

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

*by* MUHAMMAD RIJAL

---

**Submission date:** 14-Dec-2020 11:33PM (UTC-0800)

**Submission ID:** 1475599913

**File name:** DRAF\_BUKU\_BIOETANOL.docx (6.7M)

**Word count:** 22894

**Character count:** 142685

**BAB I**  
**PENDAHULUAN**

Tanaman sagu (*Metroxylon sp*) merupakan salah satu komoditi bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat, sehingga sagu merupakan bahan makanan pokok untuk beberapa daerah di Indonesia seperti Maluku, Irian Jaya dan sebagian Sulawesi. Sagu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan yang antara lain dapat diolah menjadi bahan makanan seperti bagea, mutiara sagu, kue kering, mie, biskuit, kerupuk dan laksa (Harsanto, 1986).

Beberapa hasil penelitian yang dirangkum oleh Wahid (1987) menyimpulkan bahwa tanaman sagu mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan dengan tanaman penghasil karbohidrat lainnya, yaitu: (1) pohon sagu dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang berawa-rawa dimana tanaman lain tidak dapat tumbuh dengan baik; (2) panen tidak tergantung musim, tahan dan mudah dalam menyimpannya; (3) pohon sagu mengeluarkan anakan sehingga panen dapat berkelanjutan tanpa melakukan penanaman ulang. Meskipun tanaman sagu cukup penting di Sulawesi Tenggara, namun perhatian terhadap tanaman sagu tidaklah sebesar dengan perhatian mereka terhadap tanaman pangan lainnya. Berikut disajikan Gambar pohon sagu



Gambar 1. Habitus Pohon Sagu

#### A. Klasifikasi

Sagu (*Metroxylon spp*) termasuk tumbuhan monokotil dari famili Palmae, marga *Metroxylon* dan ordo Spadiciflorae (Ruddie *et al.*, 1976) dalam Haryanto dan Pangloli (1992). *Metroxylon* berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua suku kata, yaitu *Metra* berarti isi batang atau empelur dan *xylon* yang berarti xylem (Flach, 1977).

Secara garis besar sagu digolongkan dalam dua golongan, yaitu yang berbunga atau berbuah sekali (*Hapaxanthic*) dan yang berbunga atau berbuah lebih dari sekali (*Pleonanthic*) (Deinum, 1984 dalam Djumadi, 1989). Golongan pertama mempunyai nilai ekonomi yang penting karena kandungan acinya tinggi. Golongan ini terdiri dari lima jenis yaitu : (1) *metroxylon sagus* Rottb.; (2) *Metroxylon rumphii* Mart.; (3) *Metroxylon*

*micracanthum* Mart.; (4) *Metroxylon Longispinum* Mart. (5) *Metroxylon sylvestre* Mart.

Sedangkan golongan kedua terdiri dari spesies *Metroxylon filarae* dan *Metroxylon elatum* yang banyak tumbuh di dataran yang relatif tinggi. Golongan ini nilai ekonominya rendah karena kandungan acinya kurang. Karakteristik dari masing-masing jenis sagu yang tumbuh di Sulawesi Tenggara dengan ciri morfologi sebagai berikut:

### **1. Runggamanu atau Tuni**

Tinggi batang sekitar 10 – 15 meter, tebal kulit 2 -3 cm. Daunnya berwarna hijau tua dengan tangkai daun berwarna hijau kekuningan. Panjang tangkai daun sekitar 6,85 meter, sedangkan panjang pelepah daun sekitar 2,71 meter, tangkai daun berduri pada pangkal sampai ujung pinggir daun. Pada anakan sagu durinya sangat banyak dan rapat. Setiap tangkai daun terdiri atas 100-200 helai daun dengan panjang 151-155 cm dan lebar 8,1-9,1 cm (Tenda *et al.* 2003). Menurut Haryanto dan Pangloli (1992) produksi tepung sagu tuni di Sulawesi Tenggara dapat mencapai 250-300 kg. Sagu ini merupakan jenis sagu yang paling besar ukurannya dibandingkan dengan jenis lainnya (Manan *et al.* 1984) dalam Haryanto dan Pangloli (1992).





Gambar 2. Sagu Tuny

## 2. Roe atau Molat

Tinggi batang sekitar 10-14 meter, diameter sekitar 40-60 cm dan berat batang mencapai 1,2 ton atau lebih. Jenis sagu ini tidak berduri, ujung daun panjang meruncing sehingga dapat melukai orang bila menyentunya. Letak daun berjauhan, panjang tangkai daun sekitar 4-6 meter, panjang lembaran daun sekitar 1,5 meter dan lebarnya sekitar 7 cm. Bunganya adalah bunga majemuk berwarna sawo matang kemerah-merahan. Empulurnya lunak dan berwarna putih. Berat empulur sekitar 80% dari berat batang dan kandungan acinya sekitar 18%. Setiap pohon dapat menghasilkan aci basah sekitar 800 kg atau sekitar 200 kg aci kering (Haryanto dan Pangloli, 1992).



**Gambar 3. Sagu Molat**

### **3. Barowila**

Jenis sagu ini mempunyai tinggi batang sekitar 10 meter dengan diameter sekitar 40-50 cm. Pelepah berwarna hijau keputih-putihan, empulurnya lunak dan berwarna putih. Setiap pohon dapat menghasilkan sekitar 120 kg aci kering. Produksi tepung sagu jenis barowila sangat sedikit jika dibandingkan dengan jenis sugu lainnya (Haryanto dan Pangloli, 1992).



Gambar 4. Sagu Barowila

#### 4. Rui atau Rotan

Jenis sagu ini dicirikan dengan tinggi batang yang relatif lebih pendek yaitu 7,20 meter, dengan diameter batang sekitar 40 cm. Panjang tangkai daun dapat mencapai 6,07 meter, sedangkan panjang pelepah daun sekitar 3,56 meter. Setiap tangkai daun terdiri atas 100-200 helai daun yang berwarna hijau dengan panjang daun antara 130-147 cm dan lebar daun 6-7 cm. Sagu ini memiliki empulur agak keras, mengandung banyak serat, dan berwarna kemermerahan serta kandungan aci paling sedikit (Tenda et al. 2003). Kandungan aci dalam empulur hanya sekitar 200 kg per pohon dan rasanya kurng enak (soerjono, 1980) dalam Harynto dan Pangloli (1992).





Gambar 5. Sagu Rotan

### **B. Morfologi Sagu**

Sagu tumbuh dalam bentuk rumpun. Setiap rumpun terdiri dari 1-8 batang sagu, pada setiap pangkal tumbuh 5-7 batang anakan. Pada kondisi liar rumpun sagu akan melebar dengan jumlah anakan yang banyak dalam berbagai tingkat pertumbuhan (Harsanto, 1986). Lebih lanjut Flach (1983) dalam Djumadi (1989) menyatakan bahwa sagu tumbuh berkelompok membentuk rumpun mulai dari anakan sampai tingkat pohon. Tajuk pohon terbentuk dari pelepah yang berdaun sirip dengan tinggi pohon dewasa berkisar antara 8-17 meter tergantung dari jenis dan tempat tumbuhnya.

#### **1. Batang**

Batang sagu merupakan bagian terpenting karena merupakan gudang penyimpanan aci atau

karbohidrat yang lingkup penggunaannya dalam industri sangat luas, seperti industri pangan, pakan, alkohol dan bermacam-macam industri lainnya (Haryanto dan Pangloli, 1992).

Batang sagu berbentuk silinder yang tingginya dari permukaan tanah sampai pangkal bunga berkisar 10-15 meter, dengan diameter batang pada bagian bawah dapat mencapai 35 samapi 50 cm (Harsanto, 1986), bahkan dapat mencapai 80 sampai 90 cm (Haryanto dan Pangloli, 1992). Umumnya diameter batang bagian bawah agak lebih besar daripada bagian atas, dan batang bagian bawah umumnya menagndung pati lebih tinggi daripada bagian atas (Manuputty, 1954 *dalam* Haryanto dan Pangloli, 1992)



**Gambar 6. Morfologi Batang Sagu**

Pada waktu panen berat batang sagu dapat mencapai lebih dari dari 1 ton, kandungan acinya

berkisar antara 15 sampai 30 persen (berat basa), sehingga satu pohon sagu mampu menghasilkan 150 sampai 300 kg aci basah (Harsanto, 1986; Haryanto dan Pangloli, 1992).

## **2. Daun**

Daun sagu berbentuk memanjang (lanceolatus), agak lebar dan berinduk tulang daun di tengah, bertangkai daun dimana antara tangkai daun dengan lebar daun terdapat ruas yang mudah dipatahkan (Harsanto, 1986).

Daun sagu mirip dengan daun kelapa mempunyai pelepah yang menyerupai daun pinang. Pada waktu muda, pelepah tersusun secara berlapism tetapi setelah dewasa terlepas dan melekat sendiri-sendiri pada ruas batang (Harsanto, 1986; Haryanto dan Pangloli, 1992). Menurut Flach (1983) dalam Haryanto dan Pangloli (1992) menyatakan bahwa sagu yang tumbuh pada tanah liat dengan penyinaran yang baik, pada umur dewasa memiliki 18 tangkai daun yang panjangnya sekitar 5 sampai 7 meter. Dalam setiap tangkai sekitar 50 pasang daun yang panjangnya bervariasi antara 60 cm sampai 180 cm dan lebarnya sekitar 5 cm.

Pada waktu muda daun sagu berwarna hijau muda yang berangsur-angsur berubah menjadi hijau tua, kemudian berubah lagi menjadi coklat kemerah-merahan apabila sudah tua dan matang. Tangkai daun yang sudah tua akan lepas dari batang (Harsanto, 1986).





Gambar 7. Morfologi Daun Sagu

### 3. Bunga dan Buah

Tanaman sagu berbunga dan berbuah pada umur sekitar 10 sampai 15 tahun, tergantung jenis dan kondisi pertumbuhannya dan sesudah itu pohon akan mati (Brautlecht, 1953 *dalam* Haryanto dan Pangloli, 1992). Flach (1977) menyatakan bahwa awal fase berbunga ditandai dengan keluarnya daun bendera yang ukurannya lebih pendek daripada daun-daun sebelumnya.

Bunga sagu merupakan bunga majemuk yang keluar dari ujung atau pucuk batang sagu, berwarna merah kecoklatan seperti karat (Manuputty, 1954 *dalam* Haryanto dan Pangloli, 1992). Sedangkan menurut Harsanto (1986), bunga sagu tersusun dalam manggar secara rapat, berukuran secara kecil-kecil, warnanya putih berbentuk seperti bunga kelapa jantan dan tidak berbau.

Bunga sagu bercabang banyak yang terdiri dari cabang primer, sekunder dan tersier (Flach,

1977). Selanjutnya dijelaskan bahwa pada cabang tersier terdapat sepasang bunga jantan dan betina, namun bunga jantan mengeluarkan tepung sari sebelum bunga betina terbuka atau mekar. Oleh karena itu diduga bahwa tanaman sagu adalah tanaman yang menyerbuk silang, sehingga bilamana tanaman ini tumbuh soliter jarang sekali membentuk buah.

Bilamana sagu tidak segera ditebang pada saat berbunga maka bunga akan membentuk buah. Buah bulat kecil, bersisik dan berwarna coklat kekuningan, tersusun pada tandan mirip buah kelapa (Harsanto, 1986). Waktu antara bunga mulai muncul sampai fase pembentukan buah diduga berlangsung sekitar dua tahun (Haryanto dan Pangloli, 1992).



**Gambar 8. Morfologi Bunga/Buah Sagu**



**Gambar 9. Morfologi Buah Sagu**

### **C. Lingkungan Tumbu Tanaman Sagu**

Tanaman sagu merupakan tanaman yang dapat tumbuh baik di daerah khatulistiwa, di daerah tepi pantai dan sepanjang aliran sungai pada garis lintang antara  $10^{\circ}$  LU dan  $10^{\circ}$  LS dan pada ketinggian 300 sampai 700 meter di atas permukaan laut (dpl), mempunyai curah hujan lebih dari 2000 mm per tahun (Tan, 1982; Harsanto, 1986).

Menurut Harsanto (1986) bahwa jumlah curah hujan yang menguntungkan bagi pertumbuhan sagu diduga antara 2000 sampai 4000 mm per tahun, tersebar merata sepanjang tahun dengan temperatur rata-rata  $24^{\circ}\text{C}$  sampai  $30^{\circ}\text{C}$ .



Lingkungan yang baik untuk pertumbuhan sagu adalah daerah yang berlumpur, dimana akar napas tidak terendam, kaya mineral dan bahan organik, air tanah berwarna cokelat dan bereaksi agak asam (Flach, 1977). Selanjutnya dikatakan habitat yang demikian cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme yang sangat berguna bagi pertumbuhan tanaman sagu. Pada tanah-tanah yang tidak cukup mengandung mikroorganisme pertumbuhan sagu kurang baik. Selain itu pertumbuhan sagu juga dipengaruhi oleh adanya unsur hara yang disuplai dari air tawar terutama unsur P, K, Ca, dan Mg. Apabila akar napas sagu terendam terus menerus, maka pertumbuhan sagu terhambat dan pembentukan aci atau karbohidrat dalam batang juga terhambat.



**Gambar 10. Lingkungan Tumbuhan Sagu**

Selain kondisi tersebut di atas, sagu juga dapat tumbuh pada tanah-tanah organik akan tetapi sagu yang tumbuh pada kondisi tanah demikian menunjukkan berbagai gejala kekahatan beberapa unsur hara tertentu yang ditandai dengan kurangnya jumlah daun dan umur sagu akan lebih panjang yaitu sekitar 15 sampai 17 tahun (Flach, 1977). Sagu banyak juga yang tumbuh dengan baik secara alamiah pada tanah liat yang berwarna dan kaya akan bahan-bahan organik seperti di pinggir hutan mangrove atau nipah. Selain itu, sagu juga dapat tumbuh dengan tanah vulkanik, latosol, andosol, podsolik merah kuning, alluvial, hidromorfik kelabu dan tipe-tipe tanah lainnya (Manan *et al.*, 1984 *dalam* Haryanto dan Pangloli, 1992).

## **BAB II** **BUDIDAYA SAGU**

Sagu merupakan salah satu tanaman yang berasal dari Maluku dan Irian. Tanaman yang satu ini bisa dibudidayakan untuk dijadikan sebagai komoditas bisnis. Berikut ini ada info mengenai cara budidaya tanaman sagu yang mudah. Ada beberapa teknik budidaya tanaman sagu yang harus anda lakukan, salah satunya adalah dengan melakukan pemilihan lahan, waktu tumbuh yang tepat, pemilihan bibit, penanaman, perawatan dan pemanenan. Dengan mengetahui teknik budidaya diatas, anda akan bisa mendapatkan hasil tanaman sagu yang bagus. Untuk bisa bercocok tanam sagu dengan baik, anda harus menanam tanaman ini di ketinggian 700 m di atas permukaan laut (dpl). Kemudian jumlah curah hujan pada saat menanam tanaman ini haruslah optimal, yaitu antara 2000 hingga 4000 mm untuk setiap tahunnya. Memperhatikan suhu juga perlu, suhu yang baik untuk tempat tumbuh tanaman ini adalah 24 hingga 29 derajat celcius.

### **A. Teknik Budidaya Tanaman Sagu**

Sagu (*Metroxylon ssp.*) di duga berasal dari Maluku dan Irian. Hingga saat ini belum ada data yang mengungkapkan sejak kapan awal mula sagu ini dikenal. Di wilayah Indonesia bagian Timur, sagu sejak lama dipergunakan sebagai makanan pokok oleh sebagian penduduknya terutama di Maluku dan Irian Jaya. Teknologi eksploitasi,



budidaya dan pengolahan tanaman sagu yang paling maju saat ini adalah di Malaysia.

Tanaman Sagu dikenal dengan nama *Kirai* di Jawa Barat, *bulung*, *kresula*, *bulu*, *rembulung*, atau *resula* di Jawa Tengah; *lapia* atau *napiadi* Ambon; *tumba* di Gorontalo; *Pogalu* atau *tabaro* di Toraja; *rambiam* atau *rabi* di kepulauan Aru. Tanaman sagu masuk dalam Ordo *Spadiciflorae*, Famili *Palmae*. Di kawasan Indo Pasifik terdapat 5 marga (genus) *Palmae* yang zat tepungnya telah dimanfaatkan, yaitu *Metroxylon*, *Arenga*, *Corypha*, *Euqueissona*, dan *Caryota*. Genus yang banyak dikenal adalah *Metroxylon* dan *Arenga*, karena kandungan acinya cukup tinggi.

Sagu dari genus *Metroxylon*, secara garis besar digolongkan menjadi dua, yaitu: yang berbunga atau berbuah dua kali (*Pleonanthic*) dan berbunga atau berbuah sekali (*Hapaxanthic*) yang mempunyai nilai ekonomis penting, karena kandungan karbohidratnya lebih banyak. Golongan ini terdiri dari 5 varietas penting yaitu:

1. *Metroxylon sagus*, Rottbol atau sagu molat
2. *Metroxylon rumphii*, Martius atau sagu Tuni.
3. *Metroxylon rumphii*, Martius varietas Sylvestre Martius atau sagu ihur
4. *Metroxylon rumphii*, Martius varietas Longispinum Martius atau sagu Makanaru
5. *Metroxylon rumphii*, Martius varietas Microcanthum Martius atau sagu Rotan

Dari kelima varietas tersebut, yang memiliki arti ekonomis penting adalah Ihur, Tuni,

dan Molat. Sagu mempunyai peranan sosial, ekonomi dan budaya yang cukup penting di Propinsi Papua karena merupakan bahan makanan pokok bagi masyarakat terutama yang bermukim di daerah pesisir. Pertanaman sagu di Papua cukup luas, namun luas areal yang pasti belum diketahui. Berdasarkan data penelitian dan pengembangan pertanian dapat diperkirakan luas hutan sagu di Papua mencapai 980.000 ha dan kebun sagu 14.000 ha, yang tersebar pada beberapa daerah, yaitu Salawati, Teminabuan, Bintuni, Mimika, Merauke, Wasior, Serui, Waropen, Membramo, Sarmi dan Sentani. Sentra penanaman sagu di dunia adalah Indonesia dan Papua Nugini, yang diperkirakan luasan budi daya penanamannya mencapai luas 114.000 ha dan 20.000 ha. Sedangkan luas penanaman sagu sebagai tanaman liar di Indonesia adalah Irian Jaya, Maluku, Riau, Sulawesi Tengah dan Kalimantan.

#### **B. Syarat Tumbuh**

Jumlah curah hujan yang optimal bagi pertumbuhan sagu antara 2.000-4.000 mm/tahun, yang tersebar merata sepanjang tahun. Sagu dapat tumbuh sampai pada ketinggian 700 m di atas permukaan laut (dpl), namun produksi sagu terbaik ditemukan sampai ketinggian 400 m dpl. Suhu optimal untuk pertumbuhan sagu berkisar antara 24,50-29 °C dan suhu minimal 15 °C, dengan kelembaban nisbi 90 %. Sagu dapat tumbuh baik di daerah 10<sup>0</sup> LS-15<sup>0</sup> LU dan 90<sup>0</sup>-180<sup>0</sup> BT, yang menerima energi cahaya matahari sepanjang tahun. Sagu dapat ditanam di daerah dengan

kelembaban nisbi udara 40%. Kelembaban yang optimal untuk pertumbuhannya adalah 60%.

Tanaman sagu membutuhkan air yang cukup, namun penggenangan permanen dapat mengganggu pertumbuhan sagu. Sagu tumbuh di daerah rawa yang berair tawar atau daerah rawa yang bergambut dan di daerah sepanjang aliran sungai, sekitar sumber air, atau di hutan rawa yang kadar garamnya tidak terlalu tinggi dan tanah mineral di rawa-rawa air tawar dengan kandungan tanah liat >70 % dan bahan organik 30 %. Pertumbuhan sagu yang paling baik adalah pada tanah liat kuning coklat atau hitam dengan kadar bahan organik tinggi. Sagu dapat tumbuh pada tanah vulkanik, latosol, andosol, podsolik merah kuning, alluvial, hidromorfik kelabu dan tipe-tipe tanah lainnya. Sagu mampu tumbuh pada lahan yang memiliki keasaman tinggi. Pertumbuhan yang paling baik terjadi pada tanah yang kadar bahan organiknya tinggi dan bereaksi sedikit asam pH 5,5 – 6,5.

Sagu paling baik bila ditanam pada tanah yang mempunyai pengaruh pasang surut, terutama bila air pasang tersebut merupakan air segar. Lingkungan yang paling baik untuk pertumbuhannya adalah daerah yang berlumpur, dimana akar nafas tidak terendam. Pertumbuhan sagu juga dipengaruhi oleh adanya unsur hara yang disuplai dari air tawar, terutama potasium, fosfat, kalsium, dan magnesium. Pengertian mengenai hutan sagu adalah hutan yang didominasi oleh tanaman sagu. Selain sagu, masih banyak tanaman

lain yang ditemukan dalam kawasan tersebut. Selain itu, dalam satu hamparan hutan sagu tidak hanya tumbuh satu jenis sagu, tetapi terdapat beragam jenis sagu dan struktur tanaman.

### **C. Teknologi Perbanyak Tanaman Sagu**

Teknologi perbanyak tanaman sagu dapat dilakukan dengan metode generatif dan vegetatif. Secara generatif yaitu dengan menggunakan biji yang berasal dari buah yang sudah tua dan rontok dari pohonnya. Biji yang digunakan adalah biji yang berasal dari pohon induk yang baik, yang subur dan produksinya tinggi. Perbanyak tanaman sagu secara vegetatif dapat dilakukan dengan menggunakan bibit berupa anakan yang melekat pada pangkal batang induknya yang disebut dangkel atau abut (jangan yang berasal dari stolon).

#### **1. Persemaian dan Pembibitan**

##### **a. Persyaratan Benih atau Bibit**

Syarat bibit untuk pembibitan cara generatif adalah biji yang digunakan sudah tua, tidak cacat fisik, besarnya rata-rata dan bertunas. Syarat bibit untuk pembibitan cara vegetatif adalah berasal dari tunas atau anakan yang umurnya kurang dari 1 tahun, dengan diameter 10-13 cm dan berat 2-3 kg. Tinggi anakan  $\pm$ 1 meter dan punya pucuk daun 3-4 lembar.

##### **b. Penyiapan Benih atau Bibit**

###### **1) Cara generatif**

Biji yang digunakan berasal dari buah yang sudah tua dan jatuh/rontok dari pohon induk yang baik, yaitu subur dan produksinya tinggi, tumbuh



pada lahan yang wajar serta produksi klon rata-rata tinggi. Biji/buah yang diambil tersebut adalah buah yang tidak cacat fisik, besarnya rata-rata, dan bernas.

## 2) Cara Vegetatif

Pembiakan secara vegetatif dapat dilakukan dengan menggunakan bibit berupa anakan yang melekat pada pangkal batang induknya. Adapun cara pengadaan adalah sebagai berikut: i). Pengambilan dangkel dipilih yang terletak di permukaan atas; ii). Pemotongan dilakukan di sisi kiri dan kanan sedalam 30 cm, tanpa membuang akar serabutnya; iii). Dangkel yang telah dipotong, dibersihkan dari daun-daun dan ditempatkan pada tempat yang mendapat cahaya matahari langsung dengan bagian permukaan belahan tepat pada tempat di mana cahaya matahari jatuh, selama 1 jam; iv). Luka bekas irisan dangkel yang masih tertanam segera dilumuri dengan zat penutup luka (seperti: TB-1982 atau Acid Free Coalteer) untuk mencegah hama dan penyakit; v). Bibit sagu direndam dalam air aerobik selama 3-4 minggu. Setelah itu bibit ditanam; dan vi). Penyiapan dangkel sebaiknya dilakukan pada waktu menjelang sore hari, kemudian pada sore hari dangkel dikumpulkan dan pada waktu malam hari diangkut ke lahan, untuk menghindari kerusakan dangkel oleh cahaya matahari.

## 2. Teknik Penyemaian Benih

Secara generatif penyemaian benih tanaman sagu dapat dilakukan dengan cara

perkecambahan tidak langsung, penyiapan media, penataan bibit dan pembibitan, sebagai berikut.

a. Perkecambahan tak langsung

Penyiapan media: Wadah atau bak dari bata atau bambu berukuran tinggi 30-40 cm, panjang tidak lebih dari 2 meter dan lebar 1,2-1,5 cm. Selanjutnya sepertiga bagian bawah diisi pasir dan atasnya serbuk gergaji basah. Penataan Bibit: bibit ditata dengan jarak 10 x 10 cm; 10 x 15 cm; atau 15 x 15 cm dengan posisi miring atau tegak, bagian lembaga diletakkan di bawah,  $\frac{3}{4}$  bagian bibit ditekan dalam serbuk gergaji. Kelembaban media dijaga antara 80-90 %. Setelah umur 1-2 bulan dan sudah berdaun 2-3 lembar, bibit dipindah ke bedeng pembibitan.

b. Pembibitan (Perkecambahan tak langsung di media pembibitan)

Penyiapan media: Tanah diolah sedalam 45-60 cm, digemburkan dan ditambah pupuk dasar. Ukuran bedeng tinggi 30 cm; lebar 1,25 m; dan panjang  $\pm$  8-10 dengan jarak antar bedengan 30-50 cm. Pengaturan pembibitan tanpa penjarangan: Bibit ditanam dengan jarak 25 x 25 cm sampai dengan 40 x 40 cm. Pengaturan pembibitan dengan penjarangan: Pada mulanya bibit ditanam dengan jarak rapat, yaitu 12,5 x 12,5 cm; 15 x 15 cm; atau 20 x 20 cm.

**3. Pemeliharaan Penyemaian**

Cara generatif dengan penjarangan :

a. Dilakukan setelah satu bulan, yaitu menjadi 25 x 25 cm; atau 40 x 40 cm.



- b. Selama masa penyemaian kelembaban dipertahankan 80-90 %
- c. Diberi naungan agar tidak kena cahaya matahari langsung.
- d. Peyiraman dilakukan setiap saat.

#### **4. Pemindahan Bibit**

- a. Cara generatif: Bibit yang berumur 6-12 bulan dapat dipindahkan atau ditanam. Cara pengangkatannya ke kebun atau tempat penanaman mudah dan murah.
- b. Cara Vegetatif: Setelah diambil dapat langsung ditanam.

#### **D. Pengolahan Media Tanam**

##### **1. Persiapan**

Lahan dipilih yang sesuai dengan ketentuan. Menurut kebiasaan petani sagu Riau dan Maluku, penanaman sagu dilakukan pada awal musim hujan.

##### **a. Pembukaan Lahan**

Lahan dibersihkan dari semua vegetasi di bawah diameter 30 cm dekat permukaan tanah dan semua pohon yang tinggal. Vegetasi bawah dan ranting – ranting kecil tersebut dibakar dan abunya untuk pupuk. Pokok – pokok batang yang besar, yang sulit penggaliannya dapat ditinggalkan begitu saja di lahan, kecuali pokok – pokok yang berada pada calon baris tanaman harus dibersihkan.

##### **b. Pembentukan bedengan**

Dilakukan untuk penanaman dengan cara blok (biasanya dilakukan perusahaan perkebunan sagu). Adapun tata cara pembangunan blok adalah:

- 1) Ukuran blok 400 x 400 m, jadi satu blok luasnya 16 ha. Biasanya di tengah – tengah blok dibangun kanal tersier.
- 2) Kanal yang harus dibangun ada 3 macam, yaitu: kanal utama, kanal sekunder, dan kanal tersier.
- 3) Kanal utama adalah kanal yang digali tegak lurus terhadap sungai, dibangun di setiap dua blok kebun sagu, jaraknya dari kanal utama satu dengan yang lain adalah 800 m. Fungsinya sebagai pengaliran air dari sungai ke dalam blok-blok sagu, dan sebagai jalur transportasi utama dari kebun ke sungai dan sebaliknya, serta untuk penyanggah pengaruh air pasang. Kanal utama ini lebarnya 2,5 m.
- 4) Kanal sekunder adalah kanal yang digali tegak lurus terhadap kanal utama (melintang pada blok dan kanal utama). Kanal ini berfungsi sebagai pembatas antara empat blok sagu disebelahnya; sebagai jalur transportasi sagu dari kebun dan atau kanal tersier ke kanal utama. Lebar kanal sekunder adalah 2 m.
- 5) Kanal tersier adalah kanal yang digali pada pertengahan blok atau di antara dua blok atau melintangi di antara blok-blok yang saling berseberangan dan sebagai jalur transportasi dari kebun sagu bagian dalam, ke sungai atau kanal utama, atau ke kanal sekunder atau juga ke kanal tersier melintang dan sebaliknya. Lebar kanal tersier adalah 1,5 m dan saluran drainase lebarnya 0,75 – 1,00 m.

Menentukan sistem dan alat transportasi, karena lahan penanaman sagu didominasi oleh lahan yang berupa rawa dan lahan pantai yang sering dipengaruhi pasang surut. Lahan sebagian merupakan daerah berair, maka infrastruktur harus terdiri atas sistem kanal sebagai pengganti jalan darat.

### **E. Penanaman dan Penyulaman**

#### **1. Penentuan Pola tanam**

Penanaman dengan sistem blok adalah jarak tanam atau jarak lubang antar bervariasi antara 8-10 meter, sehingga satu hektar hanya menampung  $\pm$  150 buah. Jarak tanam yang dianggap ideal adalah:

- a. Sagu Tuni 8 x 8 m atau 9 x 9 m, hubungan segitiga sama sisi, sehingga 1 hektar akan memuat 143 tanaman.
- b. Sagu Ihur 9 x 9 m, hubungan segitiga sama sisi, sehingga 1 hektar akan memuat 143 tanaman.
- c. Sagu Molat 7 x 7 m, hubungan segi empat, sehingga 1 hektar akan memuat 2043 tanaman
- d. Jika ketiga varietas ditanam secara bersama-sama, maka ditanam secara terpisah menurut blok.

#### **2. Pembuatan Lubang tanam**

Lubang tanam digali sebulan/selambat-lambatnya 1 minggu sebelum penanaman dengan ukuran lubang 30 x 30 x30 cm. Hasil galian tanah bagian atas dipisahkan dari tanah lapisan bawah dan dibiarkan beberapa hari. Pada lubang tanaman itu ditempatkan pancang-pancang bambu, tiap lubang 2 pacang.

### 3. Cara Penanaman

Cara penanaman dilakukan dengan membenamkan dangkel ke dalam lubang tanaman. Bagian pangkal dangkel ditutup dengan tanah remah bercampur gambut. Tanah penutup jangan ditekan tapi dangkel jangan sampai bergerak. Tanah lapisan atas dimasukkan sampai separuh lubang apabila mungkin di campur puing – puing. Akar – akar dibenamkan pada tanah penutup lubang dan pangkalnya agak ditekan sedikit ke dalam tanah.

### F. Penyiangan (Pengendalian Gulma)

Penyiangan dilakukan terhadap gulma dan dilakukan pada sagu muda (3-4 tahun), sebab rawan terhadap serangan hama. Gulma juga akan memperbesar peluang kebun dilanda kebakaran. Proses penyiangan dapat dilakukan dengan menggunakan tangan, sabit, parang, cangkul dan sebagainya. Hasil dari penyiangan dikomposkan. Bila gulma mengandung hama/vektor dan kayu, dibakar dan abunya dijadikan pupuk.

### 1. Pengendalian Hama dan Penyakit

Pada tanaman sagu terdapat hama dan penyakit yang dapat mengurangi hasil panen. Beberapa jenis hama dan penyakit adalah sebagai berikut:

#### a. Hama

##### 1) Kumbang (*Oryctes rhinoceros* sp.)

Gejala dari serangan hama ini adalah terdapat lubang pada pucuk daun bekas gerakan kumbang, setelah berkembang tampak terpotong seperti di gunting dalam bentuk segitiga.

Pengendalian dapat dilakukan secara mekanis dan biologis. Pengendalian secara mekanis adalah dengan cara pohon – pohon sagu yang mendapat serangan ditebang dan dibakar. Pengendalian secara biologis dapat dengan menggunakan musuh alami.

2) Kumbang sagu (*Rhynchophorus* sp)

Ciri dari serangan hama ini adalah, serangan sekunder setelah kumbang oryctes biasanya meletakkan telur di luka bekas oryctes. Bila serangan terjadi pada titik tumbuh dapat menyebabkan kematian pohon. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara mekanik dan biologis.

3) Ulat daun Artona (*Artona catoxantha*, Hamps.  
Atau *Brachartona catoxantha*)

Ulat daun selain merusak daun pada sagu, juga menyerang pada daging buah, ulat daun ini menyerang jaringan dalam daun. Pengendalian pada ulat daun dapat dilakukan secara mekanik dan biologis.

4) Babi hutan

Binatang ini merusak sagu tingkat semai dan saphan (umur 1-3 tahun), memakan umbut (pucuk batang yang masih muda). Pengendalian hama binatang ini adalah dengan cara memburu dan membunuhnya agar populasi terkendali.

5) Kera (*Macaca irus*)

Binatang ini mempunyai potensi untuk merusak bagian sagu muda dan selalu merusak lebih banyak daripada yang dibutuhkan.



Pengendalian untuk binatang ini sama dengan pengendalian binatang babi hutan.

**b. Penyakit**

Penyakit yang biasanya terdapat pada tanaman sagu adalah bercak kuning yang disebabkan oleh cendawan *Cercospora*. Gejala dari penyakit ini adalah daun berbercak-bercak coklat.

**2. Pemupukan**

Unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman sagu, antara lain kalsium, kalium dan magnesium. Pada hutan sagu liar, pemeliharaan tanaman berupa pemupukan jarang dilakukan. Berbeda dengan hutan budidaya sagu yang mengejar produktivitas yang optimal, maka akan dilakukan pemupukan. Beberapa jenis pupuk dan dosis pemupukan disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Dosis Pupuk Pada Budidaya Sagu (Per Pohon)

Umur Tanaman (tahun)	Urea (g)	Phosphat Alam (g)	TSP (g)	KCL (g)	Kieserite (mg)
0	0	300	0	0	0
1	100	0	100	50	0
2	150	0	150	100	0
3	200	0	200	150	30
4	250	250	0	250	40
5	300	0	300	250	50
6	400	400	0	400	80
7	500	0	500	500	100
8	500	500	0	600	120
≥9	500	0	500	700	140

Pemupukan dilakukan dengan membenamkan pupuk dalam tanah, agar tidak



terbawa air sebelum terabsorpsi oleh akar tanaman lahan yang berada di daerah rawa/dataran rendah dan pasang surut yang sering yang terjadi luapan air. Pemupukan dilaksanakan secara melingkar di sekeliling rumpun atau secara lokal di daun sisi rumpun pada jarak sejauh pertengahan antara ujung tajuk dengan pohon/rumpun sagu. Waktu pemupukan untuk tanaman sagu muda adalah sampai 1 tahun menjelang panen, pemupukan dilakukan 1-2 kali setahun. Pemupukan sekali setahun, dilakukan pada awal musim hujan. Sedangkan untuk pemupukan dua kali setahun dilakukan pada awal dan akhir musim hujan, masing – masing dengan  $\frac{1}{2}$  dosis.

#### **G. Panen**

Panen dapat dilakukan umur 6 -7 tahun, atau bila ujung batang mulai membengkak disusul keluarnya selubung bunga dan pelepah daun berwarna putih terutama pada bagian luarnya. Tinggi pohon 10-15 m, diameter 60-70 cm, tebal kulit luar 10 cm, dan tebal batang yang mengandung sagu 50-60 cm. Ciri pohon sagu siap panen pada umumnya dapat dilihat dari perubahan yang terjadi pada daun, duri, pucuk dan batang. Cara penentuan pohon sagu yang siap panen di Maluku adalah sebagai berikut:

1. Tingkat Wela/putus duri, yaitu suatu fase dimana sebagian duri pada pelepah daun telah lenyap. Kematangannya belum sempurna dan kandungan acinya masih rendah, tetapi dalam keadaan terpaksa pohon ini dapat di panen.

2. Tingkat Maputih, ditandai dengan menguningnya pelepah daun, duri yang terdapat pada pelepah daun hampir seluruhnya lenyap, kecuali pada bagian pangkal pelepah masih tertinggal sedikit. Daun muda yang terbentuk ukurannya semakin pendek dan kecil. Pada tingkat ini sagu jenis *Metroxylon rumphii* Martius sudah siap dipanen, karena kandungan acinya sangat tinggi.
3. Tingkat Maputih masa/masa jantung, yaitu fase dimana semua pelepah daun telah menguning dan kuncup bunga mulai muncul. Kandungan acinya telah padat mulai dari pangkal batang sampai ujung batang merupakan fase yang tepat untuk panen sagu ihur (*Metroxylon sylvester* Martius)
4. Tingkat siri buah, merupakan tingkat kematangan terakhir, di mana kuncup bunga sagu telah mekar dan bercabang menyerupai tanduk rusa dan buahnya mulai terbentuk. Fase ini merupakan saat yang paling tepat untuk memanen sagu jenis *Metroxylon longisipium* Martius

Langkah-langkah pemanenan sagu adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan untuk membuat jalan masuk ke rumpun dan pembersihan batang yang akan di potong untuk memudahkan penebangan dan pengangkutan hasil tebangan.
2. Sagu dipotong sedekat mungkin dengan akarnya. Pemotongan menggunakan kampak atau mesin pemotong (gergaji mesin).

3. Batang dibersihkan dari pelepah dan sebagian ujung batangnya karena acinya rendah, sehingga tinggal gelondongan batang sagu sepanjang 6-15 meter. Gelondongan dipotong-potong menjadi 1-2 meter untuk memudahkan pengangkutan. Berat 1 gelondongan adalah  $\pm$  120 kg dengan diameter 45 cm dan tebal kulit 3,1 cm.

Pemanenan kedua dilakukan dengan jangka waktu  $\pm$  2 tahun. Perkiraan produksi hasil yang paling mendekati kenyataan pada kondisi liar dengan produksi 40-60 batang/ha/tahun, jumlah empulur 1 ton/batang, kandungan aci sagu 18,5 %, dapat diperkirakan hasil per hektar per tahun adalah 7-11 ton aci sagu kering. Secara teoritis, dari satu batang pohon sagu dapat dihasilkan 100-600 Kg aci sagu kering. Rendemen total untuk pengolahan yang ideal adalah 15% pada suhu 5 °C dan kondisi standar.

**BAB III**  
**PENGOLAHAN PATI SAGU**

Sagu berasal dari Maluku dan Irian, karena itu sagu mempunyai arti khusus sebagai pangan tradisional bagi penduduk setempat. Hingga saat ini belum ada data yang pasti yang mengungkapkan kapan sagu mulai dikenal. Diduga budidaya sagu di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik Barat sama kunonya dengan memanfaatkan kurma di Mesopotamia.

Tingkat pendapatan masyarakat yang masih rendah, mahalnya harga tepung dunia dan kurangnya gizi masyarakat menjadi salah satu faktor pengolahan sagu menjadi tepung sebagai upaya pemanfaatan bahan yang memiliki nilai gizi yang tidak kalah dengan bahan makanan lain. Keberadaan sagu hamper 50 % berada di Indonesia dari seluruh dunia bukan hal yang lucu jika Indonesia mampu memenuhi kebutuhab tepungnya dengan memanfaatkan sagu sebagai alternative permasalahan mahalnya harga tepung dunia akibat kelangkaan bahan pangan. Pada umumnya tanaman sagu tumbuh liar, namun ada juga yang sengaja ditanam oleh petani meskipun jarak tanam dan tata ruasnya belum memenuhi syarat agronomis.

Umumnya tanaman sagu tumbuh liar, namun ada juga yang sengaja ditanam oleh petani meskipun jarak tanam dan tata ruasnya belum memenuhi syarat agronomis. Untuk mendapatkan



aci sagu, maka dari empelur batang sagu diperlukan ekstraksi aci dengan bantuan air sebagai perantara. Sebelumnya empelur batang dihancurkan terlebih dahulu dengan ditokok atau diparut. Ditinjau dari cara alat yang digunakan, cara ekstraksi sagu yang dilakukan di daerah-daerah penghasil sagu di Indonesia saat ini dikelompokkan secara tradisional, ekstraksi semi mekanis dan ekstraksi secara mekanis. Prosedur pembuatan sagu adalah sebagai berikut: Pengolahan sagu diawali dengan menebang batang sagu di sekitar lokasi Festival Pesona Mentawai di Mapaddegat, menggunakan kapak ukuran besar, kemudian memotong batang sagu beberapa meter, setelah terpotong diteruskan dengan mengupas kulit sagu.

Mengupas kulit sagu dimulai dengan kapak dan dilanjutkan dengan *ookdak* atau kayu ukuran beras sepanjang 3 meter. Kulit sagu yang telah dikupas digunakan alas dari sagu yang sudah diparut. Setelah terkupas, dilanjutkan dengan memarut batang hingga halus menggunakan gergaji berukuran 1,5 meter yang bagian tengahnya diberi paku. Memarut sagu dilakukan dua orang, masing-masing di sisi berlawanan saling menarik gergaji hingga sagu menjadi halus. Jika masih ada isi sagu menempel di batangnya maka akan dicangkul dengan alat *rurukku* berupa batang ruyung yang dibuat seperti huruf v. kalau sudah selesai dilanjutkan dengan mencincang memakai *teile* (parang) agar lebih halus.

Setelah isi sagu yang sudah halus dimasukkan ke dalam *bulukbuk*, sejenis keranjang yang terbuat dari pelepah sagu yang dikeringkan kemudian dijalin dengan rotan, agar lebih kuat bagian sambungannya diberikan tulang rotan. Jika sudah penuh maka isi sagu tersebut dibawa ke *dereat* (tempat mengolah tepung sagu dengan cara diinjak). Di sini tempat memisahkan sari pati sagu dengan ampasnya. *Dereat* ini bagi masyarakat Mentawai khususnya di Siberut memiliki beberapa unsur. Kotak papan dengan ukuran, lebar dua meter dan panjang tiga meter. Kemudian di lantainya itu diberi *karuk* (serabut kelapa) yang sekarang banyak diganti dengan kain, fungsinya untuk penyaring, lapisan kedua adalah *salasak*, ini terbuat dari bambu yang sudah dipilah-pilah, lantai ketiga adalah *Bat Simagappla*, ini lantai dari bambu juga dengan posisi menyilang, lantai keempat adalah *Bat Simuenak*, ini juga terbuat dari bambu posisinya juga menyilang dengan lapisan ketiga. "Fungsinya sebagai penyaring agar ampas sagu tidak ikut hanyut dengan sari pati sagu. Agar tidak terpisah bambu-bambu yang sudah dipilih itu diikat dengan rotan yang sudah dihaluskan".

Untuk penahan agar tidak ambles diberikan bujuk sebanyak tiga bambu besar yang diikat dengan tonggak yang sudah tertancap di dasar air. Di bawah *dereat* itu ada atap sagu sebagai penampung tepung sagu yang masih bercampur air untuk dialirkan ke *boroiyat* (pancuran) yang terbuat dari sampan yang sudah lapuk, nanti sari pancuran itu akan dialirkan ke dalam sampan yang

disediakan untuk menampung, tapi sebelum dialirkan ke dalam sampan dari pancuran tersebut terlebih dahulu diberikan saringan. "Ini untuk penyaringan yang terakhir".

Sementara penimba air dari bawah *dereat* dinamakan *tatappuw*, berbentuk kerucut bahannya dari pelepah sagu yang sudah dikupas, kemudian dikasih *karaktak* (tulang) dari rotan bulat yang dijalin menjadi dengan rotan yang dihaluskan kemudian diikat sisi kanan dan kiri dengan rotan sementara tangkainya dari bambu sepanjang tiga sampai empat meter. "Ukuran tangkainya ini tergantung ukuran tubuh kita dan ke dalam air". Satu tual batang sagu bisa dikelola setengah hari tergantung keuletan pengolahnya. Kalau tepung dengan air sagu sudah terpisah berikutnya membuang air dari dalam penampungan, kemudian tepung sagu dimasukkan ke dalam *tappri* yang terbuat dari daun sagu yang sudah dijalin dengan rotan halus berbentuk balok dan di tengahnya kosong. Disitulah diletakkan tepung sagu, bagian ujungnya dilapisi dengan sejenis tanaman paku kemudian diikat dengan rotan juga agar tidak keluar. Adapun ilustrasi pembuatan pati sagu secara konvensional dapat dilihat pada Gambar berikut:



**Gambar 11. Ekstraksi Pati Sagu 1**

Sebelum proses ekstraksi sagu, pohon sagu ditebang terlebih dahulu kemudian diparut, bisa menggunakan parutan mesin atau secara tradisional. Pemilihan pohon sagu yang akan ditebang berdasarkan kearifan lokal, beberapa suku memiliki kriteria tersendiri untuk memilih pohon sagu. Bahkan pada beberapa suku di Papua penebangan pohon sagu melalui upacara adat terlebih dahulu yang kadang rumit tatacara pelaksanaannya. Kearifan lokal ini penting diperhatikan untuk dapat menjaga plasma nutfah sagu yang terdapat banyak aksesori yang masih harus dan bisa dieksplorasi. Hal ini dapat menjaga keseimbangan alam, sehingga alam tidak rusak hanya untuk kepentingan komersial yang menguntungkan hanya beberapa pihak tertentu saja.





**Gambar 12. Ekstraksi Pati Sagu 2**

Setelah hasil parutan pohon sagu diperoleh, saatnya untuk mengekstrak pati sagu. Salah satu hal yang menarik adalah masyarakat Papua memanfaatkan pelepah atau batang sagu sebagai sarana untuk mengalirkan air. Penggunaan pelepah sagu memanfaatkan kembali barang yang biasanya dibuang, terlihat bahwa masyarakat Papua sudah mengenal konsep *reuse* dan *reduce* sebagai kearifan lokal. Tentu penggunaan pelepah sagu ini terbilang unik apabila dibandingkan dengan konsep pengaliran air pada umumnya yang menggunakan paralon, talang atau bahan PVC dan plastik lainnya.



**Gambar 13. Ekstraksi Pati Sagu 3**

Dapat kita lihat dari gambar di atas, air yang digunakan berasal dari sungai sehingga pengerjaan proses ekstrak pati dikerjakan di pinggir sungai. Air dari sungai terlihat bagus dan jernih. Kondisi air yang masih bagus tersebut tercipta karena lingkungan sekitar terjaga dari limbah rumah tangga dan industri yang tentunya dapat mempengaruhi hasil olahan sago. Kondisi perairan alam yang bagus ini tentunya harus dipertahankan dan dilindungi oleh semua pihak untuk kebaikan bersama.



**Gambar 14. Kerja Berkelompok dalam Mengolah Sagu**

Air yang mengalir melalui batang sagu dengan serutan sagu diujungnya yang ditampung dalam kain kemudian diperas untuk mengeluarkan pati. Proses pengaliran air dan pemerasan serutan sagu dilakukan berulang-ulang sampai pati terekstrak semua. Hasil ekstrak ditampung di bak penampungan di bagian bawah. Setelah didiamkan beberapa saat, timbul endapan pati di bagian bawah penampungan. Kemudian bak penampungan dikeringkan dengan cara mengalirkan air kembali ke sungai. Pati yang terdapat sebagai endapan di bagian bawah bak penampungan kemudian dijemur untuk mendapatkan pati kering dengan tingkat kadar sekitar 12% agar awet disimpan, atau bisa juga dibentuk menjadi tumang yang bisa langsung dijual di pasar lokal.

Sisa ekstraksi pati sagu berupa ampas dimanfaatkan untuk pakan ternak masyarakat

seperti babi atau sapi, atau bisa dijadikan pupuk organik. Konsep kearifan lokal ini sudah mengadopsi proses produksi bersih, bagaimana produk yang dihasilkan menimbulkan seminim mungkin limbah. Pengerjaan proses ekstraksi sagu ini selalu dikerjakan secara bergotong royong baik lelaki maupun perempuan. Biasanya kaum lelaki yang menebang dan memarut batang sagu dan kaum perempuan yang mengekstraksi sagu dan melakukan penjemuran pati atau membentuk tumang serta menjualnya ke pasar



## **BAB IV LINGKUNGAN HIDUP**

### **A. Pengertian Lingkungan Hidup**

Lingkungan hidup adalah semua benda, daya, dan kondisi yang terdapat dalam suatu tempat atau ruang tempat manusia dan makhluk hidup berada dan dapat mempengaruhi hidupnya. Lingkungan hidup, sering disebut sebagai lingkungan, adalah istilah yang dapat mencakup segala makhluk hidup dan tak hidup di alam yang ada di bumi atau bagian dari bumi, yang berfungsi secara alami tanpa campur tangan manusia yang berlebihan.

Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Ketentuan Umum Pasal 1 angka 1, yang dimaksud lingkungan hidup adalah: “kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain”. Lingkungan hidup pada prinsipnya merupakan suatu sistem yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya sehingga pengertian lingkungan hidup hampir mencakup semua unsur ciptaan Tuhan Yang Maha Kuasa di bumi ini. Itulah sebab lingkungan hidup termasuk manusia dan perilakunya merupakan unsur lingkungan hidup yang sangat menentukan. Namun, tidak dapat

dipungkiri bahwa lingkungan saat ini oleh sebagian kalangan dianggap tidak bernilai, karena lingkungan hidup (alam) hanya sebuah benda yang diperuntukkan bagi manusia. Dengan kata lain, manusia merupakan penguasa lingkungan hidup, sehingga lingkungan hidup hanya dipersepsikan sebagai obyek dan bukan sebagai subyek.

Berdasarkan definisi-definisi tersebut, maka pengertian lingkungan hidup itu dapat dirangkum dalam suatu rangkaian unsur-unsur sebagai berikut:

1. Semua benda, berupa manusia, hewan, tumbuhan, organisme, tanah, air, udara, dan lain-lain.
2. Daya, disebut juga dengan energi;
3. Keadaan, disebut juga kondisi atau situasi;
4. Makhluk hidup;
5. Perilaku;
6. Proses interaksi, saling mempengaruhi;
7. Kelangsungan kehidupan; dan
8. Kesejahteraan manusia dan makhluk lain.

*LL. Bernard* dalam bukunya yang berjudul "*Introduction to Social Psychology*" membagi lingkungan atas empat macam yakni:

1. Lingkungan fisik atau anorganik, yaitu lingkungan yang terdiri dari gaya kosmik dan fisiogeografis seperti tanah, udara, laut, radiasi, gaya tarik, ombak dan sebagainya.
2. Lingkungan biologi atau organik yaitu segala sesuatu yang bersifat biotis berupa mikroorganisme, parasit, hewan, tumbuh-tumbuhan. Termasuk juga disini, lingkungan

prenatal dan proses-proses biologi seperti reproduksi, pertumbuhan dan sebagainya.

3. Lingkungan sosial. Ini dapat dibagi ke dalam tiga bagian:
  - a. Lingkungan fisiososial, yaitu yang meliputi kebudayaan materiil: peralatan, senjata, mesin, gedung-gedung dan lain-lain.
  - b. Lingkungan biososial manusia dan bukan manusia, yaitu manusia dan interaksinya terhadap sesamanya dan tumbuhan beserta hewan domestik dan semua bahan yang digunakan manusia yang berasal dari sumber organik.
  - c. Lingkungan psikososial, yaitu yang berhubungan dengan tabiat batin manusia seperti sikap, pandangan, keinginan, keyakinan. Hal ini terlihat melalui kebiasaan, agama, ideologi, bahasa, dan lain-lain.
4. Lingkungan komposit, yaitu lingkungan yang diatur secara institusional, berupa lembaga-lembaga masyarakat, baik yang terdapat di daerah kota atau desa.

Ekosistem merupakan bagian dari lingkungan hidup. Menurut Pasal 1 angka 5 Undang-Undang No 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang dimaksud dengan ekosistem adalah “tatanan unsur lingkungan hidup yang merupakan kesatuan utuh menyeluruh dan saling mempengaruhi dalam membentuk keseimbangan, stabilitas, dan produktivitas lingkungan hidup”. Proses interaksi tidak terjadi antara manusia dengan

lingkungannya saja, tetapi juga antar makhluk-makhluk lain. Diantara unsur-unsur tersebut saling berhubungan satu sama lain, sehingga harus senantiasa dijaga keseimbangannya. Apabila tidak, maka dampaknya keseimbangan lingkungan itu sendiri akan terganggu.

Lingkungan hidup juga mempunyai posisi penting dalam kehidupan manusia. Kemudian lebih jauh definisi mengenai lingkungan atau disebut juga lingkungan hidup, tidak lain adalah “ruang” di mana baik makhluk hidup maupun tak hidup ada dalam satu kesatuan, dan saling berinteraksi baik secara fisik maupun nonfisik, sehingga mempengaruhi kelangsungan kehidupan makhluk hidup tersebut, khususnya manusia. Dalam kaitannya dengan konsep lingkungan ini, maka penjelasan tentang mutu lingkungan adalah relevan dan sangat penting karena mutu lingkungan merupakan pedoman untuk mencapai tujuan pengelolaan lingkungan.

Berdasarkan beberapa definisi tersebut dapat ditegaskan bahwa lingkungan hidup merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Manusia dan lingkungan hidup memiliki hubungan yang bersifat timbal balik. Terlebih manusia mencari makan dan minum serta memenuhi kebutuhan lainnya dari ketersediaan sumber-sumber yang diberikan oleh lingkungan hidup dan kekayaan alam sebagai sumber utama dan terpenting bagi pemenuhan kebutuhan. Pentingnya lingkungan hidup bagi kehidupan manusia inilah yang membawa



konsekuensi logis, bahwa manusia hidup berdampingan dengan lingkungan, dan banyaknya pencemaran terhadap lingkungan sebisa mungkin harus dikurangi dan bahkan dihindari demi kenyamanan hidup setiap makhluk hidup.

### **B. Pencemaran Lingkungan Hidup**

#### **1. Pengertian Pencemaran Lingkungan Hidup**

Pengertian mengenai pencemaran lingkungan hidup terdapat dalam Ketentuan Pasal 1 angka 14 Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup memberikan definisi Pencemaran Lingkungan Hidup sebagai “masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan”. Sesuai dengan pengertian dalam Pasal 1 angka 14 Undang-Undang 32 Tahun 2009 tersebut, maka unsur-unsur atau syarat mutlak untuk disebut sebagai suatu lingkungan telah tercemar haruslah memenuhi unsur-unsur sebagai berikut.

- a. Masuk atau dimasukkannya komponen-komponen (makhluk hidup, zat, energi, dan lain-lain);
- b. Ke dalam lingkungan hidup;
- c. Kegiatan manusia;
- d. Timbul perubahan, atau melampaui baku mutu lingkungan hidup yang ditetapkan.

Dari unsur-unsur pencemaran lingkungan tersebut di atas, nyata bahwa suatu perbuatan atau

aksi yang menimbulkan keadaan sebagai pencemaran lingkungan hidup haruslah memenuhi berbagai unsur tersebut. Pencemaran terjadi bila dalam lingkungan terdapat bahan yang menyebabkan timbulnya perubahan yang tidak diharapkan, baik yang bersifat fisik, kimiawi maupun biologis sehingga mengganggu kesehatan, eksistensi manusia dan aktivitas manusia serta organisme lainnya. Bahan penyebab pencemaran tersebut disebut bahan pencemar/polutan. Menurut Stephanus Munadjat Danusaputro merumuskan pencemaran lingkungan sebagai berikut: “pencemaran adalah suatu keadaan, dalam mana suatu zat dan atau energi diintroduksi ke dalam suatu lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sendiri dalam konsentrasi sedemikian rupa, hingga menyebabkan terjadinya perubahan dalam keadaan termaksud yang mengakibatkan lingkungan itu tidak berfungsi seperti semula dalam arti kesehatan, kesejahteraan, dan keselamatan hayati”. Ditinjau dari segi ilmu kimia yang disebut pencemaran lingkungan adalah peristiwa penyebaran bahan kimia dengan kadar tertentu yang dapat merubah keadaan keseimbangan pada daur materi, baik keadaan struktur maupun fungsinya sehingga mengganggu kesejahteraan manusia. Pencemaran lingkungan ini perlu mendapat penanganan secara serius oleh semua pihak, karena pencemaran lingkungan dapat menimbulkan gangguan terhadap kesejahteraan kesehatan bahkan dapat berakibat terhadap jiwa manusia.

## 2. Jenis-jenis Pencemaran Lingkungan

Jenis-jenis pencemaran yang dapat digolongkan dalam degradasi lingkungan fisik adalah:

### a. Pencemaran Air

Sumber pencemaran air adalah pergelandangan kota (*urban dwelles*) yang membuang sampah dimana mereka berada, pembuangan kotoran dari pabrik dan industri, penghuni kota dengan sampah-sampahnya dan kotoran hasil cucian (*detergen*) dan sebagainya. Pencemaran melalui air berbahaya karena di dalam air yang tercemar dikandung bakteri, virus, dan bahan-bahan kimiawi yang berbahaya.

### b. Pencemaran Suara

Suara yang dikategorikan sebagai pencemaran dan dapat merusak telinga adalah suara-suara yang melebihi 75 decibel. Pencemaran suara dapat mengakibatkan terganggunya saraf dan konsentrasi kerja. Suara-suara yang sudah mencapai 145 decibel dan secara terus-menerus di dengar dapat menimbulkan rasa sakit.

### c. Pencemaran Udara

Sumber-sumber pencemaran udara adalah kendaraan bermotor yang banyak memadati jalanan kota, emisi atau kotoran melalui asap pabrik, kepadatan penduduk dan pembakaran sampah, pembukaan daerah melalui tebang dan bakar yang mengakibatkan udara dipenuhi dengan carbonmonoxide, nitrogen oxide, nitrogen oxide, dan sulfat oxide. Pencemaran udara dapat saja terjadi dari sumber pencemar udara seperti:

pembakaran batubara, bahan bakar minyak dan pembakaran lainnya, yang mempunyai limbah berupa partikulat (aerosol, debu, abu terbang, kabut, asap, jelaga), selain kegiatan pabrik yang berhubungan dengan perampelasan, pemulasan, dan pengolesan (*grinding*), penumbukan dan penghancuran benda keras (*crushing*), pengolahan biji logam dan proses pengeringan. Kadar pencemaran udara yang semakin tinggi mempunyai dampak yang lebih merugikan. Menurut Muhamad Erwin dalam bukunya, selain pencemaran air, pencemaran udara, dan pencemaran suara (kebisingan) seperti disebutkan di atas, di tambahkan satu jenis pencemaran yaitu pencemaran tanah. Pencemaran tanah dapat terjadi melalui bermacam-macam akibat, ada yang langsung dan ada yang tidak langsung. Pencemaran yang langsung dapat berupa tertuangnya zat-zat kimia berupa pestisida atau insektisida yang melebihi dosis yang ditentukan. Sedangkan pencemaran tidak langsung dapat terjadi akibat dikotori oleh minyak bumi. Sering tanah persawahan dan kolam-kolam ikan tercemar oleh buangan minyak, bahkan sering pula suatu lahan yang berlebihan dibebani dengan zat-zat kimia (pestisida, insektisida, herbisida), sewaktu dibongkar oleh bulldozer pada musim kering, debu tanahnya yang bercampur zat-zat kimia itu ditiup angin, menerjang ke udara, dan mencemari udara.



### **C. Tinjauan Umum tentang Limbah dan Pengelolaannya**

#### **1. Limbah**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, limbah didefinisikan sebagai “sisa atau buangan dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia”. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Air limbah industri maupun rumah tangga (domestik) apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan.

Limbah atau sampah yaitu limbah atau kotoran yang dihasilkan karena pembuangan sampah atau zat kimia dari pabrik-pabrik. Limbah atau sampah juga merupakan suatu bahan yang tidak berarti dan tidak berharga, tapi kita tidak mengetahui bahwa limbah juga dapat menjadi sesuatu yang berguna dan bermanfaat jika diproses secara baik dan benar. Limbah atau sampah juga dapat berarti sesuatu yang tidak berguna dan dibuang oleh kebanyakan orang, mereka menganggapnya sebagai sesuatu yang tidak berguna dan jika dibiarkan terlalu lama maka akan menyebabkan penyakit padahal dengan pengolahan sampah secara benar maka dapat menjadikan sampah ini menjadi benda ekonomis.

#### **2. Pengelompokan Limbah**

##### **a. Limbah Organik**

Limbah organik memiliki defenisi berbeda yang penggunaannya dapat disesuaikan dengan

tujuan penggolongannya. Berdasarkan pengertian secara kimiawi limbah organik merupakan segala limbah yang mengandung unsur karbon (C), sehingga meliputi limbah dari makhluk hidup (misalnya kotoran hewan dan manusia, sisa makanan, dan sisa-sisa tumbuhan mati), kertas, plastik, dan karet. Namun, secara teknis sebagian besar orang mendefinisikan limbah organik sebagai limbah yang hanya berasal dari makhluk hidup (alami) dan sifatnya mudah busuk. Artinya, bahan-bahan organik alami namun sulit membusuk/terurai, seperti kertas, dan bahan organik sintetik (buatan) yang juga sulit membusuk/terurai, seperti plastik dan karet, tidak termasuk dalam limbah organik. Hal ini berlaku terutama ketika orang memisahkan limbah padat (sampah) di tempat pembuangan sampah untuk keperluan pengolahan limbah.

Limbah organik yang berasal dari makhluk hidup mudah membusuk karena pada makhluk hidup terdapat unsur karbon (C) dalam bentuk gula (karbohidrat) yang rantai kimianya relatif sederhana sehingga dapat dijadikan sumber nutrisi bagi mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur. Hasil pembusukan limbah organik oleh mikroorganisme sebagian besar adalah berupa gas metan ( $\text{CH}_4$ ) yang juga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan.

b. Limbah Anorganik

Berdasarkan pengertian secara kimiawi, limbah anorganik meliputi limbah-limbah yang tidak mengandung unsur karbon, seperti logam

(misalnya besi dari mobil bekas atau perkakas, dan aluminium dari kaleng bekas atau peralatan rumah tangga), kaca, dan pupuk anorganik (misalnya yang mengandung unsur nitrogen dan fosfor). Limbah-limbah ini tidak memiliki unsur karbon sehingga tidak dapat diurai oleh mikroorganisme.

Seperti halnya limbah organik, pengertian limbah anorganik yang sering diterapkan di lapangan umumnya limbah anorganik dalam bentuk padat (sampah). Agak sedikit berbeda dengan pengertian di atas secara teknis, limbah anorganik didefinisikan sebagai segala limbah yang tidak dapat atau sulit terurai/busuk secara alami oleh mikroorganisme pengurai. Dalam hal ini, bahan organik seperti plastik, kertas, dan karet juga dikelompokkan sebagai limbah anorganik. Bahan-bahan tersebut sulit diurai oleh mikroorganisme sebab unsur karbonnya membentuk rantai kimia yang kompleks dan panjang (polimer).

#### c. Limbah Cair

Limbah cair adalah segala jenis limbah yang berwujud cairan, berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air. Limbah cair diklasifikasikan menjadi empat kelompok yaitu:

1. Limbah cair domestik (*domestic wastewater*) yaitu limbah cair hasil buangan dari rumah tangga, bangunan perdagangan, perkantoran, dan sarana sejenis. Misalnya air deterjen sisa cucian, air sabun, tinja.

2. Limbah cair industri (*industrial wastewater*), yaitu limbah cair hasil buangan industri. Misalnya air sisa cucian daging, buah, sayur dari industri pengolahan makanan dan sisa dari pewarnaan kain/bahan dari industri tekstil.
3. Rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), yaitu limbah cair yang berasal dari berbagai sumber yang memasuki saluran pembuangan limbah cair melalui rembesan ke dalam tanah atau melalui luapan dari permukaan.
4. Air Hujan (*storm water*), yaitu limbah cair yang berasal dari aliran air hujan di atas permukaan tanah.

d. Limbah Padat

Merupakan limbah yang terbanyak dilingkungan. Biasanya limbah padat disebut sebagai sampah. Klasifikasi limbah padat (sampah) menurut istilah teknis ada 6 kelompok, yaitu:

- 1) Sampah organik mudah busuk (*garbage*), yaitu limbah padat semi basah, berupa bahan-bahan organik yang mudah busuk.
- 2) Sampah anorganik dan organik tak membusuk (*rubbish*), yaitu limbah padat anorganik atau organik cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme, sehingga sulit membusuk, misalnya kertas, plastik, kaca dan logam.
- 3) Sampah abu (*ashes*), yaitu limbah padat yang berupa abu, biasanya hasil pembakaran.
- 4) Sampah bangkai binatang (*dead animal*), yaitu semua limbah yang berupa bangkai binatang.



- 5) Sampah sapuan (*street sweeping*), yaitu limbah padat hasil sapuan jalanan yang berisi berbagai sampah yang tersebar di jalanan
- 6) Sampah industri (*industrial waste*), semua limbah padat buangan industri.

e. Limbah Gas

Jenis limbah gas yang berada di udara terdiri dari bermacam-macam senyawa kimia. Misalnya, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), Sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>), asam klorida (HCl), Amonia (NH<sub>3</sub>), Metan (CH<sub>4</sub>), Klorin (Cl<sub>2</sub>). Limbah gas yang dibuang ke udara biasanya mengandung partikel-partikel bahan padatan, disebut materi partikulat. Pengelompokan Berdasarkan Sumber:

- 1) Limbah domestik, adalah limbah yang berasal dari kegiatan pemukiman penduduk.
- 2) Limbah industri, merupakan buangan hasil proses industri.
- 3) Limbah pertanian, berasal dari daerah pertanian atau perkebunan.
- 4) Limbah pertambangan, berasal dari kegiatan pertambangan.

f. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Suatu limbah digolongkan sebagai Limbah B3 bila mengandung bahan berbahaya beracun yang sifat dan konsentrasinya baik langsung maupun tidak langsung dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup atau membahayakan kesehatan manusia. Bahan yang termasuk Limbah B3 antara lain adalah bahan baku yang berbahaya dan beracun yang tidak

digunakan lagi karena rusak, sisa kemasan, tumpahan, sisa proses, dan oli bekas kapal yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun mendefinisikan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, disingkat limbah B3, sebagai: sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Limbah yang termasuk limbah B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih karakteristik, yaitu:

(a) Mudah meledak

Limbah mudah meledak adalah limbah yang melalui reaksi kimia dapat menghasilkan gas dengan suhu dan tekanan tinggi yang dengan cepat dapat merusak lingkungan sekitarnya.

(b) Mudah terbakar

Limbah mudah terbakar adalah limbah yang apabila berdekatan dengan api, percikan api, gesekan atau sumber nyala lain akan mudah menyala atau terbakar dan apabila telah nyala akan terus terbakar hebat dalam waktu lama.

(c) Bersifat reaktif

Limbah bersifat reaktif adalah limbah yang dapat menyebabkan kebakaran karena melepaskan atau menerima oksigen.

(d) Beracun

Limbah beracun adalah limbah yang mengandung racun yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Limbah B-3 dapat menyebabkan kematian dan sakit yang serius, apabila masuk ke dalam tubuh melalui pencernaan, kulit, atau mulut.

(e) Menyebabkan infeksi

Limbah yang menyebabkan infeksi sangat berbahaya karena mengandung kuman penyakit seperti hepatitis dan kolera yang ditularkan pada pekerja, pembersih jalan, masyarakat di sekitar lokasi pembuangan limbah.

(f) Bersifat korosif

Limbah bersifat korosif dapat menyebabkan iritasi (terbakar) pada kulit atau mengkorosikan baja.

(g) Jenis lainnya

Limbah lain yang apabila diuji dengan metode toksilogi dapat diketahui termasuk dalam jenis limbah B3, misalnya dengan metode LD-05 (*lethal dose fifty*) yaitu perhitungan dosis (gram pencemar per kilogram berat bahan) yang dapat menyebabkan kematian 50% populasi makhluk hidup yang dijadikan percobaan.

Sementara menurut Pasal 5 ayat (1) Peraturan Pemerintah No 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun, B3 dikualifikasikan sebagai berikut:

- (a) Mudah meledak (*explosive*);
- (b) Pengoksidasi (*oxidizing*);
- (c) Sangat mudah sekali menyala (*extremely flammable*);
- (d) Sangat mudah menyala (*highly flammable*);
- (e) Mudah menyala (*flammable*);
- (f) Amat sangat beracun (*extremely toxic*);
- (g) Sangat beracun (*highly toxic*);
- (h) Beracun (*moderately toxic*);
- (i) Berbahaya (*harmful*);
- (j) Korosif (*corrosive*);
- (k) Bersifat iritasi (*irritant*);
- (l) Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the environment*);
- (m) Karsinogenik (*carcinogenic*);
- (n) Teratogenik (*teratogenic*);
- (o) Mutagenik (*mutagenic*).

#### **D. Baku Mutu Limbah**

Menentukan tolok ukur apakah limbah dari suatu industri atau pabrik telah menyebabkan pencemaran atau tidak, maka digunakan dua sistem baku mutu limbah, yakni:

1. Menetapkan suatu *effluent standard*, yaitu kadar maksimum limbah yang diperkenankan untuk dibuang ke media lingkungan seperti air, tanah, dan udara. Kadar maksimum bahan polutan yang terkandung dalam limbah tersebut ditentukan pada waktu limbah tersebut meninggalkan pabrik/industri.
2. Menetapkan ketentuan tentang *stream standard*, yaitu penetapan batas kadar bahan-bahan polutan pada sumber daya tertentu



seperti sungai, danau, waduk, perairan pantai dan lain-lain.

Penetapan baku mutu limbah harus dikaitkan dengan kualitas ambien dan baku mutu ambien. Untuk jelasnya dapat dijelaskan dengan beberapa contoh sebagai berikut:

1. Suatu daerah yang keadaan lingkungan ambiennya masih sangat baik berarti pula bahwa batas baku mutu ambien masih jauh dari keadaan kualitas ambien.
2. Pelepasan bahan pencemar dari suatu proyek akan menurunkan keadaan kualitas ambien. Tetapi karena batas baku ambien masih jauh maka penurunan kualitas ambien belum melampaui baku mutu ambien yang telah ditetapkan. Dalam keadaan seperti ini baku mutu limbah yang digunakan dapat dari golongan kualitas limbah yang longgar.
3. Suatu daerah lain mempunyai keadaan kualitas ambien yang sudah tidak baik atau mendekati baku mutu ambien yang telah ditetapkan. Keadaan ini menunjukkan pula bahwa pencemaran dari proyek-proyek yang ada sudah sangat berat. Akibat dari keadaan tersebut, apabila ada pelapasan bahan pencemar yang sedikit saja, maka terjadi penurunan keadaan kualitas ambien yang sudah melampaui batas baku mutu ambien. Maka baku mutu limbah yang ditetapkan adalah golongan kualitas keras.

Penetapan baku mutu lingkungan adalah salah satu upaya untuk mendorong kalangan yang potensial menimbulkan pencemaran seperti industri/pabrik guna menekan kadar bahan polutan yang terkandung dalam limbah seminimum mungkin, agar pembuangan limbah dari kegiatan-kegiatan pabrik/industri tersebut tidak merusak atau mencemari lingkungan. Pasal 20 ayat (1) Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menegaskan bahwa baku mutu lingkungan hidup merupakan ukuran untuk menentukan terjadi atau tidaknya pencemaran lingkungan hidup. Sementara dalam Pasal 20 ayat (2) dijelaskan bahwa baku mutu lingkungan hidup meliputi:

1. Baku mutu air;
2. Baku mutu air limbah;
3. Baku mutu air laut;
4. Baku mutu udara ambien;
5. Baku mutu emisi;
6. Baku mutu gangguan; dan
7. Baku mutu lain sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi

#### **E. Pengelolaan Limbah**

Menurut Pasal 1 angka 16 Peraturan Pemerintah No 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, Pengolahan limbah B3 adalah “proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 untuk menghilangkan dan/atau mengurangi sifat bahaya dan/atau sifat racun”. Dalam tuntutan hukum, limbah B3 tergolong

dalam tuntutan yang bersifat formal. Artinya, seseorang dapat dikenakan tuntutan perdata dan pidana lingkungan karena cara mengelola limbah B3 yang tidak sesuai dengan peraturan, tanpa perlu dibuktikan bahwa perbuatannya tersebut telah mencemari lingkungan. Sehingga, mengetahui cara pengelolaan limbah B3 yang memenuhi persyaratan wajib diketahui oleh pihak-pihak yang terkait.

Pengelolaan limbah B3 menurut Peraturan Pemerintah No 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun meliputi kegiatan reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan penimbunan limbah B3.

1. Reduksi limbah B3 adalah suatu kegiatan pada penghasil untuk mengurangi jumlah dan mengurangi sifat bahaya dan sifat racun limbah B3, sebelum dihasilkan dari suatu kegiatan.
2. Penyimpanan adalah kegiatan menyimpan limbah B3 yang dilakukan oleh penghasil dan/atau pengumpul dan/atau pemanfaat dan/atau pengolah dan/atau penimbun limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara.
3. Pengumpulan limbah B3 adalah kegiatan mengumpulkan limbah B3 dari penghasil limbah B3 dengan maksud menyimpan sementara sebelum diserahkan kepada pemanfaat dan/atau pengolah dan/atau penimbun limbah B3.

4. Pengangkutan limbah B3 adalah suatu kegiatan pemindahan limbah B3 dari penghasil dan/atau dari pengumpul dan/atau dari pemanfaat dan/atau dari pengolah ke pengumpul dan/atau ke pemanfaat dan/atau ke pengolah dan/atau ke penimbun limbah B3.
5. Pemanfaatan limbah B3 adalah suatu kegiatan perolehan kembali (*recovery*) dan/atau penggunaan kembali (*reuse*) dan/atau daur ulang (*recycle*) yang bertujuan untuk mengubah limbah B3 menjadi suatu produk yang dapat digunakan dan harus juga aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia.
6. Pengolahan limbah B3 adalah proses untuk mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 untuk menghilangkan dan/atau mengurangi sifat bahaya dan/atau sifat racun.
7. Penimbunan limbah B3 adalah suatu kegiatan menempatkan limbah B3 pada suatu fasilitas penimbunan dengan maksud tidak membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

Setiap kegiatan pengelolaan limbah B3 harus mendapatkan perizinan dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dan setiap aktivitas tahapan pengelolaan limbah B3 harus dilaporkan ke KLH. Untuk aktivitas pengelolaan limbah B3 di daerah, aktivitas kegiatan pengelolaan selain dilaporkan ke KLH juga ditembuskan ke institusi lingkungan hidup setempat.



#### **F. Dasar Hukum Pengelolaan Lingkungan Hidup**

Setiap usaha dan/atau kegiatan pada dasarnya menimbulkan dampak terhadap lingkungan hidup yang perlu dianalisis sejak awal perencanaannya, sehingga langkah pengendalian dampak negatif dan pengembangan dampak positif dapat dipersiapkan sedini mungkin dengan membuat Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup. Hal ini diatur pada:

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 27 Tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup.
2. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 11 Tahun 2006 tentang Jenis rencana usaha dan/atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan AMDAL
3. Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
4. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2010 tentang Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup dan Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup.

Beberapa perangkat peraturan perundang-undangan yang mengatur pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) termasuk limbah batubara, antara lain:

1. PP No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

2. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan PP No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
3. PP No. 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun
4. Kep. Dirjen Batan No. 119/DJ/III/1992 tentang Pedoman Teknis Penyusunan AMDAL Untuk kegiatan nuklir dibidang nuklir non reaktor
5. Kegiatan Nuklir di Bidang Nuklir Non Reaktor
6. Kep. Dirjen Batan No. 294/DJ/IX/1992 tentang Nilai Batas Radioaktif di Lingkungan
7. Kep. Dirjen Batan No. 445/DJ/XII/ 1992 tentang Pedoman Teknis Penyusunan AMDAL Untuk Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir
8. Keppres No. 61 Tahun 1993 tentang Pengesahan Basel Convention of The Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. Dirjen Batan No. 294/DJ/IX/ 1992 tentang Nilai Batas Radioaktif di Lingkungan
9. KepMen LH No. 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak

**BAB V**  
**MANFAAT LIMBAH SAGU**

Indonesia adalah salah satu negara utama penghasil sagu di dunia. Pohon sagu merupakan nama umum untuk tumbuhan genus *Metroxylon*, berasal dari kata Yunani yang terdiri dari kata *Metra* berarti isi batang atau empulur dan *Xylon* berarti *xylem* (Flach 1977). Sagu termasuk tumbuhan monokotil dari famili Palmae, genus *Metroxylon* dan Ordo Arecales, berkembangbiak melalui tunas, akar atau biji sehingga tumbuh membentuk rumpun dan berkelompok (Louhenapessy *et al.* 2010).

Pada umumnya dikenal lima jenis sagu di Maluku, yakni: sagu Tuni (*Metroxylon rumphii* Mart), sagu Ihur (*Metroxylon sylvester* Mart), sagu Makanaru (*Metroxylon longispinum* Mart), sagu Duri Rotan (*Metroxylon microcanthum* Mart) merupakan sagu berduri dan satu jenis sagu yang tidak berduri yakni sagu Molat (*Metroxylon sagu* Rottb) (Louhenapessy 2006).

Taksiran luas lahan sagu di Indonesia sangat bervariasi dari waktu ke waktu. Luas lahan sagu di Indonesia adalah 1.398.000 ha, sedangkan di Maluku (provinsi Maluku dan Maluku Utara) luas lahan sagu adalah 50.000 ha (Balitbanghut 2005). Menurut Alfons (2006), luas areal sagu potensial di Maluku diperkirakan sebesar 31.360 ha. Jumlah pohon masak tebang untuk kondisi hutan sagu di Indonesia adalah antara 8–36

pohon/ha dimana untuk kondisi hutan sagu di Maluku rata-rata pohon sagu masak tebang berbagai jenis sagu adalah 20 pohon/ha dan rata-rata produksi tiap pohon adalah 220 kg, sehingga dalam luasan satu ha dapat diproduksi 4400 kg tepung sagu (Louhenapessy 1988). Dari jumlah produksi tepung sagu diperoleh limbah padat berupa ampas sagu dalam jumlah yang besar dengan perbandingan tepung sagu dan ampas sagu 1:6. Hal ini berarti potensi ampas sagu tersedia cukup besar yaitu 1.320 kg per pohon yang terdiri dari campuran ampas dan sisa pati yang tidak terekstraksi (Rumalatu 1981).

Tanaman yang memiliki nama Latin *Metroxylon sp.* ini merupakan salah satu sumber karbohidrat yang penting bagi kehidupan. Untuk mengolah tanaman sagu agar menghasilkan pati, diperlukan proses ekstraksi. Pada dasarnya proses ekstraksi pati adalah pemisahan pati dari empulur batang sagu dengan bantuan air. Dengan media air ini, pati sagu dapat dipisahkan dari seratnya. Akibatnya, air mengandung pati setelah proses ekstraksi. Proses penghancuran empulur ini dapat dilakukan dengan dua cara, yakni penghancuran empulur dengan menokok (menggunakan nani) dan dengan cara mekanik (penghancuran empulur dengan menggunakan mesin).

Industri pengolahan sagu ini mampu menyerap tenaga kerja dan menghasilkan pendapatan asli daerah. Apalagi, di Indonesia, potensi pati kering dari tanaman sagu di areal seluas 1,4 juta hektare mencapai enam juta ton per



tahun. Produk pati dari sagu ini juga berpotensi menjadi ekspor unggulan. Apalagi komoditas ini banyak dibutuhkan industri di negara-negara seperti Amerika Serikat, Jepang, dan China untuk bahan baku mi, tepung, bahkan obat-obatan. Secara keseluruhan, kebutuhan pati dunia mencapai 50 juta ton per tahun. Angka itu terus meningkat sebesar 7 persen setiap tahun.

Pada industri pengolahan sagu berkapasitas besar, air sungai akan terakumulasi dengan sisa pati sagu hasil pengolahan sagu tersebut. Jika berlangsung terus-menerus, hal ini akan mengakibatkan akumulasi limbah sagu yang membuat air sungai tercemar. Kenyataan ini dilematis. Di satu sisi, proses pengolahan sagu menghasilkan limbah, baik padat, cair, maupun gas. Biasanya, limbah ini dibuang ke sungai di sekitarnya, terutama limbah cair yang dapat mengganggu kondisi air sungai. Tingkat pencemaran air sungai sebagai tempat penerima limbah bergantung pada kuantitas dan kualitas dari buangan. Pencemaran air ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang bisa membahayakan kesehatan. Selain itu, limbah cair yang mengandung bahan organik memberikan bau dan rasa tidak sedap pada perairan penampung.

Ampas sagu merupakan limbah yang didapatkan pada proses pengolahan tepung sagu, dimana dalam proses tersebut diperoleh tepung dan ampas sagu dalam perbandingan 1:6 (Rumalatu 1981). Jumlah limbah yang banyak tersebut, sampai saat ini belum dimanfaatkan

sebagaimana mestinya hanya dibiarkan menumpuk pada tempat-tempat pengolahan tepung sagu sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Nah, untuk meminimalisasi pencemaran tersebut, kita bisa memanfaatkan limbah sagu. Misalnya sebagai berikut.

1. Limbah Sagu untuk Pakan Ternak

Nutrien yang terkandung dalam ampas sagu umumnya sangat rendah karena rendahnya protein kasar dan tingginya serat kasar. Walaupun kandungan nutrisi terutama protein kasar rendah berkisar antara 2,30-3,36 %, pati dalam ampas sagu masih cukup tinggi yaitu 52,98 % (Ralahalu, 2012). Hal ini memungkinkan ampas masih bermanfaat sebagai pakan ternak. Pemanfaatan ampas sagu sebagai pakan ternak dari beberapa hasil penelitian dalam ransum monogastrik (ayam dan babi) dapat mengurangi penggunaan bahan makanan lain seperti jagung dan dedak padi disebabkan cukup tingginya kadar pati dalam ampas sagu (Tabel 2). Selain itu untuk meningkatkan kualitas ampas sagu dilakukan biofermentasi ampas sagu menggunakan kapang *Aspergillus niger*

Tabel 2. Penggunaan Ampas sagu Mengurangi Penggunaan Jagung dan Dedak padi

Pada Babi Fase Grower	Ampas Sagu Tanpa Fermentasi			
	R0	7,5%	15%	22,5%
Jagung (kg)	65,75	53,50	52,00	40,50
Dedak padi (kg)	7,00	7,75	1,00	0,50
Pada Ayam kampung Fase Starter	Ampas sagu Fermentasi (ASF)			
	R0	5%	10%	15%

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

2018

Dedak padi (kg)	18,25	15,75	13,75	10,50
Ayam Kampung fase Grower	17,5	16,00	14,00	12,00
Dedak padi (kg)				

Sumber: Ralahalu (1998)

Kondisi seperti ini sangat menguntungkan peternak yang berada didaerah surplus ampas sagu. Selain itu tingginya harga jagung dan dedak padi yang menyebabkan bahan-bahan makanan ini tidak dapat diberikan kepada ternak secara kontinyu.

## 2. Limbah Sagu untuk Kompos

Limbah sagu, terutama bagian sisa perasan ampasnya, ternyata juga bisa diolah menjadi kompos yang mampu meningkatkan produksi lada perdu hingga 100-200 persen. Proses pengomposannya melalui proses anaerob (sedikit oksigen). Proses ini terbilang sangat sederhana, murah, dan mudah. Cara Pembuatannya:

- Campurkan ampas sagu dengan kompos matang. Fungsi kompos matang sebagai starter (aktivator) saja.
- Masukkan campuran itu ke dalam lubang (diperam dalam tanah) selama minimal dua bulan.
- Bila keberatan dalam penggunaan kompos matang, kita bisa mensubstitusi dengan pupuk kandang, karena hasilnya pun tak jauh beda.

Dalam penelitian disertasi Muhammad Syakir dari IPB, diperoleh kesimpulan: Kompos sagu, komposisi limbah sagu 50-75 persen dengan dekomposisi dua bulan memberikan hasil terbaik

terhadap pertumbuhan tanaman lada perdu muda (umur satu tahun); Limbah 50-100 persen yang didekomposisi dua bulan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman lada perdu umur tiga dan empat tahun; dan Kandungan tertinggi unsur hara N, P, Ca diperoleh pada perlakuan 75 persen limbah sagu 25 persen kompos.

Selain menyuplai unsur hara bagi tanaman lada perdu, limbah sagu terkomposkan bersifat herbisida. Penguraian bahan organik anaerob apalagi ampas sagu yang memiliki kandungan selulosa tinggi menghasilkan senyawa-senyawa asam-asam organik seperti fenol. Senyawa fenol atau asam fenolat inilah yang berperan sebagai herbisida gulma. Asam fenolat mempunyai pengaruh langsung terhadap proses biokimia dan fisiologi tanaman. Berbagai penelitian menunjukkan asam-asam fenolat bersifat racun (fitotoksik) bagi tanaman.

### 3. Limbah Sagu sebagai Bioetanol

Bioenergi adalah bahan bakar alternatif yang diturunkan dari biomassa, yaitu material yang berasal dari makhluk hidup (tanaman, hewan dan mikroorganisme). Pengembangan bioenergi ini sangat cocok diaplikasikan di Indonesia karena didukung oleh potensi sumber daya alam hayati yang melimpah dan ketersediaan lahan. Salah satu jenis bioenergi yang dapat dikembangkan adalah bioetanol yang dapat digunakan sebagai pengganti bensin.

Energi biomassa berasal dari bahan organik dan sangat beragam jenisnya. Sumber

energi biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, atau bahkan limbah, baik limbah domestik maupun limbah pertanian. Biomassa dapat digunakan untuk sumber energi langsung maupun dikonversi menjadi bahan bakar. Teknologi pemanfaatan energi biomassa yang telah dikembangkan terdiri dari pembakaran langsung dan konversi biomassa menjadi bahan bakar. Penggunaan biomassa langsung sebagai bahan bakar kurang efisien sehingga konversi biomassa dianggap lebih baik dalam pemanfaatannya. Hasil konversi biomassa ini dapat berupa biogas, bioetanol, biodiesel, arang dan sebagainya. Bioetanol dan biodiesel dalam jangka panjang dapat dijadikan sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Secara lebih spesifik bioetanol adalah cairan yang dihasilkan melalui proses fermentasi gula dari penguraian sumber karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dapat juga diartikan sebagai bahan kimia yang memiliki sifat kesamaan dengan minyak premium, karena terdapatnya unsur-unsur seperti karbon (C) dan hidrogen (H). Bahan baku pembuatan bioetanol dibagi menjadi tiga kelompok yaitu bahan bersukrosa (nira, tebu, nira nipah, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete); bahan berpati (bahan yang mengandung pati) seperti tepung ubi, tepung ubi ganyong, sorgum biji, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain-lain; dan bahan berserat selulosa atau lignoselulosa (tanaman yang mengandung



selulosa dan lignin seperti kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain.

Bioetanol dianggap lebih ramah lingkungan karena CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh hasil buangan mesin akan diserap oleh tanaman, selanjutnya tanaman tersebut digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar mesin, dan seterusnya sehingga tidak terjadi akumulasi karbon di atmosfer seperti yang ditimbulkan oleh penggunaan minyak bumi sebagai bahan bakar. Keunggulan lainnya adalah bioetanol mempunyai angka oktan tinggi 135. Angka oktan premium yang dijual sebagai bahan bakar hanya 98, makin tinggi bilangan oktan, bahan bakar makin tahan untuk tidak terbakar sendiri sehingga menghasilkan kesetabilan proses pembakaran untuk memperoleh daya yang lebih stabil. Proses pembakaran dengan daya yang lebih sempurna akan mengurangi emisi gas karbon monoksida. Campuran bioetanol 3% saja, mampu menurunkan emisi karbon monoksida menjadi hanya 1,35% (Aisyah dan Sembiring, 2010). Penambahan bahan bakar ethanol dalam bensin pada sepeda motor tak dapat menimbulkan penurunan emisi gas formaldehid sebesar 42.1 % untuk BE5 dan 79.7 % untuk BE10. Sedangkan kecepatan mesin dapat meningkatkan emisi formaldehid, terutama pada bahan bakar BE0 yakni 0.02125 mg/m<sup>3</sup> pada 2800 rpm. Penambahan bioethanol kedalam bahan bakar memberikan pengaruh penurunan temperatur gas buang (Christina dan Irsyad, 2010).

Salah satu penghasil bioetanol adalah pohon sagu. Pati sagu disebut juga poliglukosa, karena unit monomernya glukosa. Kemurnian sagu pada pati sangat tinggi karena rendahnya kandungan lemak, protein dan senyawa lain, sehingga pati sagu sangat cocok digunakan sebagai bahan baku pembuatan turunan pati seperti dekstrin, dekstrose, gula, dan produk turunan lainnya. Pati sagu yang diekstrak dari empulur batang pohonnya mengandung pati (27-31 %), serat (20-24 %) dan air (45-53 %). Ekstraksi dilakukan dengan metode aliran air, sehingga air ikut berpengaruh terhadap kualitas mutu sagu. Bioetanol dari sagu berasal dari dua bagian yaitu pati sagu dan serat sagu. Sedangkan prosesnya berlangsung dalam empat tahapan yaitu: a. hidrolisa bahan menjadi oligosakarida; b. hidrolisa oligosakarida menjadi gula (monosakarida); c. konversi gula menjadi bioetanol; dan d. pemurnian bioetanol.

Pembuatan etanol dari pati dapat dilakukan secara kimia ataupun biologis. Akan tetapi jika berbicara “bioetanol” tentunya proses yang dipakai adalah secara biologis dengan menggunakan enzim alfa dan glucoamilase yang mampu mengurai pati menjadi gula (sakarifikasi) dan selanjutnya fermentasi gula menjadi bioetanol. Bioetanol dapat pula diperoleh dari serat berselulosa dengan menggunakan enzim selulase. Efektivitas proses ini dipengaruhi oleh jenis enzim, kekentalan bahan (ratio pati dan air), presentase enzim dan kondisi proses fermentasi.

Proses fermentasi berlangsung beberapa jam setelah semua bahan dimasukkan ke dalam fermentor. Proses ini berjalan ditandai dengan keluarnya gelembung-gelembung udara kecil-kecil. Gelembung-gelembung udara ini adalah gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama proses fermentasi. Selama proses fermentasi diusahakan agar suhu tidak melebihi 36 °C dan pH nya dipertahankan 4.5-5. Proses fermentasi berjalan kurang lebih selama 2 sampai 3 hari. Salah satu tanda bahwa fermentasi sudah selesai adalah tidak terlihat lagi adanya gelembung-gelembung udara.

Setelah proses fermentasi selesai, cairan fermentasi dimasukkan ke dalam evaporator atau boiler. Panaskan dengan suhu dipertahankan sekitar 79-81 °C. Pada suhu ini bioetanol sudah menguap, tetapi air tidak menguap. Uap etanol dialirkan ke distilator. Bioetanol akan keluar dari pipa pengeluaran distilator. Pada distilasi tahap pertama, biasanya kadar bioetanol masih di bawah 95 %. Apabila kadar bioetanol masih di bawah 95 %, distilasi perlu diulangi lagi (reflux) hingga kadar bioetanolnya 95 %. Jika kadar bioetanolnya sudah 95 % dilakukan dehidrasi atau penghilangan air. Untuk menghilangkan air bisa menggunakan kapur tohor atau zeolit sintetis. Tambahkan kapur tohor pada etanol, biarkan semalam. Setelah itu didistilasi lagi hingga kadar airnya berkurang, dan kadar bioetanol yang diperoleh dapat mencapai 98-99 %. Sagu berpotensi menjadi bioetanol bahan bakar nabati (BBN) karena kandungan karbohidratnya cukup

tinggi, sekitar 85 % dan kandungan kalori 357 kalori. Jadi diperkirakan kalau menggunakan tepung sagu tersebut dari 6,5 kg tepung akan dihasilkan 3,5 liter bioetanol (Tarigan, 2001 dalam Komarayanti 2010).

Limbah sagu merupakan hasil samping industri pengolahan pati. Industri ekstraksi pati sagu menghasilkan tiga jenis limbah, yaitu residu selular empulur sagu berserat (ampas), kulit batang sagu, dan air buangan. Jumlah kulit batang sagu dan ampas sagu adalah sekitar 26 % dan 14 % berdasar bobot total balok sagu (Singhal *et al.* 2008). Lebih lanjut dilaporkan bahwa limbah sagu mengandung komponen penting seperti pati dan selulosa. Jumlah limbah kulit batang sagu mendekati 26 %, sedangkan ampas sagu sekitar 14 % dari total bobot balok sagu. Ampas mengandung 65,7 % pati dan sisanya merupakan serat kasar, protein kasar, lemak, dan abu. Dari persentase tersebut ampas mengandung residu lignin sebesar 21 %, sedangkan kandungan selulosa di dalamnya sebesar 20 % dan sisanya merupakan zat ekstraktif dan abu. Di sisi lain, kulit batang sagu mengandung selulosa (57 %) dan lignin yang lebih banyak (38 %) daripada ampas sagu. Jumlah ampas sagu dan pati yang besar di dalam air limbah praolah berkontribusi terhadap BOD dan COD air limbah secara signifikan. Limbah ini akan menjadi masalah lingkungan yang serius bila tidak di perlakukan untuk tujuan tertentu atau dibuang dengan cara yang benar. Dengan demikian, limbah sagu dapat menjadi alternatif sumber BBN (Bahan

Bakar Nabati) yang berasal dari biomassa lignoselulosa.

Tahapan awal proses produksi bioetanol yaitu praperlakuan. Praperlakuan bertujuan menghilangkan hemiselulosa dan lignin, sehingga memudahkan proses hidrolisis selulosa. Hal ini disebabkan selulosa terlindung dalam matriks hemiselulosa dan lignin. Selanjutnya tahap hidrolisis enzimatis menggunakan enzim selulase yang dapat menguraikan selulosa menjadi monomer gula. Monomer gula yang terbentuk difermentasi menggunakan ragi untuk mengubah gula menjadi etanol. Kemudian etanol dimurnikan dengan cara distilasi dan penguapan untuk menghilangkan pengaruh pelarut. Setelah itu, dilakukan pencucian dan penanganan limbah agar tidak mencemari lingkungan.

Jadi, budi daya tanaman sagu harus terus ditingkatkan karena pencemaran lingkungan yang diakibatkannya dapat diminimalisasi dengan temuan tersebut. Apalagi tanaman sagu juga bisa sebagai alternatif pengganti beras. Bahkan, sagu cocok digunakan untuk bahan bakar bioetanol. Apalagi proses pemanenannya sangat cepat, sehingga tidak sampai mengganggu ketahanan pangan nasional.



## **BAB VI** **RAGI**

Ragi adalah suatu macam tumbuh-tumbuhan bersel satu yang tergolong kedalam keluarga cendawan. Ragi berkembang biak dengan suatu proses yang dikenal dengan istilah pertunasan, yang menyebabkan terjadinya peragian. Peragian adalah istilah umum yang mencakup perubahan gelembung udara dan yang bukan gelembung udara (aerobik dan anaerobik) yang disebabkan oleh mikroorganisme. Dalam pembuatan roti, sebagian besar ragi berasal dari mikroba jenis *Saccharomyces Cerevisiae*. Ragi merupakan bahan pengembang adonan dengan produksi gas karbondioksida (Mudjajanto Eddy Setyo dan Lilik Noor Yulianti (2009: 24).

Menurut US.Wheat Assosiates, (2008: 20), ragi terdiri dari sejumlah kecil enzym, termasuk protease, lipase, invertase, maltase dan zymase. Enzym yang penting dalam ragi adalah invertase, maltase dan zymase. Enzym invertase dalam ragi bertanggung jawab terhadap awal aktivitas fermentasi. Enzym ini mengubah gula (sukrosa) yang terlarut dalam air menjadi gula sederhana yang terdiri atas glukosa dan fruktosa. Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbondioksida dan alkohol. Enzym amilase yang terdapat dalam tepung mampu memproduksi maltose yang dapat dikonsumsi oleh ragi sehingga fermentasi terus berlangsung. Proses

pengembangan adonan dapat terjadi apabila ragi dicampur dengan bahan-bahan lain dalam pembuatan roti, maka ragi akan menghasilkan CO<sub>2</sub>. Gas inilah yang menjadikan adonan roti menjadi mengembang. Proses pengembangan adonan yang dilakukan oleh ragi ditunjang oleh penggunaan bahan lain yaitu gula sebagai sumber energi.

Menurut Mudjajanto Eddy Setyo dan Lilik Noor Yulianti (2009: 25), jenis ragi ada tiga yaitu:

1. Compressed Yeast.

Jenis ragi tersebut mengandung 70% kadar air. Penyimpanannya harus pada suhu rendah, agar kemampuannya dalam pembentukan gas terjaga. Penyimpanan terbaik pada suhu 1 °C.

2. Active dry yeast.

Jenis ragi tersebut mengandung kadar air 7,5 %-9 %. Sebelum dipakai ragi harus direndam air terlebih dahulu dengan perbandingan 4:1 (4 Kg air : 1 Kg dry yeast) dengan suhu air ± 10 menit.

3. Instant dry yeast

Ragi jenis ini hampir sama dengan active dry yeast. Bedanya, ragi ini tidak perlu direndam sebelum dipakai. Jika bungkus sudah dibuka, ragi tersebut harus segera digunakan. Contoh ragi jenis ini yang beredar di pasar yaitu fermipan. Ragi yang dipakai dalam pembuatan roti dan bakpao biasanya jenis Instant dry yeast yang pemakaiannya langsung dicampurkan dengan bahan lainnya. Menurut Mudjajanto Eddy Setyo dan Lilik Noor Yulianti (2009: 40), penggunaan ragi 1,5-2 % dari total tepung terigu. Menurut

Mudjajanto Eddy Setyo dan Lilik Noor Yulianti (2009: 24), Fungsi ragi adalah:

1. Mengembangkan adonan dengan memproduksi gas CO<sub>2</sub>
2. Memberikan rasa dan aroma.
3. Memperlunak gluten.

**A. Ragi Alami**

Ragi alami adalah mikroorganisme dari bahan-bahan alami yang didapatkan dari hasil fermentasi tanpa memerlukan bahan tambahan buatan. Mikroorganisme dalam bahan-bahan alami menggunakan glukosa serta memproduksi karbondioksida, aroma alkohol, dan asam-asam organik. menggunakan mikroorganisme bermanfaat yang berasal dari bahan-bahan alami. (Roti Sehat & Lezat dengan Ragi Alami, Sangjin Ko 2012:6). Manfaat dengan menggunakan ragi alami dalam adonan adalah:

1. Mudah dicerna. Selama proses fermentasi, berbagai mikroorganisme mengubah senyawa pada roti menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna.
2. Membentuk tekstur yang empuk. Berbagai macam mikroorganisme dapat menghasilkan pelembab seperti trehalose yang dapat menghambat retrogradasi pati pada roti sehingga keempukan roti menjadi lebih tahan lama.
3. Umur simpan yang panjang tanpa pengawet. Berbagai mikroorganisme keasaman dan menghasilkan senyawa antibakteri pada

adonan sehingga roti dapat disimpan lebih lama.

4. Kaya akan rasa dan aroma. Selama proses fermentasi, berbagai metabolit dari mikroorganisme memberikan rasa dan aroma yang unik dan beragam.
5. Menyehatkan. Selama proses fermentasi banyak enzim-enzim bermanfaat yang baik untuk kesehatan dihasilkan. Para ahli telah melaporkan bahwa mikroorganisme-mikroorganisme dalam roti yang difermentasi secara alami sangat efektif sebagai antikolesterol, antikanker, dan antioksidan.

#### **B. Prinsip Ragi**

Proses ragi alami difermentasi, ini merupakan metode untuk menangkap mikroorganisme yang efektif seperti yeast, bakteri asam laktat untuk membuat roti. Pertama-tama siapkan toples yang telah disterilisasi, air, dan beberapa bahan yang mengandung gula atau karbohidrat seperti sukrosa pada buah, sayur, dan tepung. Kemudian letakkan bahan-bahan tersebut di toples, simpan pada suhu ruang ( $25-27^{\circ}\text{C}$ ) selama beberapa hari. Mikroorganisme di permukaan buah akan mulai tumbuh dan mengkonsumsi gula. Selama fermentasi, bakteri yang memiliki pertumbuhan paling cepat akan tumbuh pertama kali, pada saat itu jika ragi berasal dari pati makan akan dipecah menjadi molekul gula oleh bakteri. Selama pertumbuhan bakteri asam laktat tersebut pH akan menurun sehingga bakteri umum lainnya tidak dapat tumbuh, tapi

yeast tetap dapat tumbuh pada kondisi pH rendah dan yeast tersebut menghasilkan karbondioksida dan alcohol. Berdasarkan teori, yeast tumbuh dengan baik pada kondisi aerobik (ada oksigen), tapi kondisi anaerobik (tak ada oksigen) dianjurkan pada proses pembuatan ragi karena jika yeast ditumbuhkan secara aerobik memungkinkan terjadinya kontaminasi. Ragi sebaiknya di simpan pada suhu yang tetap karena jika suhu fluktuatif mikrobial menjadi stress. Kebutuhan gula juga harus tercukupi selama proses fermentasi. Jika gula tidak cukup, bakteri yang berbahaya akan tumbuh dan yeast akan melemah (Roti Sehat & Lezat dengan Ragi Alami, Sangjin Ko, 2012: 10)



**Gambar 15. Pembuatan Ragi**

### **C. Bahan untuk Membuat Ragi Alami**

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya. Gula merupakan sumber energi untuk pertumbuhan yeast, jadi bahan apa pun yang mengandung sumber karbondioksida dan dapat dimakan, dapat digunakan untuk membuat ragi. Misalkan bunga yang dapat dimakan, sayuran,



rempah-rempah dan buah dari kebun. Dengan menuang air kedalam bahan-bahan tersebut mikrobia dapat tumbuh. Bahan yang digunakan untuk membuat ragi tidak perlu dicuci karena pada permukaan bahan tersebut mengandung mikrobia yang efektif untuk proses fermentasi. Jadi sebaiknya gunakan bahan organik, karena bahan-bahan kimia, misalnya pupuk dan pestisida dapat mengganggu proses fermentasi.

Ada beberapa bahan yang dapat difermentasi tapi tidak aplikatif untuk membuat roti, misalnya papaya, nanas, dan kiwi karena mengandung enzim protease. Saat membuat adonan, gluten akan rusak oleh enzim protease sehingga berpengaruh terhadap pengembangan adonan. Sebelum anda membuat ragi dengan bahan tersebut, sebaiknya nonaktifkan enzim dengan pemanasan kemudian fermentasikan pada suhu ruang untuk menumbuhkan mikrobia. Berdasarkan bahan-bahan Sangjin Ko (2012: 9) mengklasifikasikan menjadi:

1. Metode bubuk sereal

Metode ini sangat umum dan sederhana untuk membuat ragi. Bahan yang umum digunakan adalah adonan asam rye, adonan asam putih, adonan asam gandum utuh. Metode ini lebih stabil dibandingkan metode lain, sehingga dapat diterapkan pada setiap roti. Pembuat roti di San Francisco, Amerika juga masih menggunakan adonan asam.

## 2. Metode Sakarifikasi

Pada dasarnya pati tidak dapat digunakan oleh yeast untuk pertumbuhan karena molekul pati yang besar. Pati harus dipecah menjadi molekul yang kecil seperti glukosa. Proses ini disebut sakarifikasi. Metode ini dapat dilakukan dengan menambahkan sumber karbohidrat dengan mikroorganisme yang dibutuhkan pada ragi. Metode ini dapat dibuat dari berbagai macam sumber karbohidrat, tapi umumnya dari kentang, beras, dan ketan. Fermentasi dapat dilakukan oleh malt, koji (*Aspergillus oryzae*), atau ragi tape. Dengan metode ini anda tidak perlu menambahkan gula karena enzim dari kapang tersebut dapat mengubah karbohidrat menjadi gula yang dapat difermentasi. Metode ini sangat stabil terutama untuk membuat roti manis.

## 3. Buah Segar

Anda dapat membuat ragi alami, misalnya dari anggur, stroberi, apel, pisang, dan sirsak. Jika ingin lebih berhasil membuat ragi, sebaiknya gunakan buah saat musimnya, karena lingkungan saat musim buah tersebut akan menentukan mikroorganisme yang tumbuh. Jangan cuci buah karena mikroorganisme yang efektif untuk fermentasi juga terdapat dalam kulit buah. Jadi sebaiknya gunakan buah organik, sehingga tidak membahayakan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Tambahkan gula atau madu untuk keberhasilan proses fermentasi. Jika kita menggunakan buah yang tidak asam sebaiknya tambahkan air jeruk nipis untuk menurunkan pH.

#### 4. Buah Kering

Anda dapat menggunakan kismis, fig kering, atau kurma. Buah kering biasanya butuh waktu lebih lama untuk proses fermentasi dibandingkan buah segar, jadi kita harus mengaduknya sekali sehari sebelum proses fermentasi dimulai.

#### 5. Sayuran

Ketika membuat ragi dari sayuran, anda dapat menggunakan umbi-umbian, seperti kentang manis, singkong, uwi, dan wortel. Tapi jika menggunakan sayuran hijau, tambahkan gula atau madu karena sayuran hijau tidak memiliki gula yang dapat difementasi dan aktivitas fermentasinya lambat. Jangan gunakan bawang bombay dan bawang putih untuk membuat ragi karena baunya tidak enak.

#### **D. pH dan Ragi**

pH adalah salah satu faktor penting untuk pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme tergantung pada pH karena dalam mempengaruhi aktivitas enzim. Setiap jenis mikroorganisme memiliki kondisi optimal pH yang berbeda-beda. Bakteri biasanya tumbuh pada pH 6-8 atau kondisi netral, tapi yeast dan jamur dapat tumbuh pada pH 4-6. Awalnya, ragi memiliki pH 5-7 dan dapat menurun bila ada pertumbuhan bakteri asam laktat sedangkan bakteri yang lebih menyukai kondisi netral akan mati. Jadi tidak perlu khawatir akan adanya bakteri yang berbahaya.

Ada beberapa jamur yang dapat tumbuh pada ragi yang dapat menghasilkan racun seperti mikotoksin dari *Aspergillus flavus* dan *fusarium* spp. Jamur tersebut lebih menyukai karbohidrat, kondisi asam, dan kondisi aerobik (banyak oksigen) untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu sebaiknya gunakan kondisi anaerobik (tanpa oksigen) untuk membuat ragi. Sebaiknya control pH jika menginginkan ragi yang lebih stabil. Anda juga harus memperhatikan jika menggunakan sayuran untuk bahan ragi alami. Jika pH dari bahan-bahan yang digunakan untuk membuat ragi adalah basa, maka akan memudahkan terjadinya kontaminasi oleh mikrobial sehingga ragi menjadi bau. Jika ingin membuat ragi yang baik, dapat menambahkan air jeruk nipis untuk menurunkan pH. Tapi jika menggunakan keasamannya tinggi seperti jeruk nipis, fermentasi akan berjalan lebih lambat (Roti Lezat & Sehat dengan Ragi Alami, Sangjin Ko 2012:11)

#### **E. Menyimpan Ragi Alami**

Cara Penyimpanan ragi alami menurut Sangjin Ko (2012:30):

##### **1. Metode Refresh**

Ragi dapat di simpan dengan cara memberinya ‘makan’ secara teratur. Ini merupakan metode yang paling baik. Namun, jika ragi tidak dirawat atau diabaikan, akan terkontaminasi. Tidak baik jika melakukan refresh lebih dari empat kali.

2. Metode penyimpanan dingin (dalam lemari es)

Simpan ragi pada suhu rendah ( $5^{\circ}\text{C}$ ). Ragi dapat digunakan untuk 3-7 hari. Tetapi setelah disimpan dalam lemari es, lebih baik ragi di-refresh sebelum digunakan.

3. Metode Kering

Dengan metode ini, ragi dapat disimpan selama kurang lebih 1 tahun. Sebarkan atau oles ragi di atas kertas minyak lalu keringkan pada tempat sejuk dan berangin. Setelah kering, buat menjadi bubuk dan simpan dalam wadah kedap udara. Anda dapat menambahkan sekitar 1sdm ragi bubuk ini saat akan membuat ragi baru.

**F. Fermentasi**

Menurut Wayne Gisslen (Profesional Baking, 2012), Fermentasi adalah proses dimana ragi bereaksi terhadap gula dan mengubahnya menjadi karbondioksida dan alkohol. Menurut Sangjin Ko (2012: 8), Fermentasi adalah proses mikroorganisme yang tumbuh dari bahan seperti buah atau sayur yang memecah pati menjadi gula. Hasil dari fermentasi gula adalah etanol, asam laktat, asetat dan karbondioksida.

Menurut Paula Figoni (2008:292), faktor yang mempengaruhi fermentasi ragi:

1. Temperatur adonan, Ragi tidak aktif pada temperatur  $32^{\circ}\text{F}$ - $34^{\circ}\text{F}$  ( $0^{\circ}\text{C}$ - $1^{\circ}\text{C}$ ) dan mulai aktif ketika temperature  $50^{\circ}\text{F}$  ( $10^{\circ}\text{C}$ ). Pada saat  $120^{\circ}\text{F}$  ( $50^{\circ}\text{C}$ ) fermentasi mulai melambat dan sel-sel ragi mulai mati dan fermentasi berakhir pada saat  $140^{\circ}\text{F}$  ( $60^{\circ}\text{C}$ )



2. Jumlah garam, garam dapat memperlambat fermentasi ragi, penggunaan garam yang sesuai
3. Jumlah Gula, penggunaan gula yang cukup dapat meningkatkan aktifitas ragi (sekitar 5 %). Penggunaan 10 % memperlambat fermentasi.
4. Tipe gula yang di pakai, sukrosa, glukosa, dan fruktosa dapat berfermentasi dengan cepat, maltose berfermentasi dengan lambat sedangkan laktosa tidak berfermentasi sama sekali.
5. pH dari adonan, pH yang optimum adalah 4 sampai 6. Di atas atau di bawah pH tersebut fermentasi berjalan lambat
6. Jumlah Ragi, jumlah ragi yang banyak tentu mempercepat fermentasi, tetapi penggunaan ragi yang terlalu banyak dapat memberikan rasa ragi yang tidak diinginkan, selain itu dapat membuat adonan capai.
7. Tipe ragi yang dipakai, produk ragi yang di jual ke bakers mengandung fermentasi ragi yang cepat dan bagus untuk adonan yang membutuhkan waktu cepat.

#### **G. Klasifikasi Berdasarkan Metode Fermentasi**

Sangjin Ko mengelompokan metode fermentasi menjadi tiga, single-step fermentation, independent two-step fermentation, and simultaneous two-step fermentation. Karakteristik fermentasi berbeda tergantung pada metodenya:

##### **1. Single-Step Fermentation**

Metode ini paling sederhana dibandingkan dua metode yang lain. Yeast langsung dapat menggunakan gula dari buah yang digunakan

untuk membuat ragi. Buah yang digunakan misalnya kismis, anggur, apel.

#### 2. Independent Two-Step Fermentation

Metode ini memiliki dua tahap fermentasi, karena yeast tidak dapat menggunakan pati secara langsung. Tahap sakarifikasi oleh enzim seperti malt dibutuhkan sebelum proses fermentasi. Mula-mula pati harus dihirolisis menjadi maltose oleh enzim, kemudian yeast menggunakan maltose tersebut untuk fermentasi. Bahan yang digunakan misalnya ragi dari nasi merah.

#### 3. Simultaneous Two-Step Fermentation

Dalam metode ini, proses sakarifikasi dan fermentasi berlangsung bersamaan tidak seperti *independent two-step fermentation*. Pati tidak dapat digunakan yeast, oleh karena itu amylase berperan dalam memecah karbohidrat bersamaan dengan yeast. Sebagai enzim tambahan, biasanya digunakan ragi tape dan koji. Metode ini dapat menghasilkan ragi yang baik dan lebih sedikit risiko terkontaminasi.

### H. Membuat Ragi Alami

Bahan dan alat yang di butuhkan:

1. Toples Kaca
2. 50g Apel (dipotong kecil-kecil)
3. 100ml Air
4. 1sdm Gula kastor

Cara membuat:

1. Cuci toples dengan sabun dan bilas dengan air bersih beberapa kali sampai tak ada sisa sabun dalam toples karena dapat mengganggu proses fermentasi. (Jangan menggunakan spons saat

- mencuci toples karena mengandung banyak bakteri)
2. Siapkan panci berisi air, masukan toples bersih ke dalamnya, lalu nyalakan api kompor. Saat air mendidih, tutup panci selama 5 menit. Setelah itu keluarkan toples dan dinginkan di tempat bersih. (Sebaiknya gunakan air matang atau air murni untuk membuat ragi)
  3. Timbang bahan-bahan, masukan ke dalam toples steril dan aduk rata kemudian tutup toples. (Jangan tutup toples terlalu rapat karena dapat meledak atau pecah akibat banyaknya gas karbon dioksida yang dihasilkan selama fermentasi)
  4. Aduk perlahan-lahan sehari sekali, jangan diaduk lagi setelah fermentasi dimulai. Tanpa pengadukan, ragi akan menjadi bulukan. Namun, jika terus diaduk selama fermentasi berlangsung dapat membuat rasanya lebih asam karena munculnya bakteri berbahaya.
  5. Fermentasikan selama 3-5 hari pada suhu ruang (25-27 °C) dan cek ragi setiap hari. Lebih baik simpan ragi dalam kotak Styrofoam sehingga suhunya tidak banyak berubah-ubah. Ragi apel telah siap jika ada banyak gelembung udara. Dan simpan di lemari es (Dapat disimpan selama 2 minggu)
  6. Saring apel yang telah difermentasi sehingga diperoleh cairannya
  7. Anda dapat membuat ragi kembali dengan menggunakan 1% ragi apel yang sudah jadi.

### **I. Membuat Ragi Biang**

Langkah ini dilakukan untuk membuat ragi alami lebih kuat dan lebih murni. Ragi biang yang sehat didapatkan setelah menambahkan air dan tepung beberapa kali.

#### **Ragi A (Hari Pertama)**

1. Bahan: 100ml cairan ragi, 100 gr tepung
2. Cara membuat: Campur tepung dengan cairan ragi di dalam toples atau wadah plastic. Tutup dan diamkan selama 18-24jam pada suhu ruang (sekitar 25<sup>0</sup>C)

#### **Ragi B (Hari Kedua)**

1. Bahan: Ragi A, 100gr tepung, 100 ml air, 2gr garam
2. Cara Membuat: Jika adonan sudah mengembang dua kali lipat, campur dengan 100 gr tepung terigu, 2gr garam, dan 100ml air di dalam toples atau wadah plastik. Tutup dan diamkan selama 12 jam pada suhu ruang. Pada tahap ini ragi sudah siap dipakai

## **BAB VII FERMENTASI**

### **A. Pengertian Fermentasi**

Fermentasi adalah proses terjadinya penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi serta terjadi perubahan substrat menjadi produk baru oleh mikroba (Madigan, 2011). Fermentasi berasal dari bahasa latin *ferfere* yang artinya mendidihkan. Fermentasi merupakan pengolahan substrat menggunakan peranan mikroba (jasad renik) sehingga dihasilkan produk yang dikehendaki (Muhiddin, 2001). Produk fermentasi berupa biomassa sel, enzim, metabolit primer maupun sekunder atau produk transformasi (biokonversi).

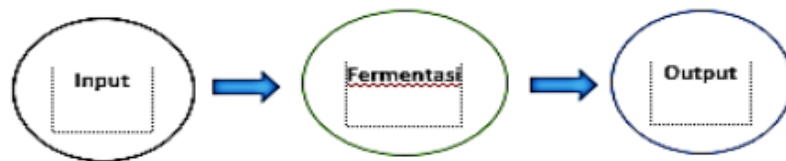
Proses fermentasi mendayagunakan aktivitas suatu mikroba tertentu atau campuran beberapa spesies mikroba. Mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi antara lain khamir, kapang dan bakteri. Teknologi fermentasi merupakan salah satu upaya manusia dalam memanfaatkan bahan-bahan yang berharga relatif murah bahkan kurang berharga menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi dan berguna bagi kesejahteraan hidup manusia.

Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Produk-produk tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai minuman atau makanan.



Fermentasi suatu cara telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno. Sebagai suatu proses fermentasi memerlukan:

1. Mikroba sebagai inokulum
2. Tempat (wadah) untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal.
3. Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba.



**Gambar16. Skema Proses Fermentasi**

Bioteknologi fermentasi menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan proses industri fermentasi yang meliputi:

1. Sifat Fermentasi
2. Prinsip Kultivasi Mikroba dalam Sistem Cair
3. Desain Bioreaktor (fermenter)
4. Desain Media
5. Instrumentasi dan Pengendalian Proses dalam Bioreaktor
6. Teknik Pengukuran
7. Pemindehan Massa dan Energi
8. Peningkatan Skala
9. Fermentasi substrat padat

#### **B. Prinsip dan Jenis-jenis Fermentasi**

Agar fermentasi dapat berjalan dengan optimal, maka harus memperhatikan prinsip fermentasi berikut ini:

1. Aseptis: bebas kontaminan.
2. Komposisi medium pertumbuhan.
3. Penyiapan inokulum
4. Kultur
5. Tahap produksi akhir.

Berdasarkan produk yang dihasilkan, fermentasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu (Belitz, 2009):

1. **Homofermentatif**, yaitu fermentasi yang produk akhirnya hanya berupa asam laktat. Contoh homofermentatif adalah proses fermentasi yang terjadi dalam pembuatan yoghurt.
2. **Heterofermentatif**, yaitu fermentasi yang produk akhirnya berupa asam laktat dan etanol sama banyak. Contoh heterofermentatif adalah proses fermentasi yang terjadi dalam pembuatan tape.

Berdasarkan penggunaan oksigen, fermentasi dibagi menjadi fermentasi aerobik dan anaerobik. Fermentasi aerobik adalah fermentasi yang memerlukan oksigen, sedangkan fermentasi anaerobik tidak memerlukan oksigen (Fardiaz, 1992). Berdasarkan proses yang dihasilkan oleh mikroba, fermentasi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. **Fermentasi yang memproduksi sel mikroba (biomass)**. Produksi komersial dari biomass dapat dibedakan menjadi produksi yeast untuk industri roti, dan produksi sel mikroba untuk digunakan sebagai makanan manusia dan hewan.

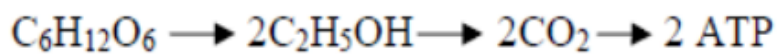
2. **Fermentasi yang menghasilkan enzim dari mikroba.** Secara komersial, enzim dapat diproduksi oleh tanaman, hewan, dan mikroba, namun enzim yang diproduksi oleh mikroba memiliki beberapa keunggulan yaitu, mampu dihasilkan dalam jumlah besar dan mudah untuk meningkatkan produktivitas bila dibandingkan dengan tanaman atau hewan.
3. **Fermentasi yang menghasilkan metabolit mikroba.** Metabolit mikroba dapat dibedakan menjadi metabolit primer dan metabolit sekunder. Produk metabolisme primer yang dianggap penting contohnya etanol, asam sitrat, polisakarida, aseton, butanol, dan vitamin. Sedangkan metabolit sekunder yang dihasilkan mikroba contohnya antibiotik, pemacu pertumbuhan, inhibitor enzim, dan lain-lain.

#### **C. Desain Bioreaktor dan Reaksi Kimia Fermentasi**

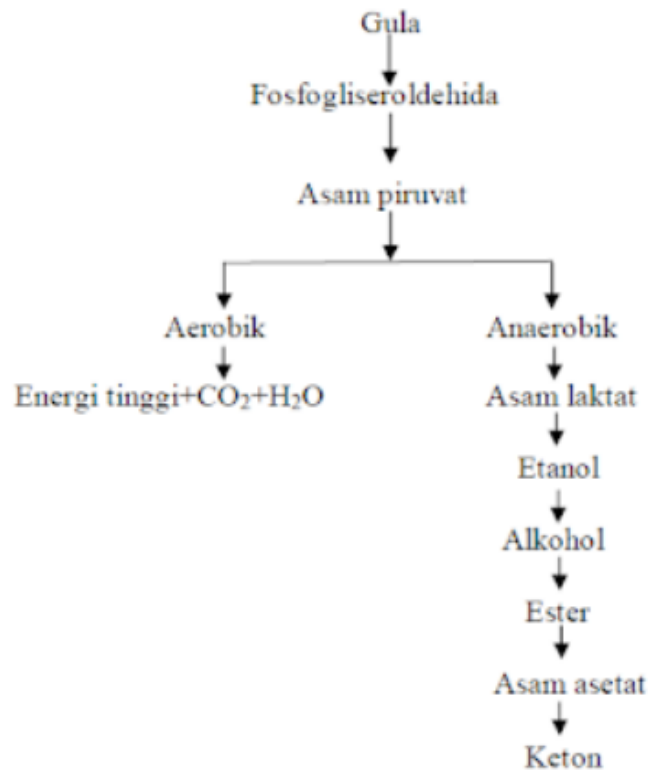
Istilah fermenter (bioreaktor) digunakan untuk tempat fermentasi. Pada prinsipnya fermenter harus menjamin pertumbuhan mikroba dan produk dari mikroba di dalam fermenter. Semua bagian di dalam fermenter pada kondisi yang sama dan semua nutrisi termasuk oksigen harus tersedia merata pada setiap sel dalam fermenter dan produk limbah seperti; panas, CO<sub>2</sub>, dan metabolit harus dapat dikeluarkan (*remove*). Masalah utama fermenter untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermenter. Harus homogen artinya medium kultur

harus tercampur merata. Oleh karena itu, wadah perlu didesain sedemikian rupa sehingga proses dalam wadah dapat dimonitor dan dikontrol. Wadah (fermenter) memberikan kondisi lingkungan fisik yang cocok bagi katalis sehingga dapat berinteraksi secara optimal dengan substrat. Desain fermenter mulai dari yang sederhana (tangki dengan putaran) sampai yaang *integrated system* dengan komputer.

Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan etanol ( $2C_2H_5OH$ ). Persamaan reaksi kimia yaitu :



Reaksi di atas dijelaskan: **gula (glukosa, fruktosa dan sukrosa) = alkohol (etanol) + karbondioksida + energi (ATP)**. Urutan proses terjadinya fermentasi dan produk yang dihasilkan dijelaskan pada gambar di bawah ini:



**Gambar 17. Proses Fermentasi**

Penerapan metode fermentasi yang banyak digunakan diantaranya adalah fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat memiliki perbedaan dalam produk akhir yang dihasilkan. Produk akhir fermentasi alkohol berupa etanol dan CO<sub>2</sub>, sedangkan produk akhir fermentasi asam laktat berupa asam laktat (Lehninger, 1994). **Reaksi fermentasi multifase**

1. Fase gas (mengandung N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>)
2. Fase cair (medium cair dan substrat cair), dan
3. Fase padat.



#### **D. Prinsip Kultivasi Mikroba dalam Sistem Cair**

Mikroba berada dalam cairan yang mengandung nutrisi sebagai substrat untuk tumbuh dan berkembang bercampur dengan produk-produk yang dihasilkan termasuk limbah. Nutrisi dan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal mikroba harus tercampur merata (homogen) pada semua bagian fermenter. Untuk mendapatkan sistem fermentasi yang optimum, maka fermenter harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Bebas dari kontaminan
2. Volume kultur relatif konstan (tidak bocor atau menguap)
3. Kadar oksigen terlarut harus memenuhi standar
4. Kondisi lingkungan seperti: suhu, pH harus terkontrol. *Stirred tank reactor* system model yang banyak dipakai.

Sistem fermenter tertutup dan terbuka

1. Tertutup, semua nutrisi ditambahkan pada awal fermentasi dan pada akhir fermentasi dikeluarkan bersama produknya. Sebagai contoh: pembuatan bir (*brewing*), antibiotik, dan enzim.
2. Terbuka, secara kontinyu (terus menerus) terjadi pemasukan medium kultur dan pengeluaran medium bersama produk. Sebagai contoh: SCP (petrokimia).

Tipe Fermenter ada 2: septis dan aseptis. Fermenter berdasarkan tipenya dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Septis untuk pembuatan pengembang roti, bir (*brewing*).
2. Aseptis untuk memproduksi *fine product* seperti: antibiotik, asam amino, polisakarida dan *single cell protein* (SCP).

Fermenter berdasarkan skala produksinya dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

1. Skala kecil (*small scale*); untuk industri rumah tangga (*home industri*).
2. Skala besar (*large scale*); untuk industri skala besar (*petrokimia industri*). Masalah utama fermenter untuk produksi skala besar adalah pemerataan medium kultur dalam fermenter. Harus homogen artinya medium kultur harus tercampur merata.

Medium untuk fermentasi biasa disebut substrat. Biasanya pada teknologi fermentasi digunakan bahan dasar yang mengandung karbon. Oleh karena itu, kebanyakan berasal dari tumbuhan dan sedikit dari produk hewani. Sebagai contoh; biji-bijian (*grain*), susu (milk). *Natural raw material* berasal dari hasil pertanian dan hutan. Karbohidrat; gula, pati (tepung), selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

1. Gula, bahan makanan yang mengandung gula mudah dan relatif mudah didapatkan untuk proses biotek.
2. Pati, jagung, padi, gandum, kentang, dan pohong (kassava) didegradasi menjadi gula sederhana (monosakarida) dengan hidrolisis sebelum fermentasi. Pati juga dapat digunakan sebagai bahan bakar non minyak (etanol).

3. Selulosa
4. Substrat dari limbah industri: Molase (tetes tebu), mengandung 50 % gula sebagai substrat untuk produksi antibiotik, asam organik. Whey (air dadih), Damen dan ampas tahu, bahkan urine hewan ternak.

Berdasarkan bentuknya substrat dapat dibedakan menjadi:

1. Substrat cair (air anggur)
2. Substrat semi cair (yoghurt)
3. Substrat padat digunakan untuk produksi tempe, oncom, kecap, kompos dsb. *Solid substrate fermentation* (SSF), melibatkan jamur berfilamen, yeast atau streptomyces.

**E. Inokulum**

1. Bakteri: *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Eschericia sp.*
2. Jamur: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*
3. Jamur filamentous:
4. Khamir (yeast): *Saccharomyces sp.*

Tabel 3. Berbagai jenis inokulum dan produknya

Jenis	Inokulum	Substrat	Produk
Jamur	<i>Rhizopus oligoporus</i>	Kedele Ampas kacang	Tempe, Oncom
Khamir	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bahan roti, tetes tebu	Roti
(Yeast)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bahan karbohidrat:	Tape

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

2018

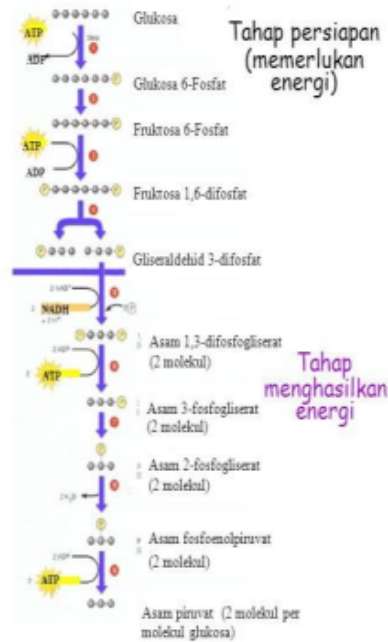
		ketan, ketela	
	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Air anggur, bir, brem	anggur, brem
Bakteri	<i>Acetobacter xylinum</i>	Air kelapa	Nata de coco
	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Air susu	Yoghurt

Peningkatan Skala (*Up Scalling*)  
berkembang dalam 3 tahap.

1. Tahap perintisan (laboratorium)
2. Pilot plan, dan
3. Skala lapangan (ekonomi).

Kondisi lingkungan meliputi: faktor kimia (konsentrasi substrat) dan faktor fisik (perpindahan medium, pencampuran medium). Faktor fisik menimbulkan problem pada skala besar. Sehingga perlu designer dari teknik kimia.

Glikolisis



BIO 101 / V / Glikolisis dan  
Respirasi

8

Gamba 18. Lintasan Glikolisis

### F. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Fermentasi

Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. **Keasaman (pH):** Makanan yang mengandung asam biasanya tahan lama, tetapi jika oksigen cukup jumlahnya dan kapang dapat tumbuh serta fermentasi berlangsung terus, maka daya awet dari asam tersebut akan hilang. Tingkat keasaman sangat berpengaruh dalam perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk bakteri adalah 4,5-5,5.
2. **Mikroba:** Fermentasi biasanya dilakukan dengan kultur murni yang dihasilkan di



laboratorium. Kultur ini dapat disimpan dalam keadaan kering atau dibekukan.

3. **Suhu:** Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan selama fermentasi. Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu optimal yaitu suhu yang memberikan terbaik dan memperbanyak diri tercepat.
4. **Oksigen:** Udara atau oksigen selama fermentasi harus diatur sebaik mungkin untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroba tertentu. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru dan untuk fermentasi. Misalnya ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) akan tumbuh lebih baik dalam keadaan aerobik, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat dengan keadaan anaerobik.
5. **Waktu:** Laju memperbanyak bakteri bervariasi menurut spesies dan kondisi pertumbuhannya. Pada kondisi optimal, bakteri akan membelah sekali setiap 20 menit. Untuk beberapa bakteri memilih waktu generasi yaitu selang waktu antara pembelahan, dapat dicapai selama 20 menit. Jika waktu generasinya 20 menit pada kondisi yang cocok sebuah sel dapat menghasilkan beberapa juta sel selama 7 jam.

## **BAB VIII** **BIOETANOL**

1

Krisis energi yang terjadi di Indonesia akhir-akhir ini disebabkan menipisnya cadangan minyak bumi sedangkan tingkat penggunaannya cukup tinggi. Cepat atau lambat cadangan minyak bumi duniapun pasti akan habis. Ini disebabkan oleh persediaan yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Keadaan ini mendorong banyak negara di dunia meningkatkan upayanya untuk menggunakan *biofuel* sebagai bahan bakar alternatif. *Biofuel* adalah bahan bakar atau sumber energi yang berasal dari bahan organik dan dapat diperbaharui.

Cadangan minyak bumi yang semakin berkurang memerlukan adanya sumber energi alternatif terutama energi yang dapat diperbaharui, salah satu contohnya adalah bioetanol. Penggunaan etanol sebagai bioetanol mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya adalah mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi, menciptakan lapangan kerja di daerah dan mengurangi polusi udara karena meminimalkan pembentukan gas CO<sub>2</sub>. Harga bahan bakar minyak yang terus meningkat dan cadangan minyak dunia yang makin terbatas telah mendorong upaya untuk mendapatkan bahan bakar alternatif (Zaldivar *et al.* 2001; Schubert 2006).

Bioetanol adalah energi alternatif yang banyak diproduksi di dunia sampai saat ini.

Laporan menunjukkan bahwa produksi bioetanol di Indonesia tepatnya di daerah Jawa Timur. Penggunaan bahan baku berlignoselulosa untuk produksi bioetanol mendapatkan perhatian khusus untuk mendorong pengembangan usaha energi terbarukan dan juga untuk menekan biaya produksi karena harganya murah (Knauf dan Moniruzzaman, 2004; Ragauskas *et al.*, 2006; Schubert, 2006). Penggunaan bahan baku ini akan mengurangi kekhawatiran akan persaingan penggunaan tanaman untuk pangan. Penggunaan biomassa sebagai bahan baku energi juga berperan dalam menurunkan emisi gas rumah kaca, karena CO<sub>2</sub> yang dilepaskan dari degradasi biomassa alam akan tersedia sebagai karbon dalam energi, sehingga meniadakan emisi gas rumah kaca (Schubert, 2006).

Hidrolisis selulosa secara enzimatik memberi hasil bioetanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisis asam (Palmqvist & Hahn-Hagerdal, 2000). Namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal, proses *recycle* dan *recovery* enzim selulase diperlukan untuk menekan tingginya biaya produksi (Iranmahboob *et al.*, 2002).

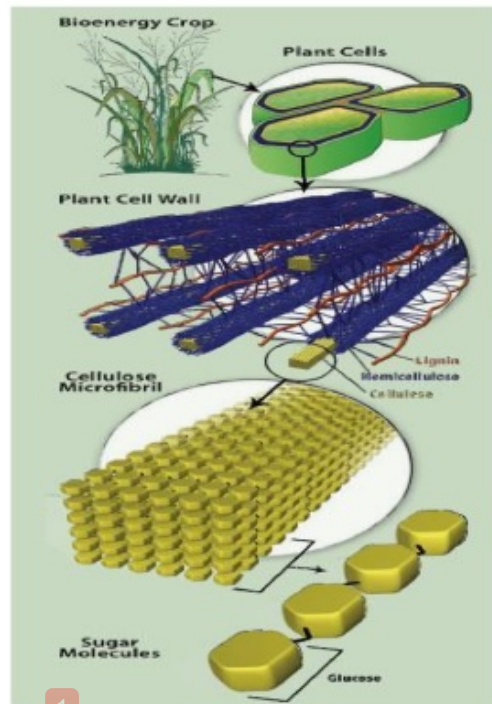
Mengingat kelemahan proses hidrolisis enzimatik sebagaimana tersebut di atas, dalam penelitian ini dilakukan proses perlakuan awal dengan hidrolisis asam. Menurut Sun & Cheng, sebagaimana dikutip oleh Orchidea *et al.*, (2010), konsentrasi asam, waktu hidrolisis dan suhu reaksi merupakan variabel penting, umumnya asam yang

digunakan adalah  $H_2SO_4$  atau HCl. Pada penelitian Heriawati & Asdar (2009) konsentrasi HCl optimum dalam hidrolisis selulosa tepung sagu adalah 12 % pada suhu reaksi 120-160 °C, dan pada penelitian Irawan & Arifin (2012) konsentrasi optimum hidrolisis selulosa sampah organik dengan HCl 4M atau 12 % pada 120 °C selama 45 menit.

#### **A. Lignoselulosa**

Menurut Hambali *et al.*, (2007), bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang ketersediaannya cukup melimpah. Hal tersebut mengakibatkan bahan ini sangat berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis. Salah satu proses konversi bahan lignoselulosa yang banyak diteliti adalah proses konversi lignoselulosa menjadi bioetanol yang selanjutnya dapat digunakan sebagai zat additif pada bahan bakar bensin untuk keperluan transportasi.

Senyawa lignoselulosa terdiri atas tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin yang merupakan bahan utama penyusun dinding sel tumbuhan (Hermiati *et al.*, 2010). Komponen-komponen yang menyusun lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 19

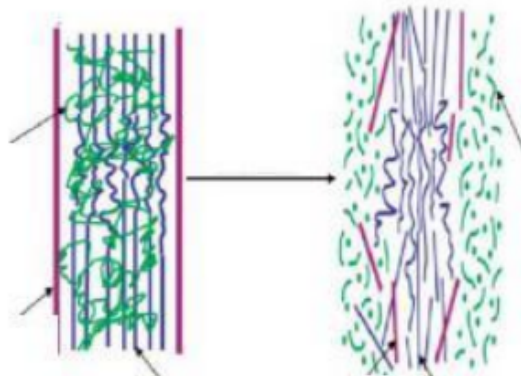


**Gambar 19. Komponen yang Menyusun Lignoselulosa (Yarriss, 2010)**

Proses konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol terdiri atas tiga tahap, yaitu perlakuan awal (delignifikasi), hidrolisis dan fermentasi. Proses hidrolisis merubah selulosa menjadi gula-gula sederhana dan proses fermentasi merubah gula-gula sederhana menjadi bioetanol. Selanjutnya, dilakukan pemurnian bioetanol melalui destilasi (Hermiati, 2010). Perlakuan awal biomassa lignoselulosa harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang tinggi. Tujuan dari perlakuan awal adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah dipecah polisakaridanya menjadi monomer gula. Jika lignoselulosa tidak diperlakukan awal terlebih dahulu, maka selulosa



sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa, karena lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin, skema perlakuan awal biomassa lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 20

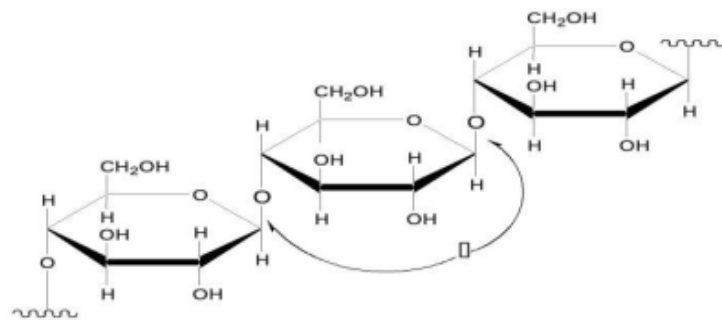


**Gambar 20. Skema perlakuan awal biomassa lignoselulosa (Novia *et al.*, 2011). Delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH, karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan amorf, memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosa serta menyebabkan pengembangan struktur selulosa.**

### **B. Selulosa**

Selulosa adalah polimer tak bercabang dari glukosa yang dihubungkan melalui ikatan beta 1,4 atau 1,4 beta glukosidase. Molekul lurus dengan unit glukosa rata-rata sebanyak 5000 ini membentuk fibril yang terikat melalui ikatan hidrogen di antara gugus hidroksil padarantai di sebelahnya. Serat selulosa yang mempunyai kekuatan fisik yang tinggi terbentuk dari fibril-fibril ini, tergolong seperti spiral dengan arah-arah yang berlawanan menurut satu sumbu.

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di bumi, selulosa mencakup sekitar 60% dari komponen tanaman. Selulosa merupakan salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik (Trisanti, 2009). Dua unit glukosa bersatu dengan mengeliminasi satu molekul air di antara gugus hidroksil pada karbon 1 dan karbon 4. (Hermiati *et al.*, 2010), struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 21

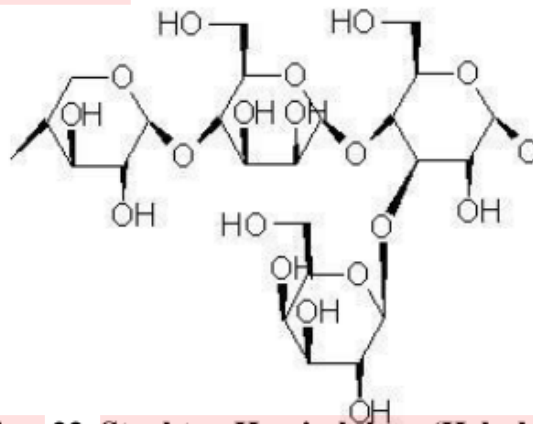


**Gambar 21.** Struktur selulosa yang merupakan polimer dari glukosa (>1000 monomer glukosa) (Afriani, 2011).

### C. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut heteropolisakarida. Lima gula netral, yaitu glukosa, mannanosa, galaktosa (heksosan), xylosa dan arabinosa (pentosan), merupakan konstituen utama hemiselulosa (Howard *et al.*, 2003). Berbeda dari selulosa yang merupakan homopolisakarida dengan monomer glukosa, rantai utama

hemiselulosa dapat terdiri atas hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer (heteropolimer), seperti glukomannan (Hermiati, *et al.*, 2010). Struktur hemiselulosa dapat dilihat pada Gambar 22

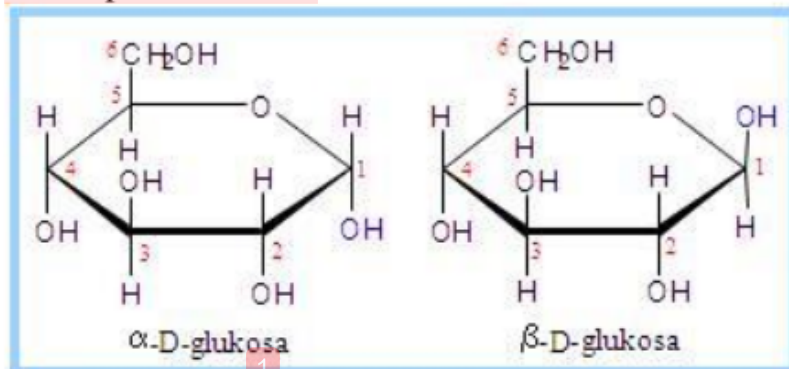


Gambar 22. Struktur Hemiselulosa (Helmberger, 2009)

#### D. Glukosa

Glukosa adalah monosakarida dengan rumus kimia  $C_6H_{12}O_6$  terdapat sebagai glikosida di dalam tubuh binatang, sebagai disakarida-disakarida dan polisakarida-polisakarida di dalam tubuh tumbuh-tumbuhan. Glukosa dapat dihasilkan melalui hidrolisis polisakarida atau disakarida, baik dengan asam maupun dengan enzim. Glukosa dapat dibuat dari pati-patian, dan proses pembuatannya dapat dihidrolisis dengan asam maupun enzim. Dalam proses hidrolisis, karbohidrat diubah menjadi gula larut dalam air dilakukan dengan penambahan air dan asam kemudian dilakukan proses peruraian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan menambahkan yeast/ragi.

Sebagian besar monosakarida dikenal sebagai heksosa, karena terdiri atas 6-rantai atau cincin karbon. Atom-atom hidrogen dan oksigen terikat pada rantai atau cincin ini secara terpisah atau sebagai gugus hidroksil (OH). Ada tiga jenis heksosa yang penting dalam ilmu gizi, yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Ketiga macam monosakarida ini mengandung jenis dan jumlah atom yang sama, yaitu 6 atom karbon, 12 atom hidrogen, dan 6 atom oksigen. Perbedaannya hanya terletak pada cara penyusunan atom-atom hidrogen dan oksigen di sekitar atom-atom karbon. Perbedaan dalam susunan atom inilah yang menyebabkan perbedaan dalam tingkat kemanisan, daya larut, dan sifat lain ketiga monosakarida tersebut. Struktur glukosa dapat dilihat pada Gambar 23



Gambar 23 Struktur Glukosa (Fessenden dan Fessenden, 1982)

#### E. *Saccharomyces cerevisiae*

Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) adalah mikroorganisme penghasil etanol yang paling dikenal saat ini. *Saccharomyces cerevisiae* dimanfaatkan untuk melangsungkan fermentasi,

baik dalam makanan maupun dalam minuman yang mengandung gula. Jenis mikroba ini mampu mengubah cairan yang mengandung gula menjadi alkohol dan gas CO<sub>2</sub> secara cepat dan efisien (Retno & Nuri, 2011).

Proses metabolisme pada *Saccharomyces cerevisiae* merupakan rangkaian reaksi yang terarah yang berlangsung pada sel. Pada proses ini terjadi serangkaian reaksi yang bersifat merombak suatu bahan tertentu dan menghasilkan energi serta serangkaian reaksi lain yang bersifat mensintesis senyawa-senyawa tertentu dengan membutuhkan energi. *Saccharomyces cerevisiae* sebenarnya tidak mampu langsung melakukan fermentasi terhadap makromolekul seperti karbohidrat, tetapi mikroba tersebut memiliki enzim yang mampu memutuskan ikatan glikosida sehingga dapat difermentasi menjadi bioetanol dan karbondioksida.

#### **F. Bioetanol**

Bioetanol adalah etanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi. Etanol atau etil alkohol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH berupa cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Etanol yg terbakar menghasilkan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air. Bioetanol biasanya dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat minuman keras, untuk keperluan medis, sebagai zat pelarut, dan yang sedang



populer saat ini adalah pemanfaatan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif.

Alkohol merupakan bahan alami yang dihasilkan dari proses fermentasi yang banyak ditemui dalam produk bir, anggur, spirtus dan sebagainya. Sebutan alkohol biasanya diartikan sebagai etil alkohol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), mempunyai densitas 0,78508 g/ml pada suhu  $250^\circ\text{C}$ , titik didih  $78,4^\circ\text{C}$ , berat molekul 46, tidak berwarna dan mempunyai bau serta rasa yang spesifik. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam fermentasi diantaranya adalah jenis bahan dasar, cara dan lama fermentasi, ada tidaknya perlakuan destilasi. Ada tidaknya aging (pemeraman) dan adanya bahan tambahan tertentu dalam produk. Alkohol dapat dibuat dari berbagai macam bahan dasar diantaranya bahan berpati, bahan berselulosa/berserat dan bahan bergula (Kartika, B.1992). Penetapan kadar alkohol, kadar alkohol adalah persen volume atau persen bobot zat yang ditetapkan dengan cara destilasi.

Bahan lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ketersediaannya yang cukup melimpah, terutama sebagai limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan, menjadikan bahan ini berpotensi sebagai salah satu sumber energi melalui proses konversi, baik proses fisika, kimia maupun biologis. Salah satu proses konversi bahan lignoselulosa yang banyak diteliti adalah proses konversi lignoselulosa menjadi etanol yang

selanjutnya dapat digunakan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin untuk keperluan transportasi. Ada beberapa faktor yang mendorong makin intensifnya dilakukan penelitian pemanfaatan bahan lignoselulosa menjadi sumber energi, dalam hal ini etanol.

Pertama, kebutuhan dan konsumsi energi terus meningkat dari tahun ke tahun, sementara sumber daya alam yang dapat menghasilkan energi makin terkuras karena sebagian besar sumber energi saat ini berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarukan, seperti minyak, gas, dan batu bara. Kedua, bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan bensin karena dapat meningkatkan efisiensi pembakaran (Hambali *et al.*, 2007) dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Ketiga, bahan lignoselulosa tersedia cukup melimpah dan tidak digunakan sebagai bahan pangan sehingga penggunaannya sebagai sumber energi tidak mengganggu pasokan bahan pangan. Di samping itu, etanol juga merupakan bahan kimia yang banyak fungsinya dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan etanol sebagai bahan bakar kendaraan terus berkembang.

Untuk mengurangi konsumsi BBM jenis bensin, dapat dilakukan dengan menambahkan 10% bioetanol atau sering disebut E-10. Bioetanol memiliki banyak manfaat karena dicampurkan dengan bensin pada komposisi berapa pun memberikan dampak yang positif dalam mengurangi emisi yang dihasilkan oleh bahan bakar minyak (bensin). Pencampuran bioetanol

absolut sebanyak 10 % dengan bensin 90 % sering disebut gasohol E-10 yang memiliki angka oktan 92 dibanding dengan premium hanya 87-88. Bioetanol dikenal sebagai *octan enhancer* (aditif) yang paling ramah lingkungan.

Proses pembuatan bioetanol biasanya melalui proses hidrolisa sebagai pemecah unsur pati menjadi gula sederhana, proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dan proses distilasi untuk memisahkan etanol dengan air yang masih terkandung sehingga meningkatkan kadar alkoholnya.

### **1. Delignifikasi**

Konversi selulosa menjadi glukosa dapat terganggu dengan adanya lignin karena selulosa selalu berikatan dengan lignin. Lignin merupakan jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa sehingga menjadi sangat kuat. Kekuatan ikatan lignin inilah yang merupakan penghalang pada proses *pulping* kimia dan proses pemutihan pada pembuatan kertas yang pada akhirnya diterapkan metode *bleaching* untuk menghilangkan lignin tanpa mengurangi serat selulosa secara signifikan.

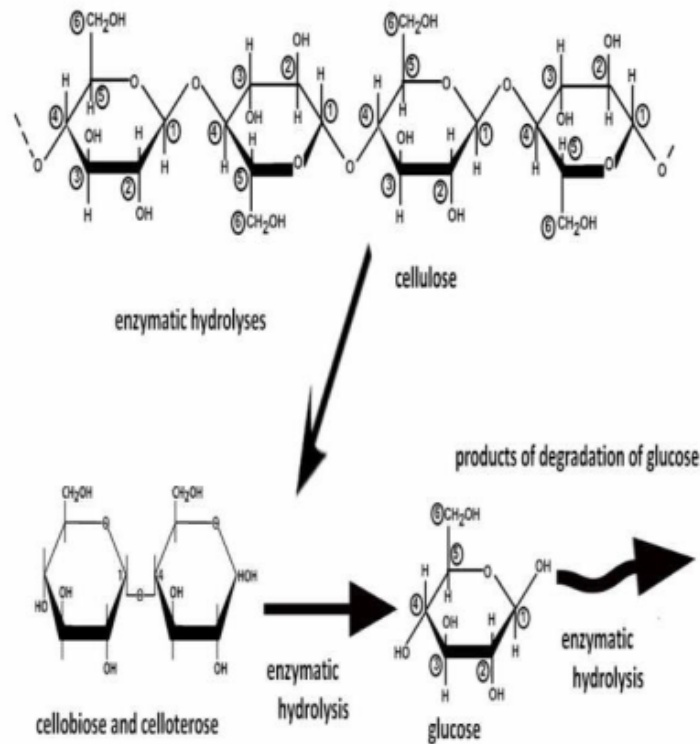
Lignin adalah polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit fenil propana yang diikat dengan ikatan eter (C-O-C) dan ikatan karbon (C-C). Lignin memiliki sifat tahan terhadap proses hidrolisis karena adanya ikatan arilalkil dan ikatan eter, serta tidak larut dalam air, dalam larutan asam dan larutan hidrokarbon. Proses delignifikasi merupakan perlakuan pendahuluan sebelum

dilakukan proses hidrolisis terhadap bahan baku sehingga mempermudah pelepasan hemiselulosa. Proses delignifikasi ini bertujuan untuk membersihkan lignin yang terikat pada selulosa.

Berbagai perlakuan pendahuluan atau delignifikasi dapat dilakukan seperti perlakuan secara fisik (penggilingan, pemanasan dengan uap, radiasi atau pemanasan dengan udara kering) dan secara kimia (pelarut, larutan pengembang, gas SO<sub>2</sub>). Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan antara perlakuan fisik dan kimia. Perlakuan fisik seperti penggilingan, tekanan, pengepresan dan sebagainya sedangkan kimia seperti penggunaan panas, pelarut dan asam (Shofiyanto, 2008).

## **2. Hidrolisis**

Hidrolisis merupakan proses pemecahan polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer gula penyusunnya. Hidrolisis menghasilkan satu zat baru atau lebih dan juga dekomposisi suatu larutan dengan menggunakan air. Mekanisme hidrolisis dapat terlihat pada Gambar 24



1

**Gambar 24 Mekanisme reaksi hidrolisis selulosa (Fessenden & Fessenden, 1982)**

Hidrolisis selulosa menjadi glukosa dapat dilakukan menggunakan cara kimiawi dan hayati. Hidrolisis dengan cara kimiawi menggunakan asam, sedangkan dengan cara hayati menggunakan enzim murni atau mikroorganisme penghasil enzim selulase. Kendala yang dihadapi yaitu rendahnya laju hidrolisis karena adanya kandungan lignin dalam bahan lignoselulosa, oleh karena itu dilakukan proses delignifikasi sebelum dihidrolisis.



Proses hidrolisis jika dibandingkan secara kimia dengan proses hidrolisis secara enzimatik lebih menguntungkan karena mendapatkan hasil glukosa yang lebih besar, sedangkan proses hidrolisis secara enzimatik itu lebih menguntungkan karena ramah lingkungan (Trisanti, 2009). Dalam metode hidrolisis asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam perklorat ( $HClO_4$ ), dan asam klorida ( $HCl$ ).

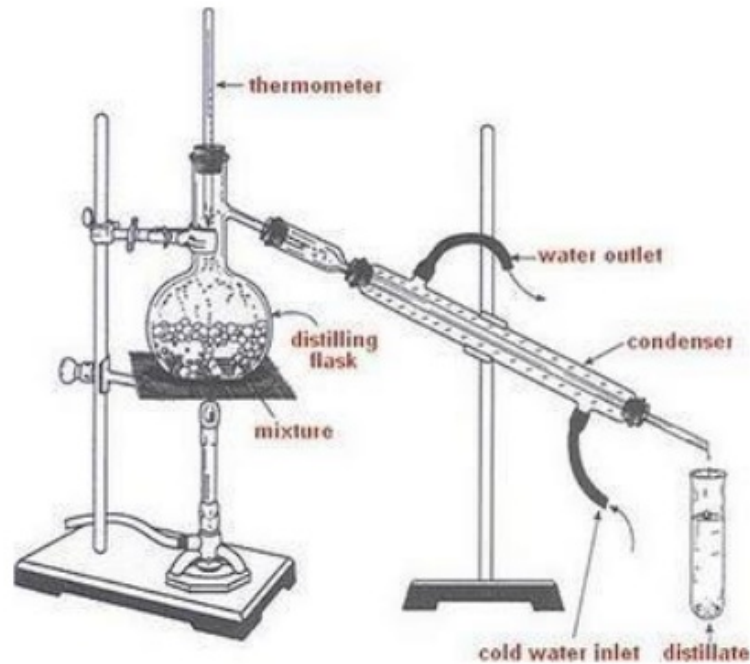
Pada penelitian ini proses hidrolisis secara kimia menggunakan larutan  $HCl$  untuk menghidrolisis selulosa serbuk ela sagu. Berdasarkan penelitian Siswati *et al.*, (2009) menyatakan bahwa katalis  $HCl$  menghasilkan glukosa lebih tinggi jika dibandingkan  $H_2SO_4$ . Hal ini disebabkan  $H_2SO_4$  bersifat membakar selulosa sedangkan  $HCl$  tidak, sehingga glukosa yang dihasilkan lebih sedikit. Dalam hal ini asam berfungsi sebagai katalisator yaitu untuk mempercepat terjadinya proses hidrolisis. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses hidrolisis adalah:

- a. Waktu Hidrolisis: Waktu hidrolisis terhadap kayu lunak dengan proses Scholler yang pernah dilakukan menggunakan larutan asam  $HCl$  memberikan hasil optimal pada waktu 45 menit. Sehingga dapat terlihat bahwa hidrolisis

- yang dilakukan pada waktu tersebut menghasilkan gula yang optimum.
- b. Suhu: Semakin tinggi suhu hidrolisis maka glukosa yang dihasilkan semakin besar, hidrolisis asam encer dilakukan menggunakan asam mineral seperti  $H_2SO_4$  dan  $HCl$ , pada suhu antara  $100-200\text{ }^{\circ}C$  (Taherzadeh dan Karimi, 2007).
  - c. Kecepatan pengadukan: Semakin cepat pengadukan maka hasil glukosa semakin besar. Pada penelitian terdahulu digunakan kecepatan yang tetap yaitu 600 rpm.
  - d. Katalis yang digunakan: Dalam proses hidrolisis biasanya dipakai katalis enzim atau katalis asam. Asam yang umum digunakan yaitu asam klorida dan asam sulfat. Pada penelitian ini digunakan katalis  $HCl$  untuk menghidrolisis selulosa serbuk ela sagu.

### 3. Destilasi

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi adanya reaksi kimia selama proses berlangsung. Dasar utama pemisahan dengan cara destilasi adalah perbedaan titik didih atau titik cair dari masing-masing zat penyusun dari campuran homogen pada tekanan tertentu. Dalam proses destilasi terdapat dua tahap proses yaitu tahap penguapan dan dilanjutkan dengan tahap pengembangan kembali uap menjadi cair atau padatan.



**Gambar 25. Seperangkat Alat Destilasi**

Pada pemisahan dengan cara destilasi, semua komponen yang terdapat di dalam campuran bersifat mudah menguap (volatil). Tingkat penguapan masing-masing komponen berbeda pada suhu yang sama. Hal ini akan berakibat bahwa pada suhu tertentu uap yang dihasilkan dari suatu campuran cairan akan selalu mengandung lebih banyak komponen yang lebih volatil. Sifat yang demikian ini akan terjadi sebaliknya, yakni pada suhu tertentu fase cairan akan lebih banyak mengandung komponen yang kurang volatil. Jadi cairan yang setimbang dengan uapnya pada suhu tertentu memiliki komposisi yang berbeda. Pada pemisahan dengan cara penguapan komponen volatil, dipisahkan dari komponen yang nonvolatil karena proses

pemanasan (Soebagio, 2004). Sebagai contoh ada sebuah campuran yang di dalamnya terdapat dua zat, yaitu zat A dan zat B. Zat A mempunyai titik didih sekitar  $120^{\circ}\text{C}$ , sedangkan zat B mempunyai titik didih sebesar  $80^{\circ}\text{C}$ . Zat A dapat dipisahkan dengan zat B dengan cara mendestilasi campuran tersebut pada suhu sekitar  $80^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu tersebut, zat B akan menguap sedangkan zat A tetap tinggal.

#### **4. Reaksi gula pereduksi**

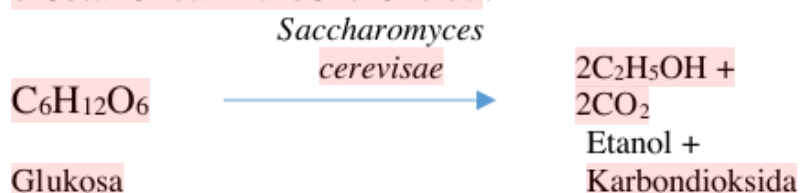
Metode penentuan komposisi gula reduksi dalam sampel yang mengandung karbohidrat yang digunakan adalah menggunakan pereaksi asam 3,5 dinitrosalisilat (3,5-DNS). DNS merupakan senyawa aromatis yang akan bereaksi dengan gula reduksi membentuk asam 3,5 diaminosalisilat, suatu senyawa yang mampu menyerap dengan kuat radiasi gelombang elektromagnetik pada 540 nm. Semakin banyak gula reduksi dalam sampel, maka akan semakin banyak molekul asam 3,5 diaminosalisilat yang terbentuk.

Konsep yang mendasari adalah glukosa merupakan polihidroksi aldehyd yang mudah dioksidasi oleh oksidator lembut asam 3,5 dinitrosalisilat (3,5-DNS). Adanya NaOH dalam pereaksi ini menyebabkan larutan bersifat basa, dalam larutan basa inilah glukosa dapat teroksidasi menjadi asam glukonat, sehingga asam 3,5-DNS akan teroksidasi menjadi asam 3,5 diaminosalisilat yang berwarna merah dan menyerap cahaya pada panjang gelombang 575 nm.

**5. Fermentasi**

Fermentasi adalah proses perubahan senyawa-senyawa kompleks dari suatu bahan yang mengandung karbohidrat menjadi senyawa sederhana dengan disertai bau yang spesifik atau khusus oleh aktivitas mikroba halofilik. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat yang sesuai. Terjadinya fermentasi ini dapat menyebabkan perubahan bahan pangan, misalnya aroma alkohol dan asam pada peuyeum (tape). Cara pengawetan pangan dengan proses fermentasi adalah memperbanyak jumlah mikroba dan membiakkan metabolisme dalam makanan (Winarno, FG, 2004). Pada mulanya yang disebut fermentasi adalah pemecahan gula menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub>. Namun, banyak proses yang disebut fermentasi tidak selalumenggunakan substrat gula tapi menghasilkan alkohol serta CO<sub>2</sub> (Winarno, FG, 2004).

Menurut Nurdin (2011) fermentasi untuk menghasilkan etanol memiliki 2 tahap, tahap pertama adalah glikolisis yaitu perubahan molekul glukosa menjadi piruvat. Tahap kedua adalah fermentasi secara anaerobik piruvat menjadi bioetanol dan karbondioksida.



Waktu fermentasi yang biasa dilakukan 3-14 hari, dalam waktu 3 hari bioetanol sudah



## BIOETANOL DARI | 2018 LIMBAH SAGU

---

terbentuk namun hasilnya belum optimum. Jika waktunya terlalu cepat *Saccharomyces cerevisiae* masih dalam masa pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan dalam jumlah sedikit dan jika terlalu lama *Saccharomyces cerevisiae* akan menuju fase kematian.

## **BAB IX** **BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU**

### **A. Alat dan Bahan Penelitian**

#### **1. Alat**

Alat-alat yang digunakan adalah: Seperangkat alat gelas (pyrek), seperangkat alat fermentasi, seperangkat alat destilasi, lumpang dan alu, blender, oven, pengayak ukuran 100 mesh, autoclave, *water bath*, alat *sentifuge*, piknometer, refraktometer, *autoclave*, pH indikator, pembakar spirtus, neraca analitik, corong penyaring dan kertas saring, Spektrofotometer UV-Vis, *Gas Chromatography* (GC), *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS), dan Spektrofotometer Infra Merah (FTIR).

#### **2. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan adalah: Serbuk ela sagu, glukosa, reagent miller (DNS), aquades,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$ , ureaproduk dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, ammonium sulfat, HCl p.a 37% *Merck*, NaOH *Merck*, KOH, reagen DNS, sukrosa *Merck*, etanol *absolute for analysis Merck*, dan ragi *Saccharomyces cereviseae*.

### **B. Cara Kerja**

#### **1. Persiapan Sampel Serbuk Ela sagu**

Persiapan sampel ela sagu yang masih berbentuk serat kasar, dipotong-potong sampa ukuran 1 mm. Lalu ela sagu dimasukkan ke *oven*

1  
selama 4 jam pada suhu  $120^{\circ}\text{C}$ . Setelah kering, dipotong-potong hingga lebih kecil lalu diblender hingga menjadi serbuk. Serbuk ela sagu kering diayak menggunakan pengayak berukuran 50 mesh. Serbuk ela sagu yang lolos ayakan 50 mesh dipakai sebagai sampel untuk perlakuan selanjutnya.

## 2. Delignifikasi Serbuk Ela Sagu

Serbuk ela sagu kering sebanyak 100 gram ditambahkan dengan 1400 ml larutan NaOH 0,01M. Kemudian dipanaskan dan diaduk dengan stirer selama 8 jam pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya larutan dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring. Serbuk ela sagu yang telah terpisah dibilas dengan air suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai pH 7. Serbuk ela sagu yang telah dibilas, dioven pada suhu  $100-105^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Kemudian serbuk ela sagu diblender kembali hingga halus. Sampel hasil proses delignifikasi siap digunakan untuk tahap penelitian selanjutnya.

## 3. Proses Hidrolisis

Sebanyak 60 gram serbuk ela sagu hasil delignifikasi ditambahkan katalis asam HCl 12% hingga total larutan 100 ml. Selanjutnya dimasukkan ke dalam labu hidrolisis (labu leher tiga dilengkapi dengan pendingin balik) dipanaskan dengan suhu  $80-90^{\circ}\text{C}$  selama 40, 50, 60, 70, dan 80 menit sesuai variabel yang telah ditentukan. Kemudian larutan hasil hidrolisis disaring dan diambil filtratnya untuk dianalisis kadar glukosanya dengan metode miller menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

#### 4. Pembuatan Kurva Standart Glukosa (Metode Miller)

Sebanyak 1 ml aquades dimasukkan ke dalam tabung reaksi kosong dan 5 tabung reaksi kosong lainnya diisi dengan 1 ml larutan glukosa standart (0; 2; 4; 6; 8; 10 dan 12 ppm). Kemudian masing-masing ditambahkan 1 ml reagen DNS (100 mg DNS dilarutkan dalam 1 liter aquades dan ditambah dengan beberapa tetes KOH 2 M). Tabung reaksi dipanaskan di dalam *water bath* selama 15 menit agar terjadi reaksi antara glukosa dengan DNS. Selanjutnya tabung reaksi didinginkan dalam air dan ditambah 2 ml aquades kemudian dikocok agar bercampur. Absorbansi setiap larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang ditentukan sebelumnya.<sup>1</sup>

#### 5. Analisis Glukosa Hasil Hidrolisis

Sebanyak 1 ml sampel glukosa hasil hidrolisis dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan dengan 1 ml reagen DNS. Tabung reaksi dipanaskan di dalam *water bath* selama 15 menit agar terjadi reaksi antara glukosa dengan DNS. Selanjutnya tabung reaksi didinginkan dalam air dan ditambah 2 ml aquades kemudian dikocok agar bercampur. Absorbansi tiap larutan diukur pada panjang gelombang yang telah ditentukan sebelumnya. Harga absorbansi yang diperoleh diplotkan pada kurva standar untuk mengetahui konsentrasi glukosa pada sampel.

**1**  
**6. Proses Fermentasi**

Sebanyak 100 ml filtrat dari proses hidrolisis dimasukkan ke dalam wadah dan ditambahkan NaOH 4M sampai pH menjadi 5. Kemudian ditambahkan 6 gram ammonium sulfat dan 6 gram urea sebagai nutrisi. Selanjutnya dipasteurisasi pada suhu 120 °C selama 15 menit lalu didinginkan. Sebelum penambahan ragi diinduksi dengan sukrosa terlebih dahulu. Induksi dilakukan dengan cara menambahkan sukrosa sebanyak 1 gr/L sebelum penambahan ragi. Ditambahkan ragi tape (*Saccharomyces cereviseae*) 10 gram. Selanjutnya dilakukan inkubasi dengan cara menutup rapat wadah, dan selang disambungkan dari wadah ke wadah lain yang berisi air pada suhu berkisar antara 27-30 °C dan variasi waktu fermentasi yaitu 7, 9, 11, 13, dan 15 hari. Kemudian disaring dan diambil filtratnya untuk proses destilasi (Retno dan Nuri, 2011)

**7. Proses Destilasi**

Filtrat hasil fermentasi didestilasi dengan penambahan batu didih pada suhu 78 - 80 °C untuk mendapatkan kadar bioetanol yang lebih tinggi sesuai yang diinginkan dan kemudian dianalisis secara kualitatif dengan  $K_2Cr_2O_7$ . Untuk mengetahui persentase produk menggunakan *Gas Chromatography* (GC) dan untuk mengetahui senyawa-senyawa pada bioetanol menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).



**1**  
**8. Uji Kualitatif Adanya Bioetanol dengan  $K_2Cr_2O_7$**

Untuk mengidentifikasi adanya bioetanol dalam filtrat hasil fermentasi dilakukan uji kualitatif secara kimia dengan menggunakan  $K_2Cr_2O_7$ . Larutan  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 2 ml dimasukkan ke 2 tabung reaksi berbeda, kemudian masing-masing tabung ditambahkan 5 tetes  $H_2SO_4$  pekat dan dikocok hingga homogen, ke tabung 1 ditambahkan 1 ml bioetanol, dimana akan terjadi perubahan warna larutan dari jingga ke hijau/biru. Pada tabung 2 ditambahkan 1 ml filtrat hasil fermentasi, filtrat dikatakan positif mengandung bioetanol jika mengalami perubahan warna dari jingga ke hijau/biru.

**9. Uji Nyala Adanya Bioetanol**

Untuk mengidentifikasi adanya bioetanol dalam filtrat destilasi hasil fermentasi dilakukan uji nyala. Dengan cara meneteskan filtrat hasil destilasi diatas kertas. Lalu kertas dibakar dengan api. Jika api menyala maka filtrat destilasi positif mengandung bioetanol.

**10. Uji Kuantitatif Adanya Bioetanol Dengan Massa jenis**

Mengidentifikasi adanya bioetanol dengan cara mengetahui massa jenis. Uji kuantitatif ini dilakukan dengan cara menimbang botol sampel kosong 20 cc diulang 3 kali. Kemudian menimbang botol sampel 20 cc berisi hasil filtrat destilasi dengan variasi waktu 7, 9, 11, 13, dan 15 hari diulang 3 kali. Cara perhitungan:

(Botol kosong + sampel) - (Botol kosong) (gr)  
Filtrat destilasi hasil fermentasi (mL)

### **C. Tahap Perlakuan Awal**

#### **1. Persiapan Sampel Serbuk Ela sagu**

Perlakuan pendahuluan bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa yaitu dengan proses delignifikasi. Seperti bahan lignoselulosa lainnya, serbuk ela sagu mengandung beberapa komponen lain selain selulosa, seperti lignin dan hemiselulosa. Persiapan sampel serbuk ela sagu yang akan digunakan untuk delignifikasi secara garis besar meliputi:

1. Mengambil bahan yaitu limbah ela sagu di Kabupaten Maluku Tengah. Ela sagu dipisahkan dari kotoran yang melekat, kemudian dikeringkan selama 2 hari pada panas matahari terik.
2. Penghalusan menggunakan blender untuk menghasilkan bubuk ela sagu. Pengayakan menggunakan ayakan 50 Mesh supaya mendapatkan serbuk ela sagu yang strukturnya lebih kecil. Dari persiapan sampel ela sagu dihasilkan serbuk ela sagu yang berwarna cokelat muda dengan ukuran 50 Mesh yang akan digunakan untuk proses delignifikasi.



**Gambar 26. Serbuk Ela Sagu Lolos Ukuran 50 Mesh**  
**2. Delignifikasi Ela sagu**

Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa kompleks (Gunam, *et al.* 2010). Proses ini penting dilakukan sebelum hidrolisis bahan selulosa, sebab lignin merupakan dinding kokoh yang melekat pada serat selulosa dan hemiselulosa sehingga suatu tanaman menjadi keras dan dapat berdiri kokoh. Jika lignoselulosa tidak didelignifikasi terlebih dahulu, maka selulosa sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa, karena lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin dan juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi.

Proses delignifikasi dilakukan menggunakan larutan NaOH, Penggunaan larutan NaOH karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan amorf, melarutkan lignin dan hemiselulosa serta

menyebabkan pengembangan struktur selulosa (Gunam, *et al.* 2010).

Pada penelitian ini proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH 0,01 M pada suhu 80°C selama 8 jam diaduk dengan pengaduk listrik 600 rpm agar serbuk ela sagu terdelignifikasi secara merata. Penggunaan NaOH encer mampu mendegradasi lignin yang membungkus selulosa. Proses delignifikasi ini mengakibatkan perubahan warna dan berat serbuk ela sagu yang signifikan. Untuk warnanya, dari warna coklat muda berubah menjadi coklat sedikit lebih tua sedangkan beratnya mengalami penurunan dari 100 gram menjadi 65,5947gram.

Pada penelitian Endang, 2013 pada proses delignifikasi ini menyebabkan perubahan warna dan berat serbuk jerami padi. Untuk warnanya, dari warna coklat muda berubah menjadi coklat tua sedangkan beratnya mengalami penurunan dari 100 gram menjadi 83,306 gram. Penelitian dengan bahan serbuk ela sagu dengan jerami padi ini mengalami perubahan warna yang sama namun penurunan berat yang berbeda. Kemungkinan pada proses delignifikasi ini mengalami penurunan kadar lignin yang mengikat selulosa serbuk ela sagu, sehingga mengalami penurunan berat massa.

#### **D. Analisis Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis**

Analisis kadar glukosa hasil hidrolisis dilakukan menggunakan metode miller dengan asam 3,5-dinitrosalisilat (DNS), senyawa aromatik yang bereaksi dengan glukosa sehingga

mengurangi kadar glukosa membentuk asam 3-amino-5-nitrosalisilat yang berwarna kuning muda. Glukosa merupakan gula pereduksi karena memiliki gugus aldehid yang dapat dioksidasi menjadi gugus karboksil. Bentuk hemiasetal siklik glukosa berada dalam kesetimbangan dengan bentuk aldehid rantai terbukanya. Gugus aldehid pada glukosa akan dioksidasi oleh asam 3,5-dinitrosalisilat menjadi gugus karboksil dan menghasilkan asam 3-amino-5-nitrosalisilat, reaksi ini berlangsung pada kondisi basa dengan penambahan sedikit KOH 2M saat pembuatan DNS.

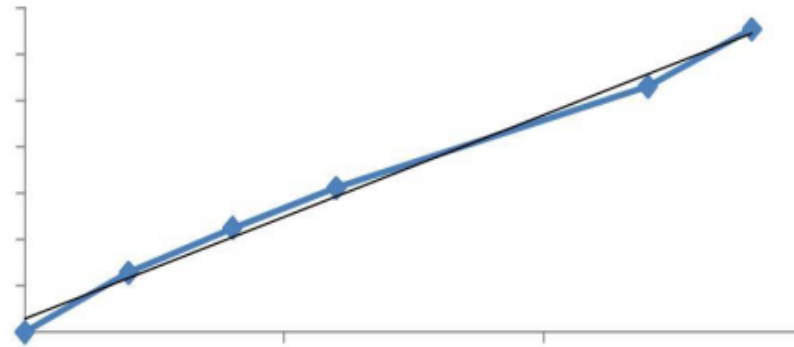
#### 1. Kurva Standar Glukosa

Hasil pengukuran dan kurva kalibrasi dibuat pada panjang gelombang maksimum yang telah dioptimasi yaitu 423 nm dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil Absorbansi Larutan Glukosa Standar

Standar Glukosa (ppm)	Absorbansi
0	0
2	0,128
4	0,224
6	0,311
12	0,530
14	0,654





**Gambar 27. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Glukosa**

Hasil kurva kalibrasi menghasilkan persamaan linier  $y = 0.044x + 0.029$  dengan  $R^2 = 0,992$ . Selanjutnya kurva kalibrasi digunakan untuk konversi kadar glukosa hasil hidrolisis pada tiap-tiap variasi waktu.

## 2. Analisis Glukosa Hasil Hidrolisis

Substrat ela sagu dari hasil delignifikasi kemudian dilakukan proses hidrolisis tujuannya untuk mendapatkan glukosa. Pada penelitian ini hidrolisis dilakukan dengan menggunakan HCl 12% pada suhu  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan variasi waktu hidrolisis. Dalam suasana asam akan terjadi pemecahan ikatan glikosida yang berlangsung melalui tiga tahap. Tahap pertama, proton yang bersifat sebagai katalis asam berinteraksi cepat dengan oksigen glikosida yang menghubungkan dua unit gula (I), membentuk asam konjugat (II). Tahap ini diikuti dengan pemecahan yang lambat dari ikatan C-O menghasilkan zat antara kation karbonium siklis (III). Selanjutnya kation karbonium mulai mengasidasi molekul air dengan cepat, membentuk hasil akhir (glukosa) yang stabil dan melepaskan proton.



1  
 Tabel 5. Pengaruh Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Glukosa

Waktu hidrolisis (menit)	Absorbansi	Kadar glukosa (ppm)
40	0.230	4.568
50	0.379	7.955
60	0.264	5.341
70	0.437	9.273

1  
 Dengan hasil diatas maka dapat disimpulkan bahwa dari proses hidrolisis asam selulosa yang ada pada ela sagu telah terurai menjadi monosakarida walaupun dalam hal ini kadar yang dihasilkan masih sedikit. Ini disebabkan karena adanya lignin yang masih terikat pada selulosa. Di dalam jaringan tanaman lignin sulit didegradasi karena mempunyai struktur yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa (Anindyawati, 2010). Tabel 5 menunjukkan kadar glukosa terbanyak hasil hidrolisis yang dicapai pada waktu 70 menit dengan kadar glukosa sebesar 9.273 ppm.

Pada penelitian Endang, 2013 kadar glukosa terbanyak hasil hidrolisis dicapai pada penggunaan katalis HCl dengan konsentrasi 21% dengan kadar glukosa sebesar 70,85 ppm. Dalam proses hidrolisis serbuk ela sagu dengan larutan HCl 12% hanya mendapatkan kadar glukosa

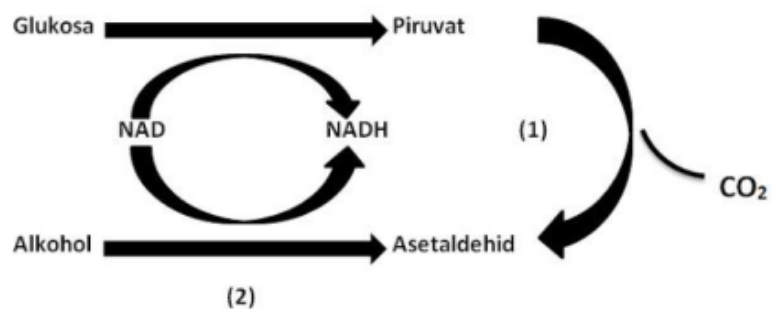
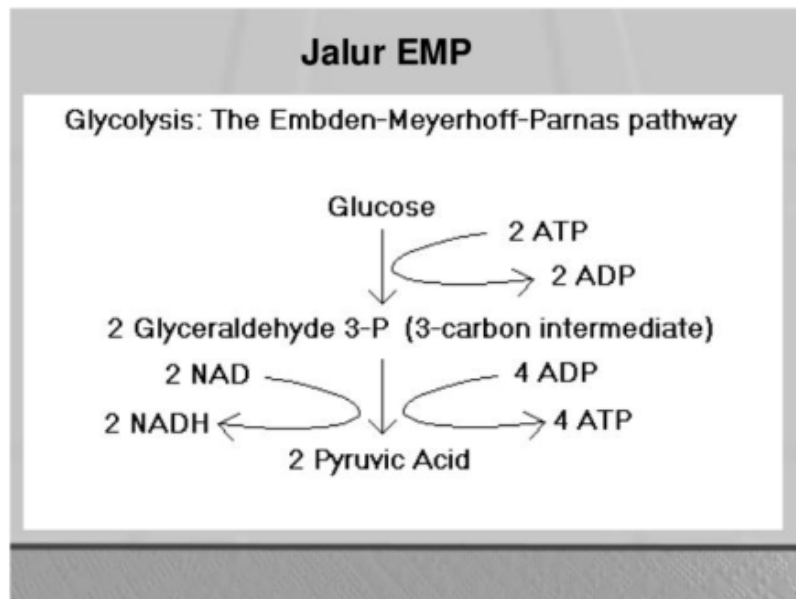
tertinggi sebesar 9.273 ppm pada waktu 70 menit. Hal ini kemungkinan masih adanya lignin yang berikatan erat dengan selulosa sehingga sulit untuk merubah menjadi glukosa pada proses hidrolisis ini.

Jika waktu hidrolisis terlalu lama maka glukosa akan terdegradasi menjadi *hydroxy methyl furfural* dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun dalam proses hidrolisis (Idral *et al.*, 2012). Adanya senyawa-senyawa tersebut sangat tidak diharapkan keberadaannya karena akan menjadi inhibitor pada proses fermentasi. Furfural merupakan senyawa yang diidentifikasi sebagai inhibitor terhadap pertumbuhan sel dalam proses fermentasi alkohol (Sitorus, *et al.*, 2009), dimana enzim alkohol dehidrogenase akan mereduksi furfural alkohol pada proses fermentasi. Reaksi pembentukan furfural alkohol, yaitu:  $C_5H_4O_2$  (furfural)  $\longleftrightarrow$   $C_4H_2O_2CH_2OH$  (furfural alkohol) Terjadinya pembentukan senyawa furfural alkohol tidak diharapkan karena akan mengakibatkan gangguan respirasi sel yang akhirnya akan menghambat pertumbuhan sel pada proses fermentasi (Sitorus, *et al.*, 2009)

#### **E. Proses Fermentasi**

Fermentasi alkohol adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan  $CO_2$  oleh mikroba, terutama oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Karbohidrat akan dipecah dahulu menjadi gula sederhana yaitu dengan hidrolisis pati menjadi unit-unit glukosa.

Pada fermentasi glukosa ini digunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, karena *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi terhadap alkohol yang tinggi (Elevri, 2006). Mikroba *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi glukosa menjadi etanol menggunakan jalur EMP.



**Gambar 29.** Skema Jalur Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP) (Rahim, 2009)



*Saccharomyces cerevisiae* memerlukan media dan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Dalam penelitian ini menggunakan urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dan ammonium sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sebagai sumber nutrisi untuk mempercepat pertumbuhan mikroba dan kondisi keasaman pada pH 5. Pada kondisi anaerob, metabolisme glukosa menjadi etanol melalui jalur Embden Meyerhof Parnas yang merupakan reaksi-reaksi fosforilasi dan defosforilasi dengan ATP dan ADP sebagai donor dan aseptor fosfat, reaksi pemecahan C6 menjadi 2 molekul C3 yang terfosforilasi, reaksi oksidasi-reduksi, dan reaksi dekarboksilasi.

Dalam proses fermentasi dipengaruhi oleh lamanya fermentasi, semakin lama waktu fermentasi maka mikroba akan melakukan penguraian yang lebih banyak dan produksi bioetanol semakin meningkat. Selain itu penimbunan etanol berkonsentrasi tinggi hasil metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian sel *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil pada proses fermentasi ini langsung dimasukkan pada labu destilat untuk dilakukan proses destilasi.

#### **F. Proses Destilasi**

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan destilasi untuk memurnikan bioetanol. Proses destilasi hasil fermentasi bertujuan untuk memisahkan zat-zat melalui perbedaan titik didih. Tujuan destilasi adalah pemurnian zat cair pada

titik didihnya, dan memisahkan cairan tersebut dari zat padat yang terlarut atau dari zat cair lainnya yang mempunyai perbedaan titik didih cairan murni (Ari, 2008). Pada proses ini senyawa yang menguap terlebih dahulu adalah etanol dan air karena mempunyai titik didih paling rendah yaitu  $78^{\circ}\text{C}$  dan  $100^{\circ}\text{C}$  dibandingkan dengan yawa-senyawa lain seperti glukosa dengan titik didih  $146^{\circ}\text{C}$  dan asam asetat dengan titik didih  $181,1^{\circ}\text{C}$ .

Destilat ditampung dalam botol sampel dan ditutup rapat agar senyawa bioetanol yang terdapat dalam destilat tidak menguap, kemudian destilat tersebut dianalisis dengan menggunakan kromatografi gas. Hasil destilat dapat dilihat pada Tabel 4.4

#### **G. Analisis Data**

##### **1. Uji Kualitatif Adanya Bioetanol dengan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**

Bioetanol merupakan alkohol primer, alkohol primer teroksidasi oleh  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  menjadi aldehid. Dimana terjadi reaksi sebagai berikut:

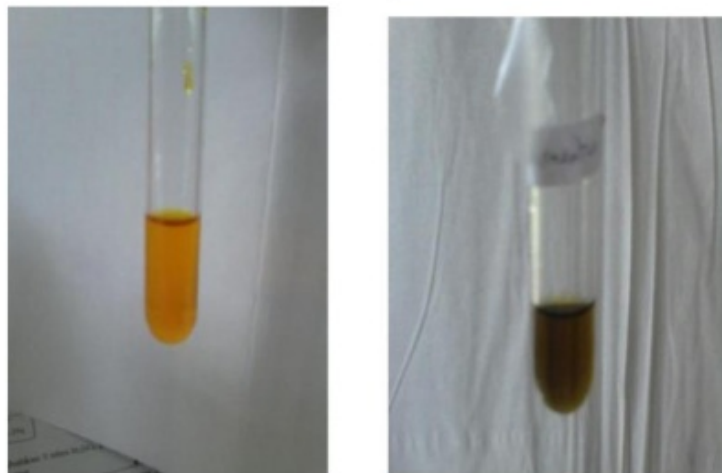
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 8 \text{H}^+ \longrightarrow 3 \text{CH}_3\text{CHO} + 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$  Sesuai reaksi diatas, alkohol teroksidasi karena  $\text{Cr}^{6+}$  (kuning) tereduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  (biru). Sampel positif mengandung alkohol apabila mengalami perubahan warna dari kuning menjadi biru. Pada destilat hasil fermentasi yang diuji dengan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  mengalami perubahan warna dari kuning menjadi coklat

kehijauan. Perubahan warna pada saat oksidasi dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



**Gambar 30. Perubahan Warna Pada Oksidasi Etanol p.a dengan  $K_2Cr_2O_7$**

1 Pada Gambar 4.6 adalah etanol p.a yang mengalami perubahan warna dari kuning menjadi biru. Hal ini karena alkohol teroksidasi  $Cr^{6+}$  (kuning) di dalam larutan  $K_2Cr_2O_7$  mengalami reduksi menjadi  $Cr^{3+}$  (biru).



**Gambar 31. Perubahan Warna Pada Oksidasi Sampel Bioetanol dengan  $K_2Cr_2O_7$**

Pada Gambar 31 adalah bioetanol yang mengalami perubahan warna dari kuning menjadi hijau. Hal ini karena alkohol teroksidasi  $\text{Cr}^{6+}$  (kuning) di dalam larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  mengalami reduksi menjadi  $\text{Cr}^{3+}$  (biru). Hasil sampel bioetanol ini dapat dikatakan positif mengandung alkohol. Karena perubahan warna kuning menjadi hijau. Seharusnya berwarna biru namun karena kadar bioetanol yang kecil sehingga warna menjadi hijau tidak bisa biru seperti pada etanol p.a perbandingan sampel bioetanol dengan etanol p.a dapat dijelaskan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 32. Perbedaan Perubahan Warna Oksidasi Sampel dengan Etanol p.a**

Pada Gambar 32 dapat dilihat perbedaan perubahan warna yang sangat jauh dari warna oksidasi sampel destilat hasil fermentasi yaitu dengan warna coklat kehijauan dengan warna

etanol p.a yang berwarna biru. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan alkohol di dalam sampel bioetanol tidak terlalu tinggi, karena apabila kandungan alkohol didalamnya tinggi maka larutan berwarna biru seperti pada gambar etanol p.a. Adapun kadar etanol pada hasil destilat pada penelitian ini adalah yaitu 6,66%, sedangkan kadar etanol pekat adalah 97%. Jadi sangat berbeda jauh kadarnya, maka warna yang dihasilkan juga berbeda jauh.

## **2. Uji Nyala Adanya Bioetanol**

Bioetanol merupakan senyawa organik yang mengandung gugus hidroksida dan mempunyai rumus molekul  $C_2H_5OH$ . Istilah bioetanol dalam industri disebut juga etil alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada atom karbon primer. Sifat-sifat bioetanol mudah menguap, mudah terbakar, berbau spesifik, cairannya tidak berwarna dan mudah larut dalam air, eter, kloroform dan aseton. Dengan adanya sifat bioetanol yang mudah terbakar ini, maka pada penelitian ini uji kualitatif adanya etanol dengan cara uji nyala api.

Uji kualitatif alkohol ini dilakukan dengan cara meneteskan sampel hasil destilat diatas kertas, kemudian dibakar dengan api sehingga menghasilkan nyala api berwarna merah yang cepat hilang. Hal ini menunjukkan bahwa hasil destilat mengandung alkohol. Dapat dilihat pada Gambar 33 sebagai berikut:





**Gambar 33. Hasil Uji Nyala Adanya Bioetanol**

### **3. Uji Kuantitatif Adanya Bioetanol dengan Menggunakan Refractometer**

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran kadar bioethanol hasil fermentasi dengan perlakuan wujud limbah (Limbah cair, Limbah padatan basah, dan limbah padatan kering) ela sagu. Selain variabel wujud limbah, juga ditambahkan dengan variabel jenis ragi (ragi tape dan ragi roti). Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 7 berikut

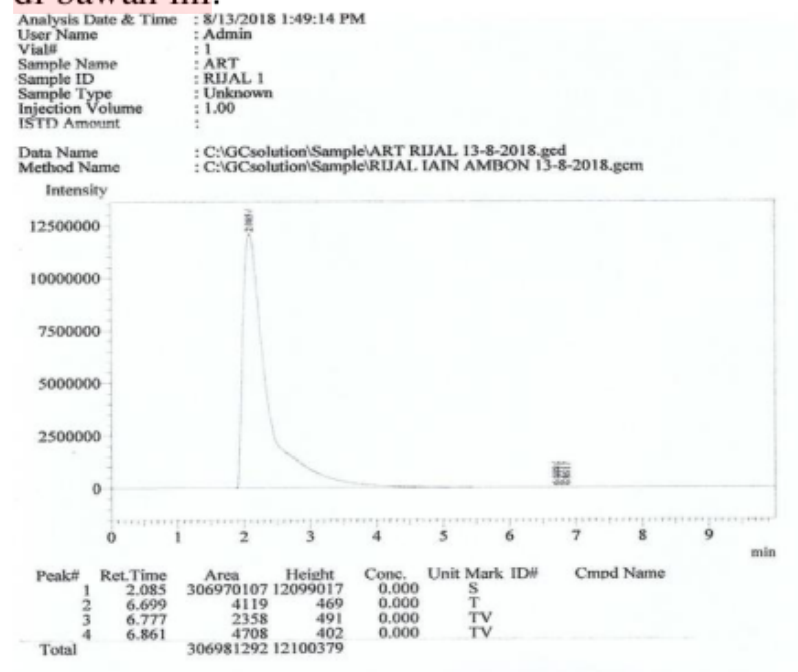
Tabel 7. Hasil Pengukuran Kadar Etanol

Kode	Indeks Bias	Kadar Alkohol (% v/v)
ART	1.3391	14.5674
ATP	1.3379	12.0142
BRT	1.3537	45.7021
BTP	1.3327	0.9504
KRT	1.3333	2.2270
KTP	1.3331	1.8014

Berdasarkan data Tabel 7, didapatkan hasil kadar bioetanol terendah pada limbah ela sugu kering dengan menggunakan ragi tape, sedangkan kadar bioethanol tertinggi diperoleh pada limbah ela sugu basah dengan menggunakan ragi tape. Berdasarkan perhitungan destilat hasil fermentasi hari ke-14 berturut-turut adalah sebagai berikut: 14.5674%; 12.0142%; 45.7021%; 0.9504%; 2.2270%; dan 1.8014%.

#### 4. Karakterisasi GC Destilat Fermentasi

Hasil destilasi kemudian dilakukan analisis menggunakan kromatografi gas. Kromatogram GC hasil distilasi dari fermentasi jenis limbah ela sugu dan ragi yang digunakan dengan lama fermentasi 14 hari dapat dilihat dalam Gambar 34 di bawah ini:

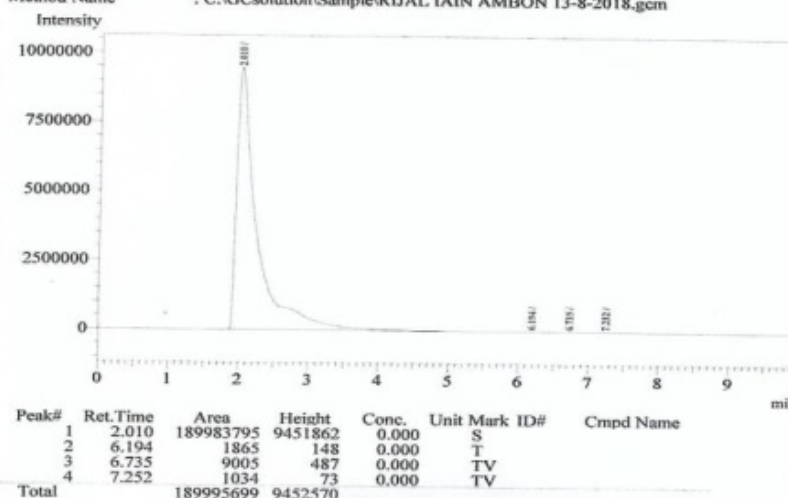


(a)

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

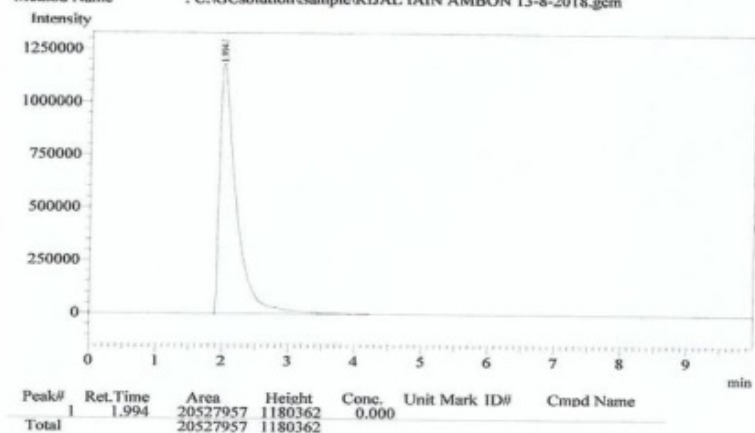
2018

Analysis Date & Time : 8/13/2018 2:01:39 PM  
 User Name : Admin  
 Vial# : 2  
 Sample Name : ATP  
 Sample ID : RIJAL 2  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :  
 Data Name : C:\GCsolution\Sample\ATP RIJAL 13-8-2018.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Sample\RIJAL IAIN AMBON 13-8-2018.gcm



(b)

Analysis Date & Time : 8/13/2018 2:49:53 PM  
 User Name : Admin  
 Vial# : 6  
 Sample Name : BRT  
 Sample ID : RIJAL 6  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :  
 Data Name : C:\GCsolution\Sample\BRT 13-8-2018.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Sample\RIJAL IAIN AMBON 13-8-2018.gcm



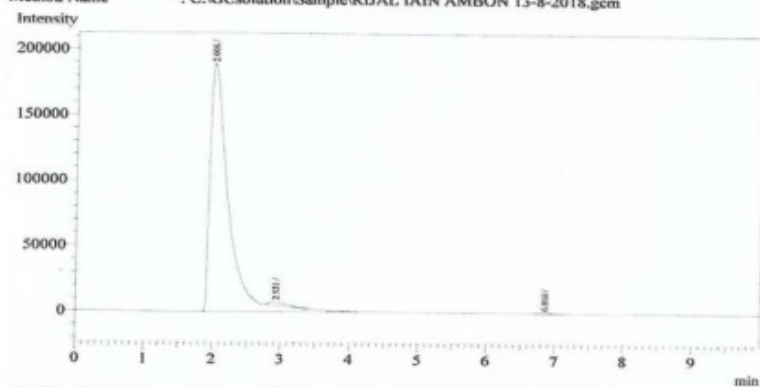
(c)

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

2018

Analysis Date & Time : 8/13/2018 3:04:08 PM  
 User Name : Admin  
 Vial# : 7  
 Sample Name : BTP  
 Sample ID : RIJAL 7  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Sample\BTP 13-8-2018.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Sample\RIJAL IAIN AMBON 13-8-2018.gcm

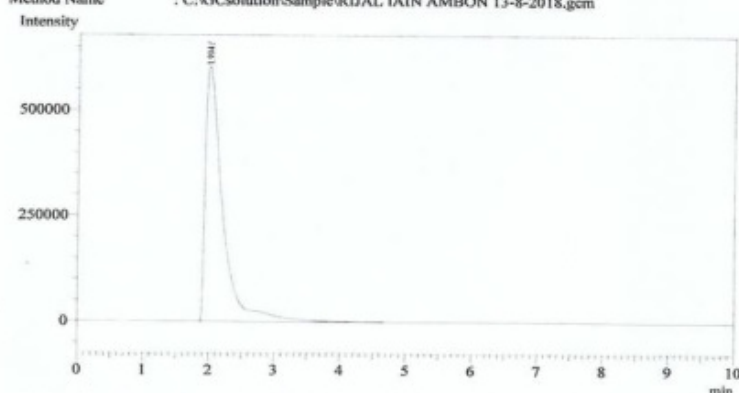


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	2.006	3550000	189116	0.000	S			
2	2.931	50962	2820	0.000	T			
3	6.860	7799	445	0.000	S			
Total		3608761	192381					

(d)

Analysis Date & Time : 8/13/2018 2:38:39 PM  
 User Name : Admin  
 Vial# : 5  
 Sample Name : KRT  
 Sample ID : RIJAL 5  
 Sample Type : Unknown  
 Injection Volume : 1.00  
 ISTD Amount :

Data Name : C:\GCsolution\Sample\KRT 13-8-2018.gcd  
 Method Name : C:\GCsolution\Sample\RIJAL IAIN AMBON 13-8-2018.gcm

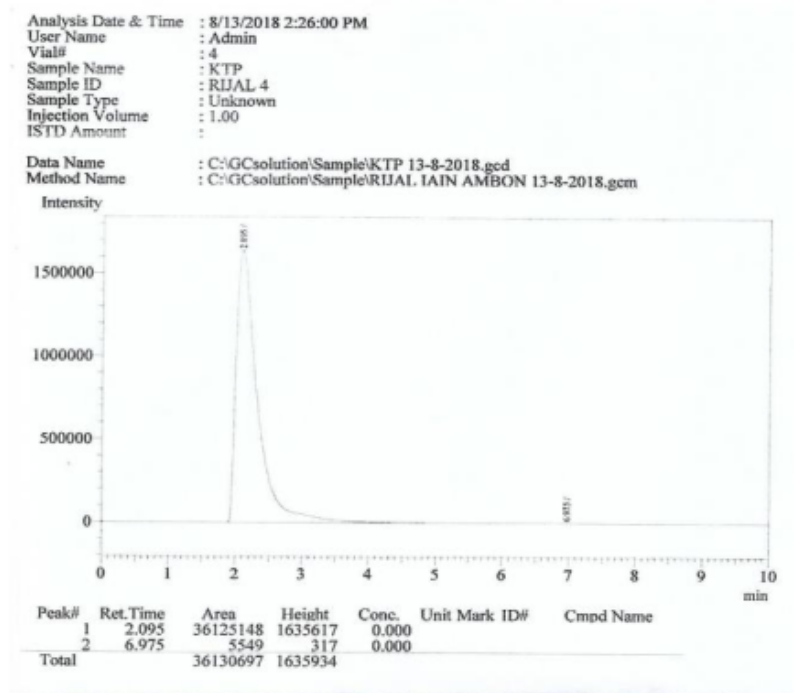


Peak#	Ret. Time	Area	Height	Conc.	Unit	Mark	ID#	Compd Name
1	1.994	11152412	602308	0.000	S			
Total		11152412	602308					

(e)

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

2018



(f)

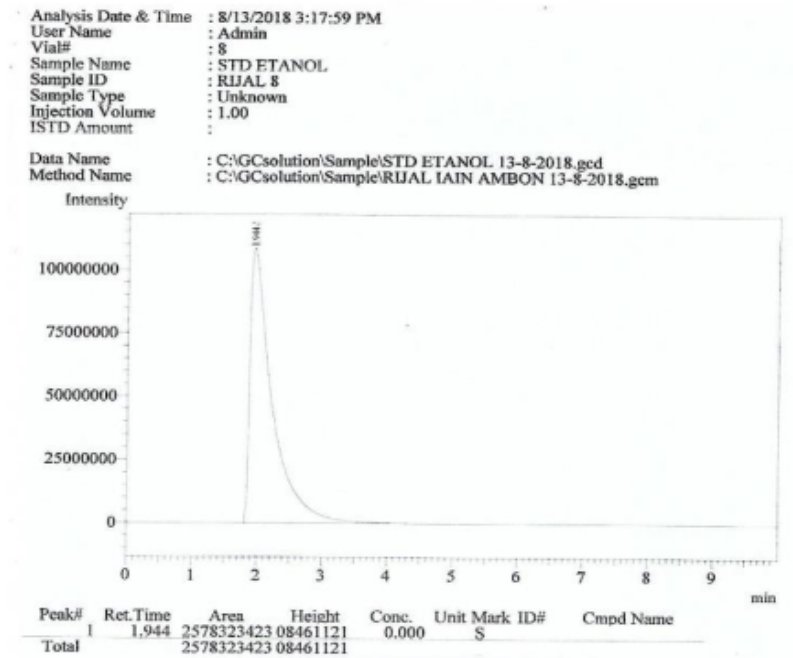
**Gambar 35. Kromatogram GC Hasil Destilasi Fermentasi (a) Limbah Sagu Cair + Ragi Roti, (b) Limbah Sagu Cair + Ragi Tape, (c) Limbah Sagu Padat Basah + Ragi Roti, (d) Limbah Sagu Padat Basah + Ragi Tape, (e) Limbah Sagu Kring + Ragi Roti, an (f) Limbah Sagu Kering + Ragi Tape**

Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa digunakan untuk menghitung kadar bietanol yang dihasilkan dari setiap variasi waktu fermentasi dengan cara membandingkan luas area kromatogram sampel dengan etanol standar. Etanol p.a memiliki kemurnian sebesar 100% dengan waktu retensi 1,944. Kromatogram etanol standar disajikan dalam gambar 36



# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

2018



**Gambar 36. Kromatogram GC Etanol p.a**

Pengaruh jenis limbah dan ragi terhadap luas area kromatogram dan kadar masing masing destilat hasil fermentasi yang telah dibandingkan dengan etanol standar dapat dilihat dalam Tabel 8

**Tabel 8. Pengaruh Jenis Limbah Ela Sagu dan Ragi Terhadap Kadar Bioetanol**

Kode	Waktu Retensi	Area	Vol	Kadar
ART	2.085	3069.70107	1.00	14.5674
ATP	2.010	1899.83795	1.00	12.0142
BRT	1.994	205.27957	1.00	45.7021
BTP	2.006	355.00000	1.00	0.9504
KRT	1.994	111.52412	1.00	2.2270
KTP	2.095	361.25148	1.00	1.8014

Kadar bioetanol tertinggi dicapai pada saat jenis limbah sagu padatan basah dengan menggunakan ragi tape sebagai biang fermentasi, dengan lama fermentasi 14 hari. Menurut Ariyani,

1

2012 hal ini dimungkinkan karena kerja mikroba terhambat dan akan menuju fase kematian, selain itu bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi menjadi asam karboksilat.

Pada Gambar 37 Kromatogram senyawa hasil fermentasi menunjukkan bahwa pada kode ART, ATP, BTP, dan KTP muncul 2 bahkan lebih dari 2 puncak. Etanol murni jika muncul 1 puncak walaupun ada puncak kecil lainnya yang dianggap senyawa selain etanol, seperti pada kode sampel BRT dan KRT. Jadi jika sampel memiliki 2 puncak atau lebih, maka etanol mengalami oksidasi sehingga menjadi asam karboksilat. (Ariyani, 2012)

**DAFTAR PUSTAKA**

- Afriani, M. 2011. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Ragi Roti Terhadap Kadar Bioetanol dari Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Skripsi*. Sumatera: FMIPA Universitas Sumatera Utara
- Anindyawati, Trisanti. 2010. Potensi Selulase Dalam Mendegradasi pLignoselulosa limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Jurnal Kimia*. (45)1. Cibinong : LIPI
- Ari, K., dan Hadi, W. 2008. Pembuatan Etanol Dari Sampah Pasar Melalui Proses Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Bakteri *Zymomonas Mobilis*. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2(1): 6.
- Ariyani, E. 2012. *Pembuatan Bioetanol dari jerami padi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang. Badan Pusat Statistik Jawa Timur. 2007. Data Bioetanol di Indonesia. Online. ITS-Undergraduate-12884-Chapter1
- Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan. 2009. Roadmap Komoditi Kelapa. Departemen Pertanian, Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan, Jakarta
- Elevri, Putra A., Surya, R.P., 2006. Produksi etanol Menggunakan *Saccharomyces Cerevisiae* yang Diamobilisasi dengan Agar Batang. *Akta Kimindo*, 1(2).

- Fengel D., Wegener, G., 1995, *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*, Penerbit UGM, Yogyakarta.
- Gunam, I.B., K. Buda, I.M.Y.S. Guna. 2010. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi dengan larutan NaOH dan Konsentrasi Substrat Jerami Padi terhadap produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* NRRL A-II,264. *Jurnal Biologi*. XIV: 55-61
- Hambali, E., S. Mujdalipah, A.H. Tambunan, A.W. Pattiwiri, & R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Helmberger, S. 2009. *Bioethanol production of 2nd generation*. Online. Tersedia di <http://www.responsiblebusiness.eu/display/rebwp7/Bioethanol+producti+on+o+nd+generation> [diakses 21-02-2013].
- Henniges and Zeddies. 2006. Bioengineering and agriculture: Promises and challenges. International Food Policy Research Institute. <http://www.ifpri.org/2020/focus/focus14/focus1409.pdf>. [17 Februari 2008]
- Heriawati, N & A. Asdar. 2009. Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Kadar Etanol pada Fermentasi Tepung Sagu (Metroxylon Sagu). *Jurnal Kimia ISSN: 1411-6502*10(2):1.
- Hermiati, E., D. Mangunwidjaja., T.C. Sunarti., O. Suparno, & B. Prasetya. 2010. Pemanfaatan

- 1  
Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal LitbangPertanian*, 29(4)
- Hikmiyati, N. dan N. S. Yanie. 2008. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam dan Enzimatis. *Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*
- Howard, R.L., P. Masoko & E. Abotsi. 2003. Enzyme activity of a *Phanerochaete chrysosporium* cellobiohydrolase (CBHI.1) expressed as a heterologous protein from *Escherichia coli*. *African Journal of Biotechnology* 2 (9), pp. 296-300: ISSN 1684-5315
- Idral, D. D., M. Salim., E. Mardiah. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Kimia Unand*, 1(1).
- Iranmahboob, J., Nadim, F., & Monemi, S., 2002. Optimizing acid-hydrlysis: a critical step for production of ethanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 22: 401-404.
- Kartika, Bambang. 1992. Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian, Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama antara Univ-Pau Pangan dan Gizi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Irawan, D. & Z. Arifin. 2012. Proses Hidrolisis Sampah Organik Menjadi Gula dengan



- Katalis Asam Klorida. *Jurnal Teknik Kimia*: 6(2).
- Jalaludin, dan Rizal. 2005. Pembuatan *Pulp* dari Jerami Padi dengan menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6. (5)
- Kartika, B. 1992. Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian, Proyek Pengembangan Pusat Fasilitas Bersama antara Univ-Pau Pangan dan Gizi. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Knauf, M. and Moniruzzaman. 2004. Lignocellulosic biomass processing: A perspective. *Intl. Sugar J.* 106(1263): 147–150.
- Lynd, L.R. 1996. Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: Technology, economics, the environment, and policy. *Ann. Rev. Energy Environ.* 21: 403–465.
- Novia, M. Faizal, M. F. Ariko, & D. H. Yogamina. 2011. Hidrolisis Enzimatik Dan Fermentasi TKK Yang Didelignifikasi dengan Asam Sulfat dan NaOH untuk Produksi Etanol. *Prosiding Seminar Nasional AvoERke-3*. 451-462.
- Noviani, H. 2014. Pengolahan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisia*. Skripsi. Semarang. FMIPS. Universitas Negeri Semarang

1

Orchidea, R., A. Krishnata W., D. Ricardo P., L. Febriyanti S., K. Lazuardi., R.. Pahlevi, & C. D. Mendila. 2010. Pengaruh Metode Pretreatment Pada Bahan Lignosellulosa terhadap Kualitas Hidrolisat yang dihasilkan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono*. Solo: Institut Teknologi Sepuluh November.

Palmqvist, E & Hahn-Hagerdal B. 2000. Fermentation of lignocellulosic 020 Biotechnol. Mol. Biol. Rev. hydrolysates. Inhibition and detoxification. *Biores. Technol.*

Prastowo, B. 2007. Potensi Sektor Pertanian sebagai Penghasil dan Pengguna Energi Terbarukan. *Perspektif* Vol. 6 No. 2/ Desember 2007, Hal 84-92

Ragauskas, A.J., C.K. Williams, B.H. Davison, G. Britovsek, J. Cairney, C.A. Eckert, W.J. Frederick Jr., J.P. Hallett, D.J. Leak, C.L. Liotta, J.R. Mielenz, R. Murphy, R. Templer, and T. Tschaplinski. 2006. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science* 311: 484–489.

Rahim, D. A. 2009. Produksi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* dari Sirup dekstrin Pati Sagu (*Metroxylon* sp) menggunakan Metode Aerasi Penuh dan Aerasi dihentikan. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor

- Retno, D. T., & W. Nuri. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Yogyakarta: FTI UPNVeteran.
- Samsuri, M, M. Gnozan., R. Mardias., M. Baiquni., H. Hermansyah., A. Wijanarko., B. Prasetya., & M. Nasikin. 2007. Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak Dengan Enzim Xylanase. *MAKARA, TEKNOLOGI. 11(1)*
- Schubert, C. 2006. Can biofuels finally take center stage *Nature Biotechnol. 24(7): 777-784.*
- Shofiyanto, M.E. 2008. Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Sitorus, D.A.R, Eko A.A., Dewi A.I, dan Diah T.A. 2009. *Kajian Awal Pemanfaatan Hidrolisat Gula Hasil Furfural dari Bagas untuk Produksi Etanol dengan Escherichia coli dan Klebsiella oxytoca*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia ISBN 978-979-98465-5-6:19
- Siswati, N. D., M. Yatim, & R. Hidayanto. 2009. *Bioetanol from Coffee Peel Waste with Fermentation Process*. Surabaya: FTI UPN Veteran.
- Soebagio, B. 2004. *Kimia Analitik II*. Malang: Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang.
- Sun, Y. & J. Cheng. 2002. *Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol*

- Production: a review. *Bioresource Technology* 83, 1 – 11.
- Taherzadeh, M.J. & Karimi, K. 2007. Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocelulosic Materials. *A Review, Bioresources*, 2(3) :476.
- Trisanti. 2009. *Prospek Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol*. Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI ; Bogor
- Winarno, FG. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia
- Yarris, L. 2010. *The Evolutionary Road to Biofuels*. Online. Tersedia di <http://www.lbl.gov/Publications/YOS/Feb/> [Diakses 29-01-2012].
- Zaldivar, J., J. Nielsen, and L. Olsson. 2001. Fuel ethanol production from lignocellulose: A challenge for metabolic engineering and process integration. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56: 17–34.

### BIODATA PENULIS



Muhammad Rijal, lahir di Padang Assitang Desa Borikamase, Kec. Maros Baru, Kab. Maros, Sulawesi Selatan pada tanggal 7 Mei 1984 anak ke-5 dari 5 orang bersaudara pasangan Abd. Rasyid dengan Salma. Lulus pada Jenjang Pendidikan Sekolah Dasar Tahun 1994 di SD Negeri 27 Padang Assitang, pada Tahun 1997 lulus di SMP Negeri Baju Bodoa Maros, pada Tahun 2000 lulus di SMA Negeri 1 Maros. Tahun 2004 lulus Sarjana Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Makassar, dan pada tahun 2010 lulus Pascasarjana Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang. Tahun 2016 lulus Pogram Doktorat pada Pascasarjana Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Malang Selama menempuh pendidikan, penulis tercatat sebagai anggota Karya Ilmia Remaja Tingkat Sekolah Menengah Atas, pengurus Bio-Study Club tingkat S-1 dan peraih lulusan terbaik di Uniersitas Negeri Makassar. Selama



menempuh pendidikan S1, penulis tercatat penerima beasiswa berprestasi (PPA) dari Tahun 2001-2004 dan penerima Beasiswa BPPS dan bantuan Penyelesaian disertasi dari LPDP. Penulis pernah bekerja selama 8 Tahun sebagai tenaga teknis dan pengujian di Laboratorium Biologi Universitas Negeri Makassar, sebagai Dosen tetap di STKIP-Pembangunan Makassar, dan sekarang bekerja di IAIN Ambon sebagai dosen pada Program Studi Pendidikan Biologi. Buku yang pernah ditulis adalah Biokimia Dasar, Pengetahuan Lingkungan Berbasis Riset, Prospek Limbah Ikan Di Maluku, Pengolahan Daging Buah Palan & Pengujiannya, Penuntun Biokimia, Penuntun Morfologi Tumbuhan, Penuntun Anaomi Tumbuhan. artikel yang telah dipublikasi antara lain: The Influence Of The Concentration Za (Zwavelzure Ammoniac) To The Quality Of Nata De Coco, Bioakumulation Heavy Metals Lead (Pb) And Cadmium (Cd) Seagrass (*Enhalus acroides*) In Waai And Galala Island Ambon, The Study Of Morphology Apuapu (*Pistia Stratiotes*) And Kiambang (*Salvinia molesta*), Potential *Pistia*

*stratiotes* And *Limnocharis flava* As Agent Phytoremediation Coliform Waste, Model Stad (Student Team's Achievement Division) In Improving Student Learning Outcomes Cognitive, The Quality Of Physical And Chemical The Waters Of The Arbes Ambon, Response Biology *Eichornia crassipes* Against Pollution Heavy Metals Mercury (Hg) From The River Waeapo In District Buru, *Pistia Stratiotes* And *Limnocharis flava* As Phytoremediation Heavy Metals Lead And Cadmium In The Arbes Ambon, and Response Growth And The Effectiveness Of The Absorption Of Heavy Metal B-III By *Limnocharis flava* On A Scale Laboratory. Sekarang aktif dalam melakukan kajian riset tentang pemanfaatan limbah dan solusi dalam mengatasi pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air.

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

---

## ORIGINALITY REPORT

---

**23%**

SIMILARITY INDEX

**23%**

INTERNET SOURCES

**0%**

PUBLICATIONS

**0%**

STUDENT PAPERS

---

## PRIMARY SOURCES

---

**1**

**text-id.123dok.com**

Internet Source

**23%**

---

Exclude quotes On

Exclude matches < 15%

Exclude bibliography On

# BIOETANOL DARI LIMBAH SAGU

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---

PAGE 8

---

PAGE 9

---

PAGE 10

---

PAGE 11

---

PAGE 12

---

PAGE 13

---

PAGE 14

---

PAGE 15

---

PAGE 16

---

PAGE 17

---

PAGE 18

---

PAGE 19

---

PAGE 20

---

PAGE 21

---

PAGE 22

---

PAGE 23

---

PAGE 24

---

PAGE 25

---

PAGE 26

---

PAGE 27

---

PAGE 28

---

PAGE 29

---

PAGE 30

---

PAGE 31

---

PAGE 32

---

PAGE 33

---

PAGE 34

---

PAGE 35

---

PAGE 36

---

PAGE 37

---

PAGE 38

---

PAGE 39

---

PAGE 40

---

PAGE 41

---

PAGE 42

---

PAGE 43

---

PAGE 44

---

PAGE 45

---

PAGE 46

---

PAGE 47

---

PAGE 48

---

PAGE 49

---

PAGE 50

---

PAGE 51

---

PAGE 52

---

PAGE 53

---

PAGE 54

---

PAGE 55

---

PAGE 56

---

PAGE 57

---

PAGE 58

---

PAGE 59

---

PAGE 60

---

PAGE 61

---

PAGE 62

---

PAGE 63

---

PAGE 64



---

PAGE 65

---

PAGE 66

---

PAGE 67

---

PAGE 68

---

PAGE 69

---

PAGE 70

---

PAGE 71

---

PAGE 72

---

PAGE 73

---

PAGE 74

---

PAGE 75

---

PAGE 76

---

PAGE 77

---

PAGE 78

---

PAGE 79

---

PAGE 80

---

PAGE 81

---

PAGE 82

---

PAGE 83

---

PAGE 84

---

PAGE 85

---

PAGE 86

---

PAGE 87

---

PAGE 88

---

PAGE 89

---

PAGE 90

---

PAGE 91

---

PAGE 92

---

PAGE 93

---

PAGE 94

---

PAGE 95

---

PAGE 96

---

PAGE 97

---

PAGE 98

---

PAGE 99

---

PAGE 100

---

PAGE 101

---

PAGE 102

---

PAGE 103

---

PAGE 104

---

PAGE 105

---

PAGE 106

---

PAGE 107

---

PAGE 108

---

PAGE 109

---

PAGE 110

---

PAGE 111

---

PAGE 112

---

PAGE 113

---

PAGE 114

---

PAGE 115

---

PAGE 116

---

PAGE 117

---

PAGE 118

---

PAGE 119

---

PAGE 120

---

PAGE 121

---

PAGE 122

---

PAGE 123

---

PAGE 124

---

PAGE 125

---

PAGE 126

---

PAGE 127

---

PAGE 128

---

PAGE 129

---

PAGE 130

---

PAGE 131

---

PAGE 132

---

PAGE 133

---

PAGE 134

---

PAGE 135

---

PAGE 136

---

PAGE 137

---

PAGE 138

---

PAGE 139

---

PAGE 140

---

PAGE 141

---

PAGE 142

---

PAGE 143

---

PAGE 144

---

PAGE 145

---

PAGE 146

---

PAGE 147

---

PAGE 148

---

PAGE 149

---

PAGE 150

---

PAGE 151

---

PAGE 152

---

PAGE 153

---

PAGE 154

---

PAGE 155

---