

BAB VI RINGKASAN

Peningkatan penggunaan energi karena pertumbuhan populasi penduduk, bertambahnya jumlah industri dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi bahan bakar fosil mendorong setiap negara untuk memproduksi dan menggunakan energi terbarukan (*renewable energy*) salah satunya biogas. Persoalan tentang produksi biogas adalah kandungan CO₂ dan H₂S yang tinggi. Gas CO₂ dalam biogas berkisar antara 30-40% sedangkan H₂S 100-300 ppm sehingga menurunkan nilai kalor biogas sehingga biogas hanya digunakan sebagai bahan bakar skala rumah tangga.

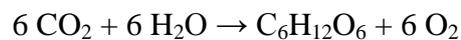
Pemurnian menggunakan mikroalga merupakan teknologi yang inovatif dan ekonomis karena mikroalga tersedia di alam dengan berbagai jenis spesiesnya. Dengan kemampuan mengkonsumsi karbon yang tinggi mikroorganisme ini sangat potensial untuk penyerap gas CO₂ di biogas sehingga dapat digunakan sebagai metode alternatif pada penyerapan gas CO₂ dan dapat diaplikasikan untuk memperoleh bahan bakar biogas dengan nilai kalor tinggi.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah mendapatkan alternatif cara penyerapan gas CO₂ sehingga dapat diaplikasikan untuk memperoleh bahan bakar biogas dengan nilai kalor tinggi (kandungan *methane* lebih dari 95%) dengan memanfaatkan mikroalga sebagai media purifikasinya. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah suatu kondisi operasi yang optimum dalam proses biofiksasi mikroalga sehingga proses tersebut dapat digunakan sebagai metode alternatif pada penyerapan gas CO₂ sehingga dapat diaplikasikan untuk memperoleh bahan bakar biogas dengan nilai kalor tinggi.

Penyerapan gas CO₂ ini dapat dimanfaatkan untuk memproduksi biomassa. Untuk memperoleh biomassa yang tinggi, pemilihan jenis photobioreaktor merupakan hal yang utama (Richmond, 2000). Mikroalga biasanya dikultivasi di sistem terbuka (*open photobioreactors*) dan tertutup (*closed photobioreactors*) dengan diiluminasi baik dengan cahaya buatan ataupun cahaya matahari dengan temperatur 27-30°C dan pH 6,5-7. Untuk sistem tertutup,

bioreaktor akan mudah untuk dikendalikan baik *flow*, cahaya maupun kontaminasinya.

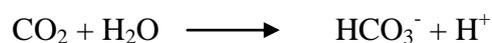
Mikroalga sebagai tumbuhan mikroskopis bersel tunggal yang hidup di lingkungan yang mengandung air, tumbuh dan berkembang dengan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi dan nutrisi anorganik sederhana seperti CO₂, komponen nitrogen terlarut dan fosfat. Kemampuan fitoplankton untuk berfotosintesis, seperti tumbuhan darat lainnya, dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk menyerap CO₂. Diketahui bahwa reaksi fotosintesis adalah sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan reaksi tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa jumlah CO₂ yang dipakai oleh fitoplankton untuk fotosintesis adalah sebanding dengan jumlah materi organik C₆H₁₂O₆ yang dihasilkan.

Alasan utama pemilihan fitoplankton sebagai biota yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mengurangi emisi CO₂ adalah karena meskipun jumlah biomassa fitoplankton hanya 0,05 % biomassa tumbuhan darat namun jumlah karbon yang dapat digunakan dalam proses fotosintesis sama dengan jumlah C yang difiksasi oleh tumbuhan darat (~50-100 PgC/th) (Setiawan dkk, 2008). Biofiksasi CO₂ yang ditunjukkan oleh adanya perbedaan konsentrasi pada *inlet* dan *outlet* gas CO₂ dan hal ini mengindikasikan terjadinya proses transfer gas CO₂ ke dalam kultur medium pada saat berlangsungnya pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, nilai selisih konsentrasi CO₂ juga menandakan terjadinya konsumsi gas CO₂ sebagai substrat/*carbon source* oleh mikroorganisme dalam bentuk HCO₃⁻.

Senyawa bikarbonat (HCO₃⁻) terbentuk karena adanya reaksi antara dengan CO₂ yang dihembuskan ke dalam medium kultur. Konsentrasi HCO₃⁻ secara sederhana dihitung berdasarkan pada besarnya pH medium kultur yang terjadi sebagai akibat adanya aktivitas pertumbuhan sel. Pada saat gas CO₂ masuk dalam kultur, proses yang terjadi adalah pembentukan senyawa bikarbonat (pada *ekstraselular*) berikut :



Senyawa bikarbonat inilah yang kemudian diserap oleh sel melalui dinding sel yang cenderung *permeable* terhadap senyawaan ionik. Proses metabolisme yang terjadi dalam sel selanjutnya adalah reaksi antara bikarbonat tersebut dan air yang terdapat dalam sel membentuk senyawa organik seperti glukosa dan ion OH⁻ menggunakan energi ATP dan NADPH sebagaimana tergambar pada persamaan reaksi berikut (Wijanarko dkk, 2007) :



Variabel kendali dalam penelitian ini adalah pH (8-9), konsentrasi awal mikroalga dan perbandingan C : N : P (50 : 8 : 1) % berat (N = 30 mg/l, P = 4 mg/l, dan C = *limiting*) sedangkan variabel bebasnya adalah laju pembebanan gas campuran CO₂ dan N₂ (0,03; 0,04; 0,05; 0,06 dan 0,07 l/l min), konsentrasi gas CO₂ % volume (10%, 20%, 30% dan 40%) dan *initial* biomassa. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *photobioreactor* jenis *buble coloumn* untuk konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume serta *photobioreactor* jenis *tubular coloumn* untuk konsentrasi CO₂ 30% volume dan 40% volume dengan 6 liter medium kultur pada suhu 28°C, tekanan atmosferik dan lampu TL 20 W sebanyak 4 buah.

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah perancangan dan pembuatan *photobioreactor*, karakterisasi *photobioreactor*, kultivasi *microalgae*, analisa hasil gas, analisa biomassa, analisa laju pertumbuhan mikroalga pada *dark and light cycle*, analisa *bicarbonat alkalinity*, analisa *free* CO₂ dan analisa jumlah sel mikroalga.

Hasil penelitian dari segi efek laju pembebanan gas CO₂ memerlukan *redesign* alat dari *photobioreactor* jenis *buble coloumn* menjadi *photobioreactor* jenis *tubular coloumn* agar gas CO₂ mempunyai waktu tinggal dalam medium kultur lebih lama sehingga laju pertumbuhan mikroalga menjadi optimal. Dari segi efek konsentrasi gas CO₂ menunjukkan CO₂ yang diserap oleh mikroalga digunakan untuk proses fotosintesis dimana hasil dari proses fotosintesis tersebut adalah karbohidrat yang merupakan sumber utama dari biomassa.

Pada konsentrasi CO₂ 10% volume dan 20% volume baik *growth rate* maupun produktivitas mengalami kenaikan, sedangkan pada konsentrasi CO₂ 30% volume dan 40% volume baik *growth rate* maupun produktivitas mulai konstan.

Hal ini membuktikan bahwa senyawa karbonat (HCO_3^-) pada konsentrasi 10% volume dan 20% volume masih bisa dimanfaatkan oleh kultur untuk dirubah ke dalam biomassa dengan bantuan CA (*Carbonic Anhydrase*), sedangkan pada konsentrasi CO_2 30% volume dan 40% volume, aktivitas CA sudah menurun sehingga efektivitas CA dalam memanfaatkan senyawa karbonat mulai berkurang.

Pengaruh penambahan nutrient terhadap pertumbuhan mikroalga ditandai dengan berkurangnya waktu kultivasi, hal ini karena mikroalga memperoleh tambahan makanan untuk pertumbuhannya sehingga dapat mempersingkat waktu kultivasi mikroalga. Pada percobaan 1 dan 2 pH semakin turun (asam) karena medium kultur tidak tumbuh yang disebabkan oleh kandungan nitrat pada medium kultur kurang, sedangkan pada percobaan 3 dan 4 pH semakin naik (basa) karena kandungan nitrat tercukupi (dibuat berlebih).

Pada kondisi gelap, mikroalga tidak melakukan proses sintesa biomassa melainkan mempertahankan hidupnya dengan cara melakukan respirasi sel sehingga medium kultur menjadi jenuh oleh senyawa karbonat yang tidak dimanfaatkan mikroalga. Hal ini menyebabkan pengurangan proses transfer gas CO_2 ke dalam medium kultur.

Kemampuan penyerapan gas CO_2 oleh mikroalga mencapai 26,35 % sebanding dengan penambahan konsentrasi gas CO_2 . Hal ini membuktikan bahwa CO_2 digunakan oleh mikroalga untuk menambah jumlah sel dalam medium kultur dimana sel-sel mikroalga tersebut mulai memproduksi biomassa. Pada hasil penelitian ini produksi biomassa masih terus bertambah berbanding lurus dengan penambahan konsentrasi CO_2 . Hal ini menjelaskan bahwa aktivitas CA belum menurun sehingga konsentrasi CO_2 masih bisa ditingkatkan.