

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fitoplankton adalah mikroorganisme yang memiliki peranan yang penting dalam siklus rantai makanan pada ekosistem perairan, baik yang berada di darat maupun laut [1]. Peran penting tersebut ditunjang oleh fotosintesis yang terjadi pada fitoplankton untuk melangsungkan proses metabolisme. Proses fotosintesis pada fitoplankton dihasilkan oksigen dan terjadi penyerapan karbondioksida sehingga penguraian gas tersebut dapat dilakukan oleh fitoplankton [2].

Seiring dengan munculnya kesadaran masyarakat internasional akan ancaman peningkatan efek pemanasan suhu global terhadap kelangsungan hidup umat manusia [3], kebutuhan sumber energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan [4], dan manfaat fitoplankton yang lainnya [5] maka dirasakan sangat perlu untuk senantiasa melakukan identifikasi dan pengukuran konsentrasinya.

Hingga saat ini berbagai penelitian telah dilakukan baik secara *in-vitro* maupun *in-vivo*, untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi fitoplankton [6][7]. Penelitian tersebut memerlukan berbagai peralatan laboratorium yang canggih dan mahal, hal ini disebabkan oleh dimensi fitoplankton yang kecil yakni (dalam orde mikrometer) [8], serta memiliki karakteristik biologis yang unik dan spesifik [9]. Sebagai contoh untuk dapat mengetahui jenis fitoplankton dibutuhkan mikroskop dengan pembesaran optis yang tinggi, yakni sekitar 1000X [10]. Selain itu kondisi biologis fitoplankton bersifat dinamik sehingga memerlukan penanganan yang cermat [11].

Pada umumnya metode fisis yang digunakan untuk identifikasi dan pengukuran konsentrasi fitoplankton adalah metode optik, yaitu dengan memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan fitoplankton. Terdapat berbagai metode optik, yang secara garis besar dapat dibagi dalam pengelompokan sebagai berikut :

- a. Absorpsi, yaitu penyerapan energi cahaya oleh molekul atau atom pada rentang panjang gelombang tertentu. Metode ini dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya yang teratenuasi akibat terserap oleh medium yang dilalui dengan intensitas cahaya sebelum menembus medium (berkas referensi). Metode ini dapat diwujudkan menjadi perangkat yang portabel dengan tingkat keakurasian yang cukup tinggi untuk mengukur konsentrasi fitoplankton [12].
- b. Hamburan, yaitu memanfaatkan sifat pemantulan, pembiasan, dan radiasi ulang ke segala arah oleh molekul penyusun partikel pada medium yang dirambati cahaya. Akibatnya intensitas cahaya hamburan dapat diukur untuk mendapatkan informasi ukuran partikel penghambur. Metode ini memerlukan metoda analisis matematis yang kompleks [13].
- c. Difraksi, yaitu dengan memperlakukan fitoplankton sebagai celah sempit (aperture) atau media pendifraksi, yang dilakukan dengan melewatkan berkas cahaya koheren pada medium hingga diperoleh pola difraksi. Selanjutnya dengan memanfaatkan metode transformasi *fourier* atau *fresnel* dapat diperoleh informasi mengenai dimensi partikel tersebut [14].
- d. Holografi, yaitu perekaman citra tiga dimensi dari fitoplankton yang dilakukan dengan memanfaatkan proses interferensi antara cahaya pantulan dari obyek dengan cahaya referensi. Metode ini dapat digunakan langsung di ekosistem asal fitoplankton, memiliki resolusi visual yang tinggi, dan dapat mengidentifikasi fitoplankton hingga ke tingkat spesies. Namun demikian untuk memanfaatkan metode ini diperlukan peralatan yang relatif mahal dan rumit karena menggunakan kamera khusus bawah air [15].
- e. Efek Doppler, yaitu memanfaatkan karakteristik pergeseran frekuensi gelombang cahaya ketika dirambatkan pada aliran fitoplankton yang mengalir dengan kecepatan tertentu dalam medium transparan. Metode ini berfungsi sebagai penghitung laju sel fitoplankton sehingga dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi fitoplankton [16-17]. Metode

ini memerlukan piranti khusus untuk mengolah spektrum frekuensi yang ditransmisikan oleh medium sehingga ketelitiannya bergantung pada metode pengolah sinyal yang digunakan.

- f. Fluoresensi, yaitu karakteristik emisi cahaya dari suatu molekul atau atom akibat eksitasi dari sumber cahaya yang berenergi tinggi. Metode ini menghasilkan hasil pengukuran yang akurat karena proses emisi fluoresensi hanya terjadi pada molekul atau bahan tertentu dari fitoplankton. Metode ini bisa diwujudkan dalam konfigurasi perangkat yang sederhana dan portabel. Bahkan dengan metode ini pula, dapat digunakan untuk mendapatkan gambaran fisis proses fisiologis sel [18].

Sejauh ini berbagai penelitian yang memanfaatkan fenomena fluoresensi pada fitoplankton telah diwujudkan dengan pencitraan jarak jauh (*remote sensing*), perangkat *flowcytometer*, dan lain sebagainya. Dengan metode-metode tersebut telah berhasil dimanfaatkan untuk meneliti kondisi fisiologis sel, kandungan bahan organik, jenis klorofil, identifikasi spesies, proses fotosintesis, pertumbuhan sel, transport jaringan, dan pemantauan keberadaan spesies tersebut dalam suatu area [19-24].

Fenomena fluoresensi diperoleh dengan cara memberikan sumber cahaya berenergi tinggi untuk mengeksitasi molekul-molekul klorofil pada fitoplankton hingga mengakibatkan terjadinya emisi cahaya [25]. Keunggulan cahaya fluoresensi adalah memiliki ketelitian yang tinggi karena hanya pigmen tertentu saja yang mengemisikan cahaya tersebut.

Di Indonesia sebagian besar identifikasi dan pengukuran konsentrasi fitoplankton masih dilakukan dalam skala laboratorium yakni dengan menggunakan mikroskop pembesaran optik yang tinggi, spektrofotometer, spektrofluorometer dan *hand counter*. Peralatan tersebut tidak bisa beroperasi secara *real time* maupun *in-situ* serta harganya mahal. Disamping itu dibutuhkan persiapan sampel fitoplankton dan teknik pengukurannya relatif rumit [26].

Sejauh ini di Indonesia telah dilakukan beberapa upaya untuk mengidentifikasi dan mengukur konsentrasi fitoplankton, yakni menggunakan

metode optik dengan galur lokal Indonesia (UI Depok) [27-29], diperoleh bahwa intensitas cahaya yang terukur memiliki hubungan yang konsisten dengan konsentrasi. Pada penelitian tersebut dimanfaatkan karakteristik absorpsi, hamburan, dan fluoresensi menggunakan konfigurasi sensor optik untuk mengukur konsentrasi *Chlorella* sp. [30].

Berpijak dari hasil penelitian-penelitian tersebut di atas, dalam penelitian ini dikembangkan konfigurasi perangkat optik untuk mengukur konsentrasi dan spektrum fitoplankton dengan memanfaatkan fenomena fluoresensi. Dengan pengembangan lebih lanjut, diharapkan konfigurasi tersebut dapat direalisasikan menjadi perangkat, yang dapat dioperasikan secara *in-situ*, kompak, *realtime* dan ekonomis.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang hendak dipelajari dan dianalisa pada penelitian ini adalah:

- a. Fitoplankton memiliki sifat yang unik, yaitu mampu melangsungkan proses fluoresensi jika dieksitasi oleh sumber cahaya dengan panjang gelombang yang tepat dan spesifik. Selanjutnya diupayakan untuk dicari hubungan intensitas fluoresensi dengan konsentrasi *Chlorella* sp.
- b. Karena kandungan pigmen yang terdapat pada fitoplankton, dihasilkan karakteristik spektrum fluoresensi yang khas. Oleh karena itu meskipun tercampur dengan mikroorganisme, bahan organik atau lumpur akan tetap dihasilkan spektrum dengan puncak dominan yang tertentu. Selanjutnya diupayakan mencari hubungan antara konsentrasi *Chlorella* sp. dengan intensitas fluoresensi pada panjang gelombang letak puncak dominan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

- a. Mempelajari karakteristik fluoresensi cahaya yang ditimbulkan oleh *Chlorella* sp.
- b. Mempelajari, merancang, dan menyusun konfigurasi piranti optik untuk mengukur konsentrasi *Chlorella* sp.

1.4 Batasan Masalah

Sehubungan dengan kendala yang dihadapi, digunakan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

- a. *Chlorella* sp. yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah marga *Chlorella* yang dikulturkan dari galur lokal Indonesia (UI Depok)
- b. Sumber cahaya yang digunakan untuk pengukuran fluoresensi adalah laser dioda ungu (panjang gelombang (λ) = 405nm, daya cahaya (P) = 4mW, dan emisi laser secara pulsa *TTL*, dalam repetisi sebesar 1ms).
- c. Fotodetektor yang digunakan adalah Pin dioda (FDS100) dari bahan *Si* yang memiliki respon rentang spektrum 350 -- 1100 nm.

1.5 Metodologi Penelitian

Beberapa langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian karakteristik absorpsi dari *Chlorella* sp. Hasil pengujian tersebut akan dijadikan dasar pemikiran untuk menentukan panjang gelombang sumber cahaya untuk mengeksitasi *Chlorella* sp.
- b. Pengujian karakteristik fluoresensi dari *Chlorella* sp. Hasil analisis dari karakteristik tersebut akan dijadikan pertimbangan dalam merancang rentang panjang gelombang (spektrum) sensor cahaya.
- c. Melakukan perancangan *driver* laser dioda. *Driver* yang dirancang diupayakan memiliki karakteristik emisi sinar laser yang stabil, daya yang bisa ditala (*tunable power*) dan dapat dimodulasikan dengan sinyal pulsa *TTL*.

- d. Melakukan perancangan pengolah sinyal analog pada detektor. Pengolah sinyal yang dirancang diusahakan dapat mendeteksi intensitas spektrum fluoresensi yang rendah (sensitif), yaitu dalam orde mikroVolt.
- e. Menyusun konfigurasi piranti pengukur konsentrasi *Chlorella* sp. dengan memanfaatkan sifat fluoresensi, yang diupayakan untuk menghindari terjadinya reabsorpsi dan deteksi sinyal hamburan.
- f. Melakukan pengujian konfigurasi piranti, yakni dengan mengukur intensitas fluoresensi untuk berbagai variasi rentang konsentrasi kultur *Chlorella* sp.
- g. Menganalisa data pengukuran.

1.6 Sistematika Penelitian

Buku tesis ini terdiri dari enam Bab dengan sistematika penyusunan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan yang berisi uraian latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan metodologi penelitian.

Bab II berisi uraian dan penjelasan landasan teori utama yang digunakan dalam penelitian yaitu prinsip fluoresensi dan fluoresensi pada fitoplankton.

Bab III berisi uraian tentang karakteristik dan analisis spektrum absorpsi dan fluoresensi dari *Chlorella* sp.

Bab IV berisi penjelasan tentang perancangan dan penyusunan konfigurasi piranti optik untuk mengukur konsentrasi fitoplankton beserta cara kerjanya.

Bab V berisi uraian tentang hasil-hasil pengukuran intensitas fluoresensi dari variasi rentang konsentrasi kultur dan analisisnya.

Bab VI berisi kesimpulan, atau intisari analisa data dari hasil eksperimen.