

DASAR-DASAR PENGOPERASIAN FOTOBIOREAKTOR SKALA LABORATORIUM MENGGUNAKAN MIKROALGA UNTUK PENYERAPAN EMISI CO₂

Hendra Tjahjono dan Kusno Wibowo

Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstrak

Fotobioreaktor adalah suatu alat yang dipergunakan dalam memproduksi mikroalga yang dapat dipegunakan untuk menyerap CO₂. Kultur mikroalga pada fotobioreaktor adalah salah satu upaya untuk mengurangi emisi CO₂ di atmosfer, yang merupakan bagian dari teknologi CCS (Carbon Capture and Storage). Fotobioreaktor dijalankan dengan sistem batch dalam waktu 1 siklus hidup mikroalga (10 – 12 hari). Pada tahun 2008, PTL-BPPT telah mengembangkan fotobioreaktor skala batch dengan volume 50 L untuk mengurangi emisi CO₂. Dalam perancangan ini perlu dilakukan pula uji kebocoran sistem fotobioreaktor agar hasil yang dicapai benar-benar optimal. Tetapi karena kurangnya jenis mikroalga yang diujikan serta keterbatasan isolat murni adalah beberapa kendala yang dihadapi pada kegiatan perancangan ini. Dari hasil perancangan ini diharapkan didapat informasi perancangan fotobioreaktor dalam skala besar dan jenis mikroalga yang dapat menyerap emisi CO₂.

Kata kunci : Mikroalga, fotobioreaktor, emisi CO₂

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya Gas-gas Rumah Kaca (GRK) akibat aktivitas manusia dengan dominasi gas CO₂ telah memicu negara maju untuk melakukan berbagai upaya pengurangan konsentrasi CO₂, antara lain dengan menggunakan kultur mikroalga pada fotobioreaktor maupun kolam-kolam sebagai salah satu alternative dari teknologi CCS (Carbon Capture Storage). Meningkatnya teknologi CCS dapat dilakukan secara fisik (melalui injeksi CO₂ ke sumur-sumur geologi) maupun melalui serapan CO₂ oleh mikroalga, maka system ini lebih dikenal sebagai Biologically Carbon Capture and Storage.

Salah satu peralatan yang dipegunakan untuk menangkap CO₂ tersebut adalah reactor dengan proses fotosintesis dan

mempergunakan mikroalga sebagai mediana. Mikroalga yang hidup melayang di permukaan air dan pergerakannya lebih banyak dibantu oleh pergerakan arus, adalah salah satu kandidat biota yang akan dimanfaatkan sebagai penyerap atau mengurangi emisi CO₂ di dalam suatu fotobioreaktor. Proses penyerapan CO₂ oleh mikroalga terjadi pada saat fotosintesis, dimana CO₂ digunakan untuk reproduksi sel-sel tubuhnya. Mikroalga dipilih untuk dipergunakan karena meskipun jumlah biomasa mikroalga hanya 0,05% biomasa tumbuhan darat namun jumlah C (carbon) yang dapat dipergunakan dalam proses fotosintesis adalah sama dengan jumlah C yang difiksasi oleh tumbuhan darat (~50 – 100 PgC/th)¹.

Beberapa percobaan fotobioreaktor telah diuji coba dengan menggunakan species mikroalga laut, seperti *Phaedactylum tricornatum*²⁾ dan *Chaetoceros sp* maupun species air tawar seperti *Chlorella sp.*^{2,3,4)}

Pada tahun 2008, Pusat Teknologi Lingkungan BPPT telah melakukan uji coba kultur mikroalga pada fotobioreaktor untuk menyerap CO₂, baik pada species air tawar maupun air laut dalam skala batch dan dilanjutkan pada tahun 2009 dengan system kontinyu dimana inokulum mikroalga maupun media tumbuh harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan waktu yang lebih panjang.

Hasil dari perancangan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang dibutuhkan untuk seleksi pemilihan jenis-jenis mikrolaga yang paling optimal untuk di kultur dalam fotobioreaktor skala besar, misalnya fotobioresktor yang akan di aplikasikan dalam industri.

2. TUJUAN

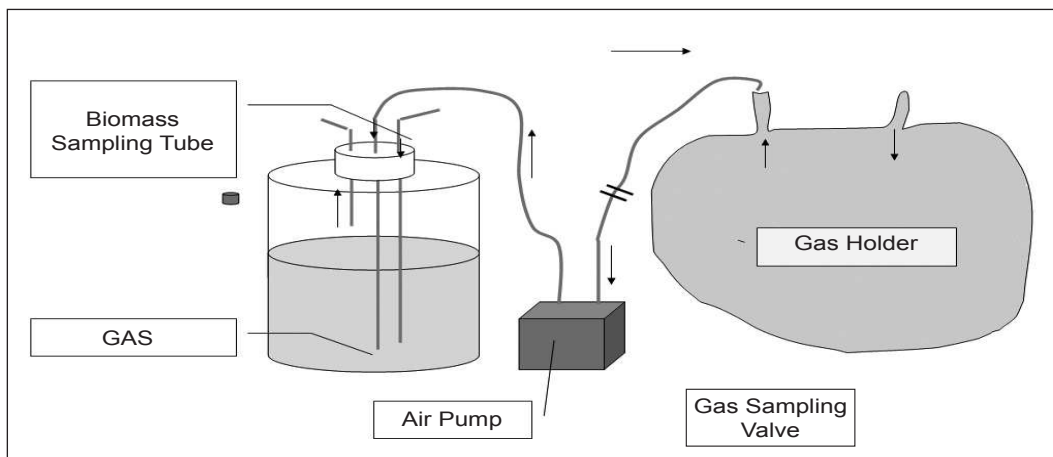
Tujuan dari kegiatan ini adalah didapatkanya suatu sistem pengoperasian suatu fotobioreaktor dalam skala laboratorium yang dapat dipergunakan untuk mengetahui dan meningkatkan kapasitas penyerapan karbon oleh mikroalga dengan memvariasikan konsentrasi CO₂ dan menerapkan untuk

beberapa species mikroalga. Dan pada akhirnya dapat dipergunakan untuk skala besar dalam industri.

3. DASAR PENGOPERASIAN FOTOBIOREAKTOR

Pertumbuhan mikroalga dalam fotobioreaktor dapat dikontrol secara optimal dengan memperhatikan beberapa aspek teknis antara lain dinamika gas dalam system reactor, ketersediaan nutrient, cahaya yang mencukupi, pergerakan air dan temperature yang optimal.

Fotobioreaktor dijalankan dengan system batch dalam waktu 1 siklus hidup mikroalga (10 – 12 hari). Volume fotobioreaktor yang diisi dengan media tumbuh serta mikroalga sekitar 4L, supaya masih ada ruang tersisa bagi udara namun tetap cukup untuk dilakukan pengambilan sample. Aliran CO₂ di resirkulasikan dalam system tertutup melalui gas holder untuk kemudian di injeksikan kembali ke dasar reactor dan di sirkulasikan kembali melalui gas holder. Konsentrasi CO₂ dalam gas holder diukur dua kali sehari secara kontinyu selama eksperimen dengan menggunakan CO₂ gas analyzer Riken Keiki RX515. Secara detail gambar skema proses fotobioreaktor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Skema Fotobioreaktor

Karbondioksida (CO₂) dan Nitrogen dialirkan dengan tekanan, temperature dan flow rate tertentu dan dicampurkan dalam gas holder sampai mencapai konsentrasi CO₂ yang di inginkan. Pemasangan pompa sirkulasi ke gas holder dilakukan untuk menjamin gas CO₂ dan N₂ tercampur secara homogen. Konsentrasi CO₂ dan gas-gas lain di deteksi dengan CO₂ gas analyzer Riken Keiki RX515 dua kali setiap hari. Pencahayaan diatur dalam kisaran 3000 – 4000 lux serta dinyalakan dalam rentang waktu 12 jam terang dan 12 jam gelap.



Gambar 2 Botol-botol Duran yang digunakan untuk uji reduksi CO₂ oleh kultur mikroalga



Gambar 3. Kultur *Tetraselmis* sp setelah 7 hari

Eksperimen dengan perlakuan injeksi CO₂ dan mixing media diperlakukan kontinyu selama 24 jam sehari selama eksperimen berlangsung. Adapun tahapan persiapan dan operasional eksperimen ini adalah sebagai

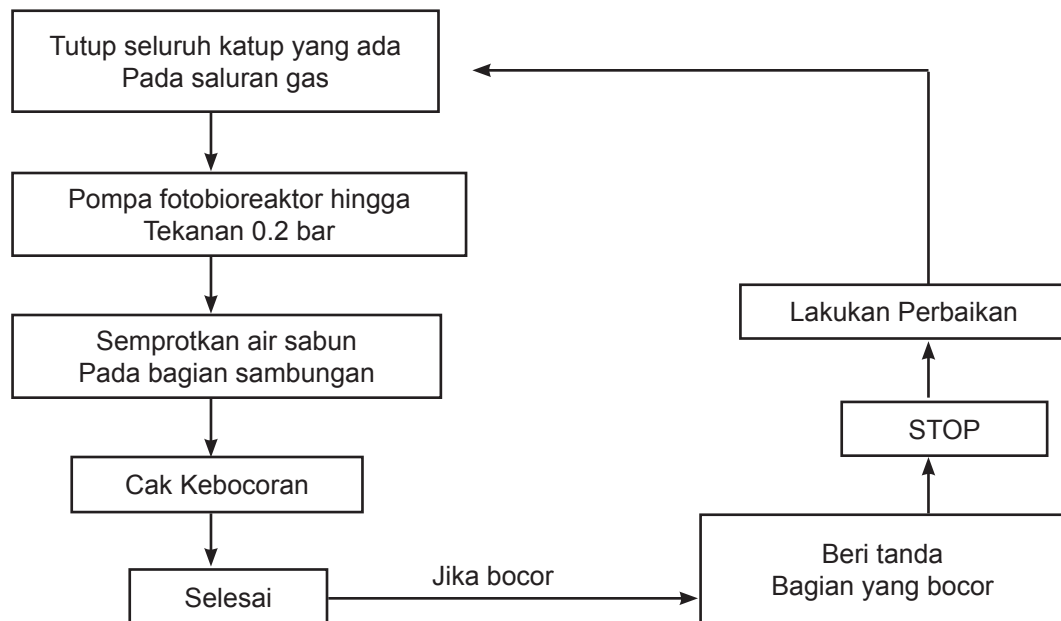
berikut :

3.1. Uji Kebocoran Sistem

Uji kebocoran system dilakukan untuk memastikan bahwa gas yang terukur pada kegiatan eksperimen ini adalah gas yang dihasilkan oleh system itu sendiri, tidak ada pengaruh maupun masukan gas dari luar system.

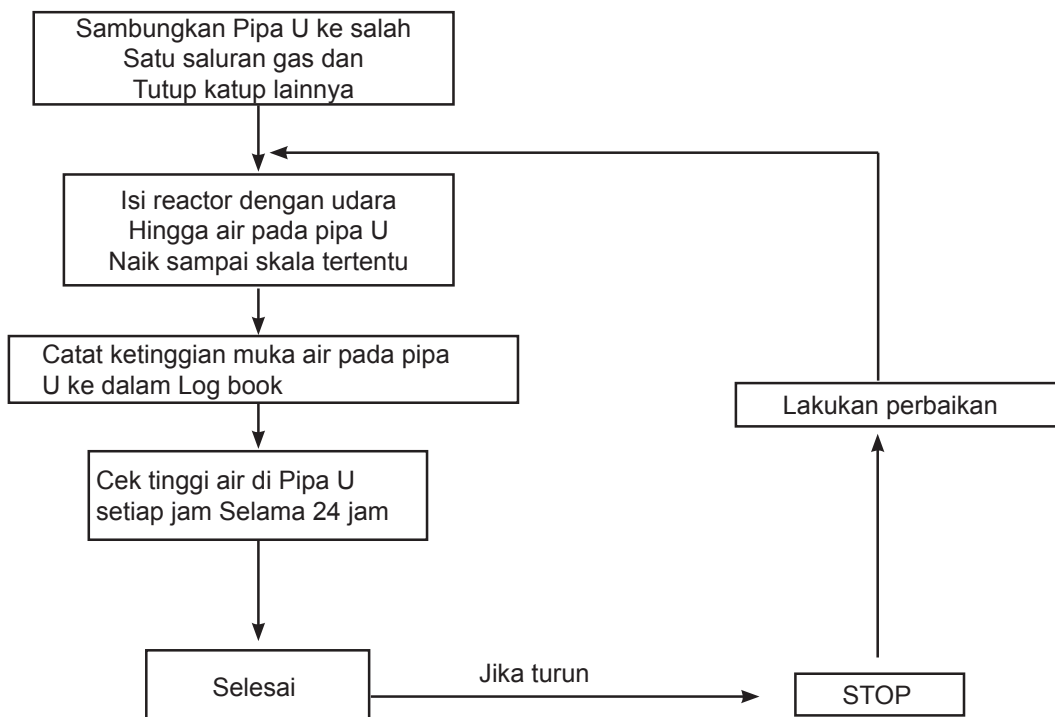
Uji kebocoran system fotobioreaktor meliputi uji kebocoran air dan gas. Uji kebocoran air dilakukan dengan metoda yang sederhana, yaitu dengan memasukkan air hingga hamper penuh ke dalam reactor dan beri tanda tinggi permukaan airnya. Selanjutnya diperiksa apakah terdapat kebocoran atau tidak, terutama pada sambungan di bagian atas dan bawah. Jika dalam waktu tertentu tidak ditemukan adanya rembesan air, atau tinggi permukaan air di dalam reactor tidak ada penurunan, maka dapat disimpulkan bahwa reactor tidak mengalami kebocoran. Untuk mendapatkan hasil yang lebih menyakinkan, pengamatan bisa dilanjutkan hingga hari berikutnya. Sedangkan uji kebocoran gas meliputi dua cara, yaitu cara sederhana dengan menyemprotkan bus sabun setelah system dipenuhi dengan gas (gambar 3.4) atau dengan cara yang lebih kompleks, yaitu dengan menggunakan pipa U (gambar 3.5) dan pressure gauge (gambar 3.6). Metoda uji kebocoran ini juga dapat dilihat pada skema dibawah ini.

Diagram Alir Uji Kebocoran Gas dengan Air Sabun



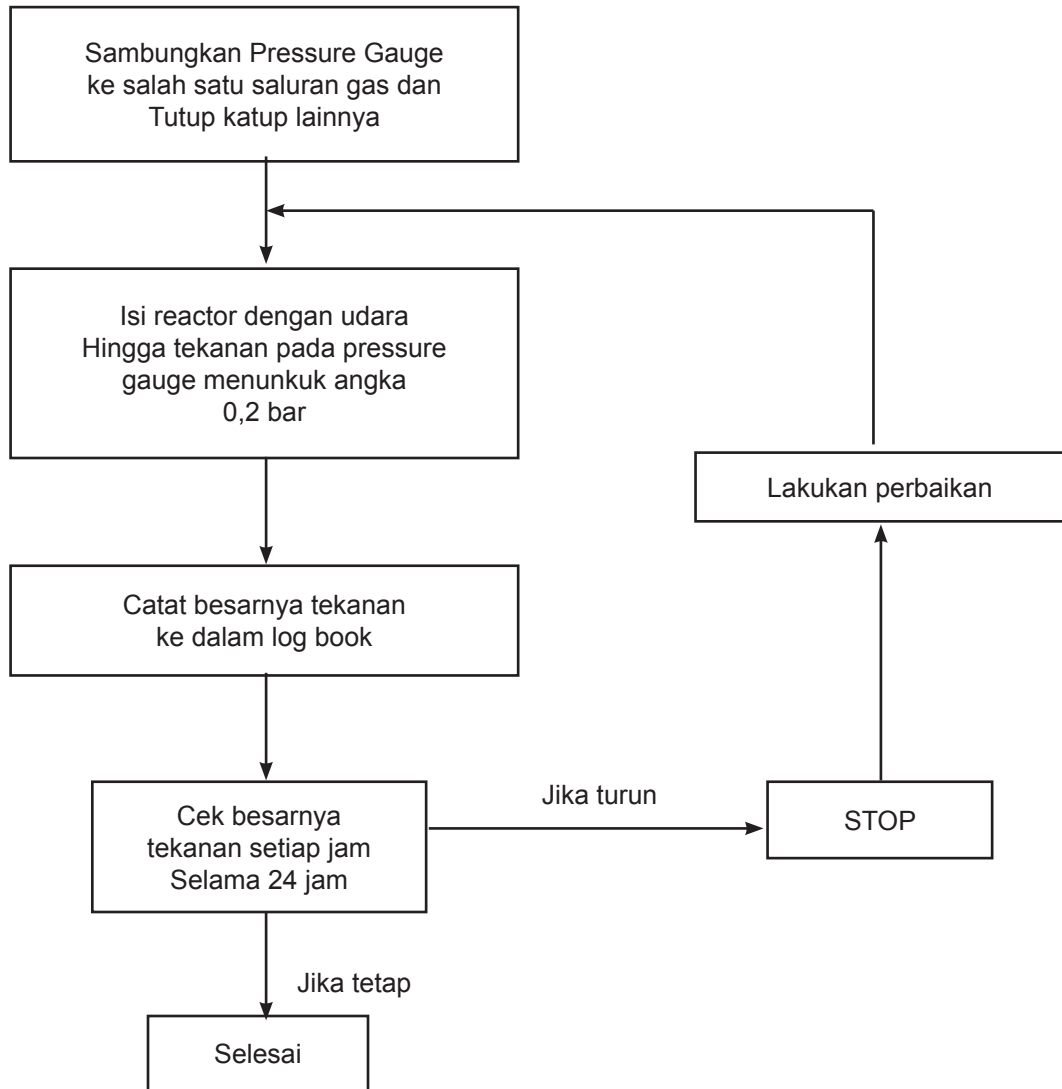
Gambar 4. Diagram Alir Uji Kebocoran Gas dengan Air Sabun

Diagram Alir Uji Kebocoran Gas dengan Pipa U



Gambar 5 Diagram Uji Kebocoran Gas dengan Pipa U

Diagram Alir Uji Kebocoran Gas dengan Pressure Gauge



Gambar 6. Diagram Uji Kebocoran Gas dengan Pressure Gauge

2. Pengambilan Sampel dan Pengukuran

Pengambilan sample untuk beberapa parameter pengukuran disesuaikan dengan kebutuhan sebagai berikut :

- 1) Sampel biomass, konsentrasi CO₂ dan O₂ serta kualitas air (pH) dilakukan setiap hari.

- 2) Sampel nutrient dan proximate (lemak, berat kering, protein, dan karbohidrat) diambil hanya pada awal dan akhir pengukuran, mengingat jumlah sample terbatas.

Pengukuran dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung dilakukan untuk :

1. Biomass (dengan menggunakan Haemocytometer)
2. Konsentrasi CO₂ dan O₂ (dengan gas analyzer Reiken Keiki)
3. Kualitas air (pH, temperature, salinitas) dengan pH meter dan water quality meter Hanna HI-9828

Sedangkan pengukuran tidak langsung dilakukan melalui analisa di laboratorium, meliputi :

1. Proximate analisis (karbohidrat, lemak, protein, dan berat kering) dilakukan di laboratorium Plankton – LIPI Cibinong.
2. Nutrien (nitrat, fosfat, silikat) di analisis di laboratorium Proling – IPB, Bogor.
3. Inokulasi Mikroalga

Pembiakan murni *Skeletonema* sp dan *Tetraselmis* sp diperoleh dari koleksi kultur mikroalga di Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI. Pada tahap awal, kepadatan awal *Skeletonema* sp adalah sekitar 50.000 sel/ml sedangkan kepadatan awal *Tetraselmis* sp adalah sekitar 20.000 sel/ml.

4. HASIL

Hasil dari kegiatan ini diharapkan berupa informasi-informasi yang dapat dipergunakan untuk tahap selanjutnya dalam riset mikroalga dan fotobioreaktor dalam skala besar. Dengan kata lain, kegiatan ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai :

1. Jenis mikroalga yang optimal untuk dipergunakan dalam menyerap CO₂ yang merupakan emisi dari industri.
2. Kemampuan beberapa jenis mikroalga dalam mentoleransi konsentrasi CO₂ serta mereduksi CO₂.
3. Desain dari pada fotobioreaktor yang diharapkan dapat dikembangkan dalam skala besar dan dipergunakan dalam

industri-industri untuk menyerap atau mereduksi emisi CO₂.

5. KESIMPULAN

1. Dapat diketahui jenis dari pada mikroalga yang dipergunakan guna menyerap emisi CO₂ yaitu jenis mikroalga *Skeletonema* sp
2. Fotobioreaktor adalah salah satu peralatan yang dapat dipergunakan dalam pengujian penyerapan emisi CO₂ oleh mikroalga dan dapat dibuat dengan skala industri, karena alat ini cukup efektif dan mudah dalam pengoperasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bishop, J.K.B. and R.E. Davis. 2000. *Autonomous Observing Strategies for the Ocean Carbon Cycle*.
2. Chiu, S.Y., C.Y. Kao, C.H. Chen, T.C. Kuan, S.C. Ong dan C.S. Lin. 2007. *Reduction of CO₂ by a high-density culture of Chlorella sp. in a semicontinuous photobioreactor*. *Bioresource Technology* 99 (2008).pp: 3389-3396.
3. Chrismada, T., Y. Mardiaty dan D. Hadiansyah. 2006. *Respon Fitoplankton Terhadap Peningkatan Konsentrasi Karbondioksida Udara*. *Limnotek Vol. XIII*, No. 1. pp: 26-32.
4. Jeong, M.L., J.M. Gillis dan J.Y. Hwang. 2003. *Carbon Dioxide Mitigation by Microalgal Photosynthesis*. *Bull. Korean Chemistry Soc. Vol. 24*, No. 12. Pp: 1763- 1766.