

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sabut Kelapa Muda

Tanaman kelapa merupakan tanaman perkebunan atau industri berupa pohon batang lurus dari famili palmae. Tanaman kelapa tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Seluruh bagian dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia. Tanaman kelapa terdiri atas akar, batang, daun dan buah. Buah kelapa itu terdiri atas kulit luar buah, sabut kelapa, tempurung, daging buah/kopra serta air kelapa yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Sumber: [15]

Gambar 2. Bagian buah kelapa muda

Buah kelapa mengandung sekitar 65% berat kernel (bagian tempurung, daging buah, dan air) dan 35% serabut kelapa. Sabut kelapa terdiri atas serbuk serabut dan serat serbuk kelapa. Di beberapa daerah di Indonesia serabut kelapa tersebut merupakan produk samping dari industri kopra. Dimana serabut kelapa tersebut dibuang atau digunakan sebagai bahan bakar memasak tradisional.

Sabut menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kulit berserat yang terdapat pada kelapa, pinang, dan sebagainya. Kelapa muda atau bisa disebut degan adalah buah kelapa yang masih berwarna hijau yang umumnya berumur 7 – 8 bulan dengan daging buahnya tidak setebal kelapa tua yang biasa digunakan untuk

santan. Sabut kelapa dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu sabut yang berwarna putih dan sabut yang berwarna coklat. Sabut yang berwarna putih diperoleh dari buah kelapa yang belum matang, sedangkan yang berwarna coklat didapat dari buah kelapa yang sudah matang.

Menurut R. A. Mukti, dkk. sabut kelapa merupakan bagian mesokarp (selimut) yang berupa serat-serat kasar kelapa. Sabut kelapa biasanya disebut sebagai limbah yang hanya ditumpuk di bawah tanaman kelapa lalu dibiarkan membusuk atau kering. Pemanfaatannya paling banyak hanyalah untuk kayu bakar atau ditumpuk untuk meninggikan tanah. Secara tradisional, masyarakat telah mengolah sabut kelapa untuk dijadikan tali dan dianyam menjadi keset. Padahal sabut kelapa masih memiliki nilai ekonomis cukup baik karena produk intinya berupa serat sabut jika diurai akan menghasilkan serat sabut (*cocofibre*) dan serbuk sabut (*cococoir*). Dari produk *cocofibre* akan menghasilkan aneka macam derivasi produk yang manfaatnya sangat luar biasa seperti keset, sapu, pot tanaman, ring dekorasi, matras atau kasur, tali tambang sampai pupuk tanaman [11].

Sabut kelapa muda tidak seperti sabut kelapa tua, karena masih bersifat lunak dan memiliki banyak kandungan air. Menurut Badan Litbang Pertanian di Kementerian Pertanian, sabut kelapa muda memiliki ketebalan berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan luar dan lapisan dalam. Komposisi kimia sabut kelapa muda antara lain selulosa, lignin, pyroligeous acid, gas, arang, ter, tannin dan potassium. Satu butir kelapa muda menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 5,43% kadar air, 30,34% serat kasar, 3,95% kadar abu, 23,54% lignin, 29,04% selulosa, dan 7,70% hemiselulosa [11].

Sabut kelapa muda mengandung unsur kalium sebesar 10,25%, sehingga dapat menjadi alternatif sumber kalium organik untuk menggantikan pupuk KCl. Selain digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik, sabut kelapa juga digunakan sebagai media tanam dan pembuatan agar-agar kertas. unsur hara seperti Ca, Mg, K, Na dan P yang sesuai digunakan sebagai pupuk organik. Sabut kelapa muda sebagai media tanam mampu mengikat dan menyimpan air dengan kuat, aerasi dan drainase yang baik, sesuai dengan daerah panas dan mengandung unsur-unsur hara esensial.

Debu dari sabut kelapa muda juga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan pupuk organik. Debu sabut kelapa muda merupakan hasil samping pada proses penyeratan sabut. Debu sabut kelapa muda mengandung berbagai unsur hara N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn dan Al. Pemanfaatannya melalui proses pengomposan untuk menurunkan kadar senyawa fenolik dan tanin dalam debu.

2.2 Bioetanol

Bioetanol adalah sumber energi terbarukan yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Bioetanol merupakan etanol hasil fermentasi gula, pati-patian atau biomassa lignoselulosa. Bahan dasar yang dapat digunakan antara lain; ubi kayu, ubi jalar, jagung dan sagu. Pembuatan bioetanol dapat dilakukan melalui proses fermentasi. Bahan baku pembuatan bioetanol terdiri dari bahan-bahan yang mengandung karbohidrat, glukosa dan selulosa [14].

Etanol senyawa yang sering digunakan dalam industri kimia antara lain sebagai pelarut (40%), untuk membuat asetaldehid (36%), eter, glikol eter, etil asetat dan kloral (9%). Kebutuhan akan etanol semakin bertambah seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar minyak bumi. Negara yang secara luas telah menggunakan etanol sebagai bahan bakar adalah Brasil. Negara tersebut memproduksi etanol dari tetes tebu dengan proses fermentasi. Beberapa komoditas pertanian yang mengandung karbohidrat seperti gula sederhana, pati dan selulosa (seperti rumput, kayu pohon, jerami) merupakan sumber energi penting untuk fermentasi etanol. Sumber karbohidrat tersebut dapat diperoleh dari kultivasi tanaman sumber energi, tanaman potensial yang tumbuh secara alami, maupun limbah hasil pertanian [15].

Etanol kependekan dari etil-alkohol (C_2H_5OH), bentuknya berupa cairan tak berwarna dan mempunyai bau khas yang menusuk hidung, dan mudah menguap, larut dalam air dan eter. Berikut sifat fisik bioethanol berdasarkan dirjen migas SNI 7390-2008 pada Tabel 1 dan SNI 06-3565-1994 pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Bioetanol Standar Dirjen Migas

| No. | Sifat | Unit | Spesifikasi |
|-----|---------------------------------------|-----------|---|
| 1. | Kadar etanol | %-v | Min. 99 |
| 2. | Kadar methanol | mg/L | Max. 300 |
| 3. | Kadar air | %-v | Max. 1 |
| 4. | Kadar denaturan | %-v | 2 – 5 |
| 5. | Kadar tembaga (Cu) | mg/kg | Max. 0,1 |
| 6. | Keasaman sebagai CH ₃ COOH | mg/L | Max. 30 |
| 7. | Tampakan | - | Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran. |
| 8. | Kadar ion klorida (Cl ⁻) | mg/L | Max. 40 |
| 9. | Kandungan belerang (S) | mg/L | Max. 50 |
| 10. | Kadar getah (gum), dicuci | mg/100 ml | Max. 5 |
| 11. | pHe | - | 6,5 – 9 |

Sumber: [16]

Tabel 2. Spesifikasi Bioetanol Berdasarkan SNI 06-3565

| Parameter | Unit | Spesifikasi |
|----------------------|--------|----------------------------------|
| Rumus kimia | - | C ₂ H ₅ OH |
| Berat molekul | - | 46 |
| Densitas | gr/mL | 0,7851 |
| Titik didih | °C | 78,4 |
| Titik nyala | °C | 13 |
| Titik beku | °C | -112,4 |
| Indeks bias | - | 1,3633 |
| Panas evaporasi | cal/gr | 204 |
| Viskositas pada 20°C | cPs | 1,22 |

Sumber: [17]

Secara umum teknologi produksi bioetanol berbahan dasar pati mencakup tiga rangkaian proses, yaitu: persiapan bahan baku (hidrolisis), fermentasi, destilasi dan pemurnian. Pada tahap hidrolisis terjadi perubahan pati menjadi glukosa yang melibatkan starter enzim atau asam. Tahap fermentasi merupakan konversi glukosa, menjadi etanol. Sedangkan tahap destilasi dan pemurnian dilakukan untuk meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan.

2.3 Asam Klorida

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas Hidrogen klorida (HCl) yang termasuk asam kuat sehingga harus ditangani secara tepat karena merupakan cairan

berwarna bening yang sangat korosif. Sejak revolusi industri, senyawa ini menjadi sangat penting dan digunakan untuk berbagai tujuan seperti produksi senyawa kimia organik vinil klorida yang merupakan bahan baku plastic PVC dan MDI/TDI untuk poliuretana. Kegunaan lainnya adalah pada rumah tangga seperti sebagai pembersih rumah, produksi gelatin, aditif pada makanan, dan pengolahan kulit. Pada umumnya Asam klorida diproduksi dalam bentuk larutan 32% (pekat), tetapi pada kebanyakan cairan pembersih berkisar antara 10 – 12%. Harganya relatif murah di pasaran [11].

Asam klorida adalah zat yang pertama kali ditemukan sekitar 800 tahun setelah masehi oleh ahli kimia Jabir bin Hayyan dengan mencampurkan natrium klorida dengan asam sulfat. Senyawa ini digunakan sepanjang abad pertengahan oleh para ahli kimia untuk mencari batu filsuf dan ilmuwan eropa dalam membangun pengetahuan kimia modern [9].

Asam klorida merupakan asam monoprotik yang merupakan asam mineral kuat yang sulit menjalani reaksi redoks dan merupakan asam kuat yang tidak terlalu berbahaya dibandingkan asam kuat lainnya. Asam klorida mempunyai titik didih 110 °C pada kondisi atmosfer. Asam klorida mengandung ion klorida yang tidak reaktif dan tidak beracun karena memiliki konsentrasi yang cukup stabil dan akan terus mempertahankan konsentrasinya, oleh karena itu sering digunakan sebagai reagen pengasam.

Asam klorida sering digunakan untuk titrasi menentukan jumlah basa karena asam yang lebih kuat dapat memberikan hasil yang lebih baik. Asam klorida juga digunakan sebagai standar primer dalam analisis kuantitatif dan sebagai pelarut berbagai jenis logam yang akan menghasilkan logam klorida dan gas hydrogen. Dapat juga digunakan mereaksikan berbagai senyawa dasar seperti Kalsium karbonat dan Tembaga(II) oksida untuk menghasilkan klorida terlarut yang dapat dianalisa.

Saat ini asam klorida banyak digunakan dalam industri pengolahan baja untuk membersihkan karat dan kerak dari permukaan baja sebelum dilapisi dengan lapisan pelindung. Proses pengolahan ini disebut proses *pickling*. Digunakan juga

sebagai pemurnian garam dapur dan untuk keperluan pengaturan keasaman atau pH pada air limbah.

Penggunaan asam klorida harus dilakukan dengan hati-hati karena sifatnya yang korosif dan beracun serta dapat merusak jaringan tubuh. Sering ditemukan pada produk pupuk, pembersih porselen, pembersih kamar mandi, dan bahan kimia pada kolam renang. Apabila terkena kulit, dapat membuat kulit melepuh, terbakar, dan nyeri. Untuk mengatasinya apabila terkena kulit, dianjurkan untuk membilas bagian yang terkena dengan air selama 15 menit. Apabila tertelan, akan menyebabkan nyeri seperti terbakar yang parah, sakit perut hebat, muntah darah, dan nyeri dada. Untuk mengatasinya apabila tertelan, dianjurkan untuk segera minum air atau susu dan jangan coba untuk memuntahkannya. Apabila terhirup, akan mengakibatkan kerusakan pada paru-paru yang membuat pengambilan oksigen terganggu, kuku dan bibir akan membiru, dada terasa sesak, tersedak, batuk darah, dan pusing serta pingsan. Untuk mengatasinya apabila terhirup, segera pindah ke tempat terbuka dan hirup udara segar. Lebih baik lagi apabila segera dilakukan pemeriksaan ke rumah sakit setelah terkena, tertelan, atau terhirup Asam klorida.

2.4 Lignin

Lignin adalah komponen penyusun utama dari dinding sel tumbuhan. Lignin juga masih berikatan erat dengan selulosa dan hemiselulosa. Komponen ini merupakan komponen rantai atau cabang panjang yang terbentuk di dalam dinding sel. Keberadaan lignin sangat melimpah di alam yang mana merupakan komponen polimer organik kedua terbanyak di bumi setelah selulosa.

Struktur dari lignin adalah kompleks, tidak teratur, acak, dan penyusun utamanya dari senyawa aromatic, yang mana menambah elastisitas matrik selulosa dan hemiselulosa. Akibat dari kekompleksan inilah lignin merupakan komponen linoselulosa yang sulit untuk dipecah. Hal ini dikarenakan struktur kristal pada lignin lebih tinggi daripada selulosa dan hemiselulosa.

Lignin umumnya tidak larut dalam air, lignin larut dalam larutan NaOH, alkali encer, larutan garam dan buffer. Komponen utama lignin terdiri dari sinapin-alkohol, koniferil-alkohol, dan p-kumaralkohol [18].

Di alam keberadaan lignin pada kayu berkisar antara 25-30%, tergantung pada jenis kayu atau faktor lain yang mempengaruhi perkembangan kayu. Lignin memiliki gugus fungsi yang mengandung oksigen pada posisi benzenik yang sensitif terhadap media asam. Pada suasana asam, lignin cenderung melakukan kondensasi. Peristiwa ini menyebabkan bobot molekul lignin bertambah dan dalam keadaan yang sangat asam, lignin yang telah terkondensasi ini akan mengendap. Lignin terlarut asam merupakan salah satu sifat kimia yang menunjukkan kandungan lignin serta reaktifitas lignin dalam kondisi asam. Adanya lignin terlarut asam dalam jumlah besar akan memberikan pengaruh terhadap kandungan total lignin kayu sehingga penentuan lignin terlarut asam sangat penting dalam kaitannya dengan struktur kimia kayu dan reaktifitas lignin.

2.5 Lignoselulosa

Lignoselulosa adalah istilah yang biasa digunakan untuk menyebut suatu bahan yang kandungan utamanya adalah lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Bahan lignoselulosa adalah komponen penyusun dinding sel tanaman terutama pada bagian batang. Pada lignoselulosa, senyawa yang dimanfaatkan adalah hemiselulosa dan selulosa sebagai polisakarida bisa dipecah menjadi monosakarida (gula sederhana) yang nantinya bisa digunakan sebagai bahan utama pembuatan bahan kimia (glukosa, xilosa, cilitol, furfural, dll), bahan bakar (bioetanol), biopolimer (selulosa dan turunannya), bahan pakan, dan produksi enzim.

Hemiselulosa dan selulosa pada struktur bahan lignoselulosa terikat oleh lignin. Struktur lignin sendiri sangat rapat dan kuat sehingga menyulitkan bagi enzim pemecah hemiselulosa dan selulosa untuk bisa masuk ke dalam dan bekerja memecah hemiselulosa dan selulosa menjadi gula sederhana. Untuk membantu kerja enzim, maka dilakukan pretreatment atau perlakuan pendahuluan untuk memecah atau melonggarkan struktur lignin sehingga enzim dapat masuk ke dalam

untuk memecah hemiselulosa dan selulosa. Metode pretreatment menurut Osvaldo, dkk, dapat dilihat pada Tabel 3 [8].

Tabel 3. Metode Pretreatment Lignoselulosa

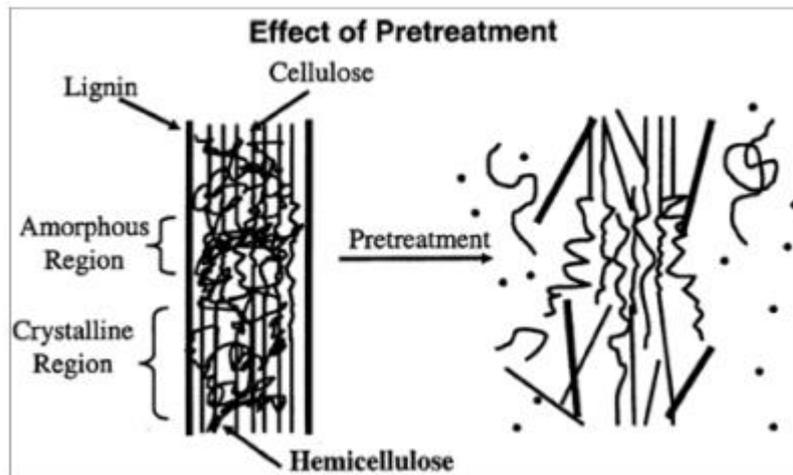
| Metode | Contoh |
|---------------------------|--|
| Mekanik panas | Digerus, digiling, digunting, ekstruder |
| Autohydrolysis | Super critical, Carbon dioxide explosion |
| Perlakuan asam | Asam sulfat, Asam klorida, Asam asetat |
| Perlakuan alkali | Sodium hidroksida, Ammonia, Alkali Hydrogen peroksida |
| Perlakuan larutan organik | Methanol, etanol, butanol, phenol |

Sumber: [8]

Proses pretreatment pada bahan lignoselulosa perlu dilakukan untuk mempermudah proses hidrolisis yaitu untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer polisakarida menjadi bentuk monomer, sehingga dapat mengurangi penggunaan enzim dan dapat menekan biaya.

2.6 Delignifikasi

Delignifikasi merupakan tahap pertama yang dilakukan untuk memutuskan ikatan antara selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin dari bahan baku sehingga hasil dari proses ini berupa selulosa dengan kemurnian yang cukup besar [19]. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa dapat dilihat pada Gambar 3. Oleh karena itu, proses pretreatment merupakan tahapan proses yang dapat mempengaruhi perolehan yield etanol. Proses pretreatment dapat dilakukan secara fisik, fisik-kimiawi, kimiawi dan enzimatik [7].



Sumber: [8]

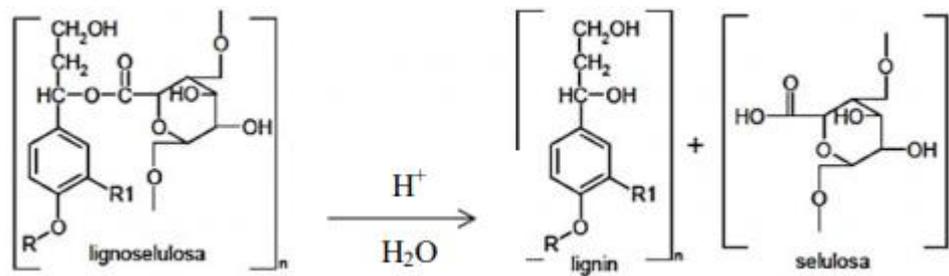
Gambar 3. Proses delignifikasi secara kimia

Delignifikasi juga merupakan suatu proses mengubah struktur kimia berlignoselulosa dengan tujuan mendegradasi lignin secara selektif sehingga menguraikan ikatan kimianya baik secara ikatan kovalen, ikatan hidrogen maupun ikatan van der Waals. Proses delignifikasi bisa dilakukan secara fisika, kimia dan biologi.

Delignifikasi dilakukan dengan beberapa tahapan, dimulai dengan pengecilan ukuran, perendaman, pembilasan, penyaringan, dan pengeringan untuk menurunkan kadar airnya. Pembilasan dengan akuades dilakukan sampai akuades bilasan menjadi netral, pada pH=7. Proses delignifikasi bertujuan meningkatkan kandungan selulosa dan menurunkan kandungan hemiselulosa dan lignin [5].

Proses delignifikasi terdiri dari proses mekanis, semi kimia, kimia dan proses konvensional yang lebih berwawasan lingkungan. Proses delignifikasi secara konvensional tersebut memiliki beberapa kelemahan, yaitu biaya produksi tinggi, laju delignifikasi rendah dan pencemaran lingkungan karena adanya limbah larutan pemasak.

Reaksi pada Gambar 4, berpengaruh terhadap ikatan ester antara lignin dengan karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) dan dapat melepaskan selulosa dengan proses hidrolisis ikatan ester antara lignin dengan selulosa [20].



Sumber: [20]

Gambar 4. Reaksi pemutusan ikatan lignoselulosa menggunakan katalis asam

Katalis asam dapat menghidrolisis ester menjadi asam karboksilat dan alkohol dimana oksigen karbonil dari suatu ester dapat diprotonkan, sehingga karbon bermuatan positif dan dapat diserang oleh nukleofil lemah seperti air yang kemudian menghasilkan alkohol dan asam karboksilat [21].

Konsentrasi asam yang tinggi dan waktu yang lama menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, sehingga kontak antara selulosa dengan asam juga semakin besar dan reaksi hidrolisis berjalan lebih sempurna. Namun, seiring dengan tingginya konsentrasi dan waktu reaksi, inhibitor yang dihasilkan juga semakin besar.

Proses pretreatment dilakukan karena kandungan lignin dan hemiselulosa pada bahan lignoselulosa seperti pelepah sawit membentuk struktur yang kuat melalui ikatan kovalen yang berfungsi melindungi sel tanaman dari serangan mikroorganisme. Struktur yang terbentuk dari ikatan kovalen antara lignin dan hemiselulosa melindungi selulosa sehingga selulosa sulit untuk di hidrolisis [8].

2.7 Hidrolisis

Bahan baku pembuatan bioetanol adalah tanaman yang mengandung glukosa, pati dan selulosa. Bahan yang mengandung glukosa dapat langsung dikonversi menjadi bioetanol. Sumber bahan berpati harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi gula, sedangkan bahan yang mengandung selulosa harus dikonversi menjadi gula dengan bantuan asam mineral sebab lignin yang masih belum terdelignifikasi akan terdegradasi dan membentuk senyawa-senyawa phenol. Hal inilah yang mengakibatkan hasil gula menurun. Menurut Mareta, dkk. [7], seiring dengan

semakin lamanya waktu reaksi dan tingginya konsentrasi asam, inhibitor yang dihasilkan juga semakin besar. Hidrolisa merupakan suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini dianggap reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Adapun reaksi hidrolisis sebagai berikut:



Reaksi hidrolisa berlangsung sangat lambat sehingga perlu ditambah katalisator untuk mempercepat reaksi. Katalisator yang dipakai adalah asam (contoh: HCl, HNO₃, H₂SO₄) dan bisa juga enzim. Proses hidrolisa pati dengan menggunakan asam dipengaruhi oleh ukuran bahan, konsentrasi asam, suhu, waktu, ratio bahan dan pengadukan.

Semakin halus ukuran bahan permukaan bidang kontak akan semakin luas sehingga kecepatan reaksi akan bertambah cepat dan akan memperbesar konversi reaksi. Laju proses hidrolisa akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi. Selain dapat menambah laju proses hidrolisa, konsentrasi asam yang tinggi juga akan mengakibatkan terikatnya ion-ion pengontrol seperti SiO₂, fosfat, dan garam-garam seperti Ca, Mg, Na, dan K dalam pati. Oleh karena itu, diperlukan perbandingan yang sesuai antara pati yang akan dihidrolisa dengan konsentrasi asam yang ditambahkan. Suhu berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi. Jika suhu semakin tinggi, konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar sehingga reaksi dapat semakin cepat.

Waktu yang semakin lama memperbanyak jumlah tumbukan zat pereaksi sehingga molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak hasil yang terbentuk. Rasio bahan yang semakin besar maka konsentrasi glukosa hasil hidrolisa semakin banyak pula. Karena dengan semakin besar rasio bahan semakin besar pula bahan yang bereaksi dengan larutan sehingga dihasilkan pula hasil yang semakin banyak. Pengadukan berkaitan dengan faktor frekuensi tumbukan pada

persamaan Arrhenius sehingga dengan adanya pengadukan maka kecepatan reaksi akan meningkat.

Sirup glukosa merupakan nama dagang dari pati yang dihidrolisis. Hidrolisis dapat dilakukan dengan katalisator asam atau enzim pada suhu dan pH tertentu serta pada waktu reaksi tertentu. Pemotongan pati oleh asam kurang teratur dibandingkan dengan hasil pemotongan rantai pati oleh enzim, sehingga hasilnya adalah campuran antara dekstrin, maltose dan glukosa. Glukosa kristal adalah hasil kristalisasi larutan hidrolisis yang mengandung kadar glukosa tinggi. Sirup glukosa dipergunakan dalam industri makanan dan minuman, terutama dalam industri permen, selai dan pengalengan buah. Proses hidrolisa pati dengan asam ditemukan pertama kali oleh Kirchoff pada tahun 1812, namun produksinya secara komersil baru terlaksana pada tahun 1850. Pada proses ini sejumlah pati terlebih dahulu diasamkan sampai sekitar pH 2 dipanasi dengan uap di dalam tangki bertekanan sampai suhu 120 – 140 °C.

Pada hidrolisa pati, asam yang sering digunakan adalah asam asetat, asam fosfat, asam klorida. Asam – asam tersebut sering digunakan terutama untuk industri makanan karena bersifat mudah menguap, sehingga memudahkan pemisahan dari produknya. Selain itu asam tersebut mempunyai aktifitas tinggi, sehingga pemakaiannya relatif sedikit dan dapat menghasilkan produk yang berwarna terang.

Proses hidrolisis merupakan proses yang terpenting dalam pembuatan bioetanol. Tahap hidrolisis merupakan pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit gula sederhana oleh air. Pada reaksi hidrolisis pati, air akan menyerang pati pada ikatan 1,4- α glukosida menghasilkan dextrin, sirup atau glukosa tergantung pada derajat pemecahan rantai polisakarida dalam pati. Tetapi reaksi antara air dan pati ini berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar keaktifan air. Katalisator ini bisa berupa asam maupun enzim. Asam yang sering digunakan untuk katalisator adalah HCl, H₂SO₄, asam perklorat atau asam nitrat. Proses hidrolisis dengan asam bisa menggunakan katalisator asam pekat atau encer. Hidrolisis dengan menggunakan katalis asam pekat menghasilkan glukosa yang lebih tinggi (90% secara teoritis) dibandingkan dengan asam encer,

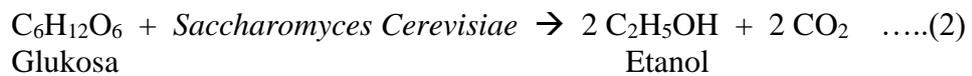
sedangkan hidrolisis dengan katalis enzim memerlukan tahapan yang lebih banyak karena menggunakan mikroba dalam prosesnya dan dikontrol pada suasana steril. Hidrolisis dengan katalis asam menghasilkan pemecahan selulosa yang lebih banyak tetapi selama hidrolisis memerlukan suhu yang tinggi. Faktor-faktor yang juga mempengaruhi hidrolisis antara lain suhu, waktu, konsentrasi, reaktan, dan kecepatan pengadukan [22].

2.8 Fermentasi Anaerob

Fermentasi berasal dari bahasa latin “Ferfere” yang berarti mendidihkan. Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas menjadi semua proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang disebut metabolit primer dan sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses perubahan glukosa menjadi etanol yang berlangsung secara anaerob. Namun, istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme [23].

Fermentasi merupakan proses konversi senyawa kompleks (bahan-bahan karbohidrat) menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bantuan mikroba. Fermentasi berdasarkan kebutuhan oksigen dapat dibedakan menjadi dua, yaitu fermentasi secara aerob dan fermentasi secara anaerob. Fermentasi aerob (proses respirasi) adalah proses asimilasi bahan-bahan yang disertai dengan pengambilan oksigen. Contoh: fermentasi asam asetat, asam nitrat dan sebagainya. Fermentasi anaerob adalah fermentasi yang tidak membutuhkan adanya oksigen. Biasanya dalam fermentasi ini menggunakan mikroba yeast, jamur dan bakteri [17].

Dari beberapa peneliti didapat angka-angka yang menunjukkan bahwa proses fermentasi tunduk kepada hukum konservasi zat seperti pada reaksi-reaksi kimia biasa. Secara ringkas seluruh rangkaian reaksi yang terjadi adalah hidrolisis pati atau polisakarida menjadi maltose (disakarida) kemudian hidrolisis menjadi glukosa dan selanjutnya diubah menjadi alkohol dan gas karbondioksida oleh *Saccharomyces cereviceae*. Adapun persamaan fermentasi pembuatan etanol adalah sebagai berikut:



Mikrobia yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir, dan kapang. Contoh bakteri yang digunakan dalam fermentasi adalah *Acetobacter Xuylinum* pada pembuatan nata decoco, *Acetobacter Aceti* pada pembuatan asam asetat. Contoh khamir dalam fermentasi adalah *Saccharomyces Cerevisiae* dalam pembuatan alkohol sedangkan contoh kapang adalah *Rhizopus sp* pada pembuatan tempe, *Monascus Purpureus* pada pembuatan anggur dan sebagainya. Fermentasi dapat dilakukan menggunakan kultur murni ataupun alami serta dengan kultur tunggal ataupun kultur campuran. Fermentasi menggunakan kultur alami umumnya dilakukan pada proses fermentasi tradisional yang memanfaatkan mikroorganisme yang ada di lingkungan [24].

Fermentasi anaerobik adalah fermentasi yang pada prosesnya tidak memerlukan oksigen. Beberapa mikroorganisme dapat mencerna bahan energinya tanpa adanya oksigen jadi hanya sebagian bahan energi itu dipecah, yang dihasilkan adalah sebagian dari energi, karbon dioksida dan air, termasuk sejumlah asam laktat, asetat, etanol, asam volatile, alkohol, dan ester.

Pada fermentasi anaerob, zat-zat organik dikatabolisme tanpa kehadiran oksigen yang berarti tidak adanya akseptor elektron eksternal melainkan melalui keseimbangan reaksi oksidasi-reduksi internal. Produk dihasilkan selama proses penerimaan elektron yang dilepaskan saat pemecahan zat-zat organik. Oleh karenanya zat-zat organik tersebut berperan sebagai akseptor dan donor elektron. Pada fermentasi, substrat hanya dioksidasi sebagian dan oleh karena itu hanya sedikit energi yang bisa dihasilkan.

Factor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah jenis mikroorganisme, lama fermentasi, derajat keasaman, kadar gula, suhu, dan konsentrasi ragi. Dari semua factor tersebut, lama fermentasi memiliki peranan yang paling penting dalam proses fermentasi agar didapatkan kadar etanol dalam jumlah yang tinggi, nilai ph

rendah, dan produksi gas yang tinggi tetapi tidak mengganggu pertumbuhan mikrobanya.

2.9 Distilasi

Distilasi adalah suatu proses pemurnian yang didahului dengan penguapan senyawa cair dengan cara memanaskannya, kemudian mengembunkan uap yang terbentuk. Prinsip dasar dari distilasi adalah perbedaan titik dari zat-zat cair dalam campuran zat cair tersebut sehingga zat (senyawa) yang memiliki titik didih terendah akan menguap terlebih dahulu, kemudian apabila didinginkan akan mengembun dan menetes sebagai zat murni (distilat).

Menurut Gunturgeni dkk., berdasarkan kegunaan dan ketelitian dalam pemisahan dua zat yang berbeda distilasi dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut [25]:

- Distilasi sederhana

Biasanya distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan zat cair yang titik didihnya rendah, atau memisahkan zat cair dengan zat padat atau minyak. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan uap zat cair tersebut melalui kondensor lalu hasilnya ditampung dalam suatu wadah, namun hasilnya tidak benar-benar murni atau biasa dikatakan tidak murni karena hanya bersifat memisahkan zat cair yang titik didih rendah atau zat cair dengan zat padat atau minyak.

- Distilasi bertingkat (fraksionasi)

Proses ini digunakan untuk komponen yang memiliki titik didih yang berdekatan. Pada dasarnya sama dengan distilasi sederhana, hanya saja memiliki kondensor yang lebih banyak sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan. Pada proses ini akan didapatkan senyawa kimia yang lebih murni, karena melewati kondensor yang banyak.

- Distilasi vakum

Distilasi vakum adalah distilasi yang tekanannya 0,4 atm (300 mmHg absolut). Distilasi yang dilakukan dalam tekanan operasi ini biasanya karena

beberapa alasan yaitu: Sifat penguapan relatif antar komponen biasanya meningkat seiring dengan menurunnya suhu didih, distilasi pada tekanan rendah dilakukan ketika mengolah produk yang sensitif terhadap variabel suhu, proses pemisahan dapat dilakukan terhadap komponen dengan tekanan uap yang sangat rendah atau komponen dengan ikatan yang dapat terputus pada titik didihnya, dan reboiler dengan tekanan yang rendah yang menggunakan sumber energi dengan harga yang lebih murah seperti steam dengan tekanan rendah atau air panas.

- Refluks

Refluks sering dilakukan dalam distilasi walau pada prinsipnya agak berbeda. Refluks dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi distilat dengan jalan pengembalian sebagian produk distilat ke dalam kolom distilasi dan dipanaskan ulang tanpa mengurangi jumlah zat yang ada.

- Distilasi azeotrope

Digunakan dalam memisahkan campuran azeotrop (campuran campuran dua atau lebih komponen yang sulit di pisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tsb, atau dengan menggunakan tekanan tinggi. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan titik azeotrop pada campuran heterogen. Contoh campuran heterogen yang mengandung titik azeotrop yang paling populer adalah campuran ethanol-air, campuran ini dengan metode distilasi biasa tidak dapat menghasilkan ethanol berkadar lebih dari 96%. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang lebih tinggi harus melewati terlebih dahulu titik azeotrop, dimana komposisi kesetimbangan cair-gas ethanol-air saling bersilangan. Beberapa metode yang populer untuk distilasi azeotrop antara lain adalah *pressure swing distillation* dan *extractive distillation*.