. Hal ini memudahkan penghitungan sel secara representatif. Selanjutnya, jumlah sel dihitung di dalam area tertentu sesuai dengan standar penghitungan mikroalga, dan hasilnya dikonversi menjadi satuan sel per mililiter menggunakan rumus yang telah ditetapkan. Data yang didapat dicatat sebagai dasar untuk mengevaluasi pola pertumbuhan. Pengamatan dilakukan sejak fase adaptasi, fase eksponensial, fase stasioner hingga fase kematian, sehingga pola pertumbuhan *T. chuii* bisa dilihat secara lengkap dan menunjukkan bagaimana mikroalga merespons perubahan salinitas yang diberikan. Selain itu, pencatatan data dilakukan pada waktu yang sama setiap hari untuk menghindari pengaruh perubahan lingkungan, sehingga data yang diperoleh konsisten dan bisa dibandingkan secara ilmiah antar perlakuan. Menurut (Padang *et al.*, 2018) kepadatan mikroalga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$N \times 10^4 \text{ sel/ml}$$

dimana N merupakan jumlah rata-rata sel yang terhitung pada kotak bujur sangkar haemocytometer, sedangkan faktor 10^4 menunjukkan konversi untuk memperoleh jumlah kepadatan sel sebenarnya dalam 1 ml media atau air. Hasil perhitungan tersebut dinyatakan dalam satuan sel/ml, yang digunakan sebagai indikator kepadatan fitoplankton dalam suatu media kultur.

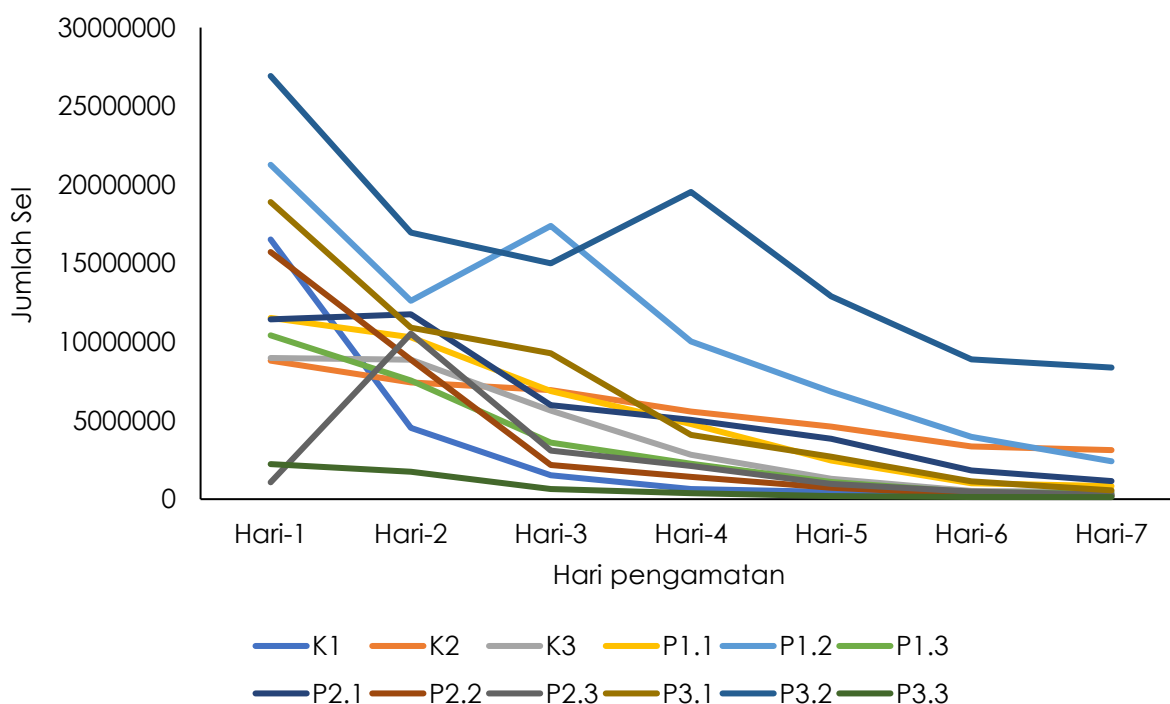
Data kepadatan sel kemudian dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson dan regresi linear sederhana untuk menilai arah hubungan, tingkat hubungan, serta besarnya pengaruh salinitas

terhadap kepadatan sel *Tetraselmis chuii*. Analisis ini dilakukan untuk memastikan apakah variasi salinitas benar-benar memberikan perbedaan pertumbuhan yang signifikan antarperlakuan secara statistik. Analisis data statistik dihitung dengan menggunakan software SPSS agar hasil akurat. Menurut Conlon *et al.*, (2025) Uji post hoc Tukey dengan nilai signifikansi $\alpha = 0,05$ digunakan untuk menemukan perbedaan signifikan antara setiap kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh perubahan salinitas terhadap pertumbuhan *Tetraselmis chuii*, didapatkan data yang menunjukkan bagaimana pertumbuhan sel berubah dari hari pertama sampai hari ketujuh dalam setiap kondisi yang diberikan. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan grafik pertumbuhan kepadatan sel dan grafik kualitas air, serta diperkuat dengan uji statistik korelasi dan regresi linier sederhana untuk mengetahui pengaruh salinitas secara signifikan. Berdasarkan hasil analisis dilakukan pembahasan mengenai tahapan pertumbuhan mikroalga, respons sel terhadap variasi salinitas, serta faktor lingkungan lain yang turut memengaruhi perkembangan *Tetraselmis chuii* selama penelitian.

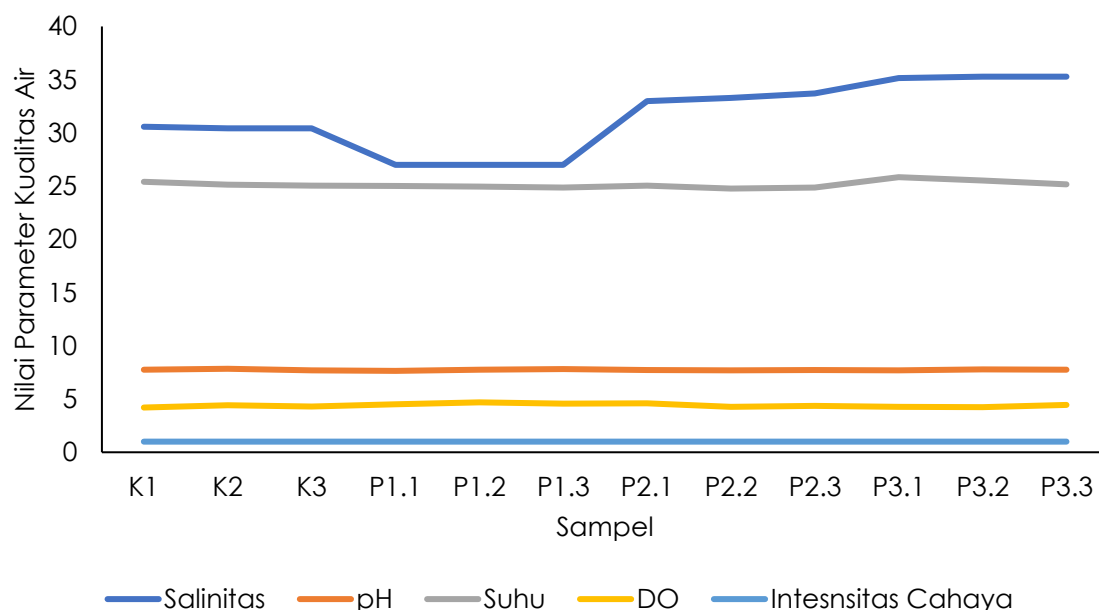
Gambar 4. menunjukkan Grafik perubahan jumlah sel *Tetraselmis chuii* selama tujuh hari menunjukkan pola pertumbuhan yang jelas pada berbagai tingkat salinitas. Mikroalga mengalami beberapa tahap dalam siklus hidupnya. Tahap-tahap hidup yang umum terdiri dari fase adaptasi (pertumbuhan yang tidak tampak signifikan), fase eksponensial (jumlah sel bertambah dengan cepat), fase stasioner (kepadatan sel tetap konsisten) dan fase penurunan atau kematian (kepadatan sel menurun) (Negara *et al.*, 2019). Dari hari ke-1 sampai hari ke-3, semua perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah sel yang menandai fase adaptasi dan fase eksponensial, saat mikroalga mulai menyesuaikan diri dengan lingkungan dan melakukan pembelahan sel aktif melalui fotosintesis. Setelah mencapai puncak pada hari ke-3 atau hari ke-4, sebagian besar perlakuan mengalami penurunan jumlah sel hingga hari ke-7, yang menunjukkan masuknya mikroalga ke fase stasioner dan kemudian fase kematian akibat kurangnya nutrisi, padatnya populasi, serta stres osmotik yang mungkin meningkat. Perlakuan dengan salinitas tinggi seperti 35 ppt (P2.1) dan 37 ppt



Gambar 4. Kepadatan Sel *Tetraselmis chuii* Selama Satu Siklus

(P3.2) tidak hanya menghasilkan jumlah sel terbesar yaitu 1.176×10^4 sel/mL dan 2.692×10^4 sel/mL, tetapi juga mampu menjaga jumlah sel secara stabil sebelum mengalami penurunan, menunjukkan bahwa salinitas tinggi masih optimal untuk aktivitas metabolisme *Tetraselmis chuii*. Menurut Durmaz & Piriç. (2017), konsentrasi salinitas antara 30–40 ppt menghasilkan jumlah sel terbesar pada *Tetraselmis chuii*, yang mendukung temuan penelitian ini bahwa salinitas tinggi dapat meningkatkan pembelahan sel dan sintesis pigmen fotosintetik. Hasil serupa juga dicatat oleh Haris *et al.* (2022), di mana salinitas 30 ppt dan 40 ppt menghasilkan jumlah sel mencapai 9.275×10^6 sel/mL dan 6.215×10^6 sel/mL. Namun, berbeda dengan penelitian tersebut, El-Kassas & El-Sheekh. (2016) menemukan bahwa spesies *Tetraselmis tetrathele* justru mencapai jumlah sel terbesar pada salinitas rendah 20–25 ppt. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pengaruh salinitas bersifat spesifik antar spesies dipengaruhi oleh fase pertumbuhan, kondisi nutrisi, serta intensitas cahaya selama pemeliharaan. Dengan demikian, grafik ini menunjukkan bahwa meskipun salinitas tinggi lebih mendukung pertumbuhan *Tetraselmis chuii* dalam penelitian ini pertumbuhan mikroalga tetap dipengaruhi oleh kondisi fisiologis sel dan ketersediaan faktor pendukung lainnya.

Gambar 5. merupakan grafik parameter kualitas air yang menunjukkan perubahan dan kestabilan kondisi lingkungan selama penelitian yang melibatkan salinitas, pH, suhu, oksigen terlarut (DO), dan intensitas cahaya. Dari grafik terlihat bahwa salinitas memiliki variasi yang jelas antar perlakuan, di mana nilai salinitas meningkat secara konsisten pada perlakuan P2 dan P3 dibandingkan kontrol (K1–K3) dan perlakuan P1. Hal ini membuktikan bahwa penambahan garam berhasil menciptakan variasi salinitas sesuai desain eksperimen. Parameter pH tampak stabil dalam kisaran 7,7 pada semua perlakuan, yang termasuk kisaran ideal bagi pertumbuhan *Tetraselmis chuii* karena pH netral sedikit basa mendukung aktivitas fotosintesis dan metabolisme sel. Menurut Akbar *et al.*, (2023) Umumnya pH air yang cukup baik untuk kultur alga di laboratorium berkisar antara 7,0–8,0. Suhu media tetap stabil dalam rentang 25°C yang merupakan suhu optimal bagi sebagian besar mikroalga laut untuk mempertahankan aktivitas enzimatis dan pertumbuhan normal. Menurut Ni'mah *et al.*, (2017) Kisaran nilai suhu yang optimal untuk media kultur adalah kisaran 20°C–25°C. Menurut Kristin *et al.*, (2024) *Tetraselmis chuii* dapat bertahan hidup dalam rentang suhu 25–30°C dan mampu bertahan pada suhu 40°C, namun pertumbuhannya tidak akan optimal. Suhu adalah salah satu faktor yang biasanya diukur dalam penelitian terhadap ekosistem perairan. Perubahan yang terjadi di suatu badan air dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kehidupan organisme yang ada di dalamnya. Ketika suhu jatuh di bawah batas toleransi dalam media kultur *Tetraselmis chuii*, hal ini dapat mengganggu proses fotosintesis dan mengganggu metabolisme sel.



Gambar 5. Kualitas Air pada Kultur *Tetraselmis chuii* Selama Satu Siklus

Nilai oksigen terlarut (DO) yang relatif tetap menunjukkan bahwa aerasi berjalan efektif sehingga kebutuhan oksigen untuk respirasi sel tetap terpenuhi. Sementara itu, intensitas cahaya tetap pada rentan yang sama sepanjang penelitian, memastikan pasokan energi untuk fotosintesis tetap stabil. Menurut Dammak *et al.*, (2017) menyatakan bahwa stabilitas kadar DO dan pencahayaan yang konsisten sangat krusial untuk perkembangan serta produksi pigmen *Tetraselmis*. Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa seluruh faktor lingkungan berada dalam kondisi terkendali dan sesuai untuk mendukung kultur *Tetraselmis chuii*, sehingga perbedaan pertumbuhan antar perlakuan lebih merefleksikan efek perlakuan salinitas daripada faktor lingkungan lainnya.

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa hubungan antara tingkat salinitas dan jumlah sel *Tetraselmis chuii* sangat lemah dan tidak berarti. Nilai koefisien korelasi (r) adalah 0,054, yang menunjukkan hubungan positif, tapi tidak kuat. Nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) adalah 0,625, yang lebih besar dari batas $\alpha = 0,05$. Ini artinya perubahan salinitas tidak memengaruhi secara statistik jumlah sel, meskipun terdapat perbedaan dalam jumlah sel di antara perlakuan. Dengan jumlah data $N = 84$, temuan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan *Tetraselmis chuii* tidak terutama dipengaruhi oleh salinitas saja. Faktor lain seperti kadar oksigen terlarut yang stabil, suhu yang optimal, cahaya yang cukup, serta ketersediaan nutrisi kemungkinan lebih besar memengaruhi proses fisiologis dan pembelahan sel. Selain itu, kondisi budidaya yang sama untuk parameter lain selain salinitas mungkin membuat sel bisa beradaptasi, sehingga perubahan salinitas tidak menimbulkan respon pertumbuhan yang signifikan secara statistik. Dengan demikian, salinitas bukan variabel utama yang memengaruhi variasi jumlah sel dalam kondisi penelitian ini. Menurut (Hotos & Avramidou, 2021) bahwa perbedaan salinitas tidak selalu memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah sel mikroalga saat pencahayaan dan faktor lingkungan lainnya berada dalam kondisi yang ideal. Pencahayaan dan kestabilan lingkungan kultur lebih berperan penting dalam mengatur kecepatan pembelahan sel dibandingkan dengan salinitas saja. (Tabel 1).

Hasil analisis menggunakan uji ANOVA menunjukkan bahwa tingkat salinitas tidak berpengaruh signifikan terhadap kepadatan sel *Tetraselmis chuii*. Nilai F sebesar 0,241 dengan tingkat signifikansi 0,625 ($p > 0,05$) menunjukkan bahwa model regresi tidak signifikan, sehingga hipotesis nol (H_0) diterima, artinya salinitas bukan faktor penyebab variasi kepadatan sel. Nilai *Sum of Squares* pada residual yang jauh lebih besar dibandingkan nilai regresi mengindikasikan bahwa sebagian besar variasi data berasal dari faktor lain di luar salinitas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa mikroalga mampu beradaptasi pada rentang salinitas yang diberikan sehingga tidak memberikan perubahan nyata terhadap pertumbuhan sel. Kemungkinan besar faktor lingkungan

Tabel 1. Hasil Uji Korelasi antara Salinitas dengan Kepadatan Sel *Tetraselmis chuii*

Variabel	Tingkat Salinitas	Kepadatan Sel
Tingkat Salinitas	1	0,054
Sig. (2-tailed)	-	0,625
N	84	84
Kepadatan Sel	0,054	1
Sig. (2-tailed)	0,625	-
N	84	84

Tabel 2. Hasil Uji Regresi Linier Sederhana antara Salinitas dengan Kepadatan Sel *Tetraselmis chuii*

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	85.733,744	1	85.733,744	0,241	0,625
Residual	2.913.802,828	82	355.345,156	-	-
Total	2.922.403,657	83	-	-	-

lain seperti ketersediaan nutrisi pada media, intensitas cahaya yang diterima sel, suhu yang mendukung aktivitas enzimatis, kestabilan pH media, serta oksigen terlarut yang optimal memiliki peran lebih besar dalam menentukan laju pertumbuhan dan reproduksi sel. Selain itu, fase pertumbuhan yang berbeda dari setiap sampel dapat menyebabkan perbedaan nilai kepadatan meskipun berada pada kondisi salinitas yang sama. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa salinitas bukan variabel penentu utama dalam peningkatan populasi *Tetraselmis chuii* pada kondisi penelitian ini. Menurut Haris *et al.* (2022) menunjukkan bahwa *Tetraselmis* mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup dalam berbagai tingkat salinitas dan dapat beradaptasi secara fisiologis terhadap perubahan tekanan osmotik, sehingga fluktuasi salinitas tidak menyebabkan perbedaan kepadatan sel yang signifikan secara statistik selama kondisi nutrisi, suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut tetap terjaga (Tabel 2).

KESIMPULAN

Tetraselmis chuii menunjukkan pola pertumbuhan normal, yaitu fase adaptasi, eksponensial, stasioner, dan kematian, dengan kepadatan tertinggi pada perlakuan salinitas 35 ppt (1.176×10^4 sel/mL) dan 37 ppt (2.692×10^4 sel/mL). Hal ini menunjukkan bahwa *Tetraselmis chuii* cenderung tumbuh lebih baik pada salinitas tinggi. Parameter kualitas air seperti pH ($\pm 7,7$), suhu (25°C), DO stabil, serta intensitas cahaya yang konstan berada dalam kisaran optimal, sehingga kondisi lingkungan selama penelitian dapat dikategorikan layak untuk kultur mikroalga. Namun, hasil uji korelasi Pearson ($r = 0,054$; Sig = 0,625) dan analisis ANOVA ($F = 0,241$; Sig = 0,625) menunjukkan bahwa tingkat salinitas tidak berpengaruh signifikan terhadap kepadatan sel *Tetraselmis chuii*. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kepadatan lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan lainnya seperti nutrisi, intensitas cahaya, suhu, DO, dan pH. Dengan demikian, salinitas bukan merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan *Tetraselmis chuii*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, N., & Suprianti, T. (2023). Analisis Lipid Mikroalga *Tetraselmi Chuii* Dan *Chlorella Vulgaris* Sebagai Antioksidan. *Jurnal Riset Multidisiplin Agrisoco*, 1(3), 95-99.
- Akbar, M., Iba, W., Muskita, W. H., & Kurniaji, A. (2023). Pertumbuhan dan Kandungan Lipid Mikroalga *Tetraselmis chuii* (Butcher, 1959) Pada pH Yang Berbeda. *Media Akuakultur*, 18(2), 65-73.
- Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi pertumbuhan populasi spirulina sp. pada skala kultur yang berbeda [study of spirulina sp. Population Growth in The Different Culture Scale]. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 26-33.
- Conlon, T., Herbert, H., Campion, E., & Touzet, N. (2025). Bioactivity of autotrophic and mixotrophic *Tetraselmis chuii* (CCAP 66/21B) extracts against H₂O₂-mediated stress in A549 cells. *Process Biochemistry*. doi: 10.1016/j.procbio.2025.05.007
- Dammak, M., Hadrich, B., Miladi, R., Barkallah, M., Hentati, F., Hachicha, R., Laroche, C., Michaud, P., Fendri, I., & Abdelkafi, S. (2017). Effects of nutritional conditions on growth and biochemical composition of *Tetraselmis* sp. *Lipids in Health and Disease*, 16(1). doi: 10.1186/s12944-016-0378-1
- Durmaz, Y., & Piringç, P. (2017). Investigation of the effect of salinity concentration on growth and pigment composition on the some marine microalgae (*Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis chuii* and *Dunaliella salina*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1), 75-80. doi: 10.12714/egejfas.2017.34.1.11
- El-Kassas, H. Y., & El-Sheekh, M. M. (2016). Induction of the synthesis of bioactive compounds of the marine alga *Tetraselmis tetraele* (West) Butcher grown under salinity stress. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(4), 385-391. doi: 10.1016/j.ejar.2016.10.006
- Ginting, N. K., Sedjati, S., Supriyanti, E., & Ridlo, A. (2018). Pengaruh Pencahayaan terhadap Kandungan Pigmen *Tetraselmis chuii* sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Buletin Oseanografi Marina Oktober*, 7(2), 91-97.
- Giroto, F., & Scapini, A. (2025). Microalgal biomass in the European food industry: navigating regulation, technological innovation, and consumer acceptance. *Algal Research*, 91. doi: 10.1016/j.algal.2025.104288

- Haris, N., Manan, H., Jusoh, M., Khatoon, H., Katayama, T., & Kasan, N. A. (2022). Effect of different salinity on the growth performance and proximate composition of isolated indigenous microalgae species. *Aquaculture Reports*, 22. doi: 10.1016/j.aqrep.2021.100925
- Hotos, G. N., & Avramidou, D. (2021). The effect of various salinities and light intensities on the growth performance of five locally isolated microalgae [*amphidinium carterae*, *nephroselmis* sp., *tetraselmis* sp. (var. red pappas), *asteromonas gracilis* and *dunaliella* sp.] in laboratory batch cultures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(11). doi: 10.3390/jmse9111275
- Khoironi, A., Huda, K., Hambyah, I., & Dianratri, I. (2021). Pengaruh Mikroplastik Polietilen dan Oxo-degradable (Oxium) Pada Pertumbuhan Mikroalga *Tetraselmis chuii*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 211–218.
- Koletti, A., Skliros, D., Kalloniati, C., Marka, S., Zografaki, M. E., Infante, C., Mantecón, L., & Flemetakis, E. (2024). Global omics study of *Tetraselmis chuii* reveals time-related metabolic adaptations upon oxidative stress. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(1), 1–21. doi: 10.1007/s00253-023-12936-z
- Kristin, E. N., & Hasibuan, S. (2024). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair (POC) Limbah Ikan Patin (*Pangasianodon hypophthalmus*) sebagai Media Kultur *Tetraselmis chuii*. *Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 12(2), 201–210.
- Negara, B. F. S., Nursalim, N., Herliany, N. E., Renta, P. P., Purnama, D., & Utami, M. A. F. (2019). Peranan Dan Pemanfaatan Mikroalga *Tetraselmis chuii* Sebagai Bioetanol. *Jurnal Enggano*, 4(2), 136–147. doi: 10.31186/jenggano.4.2.136-147
- Nezafatian, E., Farhadian, O., Daneshvar, E., & Bhatnagar, A. (2024). Investigating the effects of salinity and light stresses on primary and secondary metabolites of *Tetraselmis tetrahele*: Total phenolic compounds, fatty acid profile, and biodiesel properties. *Biomass and Bioenergy*, 181. doi: 10.1016/j.biombioe.2024.107050
- Ni'mah, H., Suminto, & Susilowati, T. (2017). Pengaruh Pemberian Diet Mikroalga Yang Berbeda (*Chlorella vulgaris*, *Chaetoceros calcitrans*, *Nannochloropsis oculata* Dan *Tetraselmis chuii*) Terhadap Pertumbuhan Dan Reproduksi *Diaphanosoma brachyurum*. *Journal Aquaculture Management and Technology*, 6(3), 96–105.
- Padang, A., Lestaluhu, A., & Siding, R. (2018). Pertumbuhan Fitoplankton *Dunaliella* sp dengan Cahaya Berbeda pada Skala Laboratorium. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 11(1), 1. doi: 10.29239/j.agrikan.11.1.1-7
- Paterson, S., Gómez-Cortés, P., de la Fuente, M. A., & Hernández-Ledesma, B. (2023). Bioactivity and Digestibility of Microalgae *Tetraselmis* sp. and *Nannochloropsis* sp. as Basis of Their Potential as Novel Functional Foods. *Nutrients*, 15(2), 1–23. doi: 10.3390/nu15020477
- Tewal, F., Kemer, K., Rimper, J. R., Mantiri, D. M., Pelle, W. E., & Mudeng, J. D. (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.
- Venckus, P., Cicchi, B., & Chini Zittelli, G. (2021). Effects of medium salinity on growth and biochemical composition of the green microalga *Tetraselmis suecica*. *Journal of Applied Phycology*, 33(6), 3555–3563. doi: 10.1007/s10811-021-02560-7
- Wardani, N. K., Supriyanti, E., & Santosa, G. W. (2022). Pengaruh Konsentrasi Pupuk Walne Terhadap Laju Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil-a *Tetraselmis chuii*. *Journal of Marine Research*, 11(1), 77–85. doi: 10.14710/jmr.v11i1.31732
- Widawati, D., Santosa, G. W., & Yudiati, E. (2022). Pengaruh Pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap Kandungan Pigmen beda Salinitas. *Journal of Marine Research*, 11(1), 61–70. doi: 10.14710/jmr.v11i1.30096