

## BIOKONVERSI LIMBAH HASIL HUTAN TANAMAN INDUSTRI

Koordinator : Eddy Jusuf  
Anggota : Djadjat Tisnadjaja  
Djumhawan R. Permana  
I Nyoman K. Kabinawa  
Ni Wayan Sri Agustini  
Padmono Citreksoko  
Pudji Rahardjo  
Susono Saono  
Titik K. Prana

### PENDAHULUAN

Suatu alternatif baru yang lebih efektif dan lebih ekonomis untuk menanggulangi limbah pabrik kertas dan pulp perlu dicari. Berbagai penelitian baik secara semi konvensional maupun yang lebih canggih telah banyak dilakukan di beberapa negara maju. Namun masalah yang dihadapi satu negara dengan negara atau satu pabrik dengan pabrik lain tidak selalu sama. Hal ini disebabkan karena banyaknya perbedaan baik dari keadaan iklim, tingkat kemampuan ekonomi dan teknologi negara tersebut, bahan baku yang dipakai dan tingkat kapasitas produksinya.

Alternatif yang dipilih untuk maksud tersebut adalah pengembangan teknologi biokonversi yaitu mengkonversi atau merubah berbagai senyawa organik yang terkandung didalam limbah cair tersebut menjadi senyawa lain yang mempunyai nilai ekonomi dengan bantuan berbagai sumber daya hayati. Berbagai jenis mikroba baik yang hidup secara aerob maupun anaerob telah diketahui mampu merombak dan mengkonversi senyawa-senyawa yang secara biasa sulit didegradasi seperti persenyawaan fenolik maupun persenyawaan lain yang bersifat toksik. Khamir *Candida utilis* digunakan untuk produksi protein sel tunggal dalam bentuk "yeast extract" dari lignosulfit, dan berbagai senyawa turunan gula yang terdapat dalam cairan limbah dibuat alkohol dengan bantuan biak khamir *Saccharomyces cerevisiae* (Alonso dkk., 1984). Selain itu bakteri *Lactobacillus pentosus* dilaporkan telah digunakan untuk membuat asam laktat dari limbah cair pabrik pulp secara anaerob. Dan berbagai jenis kapang seperti *Tinctopararia sp.*, *Phanaerochaeta chrysosporium* dan *Aspergillus spp.* diketahui mampu menghancurkan lignin dan menghilangkan warna coklat yang terdapat pada limbah pulp dan pabrik kertas ( Fukuzumi, 1980 ).

Indonesia merupakan wilayah tropis yang kaya akan berbagai jenis mikroba yang berpotensi dan belum sepenuhnya digali dan dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Besar kemungkinannya bahwa banyak jenis bakteri, khamir, kapang yang bersifat aerob, anaerob maupun mikroalga yang bersifat fotosintetik ada dalam khasanah kekayaan hayati Indonesia dapat digunakan dalam mengkonversi berbagai persenyawaan organik didalam limbah pabrik kertas dengan memberikan produk yang mempunyai nilai ekonomi.

Cairan hasil biokonversi baik secara aerob maupun anaerob masih mengandung beberapa persenyawaan terutama bentuk garam dan asam mineral yang dapat digunakan oleh mikroorganisme fotosintetik. Beberapa jenis mikroalga telah diketahui mempunyai potensi, dapat dikembangkan untuk keperluan sumber pakan dan pangan. Salah satu jenis yang telah diketahui keunggulannya adalah *Chlorella pyrenoidosa*, karena dapat tumbuh dalam medium sintetik serta tingginya kandungan nutrisi. Untuk itu dilakukan penelitian produksi biomasa *Chlorella pyrenoidosa*, *Spirulina plantesis* dan *Scenedesmus sp.* sebagai suplementasi pangan dan pakan.

Dengan dasar ini, kelompok penelitian Tolok Ukur 01.04 mencoba mengembangkan suatu teknologi alternatif menanggulangi pencemaran oleh pabrik pulp dan kertas dengan mengkonversi persenyawaan-persenyawaan yang terkandung didalam limbahnya. Konversi ini dilakukan dengan melibatkan berbagai jenis mikroba potensial dan selektif baik yang bersifat aerob maupun yang bersifat anaerob dan berbagai jenis mikroalga pilihan yang dapat dijadikan sumber pakan maupun pangan. Maka kegiatan penelitian dan pengembangan teknologi biokonversi limbah hasil hutan tanaman industri ini dibagi dalam 3 sub kelompok dengan tujuan masing-masing:

1. **Biokonversi secara aerob**, bertujuan mengisolasi berbagai isolat mikroba aerob yang mampu merombak atau mengkonversi satu atau beberapa senyawa tertentu dalam cairan limbah dimaksud atau cairan hasil konversi secara anaerob serta mengembangkan model digester aerob konversi limbah pulp.
2. **Biokonversi secara anaerob**, bertujuan mengembangkan model digester anaerob, mengisolasi dan mengidentifikasi isolat

mikroba anaerob yang mampu mengkonversi satu atau beberapa senyawa tertentu dalam cairan limbah dimaksud atau cairan hasil konversi secara aerob.

3. Pengembangan kultur mikroalga bertujuan mengembangkan model dan optimasi pengkulturan berbagai jenis mikroalga yang mempunyai potensi untuk dijadikan pakan, pangan atau produk lain yang bernilai ekonomi dengan memanfaatkan air hasil biokonversi aerob dan anaerob yang masih mengandung unsur-unsur hara sebelum dilepas ke perairan bebas dan mendapatkan biomassa mikroalga yang mempunyai kandungan protein maksimal dalam waktu yang relatif singkat dalam medium yang murah.

## **BAHAN DAN CARA KERJA**

### **A. Biokonversi secara aerob**

#### **1. Isolasi mikroba**

Telah dilakukan eksplorasi ke tiga buah pabrik pulp masing-masing PT Indorayon Utama di Tapanuli Utara (SUMUT), PT Kertas Kraft Aceh di Lhokseumawe (D.I. ACEH) dan PT Basuki Rachmat di Banyuwangi (JATIM) serta dua pabrik kertas masing-masing PT Kimsari Paper Indonesia di Medan (SUMUT) dan PT Papyrus Lontar di Bayeun-Aceh Timur (D.I. ACEH) untuk memperoleh contoh limbah dan lumpur aktif dari digester atau kolam penampungan limbahnya. Dari lumpur ke lima pabrik tersebut dilakukan isolasi biak-biak mikroba yang mampu tumbuh pada medium yang mengandung 5% cairan hitam.

Sebanyak ekuivalen 0.5 gram kering lumpur aktif diinokulasikan dalam "broth" yang mengandung 5% cairan hitam, dari pabrik pulp Basuki Rachmat, ditambah sumber N dan C dari ammonium nitrat, glukosa, pepton dan yeast extract. Biakan ini diinkubasi selama 48 jam kemudian ditanam/diinokulasi pada nutrient agar pada cawan petri dan agar dengan 5% cairan hitam. Koloni yang tumbuh pada agar 5% cairan hitam ini diambil dan dikonservasi untuk pengujian lebih lanjut.

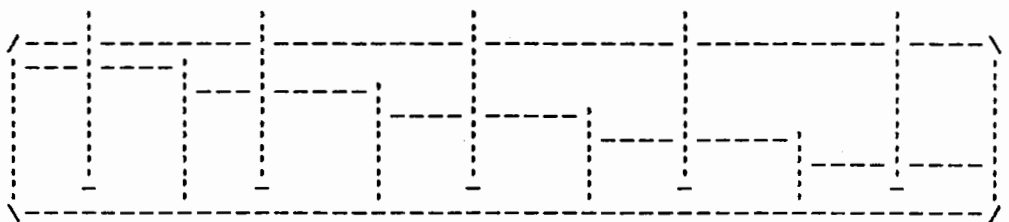
## 2. Pengujian potensi biak mikroba

Isolat mikroba baik yang berasal dari kultur koleksi Puslitbang Bioteknologi-LIPI, dari pembelian dari instansi lain yang menurut studi pustaka berpotensi dalam biokonversi maupun biak hasil isolasi, diuji potensinya untuk mengkonversi limbah pabrik pulp dengan melihat kemampuannya tumbuh dan menghilangkan warna coklat.

Biakan-biakan yang digunakan terdiri dari bakteri : *Alkaligenes faecalis*, *Bacillus cereus*, *chromobacterium violaceum*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P. stutzeri* dengan khamir *Candida utilis* serta kapang *Aspergillus awamori*, *Aspergillus sp. KT-11*, *Rhizopus UQM 186F*, *Rhizopus UQM 145 F* dan *Rhizopus sp. IFO R* sebagai bahan perbandingan terhadap biak-biak mikroba hasil isolasi dari lumpur aktif pabrik pulp. Semua biak mikroba ini ditumbuhkan pada cairan limbah cair hitam yang telah diberi tambahan berbagai dosis ammonium sulfat sebagai sumber N dan variasi takaran pati atau glukosa sebagai sumber karbon. Inkubasi berlangsung dengan pengocokan selama 7 hari.

## 3. Pengembangan model digester aerob

Suatu model digester yang merupakan bentuk tiruan dari yang ada di Balai Besar Selulosa Bandung yang dimodifikasi telah dirancang dan dibuat sebagai berikut :



Dari tiap 5 tahapan akan diisi dengan lumpur aktif berisi berbagai populasi mikroba yang akan mengkonversi senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam cairan limbah menjadi bentuk senyawa lain menurut karakter dari mikroba. Lumpur aktif ini merupakan campuran lumpur yang diambil dari endapan tempat penumpukan atau pembuangan limbah pabrik kertas yang disurvei. Air limbah yang akan dikonversi dilalukan pada ke 5 tahapan pengolahan dimana dengan aerasi dan pengocokan

yang kuat memungkinkan mikroba aerob dapat melakukan peranannya dengan baik.

## B. Biokonversi secara anaerob

Rancangan model digester untuk biokonversi secara anaerob telah dibuat namun belum dapat direalisasikan sementara masih ada bagian dari digester itu yang belum selesai.

## C. Pengembangan kultur mikroalga

Dalam melakukan pembiakan mikroalga dilakukan dalam bejana kultur dengan volume sampai ratusan liter. Untuk mendapatkan biomasa dari cairan pertumbuhannya yang dalam jumlah banyak, dengan cara filtrasi tidak mungkin dilakukan. Untuk itu dalam kegiatan penelitian pengembangan kultur mikroalga juga dilakukan berbagai percobaan proses pemanenan dengan pengendapan.

### 1. Isolasi dan identifikasi

Dari perjalanan eksplorasi ke Sumatera Utara dan D.I. Aceh dalam rangka kunjungan ke pabrik pulp dan kertas juga telah dilakukan eksplorasi mikroalga di perairan-perairan tawar di kedua daerah ini. Beberapa contoh air yang mengandung mikroalga telah diperoleh untuk diidentifikasi dengan cara observasi dibawah mikroskop.

### 2. Produksi biomassa

Dengan mengembangkan penggunaan berbagai medium yang disederhanakan, yaitu air kran dengan variasi penambahan Z.A., T.S.P. dan Urea untuk mendapatkan komposisi terbaik bagi pertumbuhan *Chlorella pyrenoidosa*. Untuk meningkatkan produk yang lebih tinggi, komposisi dari medium (urea, TSP & ZA) dicari alternatif lain seperti penggunaan pupuk Gandasil B yang diharapkan dapat meningkatkan produksi biomassa dan kandungan protein dalam waktu yang relatif lebih singkat. dari pada hanya menggunakan Urea, TSP atau ZA.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi dilakukan percobaan lanjutan dari tahap pertama yaitu pengaruh pengocokan terhadap pertumbuhan *Chlorella pyrenoidosa* dengan variasi lama pengocokan 0, 2, 4, 6, dan 8 jam di dalam bejana.

### 3. Pengembangan proses pemanenan

Untuk mendapatkan biomasa *Chlorella pyrenoidosa* dalam kuantitas besar. Cara yang dapat dipakai adalah dengan pengendapan, dalam kegiatan ini dicobakan 4 cara pengendapan untuk memilih cara terbaik akan diaplikasikan. Cara tersebut antara lain:

- a. dibiarkan selama 36 - 40 jam (bioflok)
- b. diamkan 6 - 8 jam kemudian ditambah 100 mg/L alum (bioflok + 1/2 alum)
- c. diberikan 250 mg/L alum (flokulasi)
- d. diberikan tepung kepala udang (pengganti chitin)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Biokonversi secara aerob

#### 1. Isolasi mikroba

Dari lumpur aktif kolam penampungan pabrik pulp PT Indorayon Utama berhasil diisolasi 10 macam isolat yang berbeda morfologi yang terdiri dari 4 jenis bakteri dan 6 jenis kapang. Sementara dari lumpur aktif digester pengolahan air limbah PT Kertas Kraft Aceh tidak diperoleh adanya koloni yang tumbuh pada agar dengan 5% black liquor. Dari lumpur aktif 3 pabrik lainnya masih berlangsung dimana hasilnya belum dapat dilaporkan disini.

#### 2. Pengujian potensi biak mikroba

Kombinasi penambahan sumber N dan C menentukan dapat tumbuhnya kapang dalam medium limbah tersebut. *Aspergillus awamori* ternyata menunjukkan pertumbuhan yang terbaik diikuti oleh *Aspergillus sp. KT-11* ditempat kedua. Percobaan dengan biak yang terbaik tumbuhnya menunjukkan bahwa variasi sumber karbon erat hubungannya dengan tingkat penurunan intensitas

warna, dimana kepekatan terbaik adalah antara 0,4 % sampai 0,6 % ,dimana medium menjadi jernih setelah 7 hari dengan pengurangan warna hingga 98%. Percobaan konfirmasi dengan menggunakan biak *Aspergillus awamori* terhadap cairan hitam dari pabrik pulp PT Basuki Rachmat menunjukkan hasil yang sama setelah cairan tersebut diencerkan hingga 16 kali.

Percobaan juga dilakukan dengan menggunakan kapang *Aspergillus sp. KT-11* pada medium cairan limbah sama yang diencerkan 10 x, dengan menambahkan 0.1 % ammonium sulfat dan 0.8% glukosa dengan variasi macamnya inokulum yang dipakai. Penurunan intensitas warna terjadi pada biakan dengan inokulum spora (12 - 16%) dan biakan dengan inokulum miselium mati 23% setelah inkubasi selama 7 hari.

Uji potensi isolat bakteri hasil pengucilan dari lumpur aktif bersama dengan biak biak bakteri yang telah diketahui identitas tersebut di atas sampai saat ini masih berlangsung. Hasil percobaan belum dapat dilaporkan dalam laporan tahunan ini.

### 3. Pengembangan model digester aerob

Agitator dari digester ini belum dapat terpasang dengan baik dan sistim aerasi dengan menggunakan "air stone" kurang baik untuk memberikan oksigen yang cukup dalam lumpur aktif. Untuk sementara sedang dilakukan usaha pemasangan agitator dalam alat ini dan menggantikan sistim aerasi dengan bentuk lain yang dapat memberikan tekanan udara yang cukup. Disamping itu survey dan kunjungan ke beberapa pabrik pulp dan kertas untuk memperoleh jenis lumpur aktif dan sumber mikroba perlu segera dilakukan .

### B. Biokonversi secara anaerob

Belum ada hasil yang dapat dilaporkan karena masih ada kendala dalam pengoperasian digestornya.

### C. Pengembangan kultur mikroalga

#### 1. Isolasi dan identifikasi

Hasil observasi dibawah mikroskop dari contoh air yang diambil dari kolam ikan didaerah Geudong -

Kecamatan Samudera, Aceh Utara menunjukkan adanya mikroalga dari jenis-jenis : *Skletonema*, *Phytcocoria*, *Scenedesmus* , *Chroococcus* dan *Pamella*. Sedang dari perairan Danau Air Tawar di kota Takengon (Aceh Tengah) diperoleh mikroalga dari jenis-jenis : *Anabaena*, *Nitrosonia*, *Closterium*, *Haematococcus* dan *Scenedesmus*. Dan dari kolam yang ada di kota Lhokseumawe (Aceh Utara) berhasil diidentifikasi adanya mikroalga *Pediastrum*, *Closterium*, *Tabellaria*, *Nitrosenia*, *Scenedesmus*, *Cymbela* dan *Anabaena*. Jenis-jenis mikroalga ini sedang dicoba dimurnikan untuk dikembangkan lebih lanjut untuk memperoleh galur yang terbaik terutama 3 jenis yang sedang dikembangkan dalam penelitian ini.

## 2. Produksi biomassa

Dengan menggunakan medium kompleks (MBM + A<sub>5</sub>) pada medium kultur 2 liter selama 6 hari kultur diperoleh biomasa 7.2 gram/L yang mengandung 55% protein dan 8,95 mg/gram/L klorofil, sedang bila menggunakan medium sederhana yang terdiri dari 0.3 gram/L TSP, 0.8 gram/L Z.A. dan 1.6 gram/L Urea diperoleh yang terbaik selama 6 hari kultur 1.2 gram/L biomasa dengan kandungan protein 52,5 % dan 1.09 mg/gram/L khlorofil. Sedangkan kandungan protein , khlorofil dan biomasa yang diperoleh pada media terbaik dengan penambahan Urea + TSP + ZA yang ditambah pupuk Gandasil B (1 g/L) menunjukkan adanya peningkatan masing-masing: untuk protein 54 %, khlorofil 3.2 mg/g/L dan untuk biomasa 1.85 g/L . Komposisi 0.3 g/L TSP + 0.8 g/L + 1.6 g/L Urea dan 1 g/L Gandasil B terus dikembangkan hingga 120 liter dengan hasil yang diperoleh 600 - 800 mg/L biomassa, protein 50 - 53% dan khlorofil 0.9 mg/g/L.

Dari pengembangan pengaruh pengocokan, diperoleh hasil produksi maksimum pada hari ke 5 dalam botol kultur dengan lama pengocokan 8 jam per hari yaitu: 2.51 g/L biomassa, 3.85 mg/g/L khlorofil, 55% protein dengan kuantitas sel  $24 \times 10^6$  sel/ml. Sedang pada



media kontrol tanpa pengocokan produksi maksimum dicapai pada hari ke 6. Dari hasil yang diperoleh pada seluruh media dengan pengocokan ternyata ada sedikit peningkatan produksi biomassa, protein, khlorofil dan jumlah sel dibandingkan dengan biakan tanpa pengocokan.

### 3. Pengembangan proses pemanenan

Dari 3 cara a, b dan c diperoleh hasil sebagai tabel ini:

MEDIA Proses pemanenan	Urea+ TSP + ZA	Gandasil+Urea+ TSP+ZA
Flokulasi alum	hijau pucat	hijau muda
Bioflok + 1/2 alum	hijau pucat-muda	hijau
Bioflok	-	hijau tua

Kelemahan ke 3 cara ini adalah : bioflok terlalu lama prosesnya dapat menyebabkan pembusukan biomasa, sedang penambahan alum ( mengandung alumunium) kurang baik terutama bila biomasa tersebut digunakan sebagai bahan pangan. Sementara percobaan cara d (penambahan substitusi chitin) sampai saat ini masih berlangsung.

### KESIMPULAN

Percobaan biokonversi limbah secara aerob dengan menggunakan digester yang diberi stater lumpur aktif belum dapat dilakukan karena alat pengocok otomatis tidak dapat berfungsi. Dari lumpur aktif beberapa pabrik pulp berhasil diisolasi 10 isolat mikroba yang mampu tumbuh pada medium cairan hitam. Dalam realisasi biokonversi biak hasil isolasi bersama 10 biak yang telah diidentifikasi dicona ditumbuhkan pada air limbah dengan berbagai variasi suplementasi. Percobaan yang dilakukan dengan biak kapang *Aspergillus awamori* menunjukkan pertumbuhan yang terbaik pada air limbah pulp (black liquor) yang diencerkan sampai 16 kali yang telah diberi sumber karbon dan nitrogen. dan

mampu menurunkan intensitas warna sampai 98 %. Percobaan biokonversi dengan digester baik secara aerob maupun anaerob untuk sementara belum dapat dilakukan. Uji potensi biak bakteri dalam mengkonversi lignosulfit masih berlangsung.

Dalam pengembangan kultur mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* sedang dikembangkan medium kultur yang sederhana yang terdiri dari Urea, TSP dan ZA dengan penambahan pupuk Gandasil B. Untuk sementara kuantitas biomasa, protein dan khlorofil yang diperoleh dari biakan pada medium ini belum dapat melebihi kuantitas yang diperoleh bila menggunakan medium kompleks MBM+A<sub>5</sub>. Dengan mengembangkan pengocokan pada pertumbuhan mikroalga ternyata dapat meningkatkan produksi pengkulturan. Dalam pemanenan biomasa tersebut cara yang efektif dan aman dengan pengendapan memakai substitusi chitin sedang dikembangkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ALONSO, M.S; V. KARALI, P. MANGE & M. TROCME, 1984. Rapport sur la visite a la fabrique de Cellulose de Attisholz. Institute de Genie de l'Environement Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (Swiss) 12 p
- BALAI BESAR SELULOSA, 1992. Laporan Perjalanan Kunjungan ke Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa Bandung. Puslitbang Bioteknologi - LIPI pada tanggal 2 Juni 1992. 10 p.
- FUKUZUMI, T., 1980. Microbial Decoloration and Defoaming of Pulping Waste Liquors. in T. Ken Kirk, T. Higuchi & H. Cheng, Lignin Biodegradation: Microbiology, Chemistry and Potential Application Vol.II CRC Press.
- GUTTERSTAM, B. & J. TODD, 1990. Ecological Engineering for Waste Water Treatment and Its Application in New England and Sweden. AMBIO 19 ( 3 ) : 173 - 175
- HANSSON, S., 1987. Effect of Pulp and Paper Mill Effluent on Coastal Fish Communities in the Gulf of Bothnia, Baltic Sea. AMBIO 16 ( 6 ) : 344 - 348
- TONO, T., T. TANI & K. ONO, 1968. Microbial Treatment of Agricultural Industrial Waste. Part II: Adsorption of Lignin and Clarification of Lignin-Containing Liquor by Mould. J. Ferment. Technol. 46 : 569
-