

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fitoplankton merupakan organisme mikroskopis yang bersifat autotrof yang hidupnya melayang di permukaan perairan, berperan sebagai produsen utama dalam ekosistem akuatik. Fitoplankton terdiri dari berbagai jenis alga, termasuk diatom dan *Cyanobacteria*, yang mampu melakukan fotosintesis karena mengandung klorofil. Hasil fotosintesis ini menghasilkan oksigen dan bahan organik yang menjadi sumber makanan bagi organisme akuatik lainnya, seperti zooplankton dan larva ikan (Bone et al., 2023; Indriyawati et al., 2023). Dalam budidaya perikanan, ketersediaan pakan alami merupakan faktor penting yang menentukan keberhasilan kegiatan budidaya (Alyaniazy et al., 2023). Menurut Mufidah et al. (2019), pakan alami menjadi sumber nutrisi utama yang sangat penting pada tahap awal perkembangan organisme. Salah satu jenis fitoplankton yang sering dimanfaatkan sebagai pakan alami untuk zooplankton, larva ikan dan udang adalah *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. memiliki nilai nutrisi tinggi, mudah dicerna, sesuai dengan bukaan mulut larva ikan, mudah dibudidayakan, serta dapat berkembang biak dengan cepat (Hadi & Rosyadi, 2022). Pakan alami ini sering digunakan dalam pembenihan organisme laut di berbagai *hatchery*, baik sebagai pakan langsung untuk larva ikan dan udang maupun secara tidak langsung sebagai pakan zooplankton yang kemudian digunakan sebagai pakan larva ikan (Chilmawati, 2010; Fatimah et al., 2023). Pemanfaatan *Chlorella* sp. sebagai pakan alami telah digunakan sebagai pakan rotifera dan larva ikan kerapu cantang yang memberikan nutrisi yang sesuai untuk kebutuhan fase awal (Alyaniazy et al., 2023; Prayogo & Arifin, 2015). Menurut Subandiyono & Hastuti (2016), pemberian pakan *Chlorella* sp. pada ikan baronang berumur D4-D35 membutuhkan  $2-3 \times 10^5$  sel/mL. Sementara itu, pemberian *Chlorella* sp. sebagai pakan hidup rotifer menunjukkan pertumbuhan terbaik pada kisaran kepadatan  $0.7 \times 10^6$  hingga  $1.5 \times 10^6$  sel/mL (Rahman et al., 2018).

Pemberian pakan alami dalam kegiatan budidaya perikanan harus sesuai dengan kebutuhan organisme yang dipelihara, terutama dalam hal jumlah pakan yang diberikan. Pemberian pakan yang terlalu sedikit atau berlebihan dapat menyebabkan organisme budidaya tumbuh tidak maksimal (Dewi et al., 2019). Namun dalam praktiknya, pemberian pakan alami pada larva ikan di *hatchery* sering kali didasarkan pada perkiraan atau pengalaman teknisi selama bertahun-tahun, bukan melalui perhitungan yang sesuai dengan kebutuhan organisme (Badraeni et al., 2021). Hal ini disebabkan metode perhitungan kepadatan pakan



lakukan secara manual menggunakan *haemocytometer* dan (et al., 2015). Meskipun metode ini akurat, namun memakan keterampilan teknis yang tinggi dalam menghitung yang tepat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat menganalisis pakan alami dengan praktis dan dapat dilakukan secara otomatis untuk mengatasi keterbatasan metode manual dan mendukung kebutuhan budidaya yang lebih efisien.

Kemajuan teknologi telah mendorong inovasi dalam berbagai bidang, termasuk dalam sektor budidaya perikanan. Salah satu teknologi yang mulai dikembangkan adalah sistem deteksi berbasis *computer vision*, yang dirancang untuk membantu memantau kepadatan fitoplankton secara visual dan praktis. Prototype Bioassay CM (*Colour Mapping*) merupakan suatu alat yang dirancang untuk mendeteksi dan mengestimasi kepadatan fitoplankton, khususnya *Chlorella* sp. berdasarkan perubahan warna dalam suatu wadah atau kolam. Alat ini memanfaatkan sensor warna TCS34725 dan kamera untuk menangkap komposisi warna kultur dalam bentuk kode RGB. Dalam penggunaannya, sampel kultur *Chlorella* sp. terlebih dahulu diambil untuk dihitung kepadatannya secara manual. Setelah itu, pengambilan gambar dengan sensor dicelupkan sebagian hingga menyentuh media kultur sedangkan kamera diarahkan ke permukaan wadah. Kode warna RGB yang diperoleh dari sensor dan kamera kemudian dihubungkan dengan data kepadatan hasil penghitungan manual, sehingga dapat digunakan sebagai indikator visual dalam mendeteksi kepadatan sel *Chlorella* sp. berdasarkan warna yang terbaca oleh sistem.

Metode analisis berbasis *computer vision* sejalan dengan penelitian (Sarrafzadeh et al. (2015), yang menggunakan teknik analisis gambar melalui warna model RGB dan *greyscale* untuk mengukur konsentrasi alga dengan perangkat lunak analisis gambar dan kamera digital. Penelitian lain oleh Salgueiro et al. (2022), menerapkan metode *image processing* (IP) digital untuk memantau biomassa *Chlorella vulgaris* secara non-invasif dalam berbagai jenis fotobioreaktor menggunakan analisis gambar RGB dan *greyscale*. Analisis gambar RGB merupakan metode yang hemat biaya dan mudah diterapkan, namun tingkat akurasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas kamera dan kondisi pencahayaan (Salgueiro et al., 2022; Sarrafzadeh et al., 2015)

Warna kultur *Chlorella* sp. selama kultivasi mengalami perubahan dari hijau kekuningan hingga hijau tua, bergantung pada kepadatan selnya (Anggraeni et al., 2014). Perubahan warna ini dapat dianalisis menggunakan model warna RGB melalui sistem *computer vision* untuk mendeteksi dan mengestimasi kepadatan selnya. Namun, faktor eksternal seperti warna wadah yang digunakan dapat memengaruhi pantulan cahaya dari medium kultur, yang dapat mempengaruhi warna yang terdeteksi oleh sensor dan kamera. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan hasil pembacaan kode RGB dan intensitas warna yang direkam.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penting untuk melakukan penelitian mengenai penggunaan Prototype Bioassay CM (*Colour Mapping*) berbasis *computer vision* dalam mendeteksi dan mengestimasi kepadatan *Chlorella* sp.



ian warna kultur yang dibaca dalam bentuk kode RGB pada berbeda untuk mendukung penerapan teknologi praktis dalam rikanan.

gunaan

bertujuan untuk mendeteksi dan mengestimasi kepadatan sarkan pembacaan warna kultur dalam bentuk kode RGB

menggunakan Prototype Bioassay CM (*Colour Mapping*) berbasis *computer vision* serta membandingkan hasil pembacaan RGB pada warna wadah yang berbeda.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem deteksi visual kepadatan *Chlorella* sp. berbasis *computer vision* yang dapat digunakan sebagai alternatif praktis untuk memantau kepadatan sel dibandingkan metode konvensional seperti mikroskop dan *haemocytometer*.

### 1.3 Landasan Teori

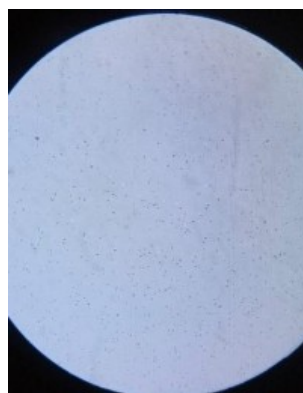
#### 1.3.1 Klasifikasi dan Morfologi *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. berasal dari bahasa Yunani yaitu *Chloros* yang berarti hijau dan kata *ella*, yang berarti kecil. Genus *Chlorella* terdiri dari sekitar 13 spesies yang termasuk dalam kelompok mikroalga hijau dan tergolong dalam divisi *Chlorophyta* (Salim, 2022). *Chlorophyta* (ganggang hijau) berperan sebagai produsen utama serta komponen awal dalam rantai makanan ekosistem perairan, baik di lingkungan air tawar maupun laut (Masithah, 2023).

Klasifikasi *Chlorella* sp. menurut Bold & Wynne (1985) adalah sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
 Kelas : Chlorophyceae  
 Ordo : Chlorococcales  
 Family : Oocystaceae  
 Genus : *Chlorella*  
 Spesies : *Chlorella* sp.

Adapun morfologi *Chlorella* sp. berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Chlorella* sp. (Dokumentasi pribadi, 2024)

Hal ini disebabkan karena kandungan zat hijau (*chlorophyll*) yang tinggi, bahkan melebihi beberapa tumbuhan tingkat tinggi.



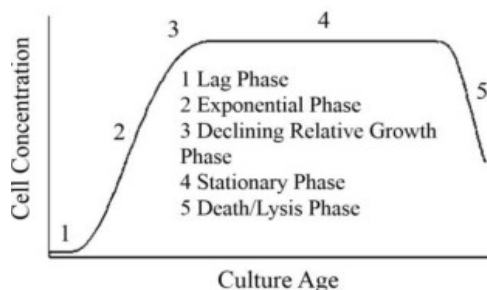
*Chlorella* sp. merupakan mikroorganisme yang tergolong dalam filum *Chlorophyta*, yang lebih dikenal sebagai alga hijau. Mikroalga *Chlorella* sp. memiliki warna hijau, pergerakannya tidak motil dan struktur tubuhnya tidak memiliki flagel. Selnya berbentuk bulat dengan ukuran sedang, berkisar antara 2–10  $\mu\text{m}$  tergantung pada spesiesnya, serta memiliki kloroplas berbentuk seperti cangkir. Alga hijau memiliki struktur yang menyerupai tumbuhan, termasuk dinding selnya. *Chlorella* sendiri memiliki dinding sel yang tersusun dari selulosa. Selain itu, beberapa spesies *Chlorella* juga mengandung sporopollenin dalam dinding selnya (Dewi, 2020).

### 1.3.2 Habitat *Chlorella* sp.

Keberadaan *Chlorella* sp. telah ada sejak 2,5 miliar tahun yang lalu (Wirosaputro & Sumartini, 2018). Umumnya *Chlorella* sp. bersifat planktonis yang melayang di dalam perairan, namun beberapa jenis *Chlorella* sp. juga ditemukan mampu bersimbiosis dengan organisme akuatik lain misalnya Hydra (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995). Habitat *Chlorella* sp. terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang hidup di air tawar dan di air laut. Beberapa spesies *Chlorella* sp. yang berasal dari lingkungan laut mampu bertahan dalam berbagai kondisi. Mikroalga ini bersifat kosmopolit, yang berarti dapat berkembang di berbagai ekosistem, kecuali di lingkungan yang sangat ekstrem bagi kehidupan. *Chlorella* sp. dapat bertahan hidup dalam tingkat salinitas antara 0–35 ppt. Salinitas ideal untuk pertumbuhannya berkisar antara 10–20 ppt, sedangkan suhu optimal untuk pertumbuhan mikroalga ini berada pada rentang 25–30°C dan masih mampu bertahan hingga suhu 40°C. *Chlorella* sp. bereproduksi secara asexual dengan pembelahan sel dan pemisahan autospora dari sel induknya (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

### 1.3.3 Fase Pertumbuhan *Chlorella* sp.

Isnansetyo & Kurniastuty, (1995) menyatakan bahwa hingga saat ini, kerapatan sel banyak digunakan sebagai indikator dalam mengamati pertumbuhan fitoplankton pada kultur pakan alami. Secara umum, pertumbuhan mikroalga terbagi ke dalam lima fase, yaitu fase adaptasi (lag), fase eksponensial (logaritmik), fase perlambatan pertumbuhan, fase stasioner, dan fase kematian.



Fase Pertumbuhan Mikroalga (Price & Farag, 2013)



### 1. Fase Lag (Adaptasi)

Pada tahap awal ini, pertumbuhan sel belum terlihat secara signifikan, sehingga sering disebut sebagai fase adaptasi. Sel pada fase ini umumnya mengalami peningkatan ukuran, meskipun jumlahnya belum bertambah. Secara biologis, mikroalga sangat aktif dalam melakukan sintesis protein baru. Proses metabolisme berlangsung, tetapi pembelahan sel belum terjadi karena mikroalga masih dalam tahap adaptasi dengan lingkungan barunya.

### 2. Fase Logaritmik (Eksponensial)

Pada fase ini, pembelahan sel berlangsung dengan laju pertumbuhan yang konstan. Jika kondisi lingkungan berada dalam keadaan optimal, pertumbuhan sel dapat mencapai tingkat maksimal. Pada fase ini, mikroalga juga aktif mengonsumsi nutrisi dan menjalankan berbagai proses fisiologis lainnya. Isnansetyo & Kurniastuty (1995) menyebutkan bahwa *Chlorella* sp dapat mencapai fase eksponensial dalam kurun waktu 4–6 hari.

### 3. Fase Berkurangnya Pertumbuhan Relatif

Setelah fase eksponensial, laju pertumbuhan mulai menurun dibandingkan dengan sebelumnya. Walaupun pertumbuhan sel masih berlangsung, intensitasnya berkurang, sehingga peningkatan jumlah sel tidak secepat pada fase sebelumnya.

### 4. Fase Stasioner

Pada fase ini, pertumbuhan mikroalga mencapai titik keseimbangan. Laju pembelahan sel sama dengan laju kematian, sehingga jumlah total sel tetap stabil. Dengan kata lain, meskipun terjadi penambahan sel baru, jumlah mikroalga yang mati juga sebanding, sehingga kepadatan populasi mikroalga tidak mengalami perubahan yang signifikan.

### 5. Fase Kematian

Fase ini ditandai dengan laju kematian sel lebih cepat dari laju reproduksi. Jumlah sel menurun secara geometrik. Penurunan kepadatan mikroalga ditandai dengan perubahan kondisi optimum yang dipengaruhi oleh suhu, cahaya, pH, ketersediaan unsur hara, dan beberapa kondisi lingkungan lainnya yang saling terkait satu sama lain.

#### 1.3.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Chlorella* sp.

Mikroalga yang dikultur dalam skala laboratorium membutuhkan lingkungan yang terkontrol agar pertumbuhannya optimal. Pertumbuhan mikroalga sangat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi makro dan mikro, serta kondisi lingkungan. Faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan mikroalga adalah suhu, pH air, dan salinitas (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).



Salah satu faktor yang memengaruhi pertumbuhan mikroalga dalam proses biokimia adalah suhu. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan mikroalga umumnya berkisar antara 20–30°C, kecuali untuk

jenis alga termofilik yang mampu bertahan dalam suhu kultur hingga 40°C (Suparmaniam et al., 2019). Suhu berpengaruh terhadap proses difusi dan metabolisme sel, di mana peningkatan suhu akan mempercepat laju metabolisme (Azizah et al., 2016). *Chlorella* sp. dapat tumbuh baik pada suhu 20° C, tetapi tumbuh lambat pada suhu 32° C. Kisaran suhu untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. yaitu pada suhu antara 25-30° C. (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

## 2. pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan salah satu faktor penting lainnya yang dapat memengaruhi pertumbuhan mikroalga, karena berperan dalam proses biologis seperti pertumbuhan, metabolisme, dan penyerapan ion (Prayitno et al., 2020). Kondisi pH dalam media budidaya berpengaruh terhadap konsentrasi CO<sub>2</sub> serta keseimbangan antara ion bikarbonat dan karbonat (Regista et al., 2017). *Chlorella* sp. diketahui tumbuh optimal pada kisaran pH 7–9 (Mufidah et al., 2017). Selain itu, pH juga memengaruhi kelarutan serta ketersediaan ion mineral, yang berdampak pada efektivitas penyerapan nutrisi oleh sel (Prayitno, 2016). Jika pH berada di luar kisaran yang optimal, laju pertumbuhan alga dapat mengalami penurunan (Indriana et al., 2020). Secara umum, perubahan pH dalam media pertumbuhan mikroalga dapat memengaruhi biomassa, kandungan lipid, serta komposisi metabolit primernya (Wulandari et al., 2019).

## 3. Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan penting dalam pertumbuhan *Chlorella* sp. Salinitas yang berlebihan memberikan efek negatif terhadap pertumbuhan mikroalga karena stres garam dapat memicu kecenderungan mikroalga membentuk koloni pada fase pertumbuhan, menghambat proses fotosintesis, serta menurunkan laju pertumbuhan (Suyono et al., 2015). Permatasari et al. (2016) menyebutkan bahwa perubahan salinitas mendorong mikroalga untuk menyesuaikan keseimbangan tekanan osmosis antara protoplasma dan lingkungan perairannya. Oleh karena itu, salinitas dapat memengaruhi kelimpahan serta distribusi mikroalga. Isnansetyo & Kurniastuty (1995) mengemukakan bahwa kisaran salinitas yang ideal untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. adalah antara 25-30 ppt. Penelitian yang dilakukan oleh Boroh et al. (2019), yang menggunakan salinitas 30 ppt menunjukkan bahwa salinitas tersebut merupakan kadar yang sangat baik untuk pertumbuhan *Chlorella* sp.

## 4. Intensitas Cahaya

Fitoplankton merupakan organisme autotrof yang mampu mengonversi menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis, yang sebagai sumber energi (Jati et al., 2012). Jika intensitas oleh sel dalam kultur tidak mencukupi, seperti pada *Chlorella* fotosintesis akan melambat, sehingga pertumbuhan sel mengalami et al., 2017). Menurut Jati et al. (2012), mikroalga memerlukan kisaran antara 500-10.000 lux untuk berfotosintesis. Intensitas digunakan dalam kultur secara indoor adalah 2500-4000 lux,



sedangkan kisaran optimum intensitas cahaya bagi pertumbuhan diatom adalah 2000-8000 lux.

## 5. Nutrien (Unsur Hara)

Nutrien adalah senyawa anorganik yang diperlukan oleh fitoplankton untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Masitoh et al., 2022). Nutrien terdiri dari unsur hara makro (makronutrien) dan unsur hara mikro (mikronutrien). Contoh makronutrien yang mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. meliputi senyawa anorganik seperti nitrogen N, K, Mg, S, dan P. Sementara itu, mikronutrien yang dibutuhkan mencakup Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo, yang umumnya ditemukan dalam bentuk senyawa bersama unsur lain. Setiap unsur hara memiliki peran spesifik yang berkontribusi terhadap pertumbuhan dan kepadatan *Chlorella* sp. dalam kultur, meskipun faktor lingkungan juga memiliki pengaruh yang signifikan. Untuk mendukung kultur fitoplankton, pemenuhan kebutuhan nutrien harus dilakukan melalui penambahan pupuk ke dalam media. Unsur N, P, dan S berperan penting dalam sintesis protein, sedangkan unsur K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat. Unsur Cl diperlukan untuk aktivitas kloroplas, sementara unsur Fe dan Na berperan dalam proses pembentukan klorofil (Dewi, 2020).

### 1.3.5 Pigmen *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. memiliki warna hijau yang dominan karena kandungan pigmen klorofil a dan b yang berperan sebagai pigmen utama dalam proses fotosintesis (Delilla & Hasibuan, 2022). Menurut Isnansetyo & Kurniastuty (1995), cahaya yang diserap oleh pigmen klorofil berbeda-beda tergantung pada warna yang ada dalam pigmen tersebut. Klorofil dapat menyerap panjang gelombang pada cahaya visible, kecuali hijau. Cahaya hijau direfleksikan sehingga klorofil terlihat berwarna hijau. Klorofil terdapat dalam membran yang dinamakan kloroplas. Selain itu, *Chlorella* sp. juga mengandung pigmen xanthophyll (kuning) dan pigmen carotene (orange). Warna hijau pada *Chlorella* sp. dapat bervariasi tergantung pada kandungan klorofilnya, yang berkisar dari kuning kehijauan pada kadar klorofil rendah (0,001-0,01%), hijau cerah pada kadar menengah (0,05-0,1%), hingga hijau tua pada kadar klorofil tinggi (lebih dari 0,5%) (Zulfiana, 2019).

### 1.3.6 Prototype Bioassay CM (Colour Mapping

Prototype Bioassay CM (Color Mapping) merupakan suatu alat yang dirancang untuk mendeteksi dan mengestimasi kepadatan fitoplankton berdasarkan warna dalam suatu wadah atau kolam. Alat ini memanfaatkan pembacaan kode



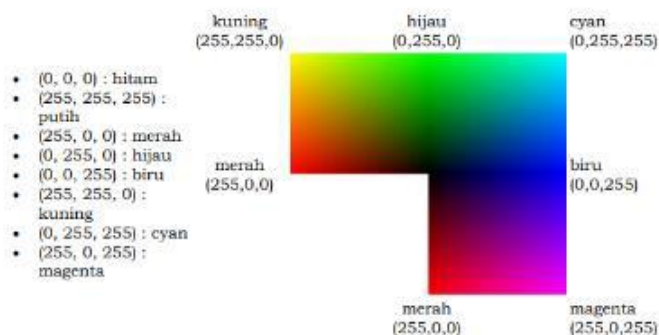
Blue) dari kultur menggunakan sensor warna TCS34725, berdasarkan perubahan warna kultur *Chlorella* sp. Prototype Mapping) memiliki berbagai fitur utama yang mendukung oplankton secara efisien dan akurat. Salah satu fitur utamanya code RGB secara real-time, yang memungkinkan sistem untuk an warna air menggunakan sensor warna TCS34725 dan diperoleh ditampilkan melalui antarmuka web interaktif,

sehingga pengguna dapat memantau kondisi air secara langsung serta mengakses riwayat pengukuran sebelumnya. Selain itu, sistem ini menyediakan representasi warna visual, di mana kode RGB yang terdeteksi dikonversikan menjadi tampilan warna untuk mempermudah interpretasi hasil.

### 1.3.7 Warna RGB (*Red, Green, Blue*)

Warna merupakan salah satu komponen utama dalam pemrosesan citra digital karena memiliki dua faktor utama. Pertama, warna dapat menyederhanakan proses identifikasi objek dengan memperkuat perbedaan deskripsi objek. Kedua, visualisasi warna dan intensitasnya dapat diamati dengan jelas oleh mata manusia (Hastawan et al., 2019). Warna diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu warna primer dan warna sekunder. Warna primer adalah warna dasar, sedangkan warna sekunder merupakan hasil pencampuran dua warna primer dalam suatu ruang warna (Lubis et al., 2020). Dalam konteks digital, model warna RGB adalah salah satu model warna paling umum yang digunakan.

Model warna RGB (*Red, Green, Blue*) menggunakan tiga komponen spektral utama, yaitu merah, hijau, dan biru. Ketiga komponen ini mempunyai rentang intensitas masing-masing dan merupakan komponen warna primer. Model warna RGB adalah pemodelan warna yang memiliki konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu *red*, *green*, dan *blue*. Ketika berada di dalam suara ruangan yang sama sekali tidak ada cahaya, maka tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0, 0, 0) (Utami & Ajulian, 2020). Pada Gambar 3 terdapat konfigurasi warna RGB dari nilai 0 – 255.



**Gambar 3.** Konfigurasi Warna RGB (Amrullah et al., 2022)



hanya cahaya merah pada ruangan tersebut, maka ruangan tersebut menjadi merah yang direpresentasikan dalam format RGB. Jika semua benda dalam ruangan tersebut hanya dapat terlihat dengan cahaya merah, maka hanya warna merah yang akan terlihat. Demikian pula untuk warna hijau (0, 255, 0) atau biru (0, 0, 255), yang hanya menggunakan satu warna primer. Pada perhitungan dalam program, model warna direpresentasi dengan nilai komponennya, seperti masing-masing nilai antara 0 hingga 255 sesuai dengan urusan

masing-masing yaitu pertama *Red*, kedua *Green* dan ketiga adalah nilai *Blue* dengan demikian masing-masing komponen ada 256 tingkat. (Amrullah et al., 2022).



## BAB II. METODE PENELITIAN

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024. Kegiatan penelitian dilakukan di Hatchery Mini unit Pakan Alami, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan serta kegunaannya selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

**Tabel 1** Alat yang digunakan selama penelitian

| Nama Alat                                                                                                         | Fungsi                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Toples plastik vol 16 L                                                                                           | Wadah kultur <i>Chlorella</i> sp.                                        |
| Plastik persegi panjang                                                                                           | Penutup wadah kultur                                                     |
| Batu aerasi                                                                                                       | Penghasil gelembung oksigen                                              |
| Selang aerasi                                                                                                     | Penghubung batu aerasi                                                   |
| Lampu LED                                                                                                         | Sumber cahaya untuk <i>Chlorella</i> sp.                                 |
| Mikroskop                                                                                                         | Mengamati dan menghitung sel <i>Chlorella</i> sp.                        |
| <i>Haemocytometer</i>                                                                                             | Alat penghitung kepadatan sel <i>Chlorella</i> sp.                       |
| <i>Cover glass</i>                                                                                                | Sebagai penutup pada <i>haemocytometer</i>                               |
| <i>Hand counter</i>                                                                                               | Alat bantu hitung sampel                                                 |
| Pipet tetes                                                                                                       | Mengambil sampel <i>Chlorella</i> sp.                                    |
| Botol vial                                                                                                        | Tempat penyimpanan sampel                                                |
| Styrofoam                                                                                                         | Wadah stok <i>Chlorella</i> sp.                                          |
| Bak penampungan air laut vol 250 L                                                                                | Wadah penampungan air laut steril                                        |
| Gelas takar plastik                                                                                               | Mengukur volume air                                                      |
| Corong air                                                                                                        | Sebagai pengalir kapas saringan air                                      |
| Timbangan digital                                                                                                 | Menimbang thiosulfat                                                     |
| Kuas cat                                                                                                          | Alat untuk pengecatan                                                    |
| Handrefraktometer                                                                                                 | Mengukur kadar garam air laut                                            |
| Lux meter                                                                                                         | Mengukur intensitas cahaya                                               |
| <i>Scouring sponge</i>                                                                                            | Penggosok wadah                                                          |
| Stop kontak                                                                                                       | Penghubung sumber listrik                                                |
| Kabel                                                                                                             | Menghubungkan arus listrik ke lampu LED                                  |
| Stand holder                                                                                                      | Penyangga kamera                                                         |
| Kabel USB Printer V2.0 NYK                                                                                        | Penghubung Raspberry Pi dengan Arduino                                   |
| Prototype Bioassay CM : Sensor warna TCS34725, kamera Logitech C920 HD 1080p, Arduino Uno, Raspberry Pi 4 Modul B | Perangkat untuk mengukur kode RGB berdasarkan warna                      |
| Monitor Keyboard Mouse                                                                                            | Alat pemantauan dan representasi visual dari nilai RGB sensor dan kamera |
|                                                                                                                   | Tempat penginputan data                                                  |
| digunakan selama penelitian                                                                                       |                                                                          |
| Alat                                                                                                              | Fungsi                                                                   |
|                                                                                                                   | Sebagai sampel penelitian                                                |
|                                                                                                                   | Sumber nutrisi <i>Chlorella</i> sp.                                      |



|                                  |                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------|
| Kaporit                          | Sterilisasi alat                          |
| Klorin                           | Disinfektan air                           |
| Alkohol 70%                      | Sebagai antiseptik                        |
| Akuades                          | Untuk sterilisasi alat                    |
| Air laut                         | Media hidup <i>Chlorella</i> sp.          |
| Air tawar                        | Pembilas                                  |
| Cat (Biru muda, hitam dan putih) | Sebagai pewarna wadah kultur              |
| Thinner                          | Mengencerkan cat                          |
| Tissu                            | Mengeringkan alat dan membersihkan sensor |
| Kapas busa filter                | Menyaring air                             |
| ATK                              | Bahan penunjang selama penelitian         |

### 2.3 Metode Penelitian

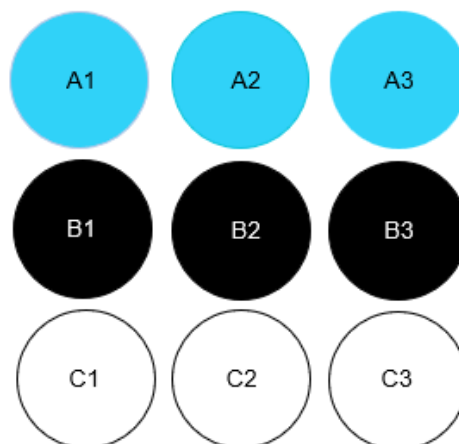
Penelitian ini terdiri atas 3 perlakuan dengan perlakuan yang diuji adalah perbedaan warna wadah kultur. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga total wadah yang digunakan dalam penelitian berjumlah 9 wadah. Adapun warna wadah penelitian yang digunakan sebagai berikut.

Perlakuan A = Wadah Biru muda

Perlakuan B = Wadah Hitam

Perlakuan C = Wadah Putih

Berikut tata letak perlakuan selama penelitian yang dilakukan yang disajikan seperti pada gambar berikut.



**Gambar 4.** Desain tata letak wadah penelitian



### Penelitian

#### Jji

ng digunakan dalam penelitian ini adalah *Chlorella* sp. yang massal pakan alami pada pembenihan ikan bandeng di PT. Utama (Benur Kita). Kepadatan awal yang digunakan dalam berjumlah  $100 \times 10^4$  sel/mL.



**Gambar 5.** Sampel penelitian yang digunakan (Dokumentasi pribadi, 2024)

#### 2.4.2 Wadah Penelitian

Wadah yang digunakan pada penelitian ini adalah toples plastik berkapasitas 16 liter yang berjumlah 9 buah. Setiap wadah dicat menggunakan tiga warna yang berbeda yaitu biru muda, hitam dan putih dan setiap wadah diberi label sebagai penanda. Masing-masing wadah diisi air dengan volume 14 liter. Wadah penelitian yang digunakan terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Wadah penelitian yang digunakan (Dokumentasi pribadi, 2024)

#### 2.4.3 Prosedur Penelitian

##### 2.4.3.1 Persiapan Wadah dan Sterilisasi

Tahap awal dalam memulai proses kultur adalah sterilisasi alat yang akan digunakan untuk menghilangkan mikroorganisme yang dapat menjadi kontaminan pada saat kultur. Sterilisasi diawali dengan mencuci peralatan kultur seperti wadah, selang aerasi, batu aerasi, pemberat dan plastik panjang terlebih dahulu dengan menggunakan *scouring sponge*, kemudian dibilas dengan air bersih. Selanjutnya wadah kultur disterilisasi dengan dididihkan sampai bersih. Untuk selang aerasi, batu aerasi dan pemberat direndam larutan kaporit selama 24 jam. Kemudian dibilas dengan air mengalir hingga bersih dan dikeringkan. Setelah itu wadah disterilkan kemudian diletakkan di atas rak meja yang telah disemprotkan alkohol 70% dan wadah diberi label sebagai penanda.



perlakuan beserta ulangnya kemudian disusun. Pencahayaan pada media kultur dengan intensitas cahaya 3100 lux menggunakan lampu LED sebanyak 7 buah dengan posisi lampu diberi jarak sekitar 40 cm antara wadah kultur agar intensitas cahaya yang diterima setiap wadah merata. Setiap wadah kultur dilengkapi peralatan aerasi berupa selang dan batu aerasi serta ditutup menggunakan plastik panjang untuk mendukung proses kultur.

#### 2.4.3.2 Persiapan Media Kultur

Media kultur untuk *Chlorella* sp. menggunakan air laut, sebelum digunakan terlebih dahulu dilakukan sterilisasi. Air laut yang tertampung di bak penampungan volume 250 liter disaring terlebih dahulu dengan menggunakan kapas yang diletakkan dalam corong air untuk menyaring partikel-partikel kecil dalam air. Salinitas air laut yang digunakan pada kultur *Chlorella* sp. yaitu 30 ppt. Kemudian air laut disterilkan dengan klorin dengan dosis 60 ppm dan didiamkan selama 24 jam yang diberi aerasi dan ditutup dengan plastik. Ketika akan digunakan air diberi larutan Na-thiosulfat sebanyak 30 ppm dan didiamkan selama 1 jam agar larutan Na-thiosulfat merata. Larutan Na-thiosulfat berfungsi untuk menetralkan larutan klorin (Buwono & Nurhasanah, 2018).

#### 2.4.3.3 Kultur *Chlorella* sp.

Kultur *Chlorella* sp. diawali dengan mengisi wadah dengan air laut yang sudah disterilkan sebanyak 14 liter di setiap wadah dengan salinitas 30 ppt. Setelah itu, diberikan pupuk conway dengan dosis 1 mL/L ke dalam media kultur menggunakan pipet tetes dan diaerasi. Air media kultur dibiarkan selama  $\pm 5$  menit sebelum *Chlorella* sp. ditebar agar pupuk tercampur merata dalam media kultur. Kemudian *Chlorella* sp. diinokulasi ke setiap wadah dengan padat tebar awal yang digunakan berjumlah  $100 \times 10^4$  sel/mL. Untuk menentukan volume stok kultur yang akan dipindahkan ke dalam wadah kultur berdasarkan kepadatan sel yang diinginkan, kita perlu menghitung dengan menggunakan rumus pengenceran yang digunakan oleh Jati et al. (2012) :

$$V_2 = \frac{M_1 \times V_1}{M_2}$$

Keterangan :

V1 : Volume media kultur (mL)

M1 : Kepadatan *Chlorella* sp. yang dikehendaki (sel/mL)

V2 : Volume *Chlorella* sp. yang diperlukan untuk penebaran awal (mL)

M2 : Kepadatan *Chlorella* sp. di stok massal (sel/mL)

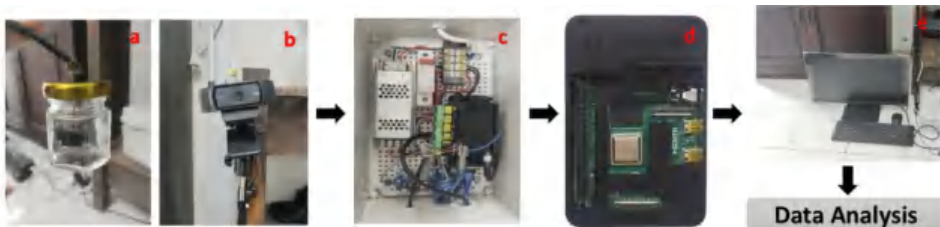


#### Assay CM (Colour Mapping)

Assay CM (Colour Mapping) merupakan suatu alat yang dirancang untuk mengukur konsentrasi warna pada kultur *Chlorella* sp. berdasarkan perubahan warna. Alat ini menggunakan sensor warna dan kamera. Proses kerja alat ini diawali dengan memasukkan data warna menggunakan sensor TCS34725, yang

terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino. Sensor TCS34725 merupakan sensor penginderaan warna digital yang memiliki elemen cahaya RGB. Sensor ini memiliki filter inframerah (IR) terintegrasi yang meminimalkan gangguan spektrum IR, sehingga meningkatkan akurasi pengukuran warna (Utami & Ajulian, 2020). Data sensor dikirimkan ke Raspberry Pi melalui koneksi serial USB untuk diproses lebih lanjut. Selanjutnya, kamera yang terhubung ke Raspberry Pi digunakan untuk menangkap gambar sampel sebagai data pendukung analisis kode RGB. Sistem dilengkapi dengan pencahayaan LED ber-CRI tinggi untuk memastikan penerangan yang stabil dan seragam selama proses pengukuran.

Data warna dari sensor dan citra dari kamera diolah di Raspberry Pi melalui proses prapemrosesan, termasuk pengurangan noise dan kalibrasi warna untuk memastikan akurasi pengukuran. Pengguna dapat memantau hasil pengukuran melalui antarmuka web yang diakses dengan menghubungkan melalui Wi-Fi atau kabel internet melalui monitor.



**Gambar 7.** Mekanisme Prototype Bioassay CM: a) Sensor TCS34725, b) Kamera, c) Arduino, d) Raspberry Pi, e) Monitor

#### 2.4.3.5 Pengambilan Data dan Penggunaan Prototype Bioassay CM (*Colour Mapping*)

Langkah pertama pengambilan data yaitu dimulai dengan pengambilan sampel *Chlorella* sp. untuk dihitung kepadatan sel secara manual menggunakan *haemocytometer* dan mikroskop. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap wadah dengan dua titik pengambilan menggunakan pipet tetes sebanyak 3 mL kemudian sampel dimasukkan ke dalam botol vial. Langkah selanjutnya yaitu dengan pengambilan gambar menggunakan sensor dan kamera yang dilakukan secara bersamaan. Ketika perangkat telah terhubung oleh monitor dan sistem telah aktif, pengambilan data menggunakan sensor dilakukan dengan cara mencelupkannya sebagian hingga menyentuh pada media kultur. Kemudian pada kamera dijepit menggunakan *stand holder* sebagai pemegang atau penyangga untuk memudahkan saat pengambilan gambar. Kamera di arahkan pada permukaan wadah kultur dengan jarak sekitar 20 cm dari permukaan media. Ketika



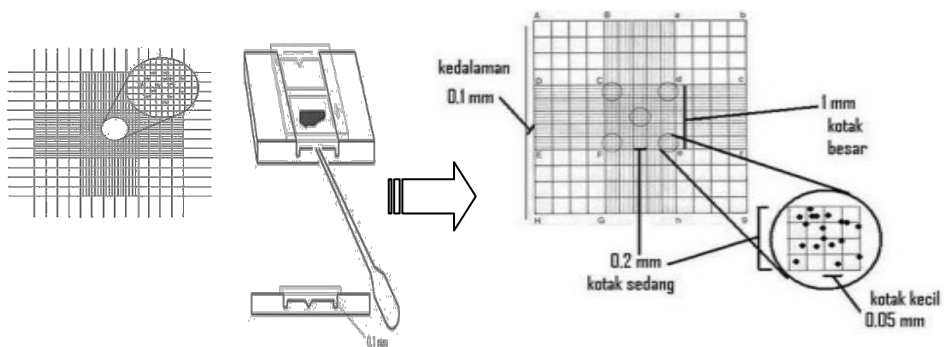
telah menempatkan posisinya dalam pengambilan gambar, or mengcapture hasil pengambilan gambar tersebut dan in kode RGB. Pengambilan data dilakukan 4 kali setiap hari ), siang hari (12.00), sore hari (16.00) dan malam hari (20.00).



**Gambar 8.** Kondisi Pengambilan Data (Dokumentasi pribadi, 2024)

#### 2.4.3.6 Penghitungan Kepadatan *Chlorella* sp.

Penghitungan kepadatan *Chlorella* sp. dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan alat yang dapat mempermudah penghitungan sel yaitu *haemocytometer*, *hand counter* dan pipet tetes untuk mengambil sampel. *Haemocytometer* merupakan suatu alat yang terbuat dari gelas yang di bagi menjadi kotak – kotak pada dua tempat bidang pandang. Kotak tersebut berbentuk bujur sangkar dengan sisi 1 mm dengan kedalaman 0,1 mm sehingga jika ditutup dengan cover glass volume ruangan yang terdapat di atas bidang bergaris adalah 0,1 mm atau 1 mL. *Haemocytometer* ini dibagi menjadi 25 kotak bujur sangkar yang masing-masing terdiri dari 16 kotak kecil (Prayogo & Arifin, 2015).



**Gambar 9.** Haemocytometer (Ochthreeani & Soedarsono, 2014)

Penghitungan kepadatan sel (inokulan) dilakukan menggunakan *haemocytometer* yang mengacu pada penelitian (Fitriani et al., 2017) yaitu penghitungan dilakukan dengan cara mengambil sampel menggunakan pipet tetes, kemudian sampel ditetaskan pada bagian tengah permukaan *haemocytometer*. Penetesan dilakukan dengan cara yang tidak terjadi penggelembungan udara, kemudian menutup *haemocytometer* dengan cover glass dan dilakukan pengamatan mikroskopis. Penghitungan kepadatan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Penghitungan dilakukan setiap hari yaitu pagi hari (08.00), siang hari (12.00), sore hari (16.00), dan malam hari (20.00).



## 2.5 Pengamatan dan Pengukuran

### 2.5.1 Kepadatan *Chlorella* sp.

Penghitungan kepadatan *Chlorella* sp. dihitung menggunakan *haemocytometer* dengan bantuan mikroskop dan *hand counter*. Jumlah kepadatan sel dihitung dengan menggunakan rumus yang digunakan Prayogo & Arifin (2015).

$$N : 5 \times 25 \times 10^4 \text{ sel/mL}$$

Keterangan

N : Hasil penjumlahan dari lima titik sampel

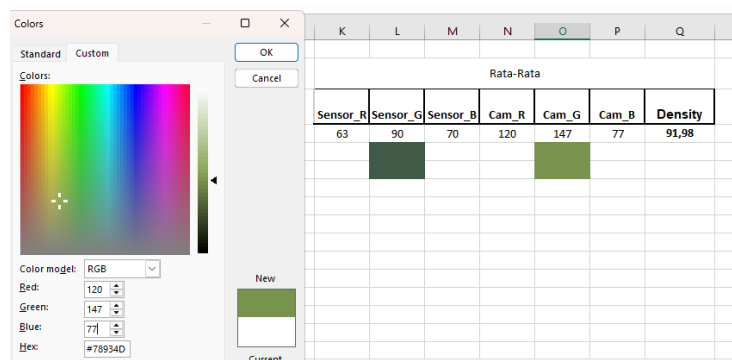
5 : Jumlah titik sampel

25 : Jumlah kotak keseluruhan

$10^4$  : jumlah sel/mL

### 2.5.2 Representasi Warna Kode RGB Berdasarkan Pengumpulan Data Prototype Bioassay CM (Colour Mapping)

Setelah proses pengukuran selesai, data yang diperoleh dari Prototype Bioassay CM dengan perlakuan warna wadah yang berbeda dianalisis untuk menentukan nilai rata-rata (mean) dari setiap komponen warna dalam format kode RGB. Nilai rata-rata tersebut digunakan untuk merepresentasikan warna hasil kultur *Chlorella* sp. pada masing-masing perlakuan warna wadah selama pengamatan. Representasi warna dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Excel melalui fitur Format > Fill Color > Custom Color, dengan cara memasukkan nilai rata-rata RGB dari setiap perlakuan ke dalam sistem warna kustom. Kode RGB yang diinput merupakan hasil rerata dari tiga kali ulangan pengukuran yang dilakukan setiap hari berdasarkan warna wadah. Berikut representasi warna RGB dengan menggunakan Microsoft Excel.



entasi warna rata-rata RGB melalui *Custom Color* di Microsoft Excel (Dokumentasi pribadi, 2025)

an data ini, metode statistik berupa perhitungan rata-rata nggambarkan intensitas umum warna. Mean dari komponen ambaran tingkat kecerahan atau kegelapan warna, di mana ean menunjukkan warna yang semakin cerah (Allo, 2019).

## 2.6 Analisi Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kepadatan *Chlorella* sp. dan kode RGB dianalisis secara deskriptif. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan gambar untuk mendukung interpretasi data.



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)