

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu tentang pemanfaatan mikroalga di dalam menurunkan polutan gas karbon dioksida telah dilakukan. Penelitian Cahyadi *et al.* (2023) membuat MAFLEXTOR (*Smart and Flexible Photobioreaktor*) yang diintegrasikan dengan teknologi IoT guna mengetahui tingkat kualitas udara dengan cara mengukur parameter kualitas udara secara realtime dengan akurasi yang tinggi yang telah dilakukan proses penjerapan menggunakan mikroalga. Nur *et al.* (2018) meneliti kemampuan mikroalga *epifit* di hutan kota Surabaya dalam menjerap CO₂. Listianto *et al.* (2021) meneliti kebutuhan energi yang digunakan pada proses kultivasi mikroalga menggunakan fotobioreaktor. Suciati & Aviantara (2020) Menjaga konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer berada pada kawasan yang tidak membahayakan iklim bumi.

Gilbert & Aryok (2021) untuk mengetahui pengaruh konsentrasi karbon dioksida (CO₂) yang berbeda terhadap Laju pertumbuhan spesifik dan total lipid mikroalga *Chaetoceros calcitrans*. Anwar *et al.* (2023) untuk mendapatkan pengaruh laju alir dan jenis mikroalga terhadap biofiksasi CO₂ yang terdapat dalam biogas. Agustina (2018) Tujuan penelitian adalah mengetahui kemampuan alga *Tetraselmis chunii* dalam menjerap CO₂ melalui proses fotosintesis menggunakan *bubble* fotobioreaktor. Fitri & Harmadi (2020) Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk merancang instalasi sel fotobioreaktor mikroalga untuk mengurangi emisi CO₂ pada sistem sirkulasi udara mobil menggunakan sumber cahaya lampu neon dan LED Biru. Anggraini *et al.* (2018) Tujuan dari penelitian tersebut untuk pemanfaatan potensi mikroalga dalam mitigasi CO₂ di PLTU Cilacap serta potensi biomassa yang dihasilkan sebagai bahan baku biofuel. Hikmah *et al.* (2019) Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemampuan mikroalga *Botryococcus braunii* dalam menjerap karbon dioksida (CO₂) dari emisi PLTU Batubara. Muchammad *et al.* (2013) Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat respon

pertumbuhan *Ankistrodesmus* sp. dalam kemampuannya mereduksi CO₂ dengan perlakuan intensitas cahaya 2500 dan 4000 lux. Morales *et al.*, (2018) Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana faktor-faktor lingkungan seperti konsentrasi karbon dioksida, intensitas cahaya, suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi memengaruhi efisiensi fiksasi karbon dioksida oleh mikroalga. Dewi *et al.* (2023) Tujuan untuk menganalisis pengaruh warna cahaya putih, variasi konsentrasi logam Cu(II), dan variasi waktu kontak setelah proses biosorpsi menggunakan mikroalga *T. chuii* sebagai biosorben.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Cahyadi <i>et al.</i> , (2023)	MAFLEXTOR (<i>Smart and Flexible Photobioreaktor</i>) mengintegrasikan teknologi IoT guna mengetahui kualitas udara dengan cara mengukur parameter kualitas udara secara realtime dengan akurasi yang tinggi.	Hasil penelitian yang dilakukan yaitu terciptanya sebuah budidaya mikroalga yang efektif agar mampu menjerap kadar CO ₂ secara maksimal dan menghasilkan desain implementasi MAFLEXTOR yang flexible.	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga
2.	Nur <i>et al.</i> , (2018)	Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan mikroalga <i>epifit</i> di	Hasil penelitian diperoleh mikroalga <i>Chlorococcum</i> dan <i>Chlorella</i> yang dapat menjerap massa CO ₂	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>hutan kota Surabaya dalam penyerapan CO₂. Metode penelitian ini adalah observasi deskriptif tentang kemampuan mikroalga <i>epifit</i> dalam penyerapan CO₂ pada tanaman hutan kota Surabaya.</p>	<p>tertinggi sebesar 58,96 mg dihasilkan oleh mikroalga epifit pada pohon Sono saat siang hari di Taman Flora Bratang, sedangkan massa CO₂ terendah sebesar 11,73 mg dihasilkan oleh mikroalga epifit pada pohon Trembesi saat sore hari dan pohon Sono saat siang hari di Kebun Bibit Wonorejo.</p>	<p>bioreaktor mikroalga</p>
3.	Listianto <i>et al.</i> , (2021)	<p>Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kebutuhan energi yang digunakan pada proses kultivasi mikroalga menggunakan fotobioreaktor yang telah dibuat.</p>	<p>Hasil dari penelitian ini yaitu kebutuhan energi dalam proses kultivasi mikroalga menggunakan fotobioreaktor selama 8 hari adalah 20,06 kWh. Penggunaan terbesar energi yaitu pada pengoprasian</p>	<p>Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga</p>

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			komputer sebesar 8,55 kWh, kemudian kompresor sebesar 4,32 kWh, Lampu sebesar 3,38 kWh, Sensor 1,83 kWh, Power supply sebesar 1,6 kWh, dan NI sebesar 0,38 kWh. Sedangkan parameter-parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga secara berturut-turut adalah suhu berkisar dari 27-28 C, pH berkisar 6-7, konsentrasi CO ₂ 0,0082% dan intensitas berkisar 330-600 μmol/m ² .s. 132	
4.	Suciati & Aviantara, (2020)	Menjaga agar konsentrasi GRK di atmosfer berada pada yang tidak	Potensi penambatan karbon serta produksi biomassa mikroalga akan meningkat	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		membahayakan iklim bumi.	sedemikian serupa sehingga dari aspek ekonomis memberikan peningkatan yang lebih baik pula. Dari hasil pemanenan mikroalga tersebut dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan pewarna bio (biopigment), bahan bakar bio (biofuel) maupun produk lainnya yang berbasis mikroalga.	bioreaktor mikroalga
5.	Turnip Gilbert, Nomleni Aryok, (2021)	Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi karbon dioksida (CO ₂) yang berbeda terhadap Laju pertumbuhan	Laju biofiksasi/ penyerapan oleh mikroalga tertinggi pada injeksi CO ₂ dengan konsentrasi 30%.	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		spesifik dan total lipid mikroalga <i>Chaetoceros calcitrans</i> .		
6.	Anwar <i>et al.</i> , (2023)	Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mendapatkan pengaruh laju alir dan jenis mikroalga terhadap biofiksasi CO ₂ yang terdapat dalam biogas. Hasil penelitian ini akan memberikan dampak positif terhadap penggunaan biogas sebagai sumber energi alternatif.	Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penurunan kandungan CO ₂ dengan laju alir dua kali maksimum adalah 68,8% untuk <i>Scenedesmus obliquus</i> dan 49% untuk <i>Chlorella vulgaris</i> .	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga
7.	Agustina, (2018)	Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui kemampuan <i>Tetraselmis chuii</i> dalam menyerap karbon dioksida di	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan CO ₂ rata-rata paling tinggi adalah kondisi intensitas 6000 lux.	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		berbagai intensitas (4000, 5000, dan 6000 lux) dengan konsentrasi CO ₂ tetap sebesar 3% volume.		
8.	Fitri & Harmadi, (2020)	Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk merancang instalasi sel fotobioreaktor mikroalga untuk mengurangi emisi CO ₂ pada sirkulasi udara mobil menggunakan sumber lampu neon dan LED Biru.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa fotobioreaktor yang menggunakan sumber lampu neon menghasilkan konsentrasi O ₂ lebih tinggi dibandingkan dengan sumber LED Biru.	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga
9.	Anggraini <i>et al.</i> , (2018)	Tujuan dari penelitian tersebut untuk pemanfaatan potensi mikroalga dalam mitigasi CO ₂ di PLTU Cilacap serta potensi biomassa yang dihasilkan sebagai bahan baku biofuel.	Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa aspek pendapatan yang sangat mempengaruhi terhadap IRR Dengan adanya mikroalga plant di PLTU Cilacap	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			menggunakan fotobioreaktor akan menurunkan emisi CO ₂ 300ton/tahun dimana hal tersebut akan membantu pencapaian target penurunan emisi CO ₂ dari sektor pembangkit di tahun 2030.	
10.	Hikmah <i>et al.</i> , (2019)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kemampuan mikroalga <i>Botryococcus braunii</i> dalam menjerap karbon dioksida (CO ₂) dari emisi PLTU Batubara.	Hasil rata-rata CO ₂ Terserap untuk penelitian dengan <i>supply</i> CO ₂ dari emisi PLTU Batubara sebesar 3459,679 mg CO ₂ . Rata-rata nilai CO ₂ Terserap untuk dengan <i>supply</i> CO ₂ di sekitar PLTU Batubara sebesar 2689,651 mg CO ₂ .	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga
11.	Muchammad <i>et al.</i> (2013)	Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat respon pertumbuhan	Efisiensi penyerapan CO ₂ paling baik terjadi pada	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		Ankistrodesmus sp. dalam kemampuannya mereduksi CO ₂ dengan perlakuan intensitas cahaya 2500 dan 4000 lux	intensitas 4000 luks dengan variasi konsentrasi 5% CO ₂ . Respon pertumbuhan mikroalga pada intensitas cahaya 4000 luks lebih baik bila dibandingkan dengan intensitas cahaya 2500 luks kecuali kandungan klorofil.	di dalam bioreaktor mikroalga
12.	Morales <i>et al.</i> , (2018)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi bagaimana faktor-faktor lingkungan seperti konsentrasi karbon dioksida, intensitas cahaya, suhu, pH, dan ketersediaan nutrien memengaruhi efisiensi fiksasi karbon dioksida oleh mikroalga.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi budidaya memiliki dampak langsung pada kemampuan mikroalga dalam melakukan fiksasi karbon dioksida.	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga

No.	Penelitian (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
13.	Dewi <i>et al.</i> (2023)	Tujuan untuk menganalisis pengaruh warna cahaya putih, variasi konsentrasi logam Cu(II), dan variasi waktu kontak setelah proses biosorpsi menggunakan mikroalga <i>T. chuii</i> sebagai biosorben.	Hasil penelitian diperoleh bahwa warna cahaya putih dengan waktu kontak 60 menit pada konsentrasi logam berat Cu(II) 5 mg/L menghasilkan efisiensi penyisihan logam Cu(II) sebesar 21,74%. Keywords	Jenis mikroalga, polutan yang diaplikasikan di dalam bioreaktor mikroalga

Penelitian-penelitian diatas dapat diketahui bahwa mikroalga dapat menurunkan polutan gas karbon dioksida (CO₂) dari asap. Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan mikroalga jenis *Spirulina plantesis* di dalam mengurangi polutan gas karbon dioksida (CO₂). Diharapkan dari penelitian ini dapat mengetahui kemampuan *Spirulina plantesis* di dalam penurunan kadar polutan gas karbon dioksida (CO₂) dari asap rokok.

2.2 Teori-teori yang Relevan

2.2.1 Mikroalga

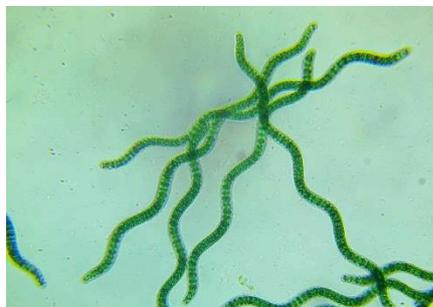
Mikroalga tergolong dalam organisme yang bersifat autotrof dan memiliki kemampuan melakukan konversi karbon dioksida yang berpotensi menjadi biofuel, makanan, serta bioaktif yang bernilai tinggi dengan bantuan sinar matahari. Alga secara luas diklasifikasikan sebagai makroalga dan mikroalga. Alga dapat tumbuh di air tawar, air laut dan air payau dan dapat berupa autotrofik atau heterotrofik atau mixotrofik (Turnip *et al.* 2021).

2.2.2 Spirulina Plantesis

Spirulina plantesis merupakan mikroalga yang menyebar secara luas di alam dan dapat ditemukan di berbagai tipe lingkungan, baik di perairan payau, laut dan tawar (Buwono & Nurhasanah 2018). Klasifikasi *Spirulina plantesis* menurut Buwono & Nurhasanah (2018) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Protista
Filum : Cyanobacteria
Divisi : Cyanophyta
Kelas : Cyanophyceae
Ordo : Nostocales
Famili : Oscillatoriaceae
Genus : Spirulina
Spesies : *Spirulina plantesis* .

Spirulina plantesis merupakan organisme autotrof berwarna hijau kebiruan, menyerupai spiral dengan sel membentuk filamen terpilin sehingga disebut juga alga biru hijau berfilamen. *Spirulina plantesis* berdiameter 1-12 mikrometer dan memiliki bentuk tubuh menyerupai benang yang merupakan rangkaian sel yang berbentuk silindris dengan dinding sel yang tipis. Selain itu, filamen *Spirulina plantesis* juga dapat hidup soliter (Ilhamdy *et al.* 2020).



Gambar 2.1 *Spirulina plantesis* (Sumber : Hanif, 2022)

Menurut (Ekantari *et al.* 2017), *Spirulina plantesis* adalah jenis Cyanobacteria yang mengandung klorofil dan dapat melakukan fotosintesis untuk membuat makanan sendiri. Zat warna alami yang dikandung *Spirulina plantesis* terdiri atas pigmen hijau, merah, kuning dan biru (Kusmiyati *et al.* 2020). Kandungan fikosianin yang tinggi pada mikroalga ini menyebabkan warnanya cenderung hijau biru. *Spirulina plantesis* memiliki struktur trichoma spiral dengan filamen–filamen bersifat mortal dan tidak memiliki heterosit. Sel *Spirulina plantesis* berukuran relatif besar yaitu 110 μm , sehingga dalam proses pemanenan dengan menggunakan kertas saring lebih mudah (Buwono & Nurhasanah, 2018).

2.2.3 Media Kultur dan Nutrisi *Spirulina plantesis*

Nutrien merupakan faktor yang sangat penting untuk pertumbuhan dan komposisi biokimia mikroalga. Kondisi nutrisi yang optimum diperlukan untuk mendapatkan nilai produktivitas kultur mikroalga yang tinggi disertai kualitas biomassa yang baik. Konsentrasi nutrisi yang rendah dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan karena sel-sel alga kekurangan unsur makanan. Pertumbuhan *Spirulina plantesis* . membutuhkan bermacam-macam nutrisi yang secara umum dibagi menjadi unsur makro dan unsur mikro (Ekantari *et al.* 2017).

Unsur makro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah besar yaitu terdiri atas N, P, K, Na, S, C, H, O, Mg. Sementara itu, unsur mikro merupakan nutrisi yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit yaitu terdiri atas Bo, Mo, Cu, Zn dan Co. Komponen vitamin yang tersedia dalam media juga dapat mempercepat pertumbuhan terutama kandungan vitamin B12 (Ilhamdy *et al.* 2020). Ilhamdy *et al.* (2020) juga menyebutkan bahwa faktor utama dalam media sangat bergantung pada komposisi hara nitrogen dan fosfor.

Berkurangnya nitrogen dan fosfor menyebabkan penurunan konsentrasi CO₂ dan O₂ (Abdurrachman *et al.* 2015). Nitrogen merupakan komponen esensial dari struktur dan fungsional protein pada sel mikroalga. Secara umum, mikroalga memiliki kemampuan yang terbatas untuk memproduksi material penyimpan nitrogen ketika tumbuh pada kondisi nitrogen yang mencukupi kecuali sianofisin dan fikosianin. Sementara fosfor adalah makro nutrisi yang memegang peranan

penting dalam proses metabolisme seluler dengan membentuk berbagai struktur dan fungsi dari komponen-komponen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroalga. Beberapa gejala dari kekurangan fosfor mirip pada kultur dengan nitrogen terbatas. Kandungan klorofil a cenderung mengalami penurunan sedangkan kandungan karbohidrat akan mengalami peningkatan pada kondisi penurunan senyawa fosfor (Ilhamdy *et al.* 2020).

2.2.4 Derajat Keasaman (pH) Media Kultur *Spirulina plantesis*

Penentuan kisaran pH media kultur penting untuk pertumbuhan *Spirulina plantesis*. Kisaran pH merupakan salah satu faktor penentu bagi pertumbuhan *Spirulina plantesis* yang dapat menentukan kemampuan biologi mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Kisaran pH berperan untuk menentukan konsentrasi CO₂ dan keseimbangan antara bikarbonat dan karbonat. Keberadaan CO₂ sebagai hasil perubahan bikarbonat menjadi karbonat berlangsung sampai absorpsi dari udara mencapai keadaan seimbang dengan penggunaan CO₂ oleh *Spirulina plantesis* (Abdurrachman *et al.* 2015).

Pada saat pH meningkat sampai melewati ambang batas maka kecepatan metabolisme dari *Spirulina plantesis* akan menurun. Selain itu, pH juga berpengaruh terhadap penyediaan nutrisi dan keadaan fisiologis *Spirulina plantesis* (Ciferri, 1983). Derajat keasaman atau pH digambarkan sebagai keberadaan ion hidrogen. Variasi pH dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan kultur mikroalga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrisi dan mempengaruhi fisiologi sel. Kisaran pH untuk pertumbuhan *Spirulina plantesis* antara 8,5 – 10,5 (Ilhamdy *et al.* 2020).

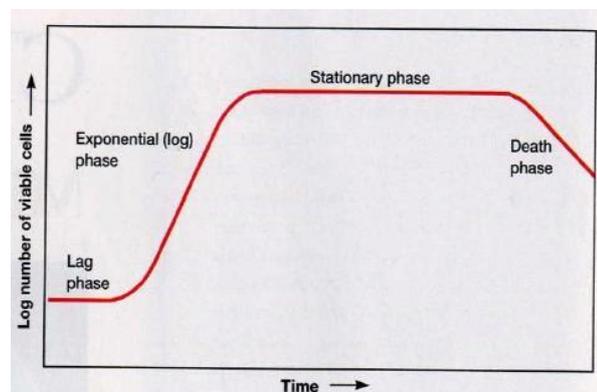
2.2.5 Suhu Media Kultur *Spirulina plantesis*

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses kimia, biologi dan fisika. Peningkatan suhu dapat menurunkan suatu kelarutan bahan dan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi fitoplankton diperairan. Secara umum suhu optimal dalam kultur mikroalga berkisar antara 20-30°C (Abdurrachman *et al.* 2015). Suhu dalam kultur diatur sedemikian rupa

bergantung pada medium yang digunakan. Suhu di bawah 16°C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan turun, sedangkan suhu diatas 36°C dapat menyebabkan kematian. Beberapa mikroalga tidak tahan terhadap suhu yang tinggi. Pengaturan suhu dalam kultur mikroalga dapat dilakukan dengan menggunakan alat pengatur suhu udara (Abdurrachman *et al.* 2015). Menurut Ilhamdy *et al.* (2020), *Spirulina plantesis* yang paling umum dibudidayakan mampu mentolerir suhu antara 16 dan 27°C. Suhu lebih rendah dari 16°C akan memperlambat pertumbuhan, sedangkan yang lebih tinggi dari 35°C akan mematikan bagi sejumlah spesies (Buwono & Nurhasanah, 2018).

2.2.6 Fase Pertumbuhan *Spirulina plantesis*

Terdapat 4 fase dalam pertumbuhan mikroalga yaitu fase lag (fase adaptasi), fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian (Hariz *et al.* 2018). Fase-fase pertumbuhan mikroalga tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik Fase Pertumbuhan *Spirulina plantesis* (Sumber: Hariz *et al.* 2018)

Rincian penjelasan dari masing-masing fase pertumbuhan dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.2.6.1 Fase Lag

Fase lag atau fase adaptasi merupakan fase ketika populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel pada fase tersebut meningkat. Fotosintesis masih aktif berlangsung dan organisme mengalami metabolisme tetapi belum

terjadi pembelahan sel sehingga kepadatannya belum meningkat. Fase lag diawali dengan terjadinya penyesuaian sel terhadap lingkungan baru. Pada saat adaptasi, sel mengalami defisiensi enzim atau koenzim, sehingga harus disintesis dahulu guna berlangsungnya aktivitas biokimia sel selanjutnya. Pada fase lag populasi mikroalga tidak mengalami perubahan, tetapi ukuran sel pada fase tersebut meningkat (Hariz *et al.* 2018).

2.2.6.2 Fase Eksponensial

Fase eksponensial diawali dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang terjadi terus menerus, pertumbuhan pada fase tersebut mencapai maksimal. Menurut Hariz *et al.* (2018), fase eksponensial ditandai dengan mulai meningkatnya kepadatan sel *Spirulina plantesis*. Waktu penggandaan yang tercepat biasanya tercapai ketika fase eksponensial, yaitu fase pertumbuhan ketika sel-sel membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase tersebut pertumbuhan dan aktivitas sel berada dalam keadaan maksimum, sehingga pada umur tersebut sel berada dalam keadaan aktif dan memiliki waktu adaptasi yang pendek selama proses kultur (Hariz *et al.* 2018).

2.2.6.3 Fase Stasioner

Pada fase stasioner, komposisi mikroalga berubah secara signifikan karena terbatasnya kandungan nitrat pada media kultur yang mengakibatkan kandungan karbohidrat meningkat hingga dua kali lipat dari kandungan protein. Menurut Hariz *et al.* (2018), kandungan karbohidrat total meningkat sesuai dengan umur dari kultur mikroalga. Pada fase tersebut, laju reproduksi atau pembelahan sel sama dengan laju kematian, artinya penambahan dan pengurangan mikroalga relatif sama sehingga kepadatan mikroalga cenderung tetap (Hariz *et al.* 2018).

2.2.6.4 Fase Kematian

Fase kematian merupakan fase ketika terjadi penurunan jumlah atau kepadatan mikroalga. Pada fase ini laju kematian lebih cepat dibandingkan laju reproduksi. Laju kematian mikroalga dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, cahaya, temperatur dan umur mikroalga itu sendiri. Kematian sel dapat disebabkan oleh mulai

berkurangnya nutrisi yang tersedia sehingga tidak mampu mendukung pertumbuhan sel, penurunan kualitas air dan akumulasi metabolit (NO_2 dan NH_4^+) (Hariz *et al.* 2018).

2.2.7 Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan suatu upaya penyesuaian fisiologis atau adaptasi dari suatu organisme terhadap suatu lingkungan baru yang akan dimasukinya. Hal ini didasarkan pada kemampuan organisme untuk dapat mengatur morfologi, perilaku, dan jalur metabolisme biokimia di dalam tubuhnya untuk menyesuaikan dengan lingkungan. Beberapa kondisi yang pada umumnya disesuaikan adalah suhu lingkungan, derajat keasaman (pH), dan kadar oksigen. Proses penyesuaian ini berlangsung dalam waktu yang cukup bervariasi tergantung dari jauhnya perbedaan kondisi antara lingkungan baru yang akan dihadapi, dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Contoh dari aklimatisasi ditemukan pada tanaman budi daya dan pada teknik kultur jaringan. Dalam teknik kultur jaringan, tanaman yang masih berada di dalam botol steril akan disiapkan untuk dipindahkan ke lingkungan aslinya, yaitu di tanah terbuka dengan kondisi lingkungan yang lebih tidak terkontrol (Kartikasari *et al.* 2020).

2.2.8 Karbon Dioksida

Karbon dioksida atau biasa disebut CO_2 adalah gas yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil pada kendaraan bermotor, pabrik - pabrik, peternakan, dan pembangkit tenaga listrik. Gas CO_2 ini sendiri menjadi kontributor terbesar dalam permasalahan pemanasan global (Agustina, 2018). CO_2 adalah gas rumah kaca terpenting penyebab pemanasan global yang sedang ditimbun di atmosfer karena kegiatan manusia. Sumbangan utama manusia terhadap jumlah karbon dioksida dalam atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Pembukaan lahan baru pertanian dan penggundulan hutan juga meningkatkan jumlah karbon dioksida dalam atmosfer. Namun selain efek rumah kaca, CO_2 juga memainkan peranan sangat penting untuk kehidupan tanaman. Karbon dioksida diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari dan digunakan untuk

pertumbuhan tanaman dalam proses yang dikenal sebagai fotosintesis. Proses yang sama terjadi di lautan di mana karbon dioksida diserap oleh ganggang. Dampak dari meningkatnya CO₂ di atmosfer antara lain: meningkatnya suhu permukaan bumi, naiknya permukaan air laut, anomali iklim, timbulnya berbagai penyakit pada manusia dan hewan. Oleh karena itu berbagai upaya dilakukan untuk menekan laju peningkatan emisi CO₂ di atmosfer (Anggraini *et al.* 2018).

2.2.9 Pengaruh Cahaya Terhadap Aktivitas Mikroalga

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroalga, terutama dalam proses fotosintesis. Intensitas dan spektrum cahaya dapat mempengaruhi laju pertumbuhan, penyerapan CO₂, dan produksi biomassa mikroalga. Menurut studi yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2022), intensitas cahaya yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju fotosintesis mikroalga, yang pada akhirnya meningkatkan penyerapan CO₂. Penelitian ini menunjukkan bahwa mikroalga memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam menyerap CO₂ pada intensitas cahaya antara 2000 hingga 4000 lux. Studi lainnya yang dilakukan oleh Astuti *et al.* (2021) menunjukkan bahwa spektrum cahaya juga memainkan peran penting dalam aktivitas mikroalga. Cahaya putih dengan panjang gelombang tertentu terbukti lebih efektif dalam meningkatkan produktivitas mikroalga dibandingkan dengan spektrum cahaya lain. Hal ini disebabkan oleh kesesuaian panjang gelombang cahaya putih dengan spektrum serapan klorofil mikroalga, yang memaksimalkan efisiensi fotosintesis. Penelitian oleh Smith *et al.* (2023) juga mendukung pentingnya pengaruh cahaya terhadap mikroalga, tetapi menekankan bahwa kondisi cahaya yang berlebihan dapat menyebabkan stres pada mikroalga, yang justru mengurangi efisiensi fotosintesis dan menghambat pertumbuhan. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan dalam pengaturan intensitas cahaya agar mikroalga dapat tumbuh secara optimal. Dengan demikian, pengaturan intensitas dan spektrum cahaya yang tepat sangat penting dalam memaksimalkan potensi mikroalga sebagai sumber energi terbarukan, terutama dalam konteks penyerapan CO₂ dan produksi biomassa.

2.3 Hipotesis

Hipotesis atau dugaan sementara di dalam menjawab rumusan masalah penelitian kemampuan *Spirulina plantesis* di dalam menurunkan polutan gas CO₂ dari asap rokok dan industri pembangkit listrik berbahan baku batu bara adalah sebagai berikut:

- a. Karakteristik kultivasi *Spirulina plantesis* memiliki bau, warna hijau, derajat keasaman (pH) 8 - 10, salinitas > 10%, dan suhu 30 – 32 °C
- b. Penambahan gas CO₂ dari asap rokok pada media *Spirulina plantesis* akan menghasilkan bau amis, warna hijau, derajat keasaman (pH) 8 - 10, salinitas > 10%, dan suhu 30 - 35 °C.
- c. Efektifitas *Spirulina plantesis* di dalam menurunkan kadar CO₂ dari asap rokok yaitu > 80%.
- d. Kemampuan *Spirulina plantesis* dalam menurunkan CO₂ dari asap rokok akan meningkat dengan semakin banyak volume media yang digunakan
- e. Pengaruh cahaya pada *Spirulina plantesis* dalam menjerap polutan gas CO₂ dari asap rokok akan lebih banyak terjerap di bandingkan tidak adanya cahaya.