

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Seiring dengan semakin maju perkembangan dunia, berbagai permasalahan bermunculan. Masalah-masalah tersebut antara lain adalah polusi baik di udara, tanah dan air yang kian hari makin meningkat dengan semakin bertambahnya penduduk, kendaraan bermotor, dan kawasan industri. Berbagai macam krisis juga melanda, yaitu krisis pangan dan energi. Ada pula masalah yang timbul karena efek rumah kaca akibat pemanasan global yang disebabkan oleh meningkatnya kandungan CO₂ di udara. Hal-hal ini akhirnya semakin menimbulkan kekhawatiran akan mengakibatkan kehancuran dunia dan menjadi ancaman bagi manusia. Oleh karena itu, manusia pun dituntut untuk bisa menemukan solusi dan pemecahan jitu bagi permasalahan ini.

Beberapa peneliti telah berusaha menemukan cara-cara alternatif untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut diatas. Penanggulangan atas masalah tersebut dapat dilakukan secara kimiawi maupun biologi. Sebagai contoh untuk penanggulangan secara kimiawi misalnya dengan memanfaatkan pasir Mangan untuk menurunkan kadar polutan Fe di air (www.airminumisiulang.com, 2009). Contoh yang lain seperti yang dilakukan Hiroshi *et al* (2005) yang memanfaatkan minyak goreng bekas sebagai bahan pembuat biodiesel yang merupakan bahan energi alternatif di masa depan. Sedangkan penanggulangan secara biologi, beberapa jenis makhluk hidup telah digunakan, misalnya jamur *Saccharomyces cerevisiae* digunakan untuk fermentasi etanol yang juga merupakan bahan energi alternatif di masa depan (Bai *et al*, 2007). Bakteri dari jenis *Sulfate-reducing bacteria* (SRB) HSR1, HSR4, dan HSR14 bisa digunakan untuk menurunkan kadar *mercury* (Harithsa *et al*,2002). Namun selain jamur dan bakteri, ada makhluk hidup lain yang semakin besar pemanfaatannya, yaitu mikroalga.

Mikroalga adalah salah satu jenis tumbuhan yang banyak tersebar baik di perairan darat maupun laut (Carlsson *et al.*,2007). Mikrolaga memiliki jenis yang beragam. Salah satu jenis mikroalga yang terkenal adalah *Chlorella sp*. Pemanfaatan *Chlorella sp* sangat luas. Mikroalga jenis ini termasuk yang dominan

dalam produksi komersial selain *Isochrysis*, *Chaetoceros*, *Arthrospira* (*Spirulina*) dan *Dunaliella* (Lee,1997). Beberapa contoh jenis *Chlorella sp* yang bermanfaat antara lain *Chlorella pyrenoidosa* mampu menurunkan kadar polutan logam berat Cu dalam air (Syahputra. B., 2008). Selain itu *Chlorella vulgaris* Buitenzorg mampu melakukan fiksasi CO₂ dengan baik sehingga sangat potensial untuk menurunkan kadar CO₂ yang mengakibatkan efek rumah kaca (Wijanarko *et al.*,2008). *Chlorella sp* juga memiliki sel yang mengandung bahan-bahan yang sangat potensial diantaranya adalah kandungan minyak sebanyak 28-32 % berat kering yang potensial untuk diolah menjadi biodiesel (Chisti.Y., 2007 dan Sheehan *et al.* 1998). *Chlorella vulgaris* memiliki komposisi bahan asupan pangan seperti protein 67%, klorofil 3,9 % , CGF 25,6% dan beta karoten 0.12% (*Composition of Chlorella*,n.d). Hal ini tentunya menjadikan *Chlorella vulgaris* sangat potensial untuk dikembangkan menjadi *food supplement*.

Melihat potensi yang dimiliki *Chlorella sp* sangat besar, makin banyak penelitian dilakukan terhadap jenis mikroalga ini. Penelitian tentang pertumbuhan mikroalga biasanya dilakukan dalam fotobioreaktor tertutup. Dalam pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor, ada beberapa faktor yang harus dipenuhi. Menurut Mandalam & Palsson (1998) ada 3 persyaratan dasar untuk kultur mikroalga fotoautotropik berdensitas tinggi yang tumbuh dalam fotobioreaktor tertutup yaitu sumber cahaya yang kuat, pertukaran gas yang efisien dan komposisi medium yang cocok.

Mengacu pada syarat kultur mikroalga yang membutuhkan pertukaran gas yang efisien, maka ini bisa terwujud jika kondisi hidrodinamika (aliran) dalam reaktor harus baik. Kondisi hidrodinamika merupakan fungsi karakteristik pencampuran yang tidak lepas dari pengaturan laju alir gas. Oleh karena itu dalam menentukan laju alir gas atau kecepatan superfisial gas (U_G) sebagai kondisi operasi untuk mendapatkan hasil biomassa yang optimum, harus didasarkan pada parameter hidrodinamika yang benar. Dengan parameter hidrodinamika yang tepat maka proses pencampuran, perpindahan massa, dan daur kehidupan mikroalga dalam reaktor akan baik

Penelitian-penelitian sebelumnya di Laboratorium Rekayasa Bioproses Universitas Indonesia lebih banyak memfokuskan diri pada efek pencahayaan

pada pertumbuhan mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg, seperti tampak pada tabel berikut ini.

Tabel 1.1 Road map penelitian tentang produksi biomassa mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg di Laboratorium Rekayasa Bioproses Universitas Indonesia

Peneliti (tahun)	Fokus Penelitian		
	Pencahayaan	Filtrasi	Kecepatan superfisial (U_G)
Rahayu (2006) & Apriyati N. (2006)	pencahayaan alami		
Valentino (2006)	siklus harian atau terang gelap (flip-flop)		
Muryanto (2006)	pencahayaan periodik		
Sujarwo (2006)	pencahayaan kontinyu		
Andika (2005), Yudi.S (2006) Syahri (2008)	alterasi pencahayaan		
Syarif (2008)		Efek filtrasi pada volume kultur 18 L	
Puteri (2007)			U_G optimum untuk volume kultur 600 ml

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa penelitian yang berkaitan langsung dengan studi hidrodinamika di Laboratorium Rekayasa Bioproses Universitas Indonesia masih sedikit sekali. Oleh karena itu, pembahasan lebih dalam tentang hal ini sangat diperlukan agar semua aspek pertumbuhan mikroalga terpenuhi.

Penelitian tentang hidrodinamika yang dimaksud juga bukan hanya terbatas dalam mengukur dan mengetahui besarnya dalam aliran saja, namun sekaligus aspek hidrodinamika digunakan sebagai aspek yang diperhitungkan dalam peningkatan skala produksi. Jadi dalam hal ini, ada beberapa parameter hidrodinamika yang dipilih untuk menjadi basis dalam *scale up*. Peningkatan skala (*scale up*) menjadi penting untuk dibahas dalam penelitian ini, sebab pada akhirnya semua penelitian yang dilakukan harus bisa memberikan manfaat yang besar terhadap masyarakat dan menjadi produk yang komersial yang menguntungkan. Sebagai tahapan untuk menuju kearah itu, setelah penelitian

skala lab maka perlu dilakukan peningkatan skala produksi (*scale up*) hingga selanjutnya menjadi pilot plant dan akhirnya menjadi suatu industri yang komersial .

Dalam proses melakukan *scale up* pada fotobioreaktor tentunya ada beberapa kendala yang biasanya dihadapi. Untuk fotobioreaktor kolom gelembung yang berbentuk *flat-plate* seperti yang digunakan oleh peneliti-peneliti di Laboratorium Rekayasa Bioproses (RBP) Universitas Indonesia memiliki beberapa keterbatasan diantaranya adalah adanya faktor *hydrodynamic stress* yang dialami oleh beberapa alga (Ugwu *et al*, 2007). Efek dari *hydrodynamic stress* adalah bisa menimbulkan kerusakan sel dan bahkan kematian sel (Barbosa *et al*, 2003). Karena itu faktor hidrodinamika pada aliran dalam fotobioreaktor menjadi faktor penting dalam melakukan *scale up* untuk mendapatkan biomassa yang optimum.

Parameter hidrodinamika yang dibahas dalam penelitian ini antara lain kecepatan superfisial (U_G), *Retention Time Distribution* (RTD), *gas holdup* (ϵ) dan koefisien perpindahan massa (k_{La}). Semua parameter diujikan dalam operasi produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg. Untuk dua parameter pertama U_G dan RTD, sudah diujikan dalam penelitian sebelumnya yaitu oleh Andika (2005), Puteri (2007) dan Syahri (2008). Penelitian mereka seperti yang dijelaskan dalam Tabel 1.1 memang bukan fokus tentang hidrodinamika melainkan pencahayaan. Namun dalam pembahasan di penelitian ini, penelitian mereka dibahas dari aspek hidrodinamikannya. Sedangkan dua parameter pertama berikutnya yaitu ϵ dan k_{La} akan diukur dan diujikan pada operasi produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg secara langsung dalam penelitian ini.

Berkaitan dengan *gas holdup* (ϵ) dan koefisien perpindahan massa (k_{La}), ada cukup banyak peneliti-peneliti dari luar yang juga telah mempelajari tentang hal ini, seperti yang tampak dalam tabel 1.2 berikut ini. Namun dalam beberapa penelitian tersebut belum ada yang melakukan *scale up* dengan parameter *gas holdup* dan koefisien perpindahan massa yang dengan langsung mengujikannya di kultur mikroalga. Sehingga bisa disimpulkan bahwa penelitian tentang parameter hidrodinamika yang digunakan sebagai basis *scale up* untuk produksi biomassa mikroalga, belum ada yang melakukan.

Tabel 2.1 Penelitian tentang *gas holdup* (ϵ) dan koefisien perpindahan massa (k_{La})

Peneliti	Tahun	Fokus Penelitian	
		ϵ	k_{La}
Grima <i>et al</i>	1993	efek kecepatan aerasi terhadap harga k_{La} dan ϵ pada kultur mikroalga pada reaktor kolom gelembung	
Krisna. R	2000	<i>scale up</i> pada <i>bubble column slurry reactor</i> berdasarkan parameter <i>gas holdup</i> (ϵ) pada media air, <i>tellus oil</i> dan <i>paraffin oil</i>	
Muron <i>et al</i>	2000	Evaluasi besaran parameter hidrodinamik (laju alir aerasi, <i>gas holdup</i> , kecepatan cairan) dan perpindahan massa (k_{LaL}) pada tiga jenis reaktor yaitu kolom gelembung, <i>split-cylinder airlift device</i> dan <i>concentric draft-tube sparged airlift vessel</i>	
Alam dan Razali	2005		<i>scale-up</i> pada bioreactor berpengaduk dan beraerasi berdasarkan konstan koefisien perpindahan massa (k_{La}) dengan menggunakan media air dan larutan CMC
Yoshida <i>et al</i>	2005		Karakteristik pencampuran dan perpindahan massa pada tangki berpengaduk menggunakan 4 <i>delta blade</i> dan beraerasi tanpa <i>baffle</i>
Moshtari, Babakhani dan Moghaddas	2009	Studi eksperimen tentang <i>gas holdup</i> dan perilaku gelembung dalam kolom gelembung gas-cairan	

Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan ini maka dalam penelitian ini semua parameter hidrodinamika akan dibahas dan dilihat hasil ujinya pada produksi biomassa mikroalga. Hasil uji yang menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh dari volume acuan, menunjukkan bahwa parameter hidrodinamika yang digunakan merupakan parameter yang bisa dijadikan sebagai basis untuk *scale up*.

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Hal yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah apa parameter hidrodinamika yang bisa dijadikan sebagai dasar untuk *scale up* (peningkatan volume) produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dalam fotobioreaktor kolom gelembung.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan riset ini adalah menentukan parameter hidrodinamika yang bisa dijadikan sebagai dasar untuk *scale up* (peningkatan volume) produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dalam fotobioreaktor kolom gelembung dengan cara :

1. Mereview hasil produksi biomassa dari penelitian sebelumnya di Laboratorium Rekayasa Bioproses Universitas Indonesia, yaitu yang menggunakan kecepatan superfisial (U_G) sama dan *Retention Time Distribution* (RTD) sama (sedangkan volume kultur masing-masing berbeda)
2. Melakukan studi hidrodinamika pada aliran dalam fotobioreaktor kolom gelembung dengan mengukur parameter *gas hold up* (ϵ) dan koefisien perpindahan massa (k_{La})
3. Menguji pertumbuhan *Chlorella vulgaris* Buitenzorg pada kondisi iso- ϵ dan iso- k_{La} pada dua reaktor yang volumenya berbeda.
4. Memilih parameter hidrodinamika sebagai basis *scale up* dengan melihat hasil pertumbuhan di volume *scale up* (40 L) yang paling mendekati pola pertumbuhan di volume acuan (18 L).

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk :

1. Memberikan informasi awal tentang parameter hidrodinamika yang bisa digunakan untuk melakukan *scale up* produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dalam fotobioreaktor kolom gelembung.
2. Menjadi landasan untuk menggali lebih banyak lagi tentang metode/cara untuk meningkatkan produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dalam fotobioreaktor kolom gelembung.

1.5. BATASAN MASALAH

Penelitian ini menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg yang dibudidayakan dengan kultur media Benneck dalam reaktor kolom gelembung berbentuk *flat-panel* di dua reaktor yang berbeda, volume 18 L dan 40 L. Kondisi operasi yang dijalankan pada suhu ruang (29°C) dengan aerasi udara yang kecepatannya disesuaikan dengan kondisi iso- ε dan iso- k_{La} dengan tambahan 5% CO₂. Sedangkan kondisi pencahayaan dibuat kontinyu sebesar 5000 lux.

Lingkup pekerjaan untuk menentukan parameter hidrodinamika yang bisa dijadikan sebagai dasar untuk *scale up* (peningkatan volume) produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dalam fotobioreaktor kolom gelembung pada penelitian ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. Mengukur parameter ε dan k_{La} pada beberapa aliran kecepatan superficial (U_G) di masing-masing reaktor.
2. Membuat grafik hubungan antara ε dan k_{La} terhadap U_G di masing-masing volume reaktor.
3. Menentukan kondisi iso- ε dan iso- k_{La} di volume 40 L dengan patokan kondisi optimum pertumbuhan *Chlorella vulgaris* Buitenzorg di volume 18 L pada $U_G = 14,781$ m/h (Isnaeni, 2009).
4. Menguji pertumbuhan *Chlorella vulgaris* Buitenzorg pada kondisi iso- ε dan iso- k_{La} di volume 40 L.
5. Memilih parameter hidrodinamika (ε atau k_{La}) sebagai basis *scale up* dengan melihat hasil pertumbuhan di volume *scale up* (40 L) yang paling mendekati pola pertumbuhan di volume acuan (18 L).

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan makalah thesis ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan mengenai teori umum yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu mikroalga *Chlorella sp*, proses fotosintesis mikroalga, fotobioreaktor, dan hidrodinamika aliran

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang diagram alir penelitian , alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur penelitian, serta metode perhitungan data hasil observasi yang akan digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian, pembahasan dan analisis hasil penelitian

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian.

