

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biji Durian**

Durian adalah nama tumbuhan tropis yang berasal dari wilayah Asia Tenggara, sekaligus nama buahnya yang bisa dimakan. Nama ini diambil dari ciri khas kulit buahnya yang keras dan berlekuk-lekuk tajam sehingga menyerupai duri. Sebutan populernya adalah "raja dari segala buah" (*King of Fruit*). Durian adalah buah yang kontroversial, meskipun banyak orang yang menyukainya, namun sebagian yang lain malah muak dengan aromanya. Buah durian yang istilah latinnya **Durio zibenthinus** Murr ini berasal dari hutan Sumatra, Kalimantan, dan Malaysia. Nama durian sendiri diambil dari karakteristik buahnya yang memiliki kulit rapat berduri .

Mengenal durian bukan saja dari harumnya yang menyengat dan enak dimakan saja namun durian memiliki keistimewaan lain di dunia kesehatan dan kecantikan, kulit dan daun durian juga bermanfaat dalam dunia kesehatan. Kulit daun bermanfaat untuk mengobati ruam pada kulit (sakit kurap) dan susah buang air besar (sembelit).

Jika dibakar, abu kulit durian dapat dijadikan pelancar haid. Bahkan, sering masyarakat Jawa menjadikan kulit durian sebagai pengusir nyamuk. Kono kabarnya di Malaysia justru yang digunakan sebagai obat adalah daun durian. Dengan meminum air rebusan daun durian, demam seseorang dapat mereda. Jika tidak suka rasanya, penderita bisa juga dengan meletakkan daun durian yang telah dijus di atas dahi.

Bukan saja buah durian yang manfaat namun daun, biji, kulit dan akarnya juga bisa dimanfaatkan untuk kepentingan obat atau kesehatan serta kepentingan lainnya.

Selain buahnya yang dapat dikonsumsi, ternyata biji durian juga dapat dikonsumsi dan mengandung manfaat yang baik bagi kesehatan. Biji Durian mengandung protein, karbohidrat, lemak, kalsium dan fosfor sehingga dimungkinkan dapat diolah menjadi produk pangan.

Kandungan Biji Durian memiliki kandungan pati cukup tinggi dan berpotensi sebagai alternatif pengganti makanan (dapat dibuat bubur yang dicampur daging buahnya), kulit dipakai sebagai bahan abu gosok yang bagus, dengan cara dijemur sampai kering dan dibakar sampai hancur.

Potensi dan Kandungan Nutrisi Biji Durian selain sebagai makanan buah segar dan olahan lainnya, terdapat manfaat dari bagian lainnya, yaitu: tanamannya sebagai pencegah erosi dilahan-lahan yang miring, batangnya untuk bahan bangunan/perkakas rumah tangga, kayu durian setaraf dengan kayu sengon sebab kayunya cenderung lurus.

Bijinya durian dapat direbus atau dibakar dan dapat dijadikan cemilan sehat karena mengandung pati yang sangat tinggi. Tapi perlu diingat, tidak diperbolehkan memakan biji mentah dari buah yang berasal dari genus *Durio* ini, karena asam lemak siklopropana yang terkandung dalam biji durian bersifat racun bagi tubuh.

Biji durian juga dapat diolah sebagai campuran tablet, yaitu biji durian dikeringkan kemudian dibuat pati dengan menggunakan metoda ekstraksi. Pengertian Metoda ekstraksi adalah salah satu cara menghaluskan bahan sampai berukuran sangat kecil sehingga menyerupai debu halus.

### **2.1.1 Karakteristik biji durian**

Tanaman durian adalah tanaman tahunan. Bila ditanam melalui biji, tanaman ini akan mulai berbunga untuk pertama kali sepuluh tahun setelah tanam. Namun, tanaman ini akan menghasilkan buah yang lezat dan memiliki banyak manfaat. Selain buahnya, biji durian dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol. Biji merupakan alat perkembangbiakan yang utama karena di dalam biji terdapat calon tumbuhan baru. Biji durian terdiri dari beberapa bagian yaitu kulit biji, tali biji, dan inti biji (Aak, 1997).

Biji durian berbentuk bulat telur, dan berkeping dua. Selain itu, biji durian berwarna putih kekuningan hingga coklat (Wiryanta, 2008). Biji durian memiliki kandungan pati yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti bahan

makanan (Aak, 1197). Komposisi kimia biji durian hampir sama dengan biji-biji yang termasuk famili Bombacaceae. Biasanya family Bombacaceae memiliki kandungan karbohidrat yang lebih tinggi bila dibandingkan ubi jalar dan singkong.

Apabila dipotong atau dikupas kulitnya, biji durian biasanya mengeluarkan lendir. Lendirnya tidak berbau dan berasa serta larut dalam air dingin ataupun panas. Lendirnya dapat membentuk suatu larutan kental yang disebut gum.

Tabel 1. Komposisi Biji Durian

Zat	Per 100 gram biji segar (mentah) tanpa kulitnya	Per 100 gram biji telah dimasak tanpa kulitnya
Kadar air	51,5 gram	51,5 gram
Lemak	0,4 gram	0,2-0,23 gram
Protein	2,6 gram	1,5 gram
Karbohidrat total	47,6 gram	48,2 gram
Serat kasar	-	0,7 gram-0,71 gram
Nitrogen	-	0,297 gram
Abu	1,9 gram	1,0 gram
Kalsium	17 miligram	3,9-88,8 miligram
Fosfor	68 miligram	86,65-87 miligram
Besi	1,0 miligram	0,6-0,64 gram
Natrium	3 miligram	-
Kalium	962 miligram	-
Beta karoten	250 µgram	-
Riboflavin	0,05 miligram	0,05-0,052 miligram
Thiamin	-	0,03-0,032 miligram
Niacin	0,9 miligram	0,89-0,9 miligram

Sumber: Michael J. Brown, Review, 1997

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa kandungan karbohidrat pada biji durian sangat tinggi yaitu 47,6 gram per 100 gram biji segar, sedangkan bila dimasak menjadi 48,2 gram. Amilum (karbohidrat) berbentuk polisakarida yang dapat dipecah menjadi glukosa. Glukosa tersebut akan difermentasi menjadi etanol.

### 2.1.2. Manfaat dan Kandungan Gizi Durian

Manfaat tanaman durian selain buahnya sebagai makanan buah segar dan olahan lainnya, juga terdapat manfaat dari bagian lainnya (AAK, 1997), yaitu:

1. Tanamannya sebagai pencegah erosi di lahan-lahan yang miring.
2. Batangnya untuk bahan bangunan/perkakas rumah tangga. Kayu durian setaraf dengan kayu sengon sebab kayunya cenderung lurus.
3. Bijinya yang memiliki kandungan pati cukup tinggi, berpotensi sebagai alternatif pengganti makanan.
4. Kulit dipakai sebagai bahan abu gosok yang bagus, dengan cara dijemur sampai kering dan dibakar sampai hancur, dapat juga digunakan untuk campuran media tanaman di dalam pot, serta sebagai campuran bahan baku papan olahan serta produk lainnya.
5. Bunga dan buah mentahnya dapat dijadikan makanan, antara lain dibuat sayur.

### **2.1.3. Kandungan Gizi Daging Buah Durian**

Bagian utama dari tanaman durian yang mempunyai nilai ekonomi dan sosial cukup tinggi adalah buahnya. Buah yang telah matang selain enak dikonsumsi segar, juga dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai jenis makanan maupun pencampur minuman seperti dibuat kolak, bubur, keripik, dodol, tempoyak, atau penambah cita rasa *ice cream*. Disamping itu, buah durian mengandung gizi cukup tinggi dan komposisinya lengkap.

### **2.1.4. Kandungan Gizi Biji Durian**

Biji durian berbentuk bulat-telur, berkeping dua, berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat muda. Tiap rongga terdapat 2-6 biji atau lebih. Biji durian merupakan alat atau bahan perbanyakkan tanaman secara generatif, terutama untuk batang bawah pada penyambungan (Rukmana, 1996).

Biji durian dapat diperoleh pada beberapa daerah yang mempunyai potensi akan adanya buah durian dimana biji durian tersebut menjadi salah satu limbah yang terbengkalai atau tidak dimanfaatkan, yang sebenarnya banyak mengandung nilai tambah. Agar limbah ini dapat dimanfaatkan sebagaimana sifat bahan tersebut dan

digunakan dalam waktu yang relatif lama, perlu diproses lebih lanjut, menjadi beberapa hasil yang bervariasi.

Di Indonesia biji durian memang belum memasyarakat untuk digunakan sebagai bahan makanan. Biasanya biji durian hanya dikonsumsi sebagian kecil masyarakat setelah direbus atau dibakar (Rukmana, 1996), padahal biji durian dapat diolah menjadi makanan lain yang lebih menarik dan enak. Produk pengolahan biji durian antara lain keripik biji durian, bubur biji durian dan tepung biji durian.

Biji durian memiliki kandungan pati yang cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai alternatif pengganti bahan makanan atau bahan baku pengisi farmasetik, contohnya pati biji durian diketahui dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam formulasi tablet ketoprofen (Jufri, 2006). Winarti (2006), menyebutkan bahwa biji durian, bila ditinjau dari komposisi kimianya, cukup berpotensi sebagai sumber gizi, yaitu mengandung protein 9,79%, karbohidrat 30%, kalsium 0,27% dan fosfor 0,9% (Wahyono, 2009).

Menurut Genisa dan Rasyid (1994) dalam Muhamad Afif (2007), komposisi kimia biji durian hampir sama dengan biji-biji yang termasuk famili *Bombacaceae* yang lain, komposisi kandungan yang terdapat pada biji durian yang dimasak kadar airnya 51,1 gram, kadar lemak 0,2 gram, kadar protein 1,5 gram, dan kadar karbohidrat 46,2 gram. Biji dari tanaman yang famili *Bombacaceae* kaya akan karbohidrat terutama patinya yang cukup tinggi sekitar 42,1% dibanding dengan ubi jalar 27,9% atau singkong 34,7% (Afif, 2007).

#### **2.1.4. Kandungan Oksalat pada Biji Durian**

Asam oksalat dalam keadaan murni berupa senyawa kristal, larut dalam air (8% pada 10oC) dan larut dalam alkohol. Asam oksalat membentuk garam netral dengan logam alkali (NaK), yang larut dalam air (5-25%), sementara itu dengan logam dari alkali tanah, termasuk magnesium (Mg) atau dengan logam berat, mempunyai kelarutan yang sangat kecil dalam air. Jadi kalsium oksalat secara praktis tidak larut dalam air. Berdasarkan sifat tersebut asam oksalat digunakan untuk

menentukan jumlah kalsium. Asam oksalat ini terionisasi dalam media asam kuat (Sutrisno, 2007).

Asam oksalat bersama-sama dengan kalsium dalam tubuh manusia membentuk senyawa yang tak larut dan tak dapat diserap tubuh, hal ini tak hanya mencegah penggunaan kalsium yang juga terdapat dalam produk-produk yang mengandung oksalat, tetapi menurunkan CDU dari kalsium yang diberikan oleh bahan pangan lain. Hal tersebut menekan mineralisasi kerangka dan mengurangi penambahan berat badan (Sutrisno, 2007).

Asam oksalat dan garamnya yang larut air dapat membahayakan, karena senyawa tersebut bersifat toksis. Pada dosis 4-5 gram asam oksalat atau kalium oksalat dapat menyebabkan kematian pada orang dewasa, tetapi biasanya jumlah yang menyebabkan pengaruh fatal adalah antara 10 dan 15 gram. Gejala pada pencernaan (pyrosis, abdominal kram, dan muntah-muntah) dengan cepat diikuti kegagalan peredaran darah dan pecahnya pembuluh darah inilah yang dapat menyebabkan kematian (Sutrisno, 2007).

Karena pengaruh distropik oleh oksalat tergantung pada ratio molar antara asam oksalat dan kalsium, hal itu dapat dicegah melalui cara, yaitu (Sutrisno, 2007):

1. Menghilangkan oksalat dengan membatasi konsumsi bahan makanan yang banyak mengandung oksalat yang larut, yaitu dengan menghindari makan dalam jumlah besar atau juga menghindari makan dalam jumlah kecil tetapi berulang-ulang. Mengkombinasikan beberapa makanan yang banyak mengandung oksalat perlu juga dihindari.
2. Dengan cara menaikkan suplai kalsium yang akan dapat menetralkan pengaruh dari oksalat.
3. Memasak bahan makanan yang mengandung asam oksalat hingga mendidih dan membuang airnya sehingga dapat memperkecil proporsi asam oksalat dalam bahan makanan.

Keberadaan senyawa oksalat dapat diidentifikasi melalui beberapa uji reaksi berikut ini (Vogel, 1985):

1. Larutan perak nitrat: endapan oksalat yang putih dan seperti dadih susu, yang sangat sedikit larut dalam air; larut dalam larutan amonia dan dalam asam nitrat encer.
2. Larutan kalsium klorida: endapan putih kristalin, kalsium oksalat, dari larutan-larutan netral, yang tak larut dalam asam asetat encer, asam oksalat dan dalam larutan amonia oksalat, tetapi larut dalam asam klorida encer dan dalam asam nitrat encer.
3. Larutan kalium permanganat: warnanya menjadi hilang bila dipanaskan dalam larutan asam sampai 600-700. Penghilangan warna larutan permanganat ini juga ditimbulkan oleh banyak senyawa organik lainnya, tetapi jika seterusnya karbon dioksida yang dilepaskan itu diuji dengan reaksi air kapur, uji ini menjadi spesifik bagi oksalat.

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan untuk identifikasi oksalat pada biji durian, adapun kesimpulan yang dapat diambil yaitu bahwa pada biji durian terdapat senyawa oksalat dengan keterangan hasil uji berikut ini:

1. Uji dengan larutan perak nitrat

Filtrat biji durian ditambah larutan perak nitrat terbentuk endapan putih, kemudian ditambah asam nitrat encer, endapan putih menjadi hilang, dan sampel menjadi jernih.

2. Uji dengan larutan Pb asetat

Filtrat biji durian ditambah Pb asetat terbentuk endapan putih seperti dadih susu yang terpisah didasarnya.

3. Uji dengan kalium permanganate

Filtrat biji durian ditambah kalium permanganat menjadi warna ungu, kemudian ditambah asam klorida menjadi warna kuning, dan setelah dipanaskan sampel menjadi berwarna putih jernih.

#### 4. Uji dengan larutan kalsium klorida

Filtrat biji durian ditambah larutan kalsium klorida tidak menunjukkan adanya perubahan, setelah ditambahkan asam asetat sampel menjadi lebih jernih dan setelah dibiarkan beberapa lama kemudian terbentuk endapan putih di dasarnya.

### 2.2 Bioetanol

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang diperoleh lewat proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku pembuatan bioetanol dapat berupa biji durian, ubi kayu, jagung, tebu, dan lain – lain. Semua merupakan tanaman penghasil karbohidrat yang sangat mudah ditemukan di Indonesia karena iklim dan keadaan tanah Indonesia yang mendukung pertumbuhan tanaman tersebut.

Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus  $C_2H_5OH$ .

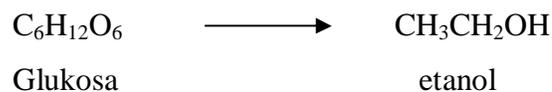
Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan.

#### a. Sifat - sifat fisik etanol

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1) berat molekul   | 46,07 gr/grmol      |
| 2) titik lebur     | -112 <sup>0</sup> c |
| 3) densitas        | 0,7893 gr/ml        |
| 4) panas penguapan | 200,6 kal/gr        |
| 5) warna cairan    | tidak berwarna      |

#### b. sifat – sifat kimia etanol

- 1) berbobot molekul rendah sehingga larut dalam air.
- 2) Diperoleh dari fermentasi gula



3) pembakaran etanol menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O

pembakaran etanol



### 2.3 Pelarut

Sebagian besar reaksi kimia secara luas dilakukan di dalam larutan. Larutan terdiri dari pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*) pada umumnya adalah zat yang berada pada larutan dalam jumlah yang besar, sedangkan zat lainnya dianggap sebagai zat terlarut (*solute*). Pelarut memenuhi beberapa fungsi dalam reaksi kimia, dimana pelarut melarutkan reaktan dan reagen agar keduanya bercampur, sehingga hal ini akan memudahkan penggabungan antara reaktan dan reagen yang seharusnya terjadi agar dapat merubah menjadi produk. Pelarut juga bertindak sebagai control suhu, salah satunya untuk meningkatkan energy dari tumbukan partikel sehingga partikel-partikel tersebut dapat beraksi lebih cepat, atau untuk menyerap panas yang dihasilkan selama reaksi eksoterm. Pada umumnya pelarut yang baik mempunyai criteria sebagai berikut :

1. Pelarut harus dapat melarutkan reaktan dan reagen.
2. Pelarut harus dapat melarutkan reaktan dan reagen.
3. Pelarut harus mudah dihilangkan pada saat akhir dari reaksi.

#### 2.3.1 Proses Bioetanol

Proses pembuatan bioetanol berbasis biji durian hampir sama dengan proses pembuatan bioetanol pada umumnya yaitu meliputi ekstraksi pati dari biji durian, hidrolisis pati menjadi glukosa, fermentasi glukosa menjadi bioetanol, destilasi dan dehidrasi. Dari rangkaian proses tersebut akan dihasilkan bioetanol dengan kadar kemurnian 95 persen yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar ramah lingkungan.

Proses fermentasi dalam pembuatan bioetanol tidak luput dari peran ragi atau *yeast*. Pada tahun 1815, Gay-Lussac memformulasikan konversi glukosa menjadi etanol dan karbondioksida. Formulasinya sebagai berikut :



Pati yang telah dipecah menjadi glukosa difermentasi secara anaerob dengan ragi untuk menghasilkan etanol. Gas karbondioksida yang keluar dapat diukur volumenya sehingga dapat digunakan untuk menganalisis kadar etanol yang dihasilkan. Dari reaksi stoikiometri di atas dapat diketahui bahwa etanol yang dihasilkan akan sebanding dengan karbondioksida.

Pada proses tersebut, mikroorganisme yang berperan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* adalah khamir yang telah memahat sejarah dalam kehidupan dunia. Pada kondisi anaerobik, *yeast* mampu memetabolisme (memfermentasi) gula menjadi alkohol dan pada kondisi aerobik. *Yeast* menggunakan gula ini untuk pertumbuhan. Pada umumnya *yeast* tumbuh pada medium asam yaitu pada derajat keasaman (pH) berkisar 3,5-7 dan optimal pada suhu 20-30 derajat *celcius* serta dalam kelembaban antara 60 persen dan 90 persen.

Etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi berupa cairan yang memiliki sifat tidak berwarna, mudah terbakar, dan tidak stabil. Etanol dapat dijadikan sebagai bahan pengganti bahan bakar yang ramah lingkungan dengan emisi karbon yang sangat rendah bila dibandingkan dengan bensin. Karakteristik etanol sebagai biofuel yaitu memiliki angka oktan yang tinggi, mampu menurunkan emisi gas monoksida dan karbondioksida, mirip dengan bensin sehingga tidak memerlukan modifikasi mesin, dan tidak mengandung senyawa timbale (Nurfiana, 2009).

### 2.3.2. Katalis

Katalis memegang peranan yang sangat penting pada perkembangan industri kimia. Dewasa ini hampir setiap produk industri kimia dihasilkan melalui proses yang memanfaatkan jasa katalis (Bioetanol).

Katalis dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat mempercepat dan mengendalikan reaksi. Dengan katalis, reaksi dapat berjalan pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju dan aktivitas yang tinggi. Kemampuan inilah yang kini menjadi tumpuan harapan manusia untuk memenuhi tuntutan efisiensi waktu, bahan baku, energi dan upaya pelestarian lingkungan. Berdasarkan fase katalis, reaktan dan produk reaksinya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1. Katalis homogen adalah katalis yang berfase sama dengan fasa campuran reaksinya.
2. Katalis heterogen adalah katalis yang berbeda fasa reaktan dan produk reaksinya.

Katalis homogen pada umumnya memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis heterogen karena setiap molekul katalis aktif sebagai katalis. Katalis heterogen, biasanya berupa padatan, memiliki pusat aktif yang tidak seragam. Tidak semua bagian permukaan padatan dapat berfungsi sebagai pusat aktif dan tidak semua pusat aktif memiliki keaktifan yang sama. Bahkan pada keadaan yang terburuk, bagian permukaan yang satu dapat meracuni bagian yang lainnya.

Heterogen permukaan ini menyebabkan katalis heterogen menjadi kurang efektif dibandingkan dengan katalis homogen. Walaupun demikian, katalis heterogen tetap digunakan dalam industri karena mudah dipisahkan dari campuran reaksinya. Selain itu, katalis heterogen lebih stabil terhadap perlakuan panas sehingga reaksi dan regenerasi katalis dapat dilakukan pada temperatur tinggi (Subagio, 1992).

### **2.3.3. Asam Klorida (HCl)**

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). Ia adalah asam kuat dan digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus ditangani dengan keselamatan yang tepat karena merupakan cairan yang sangat korosif. Asam klorida adalah larutan gas hidrogen klorida (HCl) dalam air. Warnanya bervariasi dari tidak berwarna hingga kuning mudah. Perbedaan warna ini tergantung pada kemurnian. Pada konsentrasi 10%, asam klorida menghasilkan bau yang sangat

mnyengat. Asam klorida bersifat sangat korotif dan bias merusak logam-logam sepertibesi dan baja (Wikipedia, 2012).

Tabel 2. Sifat – sifat fisik dan kimia Asam Klorida

Karakteristik	Asam Klorida
Nama lain	Asam hidroklorit, Anhidrous hydrogen klorida, Asam muriatic
Rumus molekul	HCl
Titik didih	-85°C (HCl gas)
Titik Leleh	-114°C (Hcl gas)
Densitas pada 25°C	1,49 g/l

(Sumber : CRC, 1994)

#### 2.3.4 Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium oksida dilarutkan dalam air. NaOH membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen. Natrium Hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

NaOH murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Ia juga larut dalam etanol dan methanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natriu hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Karakteristik sodium Hidroksida adalah seperti berikut.

Tabel 3. Karakteristik Sodium Hidroksida

Karakteristik	Sodium Hidroksida
Rumus molekul	NaOH
Massa molar	39,9971 g/mol
Penampilan	Zat padat putih
Densitas	2,1 g/cm <sup>3</sup> , padat
Titik lebur	318°C (519 K)
Titik didih	1390°C (1663 K)
Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 °C)
Kebasaan (pKb)	-2,43

(Sumber : [http://id.wikipedia.org/wiki/natrium\\_hidroksida](http://id.wikipedia.org/wiki/natrium_hidroksida))

#### 2.4. Tepung Biji Durian dan Manfaatnya

Tepung adalah partikel padat yang berbentuk butiran halus atau sangat halus. Tepung bisa berasal dari bahan nabati misalnya tepung terigu dari gandum, tapioka dari singkong, maizena dari jagung, atau hewani misalnya tepung tulang dan tepung ikan. Tepung biji durian adalah tepung yang berasal dari biji durian melalui proses penyortiran, pencucian, pengupasan, pemblansingan, perendaman, pengirisan, pengeringan, dan penepungan.

Berdasarkan komposisinya, tepung digolongkan menjadi dua, yaitu tepung tunggal adalah tepung yang dibuat dari satu jenis bahan pangan, misalnya tepung beras, tepung tapioka, tepung ubi jalar dan sebagainya, dan tepung komposit yaitu Universitas Sumatera Utara tepung yang dibuat dari dua atau lebih bahan pangan. Misalnya tepung komposit kasava-terigu-kedelai, tepung komposit jagung-beras, atau tepung komposit kasava terigu-pisang. Pada pembuatan tepung, seluruh komponen yang terkandung di dalam bahan pangan dipertahankan keberadaannya, kecuali air. Teknologi tepung merupakan salah satu proses alternatif produk setengah jadi yang dianjurkan, karena lebih tahan disimpan, mudah dicampur (dibuat komposit), diperkaya zat gizi (difortifikasi), dibentuk, dan lebih cepat dimasak sesuai tuntutan kehidupan modern yang ingin serba praktis. Dengan biji durian yang diolah menjadi tepung, dapat diolah lebih lanjut menjadi makanan seperti dodol, wajik, kue kering,

dan berbagai produk lainnya dimana bahan tepungnya dapat disubstitusi dengan tepung biji durian.

## **2.5. Proses Pengolahan Tepung Biji Durian**

Pengubahan bentuk biji durian menjadi tepung akan mempermudah pemanfaatan biji durian menjadi bahan setengah jadi yang fleksibel, karena selain tahan lama daya simpannya juga dapat dipakai sebagai panganeragaman pengolahan bahan makanan.

### **1. Penyortiran**

Pemilihan biji durian yang baik yang diambil dari buah durian yang dalam keadaan baik, tidak terserang hama maupun penyakit. Biji durian berukuran besar atau setidaknya beratnya minimal 35 gr sehingga apabila dikupas daging bijinya banyak.

### **2. Pencucian**

Biji durian yang sudah disortir kemudian dicuci berulang kali sampai bersih, setiap kali cuci airnya diganti. Pencucian ini berfungsi untuk melepaskan segala kotoran yang melekat pada biji durian, terutama untuk menghilangkan daging buah durian yang masih melekat pada bijinya (Afif, 2006).

### **3. Pengupasan**

Pengupasan yaitu proses pemisahan biji durian dari kulit arinya dengan menggunakan pisau, karena biasanya kulit bahan memiliki karakteristik yang berbeda dengan isi bahan (Sulistyowati, 2001).

### **4. Perendaman**

Kapur yang digunakan dalam membuat air kapur yang digunakan dalam proses perendaman pada tahap pembuatan tepung biji durian disebut juga kapur sirih. Sesuai dengan rumus kimia dan nama unsur penyusunnya, kapur ini dikenal dengan nama kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )

dengan air (H<sub>2</sub>O). Kapur sirih Ca(OH)<sub>2</sub> atau kalsium hidroksida merupakan zat padat yang berwarna putih dan amorf.

Perendaman dalam air kapur dalam pengolahan tepung biji durian diharapkan dapat mengurangi getah atau lendir, membuat tahan lama, mencegah timbulnya warna atau pencoklatan. Perendaman dalam larutan kapur sirih dapat berfungsi sebagai pengeras atau memberi tekstur, mengurangi rasa yang menyimpang: sepet, gatal, getir dan citarasa menyimpang dan juga menurunkan senyawa oksalat yang ada pada biji durian yang tidak baik untuk tubuh kita. Alasan lainnya digunakan air kapur dalam proses pembuatan tepung biji durian ini adalah harganya yang murah dan terjangkau serta mudah didapatkan, juga sifatnya yang mudah larut dalam air.

#### 5. Pengirisan

Biji durian yang telah direndam dalam air kapur dicuci kembali dengan air bersih, kemudian diiris tipis dengan menggunakan pisau atau alat pengiris. Tujuan pengirisan ini adalah untuk mempercepat proses pengeringan.

#### 6. Pengeringan

Pengeringan dilakukan secara langsung dengan menggunakan tenaga matahari, proses penjemuran dilakukan sampai kering. Karena dengan daging biji yang kering tersebut guna mempermudah dalam proses penepungan pada biji durian. Pengeringan adalah menghilangkan atau mengurangi kadar air bahan agar mikroba penyebab penyakit tidak bisa hidup, sehingga bahan pangan menjadi awet dan tahan lama. Pengurangan air menurunkan bobot dan memperkecil volume pangan sehingga mengurangi biaya pengangkutan dan penyimpanan. Selama pengeringan terjadi perubahan fisik dan kimiawi yang tidak semuanya diinginkan. Selain penyusutan volume, pangan dapat mengalami perubahan warna yang tidak disukai seperti pencoklatan, dapat pula terjadi penurunan nilai gizi, aroma dan rasa, dan kemampuan menyerap air.

## 7. Penepungan

Irisan biji durian yang sudah kering ditumbuk atau dihaluskan untuk memperkecil ukuran partikel, hingga menjadi bubuk halus/tepung. Kemudian diayak sehingga diperoleh hasil berupa tepung yang halus dan homogen.

## 8. Penyimpanan

Tepung biji durian agar tahan lama dalam penyimpanannya disimpan dalam tempat yang rapat, tidak lembab suhunya. Apabila suhunya lembab dan tidak rapat akan mengakibatkan kerusakan pada tepung seperti ditumbuhi jamur atau kutu. Sehingga penyimpanannya dapat dilakukan dalam kantong plastik, karung kain kantong besar.

## **2.6. Fermentasi**

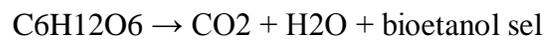
### **2.6.1. Proses Fermentasi**

Fermentasi berasal dari bahasa Latin *fervere* 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 pengubahan glukosa menjadi alkohol yang berlangsung secara anaerob. Namun, kemudian istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme yang melibatkan enzim yang dihasilkannya. Dengan kata lain, fermentasi adalah perubahan struktur kimia dari bahan-bahan organik dengan memanfaatkan agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis. Produk fermentasi dapat digolongkan menjadi 4 jenis:

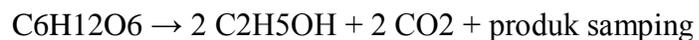
1. produk bioetanol
2. produk enzim
3. produk metabolit
4. produk transformasi

Dalam bioproses fermentasi memegang peranan penting karena merupakan kunci (proses utama) bagi produksi bahan-bahan yang berbasis biologis. Bahan-bahan yang dihasilkan melalui fermentasi merupakan hasil-hasil metabolit sel mikroba, misalnya antibiotik, asam-asam organik, aldehid, alkohol, fassel oil, dan sebagainya.

bioetanol sel mikroba seperti ragi roti (baker yeast) yang digunakan dalam pembuatan roti. Untuk menghasilkan tiap-tiap produk fermentasi di atas dibutuhkan kondisi fermentasi yang berbeda-beda dan jenis mikroba yang bervariasi juga karakteristiknya. Oleh karena itu, diperlukan keadaan lingkungan, substrat (media), serta perlakuan (treatment) yang sesuai sehingga produk yang dihasilkan optimal. Pada percobaan ini digunakan ragi *Saccharomyces cereviceae*, yang bersifat fakultatif anaerobik. Pada kondisi aerobik sebagai akseptor elektron terakhir pada jalur reaksi bioenergetik adalah oksigen. Pemanfaatan pada keadaan ini menghasilkan penambahan biomassa sel dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Pada kondisi anaerobik, *Saccharomyces cereviceae* menggunakan senyawa organik sebagai akseptor elektron terakhir pada jalur reaksi bioenergetik. Dalam hal ini yang digunakan adalah glukosa dari substrat dengan hasil akhir perombakan berupa alkohol (etanol), aldehid, asam organik, dan fassel oil. Reaksi yang berlangsung dalam keadaan anaerobik tersebut adalah sebagai berikut:



Pada percobaan ini digunakan glukosa sebagai substrat utama. Hal ini disebabkan struktur model glikosa yang sederhana sehingga mudah digunakan oleh *Saccharomyces cereviceae*. Glukosa digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon yang digunakan untuk membentuk material penyusun sel baru. Glukosa disebut juga reducing sugar sehingga pemanfaatannya oleh *Saccharomyces cereviceae* dilakukan dengan mengoksidasi glukosa yaitu dengan cara pemutusan ikatan rangkap pada gugus karbonil glukosa. Media yang digunakan di dalam fermentasi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Mengandung nutrisi yang dibutuhkan bagi pertumbuhan sel *Saccharomyces cereviceae*
2. Mengandung nutrisi yang dapat digunakan sebagai sumber energi bagi sel *Saccharomyces cereviceae*
3. Tidak mengandung zat yang menghambat pertumbuhan sel
4. Tidak terdapat kontaminan yang dapat meningkatkan persaingan dalam penggunaan substrat.

Oleh karena itu, selain glukosa, ke dalam medium fermentasi juga ditambahkan zat-zat lain yang berfungsi sebagai sumber makronutrien dan mikronutrien serta growth factor.

Proses pertumbuhan mikroba sangat dinamik dan kinetiknya dapat digunakan untuk meramal produksi bioetanol dalam suatu proses fermentasi. Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan dan perilaku mikroba dapat digolongkan dalam faktor intraseluler dan faktor ekstraseluler. Faktor intraseluler meliputi struktur, mekanisme, metabolisme, dan genetika. Sedangkan faktor ekstraseluler meliputi kondisi lingkungan seperti pH, suhu, tekanan.

Proses pertumbuhan mikroba merupakan proses yang memiliki batas tertentu. Pada saat tertentu, setelah melewati tahap minimum, mikroba akan mengalami fasa kematian. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan berhentinya pertumbuhan mikroba antara lain:

1. Penyusutan konsentrasi nutrisi yang dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroba karena habis dikonsumsi.
2. Produk akhir metabolisme yang menghambat pertumbuhan mikroba karena terjadinya inhibisi dan represi.

Pertumbuhan kultur mikroba umumnya dapat digambarkan dalam suatu kurva pertumbuhan. antara lain:

1. Fasa stationer adalah fasa yang disebut fasa adaptasi/ lag phase. Pada saat ini mikroba lebih berusaha menyesuaikan diri dengan lingkungan dan medium baru daripada tumbuh ataupun berkembang biak. Pada saat ini mikroba

berusaha merombak materi-materi dalam medium agar dapat digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhannya. Bila dalam medium ada komponen yang tidak dikenal mikroba, mikroba akan memproduksi enzim ekstraselular untuk merombak komponen tersebut. Fasa ini juga berlangsung seleksi. Hanya mikroba yang dapat mencerna nutrisi dalam medium untuk pertumbuhannya lah yang dapat bertahan hidup.

2. Fasa pertumbuhan dipercepat adalah fasa dimana mikroba sudah dapat menggunakan nutrisi dalam medium fermentasinya. Pada fasa ini mikroba banyak tumbuh dan membelah diri sehingga jumlahnya meningkat dengan cepat.

Laju pertumbuhan  $\frac{dX}{dt}$

$\mu$

$\mu$  = meningkat mencapai nilai maksimumnya.

$\mu$  = laju pertumbuhan mikroba (sel/detik)

X = jumlah mikroba hidup Panduan Pelaksanaan Laboratorium Instruksional I/II

3. Fasa eksponensial adalah akhir fasa pertumbuhan dipercepat. Pada fasa ini laju pertumbuhan tetap pada laju pertumbuhan maksimum ( $\mu_{maks}$ ). Nilai  $\mu_{maks}$  ini ditentukan oleh konstanta jenuh/ saturasi substrat. Nilai  $\mu_{maks}$  untuk setiap mikroba juga tertentu pada masing-masing substrat.
4. Fasa pertumbuhan diperlambat mulai pada akhir fasa eksponensial. Pertumbuhan mikroba yang begitu cepat tidak diimbangi tersedianya nutrisi yang cukup. Jika fermentasi dilakukan secara batch, dimana umpan nutrisi dimasukkan hanya pada awal proses fermentasi, pada waktu tertentu saat jumlah mikroba yang mengkonsumsi nutrisi tersebut melebihi daya dukung nutrisi akan terjadi kekurangan nutrisi. Hal lain yang memperlambat pertumbuhan mikroba adalah terjadinya inhibisi ataupun represi yang terjadi karena terakumulasinya produk metabolit sekunder hasil aktifitas fermentasi mikroorganisme.

5. Fasa kematian terjadi apabila nutrisi sudah benar-benar tidak dapat lagi mencukupi kebutuhan mikroorganisme. Keadaan ini diperparah oleh akumulasi produk metabolit primer dan sekunder yang tidak dipanen sehingga terus menghambat atau menekan pertumbuhan sel mikroorganisme. Selain itu umur sel juga sudah tua, sehingga pertahanan sel terhadap lingkungan yang berbeda dari kondisi biasanya juga berkurang.

Dalam percobaan ini, proses fermentasi ragi tersebut melalui 4 tahapan:

1. tahap persiapan medium fermentor
2. tahap sterilisasi
3. tahap pembuatan inokulum dan pengembangan starter
4. tahap pelaksanaan fermentasi

#### ❖ Tahap Persiapan Medium Fermentasi

Medium yang digunakan adalah medium cair yang terdiri dari 2 macam larutan. Larutan pertama berisi garam-garam nutrisi untuk pertumbuhan ragi, sedangkan larutan kedua adalah substrat yang umumnya berupa larutan glukosa dalam air. Nutrisi yang diperlukan dalam medium pertumbuhan ragi antara lain unsur N, S, O, H, Mg, K, Ca. Glukosa berfungsi sebagai sumber karbon dan sumber energi. Kadar senyawa-senyawa yang diperlukan supaya medium dapat mendukung pertumbuhan ragi secara optimal harus ditentukan berdasarkan komposisi masing-masing unsur dalam sel ragi yang telah banyak diteliti dan dibuktikan.

Adapun komponen dari media yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### **a. Substrat utama**

Sebagai substrat utama digunakan larutan glukosa. Karena glukosa adalah substrat utama, maka pertumbuhan biomassa sel *Saccharomyces cerevisiae* merupakan fungsi dari konsentrasi glukosa. Hasil perombakan glukosa oleh sel adalah berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

## **b. Sumber makronutrien, mikronutrien, dan growth factor**

Sebagai sumber makronutrien, mikronutrien, dan growth factor umumnya Laboratorium Mikrobiologi dan teknologi Bioproses Dept.

menggunakan zat-zat sebagai berikut:

1.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sebagai sumber nitrogen yang berguna bagi pembentukan asam nukleat dan asam-asam amino.
2.  $\text{K}_2\text{SO}_4$  sebagai sumber  $\text{K}^+$  yang merupakan kofaktor enzim
3.  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  sebagai sumber Na dan P. Na berfungsi sebagai kofaktor dan P berguna untuk sintesis asam nukleat, ATP, fosfolipid, dan senyawa yang mengandung fosfor lainnya.
4.  $\text{MgSO}_4$  sebagai sumber Mg yang berperan di dalam stabilisasi ribosom, stabilisasi membran dan dinding sel, serta berfungsi sebagai kofaktor enzim.
5.  $\text{CaCl}_2$  sebagai sumber Ca untuk stabilisasi dinding sel.
6.  $\text{ZnSO}_4$  sebagai sumber Zn yang berfungsi sebagai regulator enzim
7.  $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)$  sebagai sumber Fe, makronutrien pembentuk sitokrom pembawa elektron dalam jalur transportasi elektron.
8.  $\text{CuSO}_4$  sebagai sumber Cu yang berperan penting dalam reaksi redoks metabolisme.
9. yeast extract sebagai penyedia asam-asam amino tunggal, growth factor dan berbagai vitamin yang dibutuhkan sel
10. aqua dm, sebagai media pelarut dan pengaduk dalam transportasi senyawa.

Setelah medium substrat dan medium nutrisi dicampurkan, diusahakan pH tetap 4-5 yang merupakan pH optimal pertumbuhan sel ragi.

### **❖ Tahap Sterilisasi**

Sterilisasi dilakukan terhadap bahan dan alat sehingga terbebas dari kontaminasi mikroorganisme lain. Sterilisasi perlu dilakukan karena kontaminasi mikroba lain akan memberikan dampak yang tidak menguntungkan sebagai berikut:

1. Kontaminan meningkatkan persaingan di dalam mengkonsumsi substrat sehingga akan mengurangi perolehan.
2. Kontaminan dapat menghambat proses metabolisme sel sehingga akan mengurangi Perolehan.
3. Kontaminan meningkatkan turbiditas sehingga dapat mengacaukan pengukuran terhadap jumlah sel setiap saat.

Pada percobaan ini proses sterilisasi dilakukan di laboratorium dengan menggunakan autoclave. Autoclave melakukan sterilisasi dengan menggunakan panas lembab. Keuntungan penggunaan panas lembab dalam proses sterilisasi adalah kelembaban mempermudah proses denaturasi protein sel kontaminan. Autoclave dioperasikan pada tekanan 15 psia dan temperatur 121 °C selama 15 menit. Pada saat sterilisasi beberapa lubang pada fermentor ditutup dengan kapas. Tujuannya adalah untuk mengalirkan udara panas dari dalam fermentor sehingga tidak terjadi tekanan yang terlalu tinggi di dalam fermentor selama sterilisasi. Sedangkan tujuan lain penggunaan kapas adalah agar kehilangan uap air selama sterilisasi minimal. Hal yang perlu ditekankan pada sterilisasi medium ini adalah larutan nutrisi tidak boleh disterilisasi bersamaan dengan larutan glukosa agar tidak terjadi proses karamelisasi. Karamelisasi disebut juga proses reduksi Maillard. Proses ini terjadi karena gugus karbonil pada glukosa bereaksi dengan gugus amonium atau protein dari medium. sehingga membentuk nitrogen hitam. Senyawa ini tidak dapat dioksidasi mikroba dan disebut unfermented substrate. Akibat reaksi ini glukosa tidak dapat diuraikan oleh sel ragi, bahkan menjadi inhibitor terhadap sel ragi tersebut.

Reaksi karamelisasi glukosa ini berlangsung sebagai berikut:



Karena itu, proses sterilisasi dilakukan terpisah. Larutan nutrisi dimasukkan dalam fermentor dan disterilisasi sekaligus bersama fermentornya. Larutan glukosa disterilisasi sendiri dalam erlenmeyer. Setelah fermentor dan medium steril dingin, larutan glukosa steril dimasukkan secara aseptik ke dalam fermentor. Kemudian pH

diatur sampai 4,5 dengan menambahkan HCH steril 1 N. Nilai 4,5 adalah pH optimum pertumbuhan ragi.

#### ❖ **Tahap Penyiapan Inokulum**

Setelah seluruh alat dan bahan steril, dilakukan inokulasi *Saccharomyces cereviceae* dari biakan murni. Yang digunakan sebagai inokulum adalah biakan ragi pada agar miring. Komposisi medium starter adalah sama dengan komposisi media fermentasi dengan penambahan growth factor. Inokulum tersebut dimasukkan dalam campuran larutan nutrisi dan substrat yang diambil sebagian dari fermentor dan dimasukkan dalam labu erlenmeyer 150 mL. Tujuan dibiakkannya ragi dalam starter adalah mengadaptasikan sel terhadap media fermentasi. Dengan adanya adaptasi pada starter ini diharapkan lag phase sebagai tahap awal fermentasi dilewati. Biakan diusahakan tepat berada pada akhir fasa logaritmik. Dengan demikian pertumbuhan sel ragi akan maksimum dalam waktu yang relatif singkat.

Inokulasi *Sacchromycess cereviceae* dilakukan secara aseptis untuk menjaga kemurnian biakan. Setelah dimasukkan dalam medium, inokulum tersebut diletakkan dalam alat shaker selama, paling cepat, 16 jam. Fungsi shaker adalah mempermudah difusi oksigen ke dalam medium sehingga kontak antara dan inokulum makin banyak dan homogen. Hal ini penting dilakukan untuk menjaga kondisi biakan tetap aerobik. Jika difusi oksigen dalam medium lancar, kadar DO (oksigen terlarut) dalam medium akan cukup mendukung pertumbuhan sel secara aerobik. Jika sel hidup secara aerobik,

#### ❖ **Tahap Pelaksanaan Fermentasi**

Tahap ini dimulai saat inokulum yang telah beradaptasi dalam medium dimasukkan dalam medium di fermentor. Pada praktikum ini fermentor yang dipakai bervolume 5 liter. Fermentor adalah suatu reaktor yang dipersiapkan untuk melakukan reaksi fermentasi yang dilengkapi dengan pengaduk, saluran aerasi, dan perlengkapan lainnya. Pelaksanaan fermentasi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Nutrisi, substrat, dan inokulan dimasukkan ke dalam fermentor yang dilakukan secara aseptis. Nutrisi dimasukkan ke dalam fermentor sebelum disterilisasi dalam autoclave. Substrat dan inokulan dimasukkan dengan cara memanaskan mulut inlet dengan kapas yang dibakar kemudian medium dan inokulum dimasukkan ke dalam fermentor.

2. Kemudian dilakukan kecepatan aerasi dan agitasi. Aerasi berfungsi sebagai penyuplai oksigen untuk sel ragi dalam bentuk gelembung gas. Aerasi diatur pada kecepatan skala 9. Laju oksigen yang disuplai ke dalam fermentor dijaga stabil. Fluktuasi laju alir oksigen ini dapat menurunkan unjuk kerja fermentor karena laju transfer O<sub>2</sub> tidak tetap sehingga metabolisme sel ragi terganggu karena kadar DO yang tidak stabil. Agitasi berfungsi sebagai alat penghomogen larutan fermentasi. Agitasi dilakukan pada kecepatan 600 rpm. Pengadukan dilakukan oleh impeller yang berjumlah 3 buah. Semakin banyak impeller di dalam fermentor semakin homogen larutan tersebut.

Laju alir udara dan pengadukan saling terkait satu sama lain. Pengaliran udara berfungsi untuk menjaga suplai oksigen agar tetap sedangkan pengadukan akan meningkatkan laju dispersi oksigen ke dalam larutan dan meratakan kadar oksigen di seluruh medium fermentasi. Di pinggiran fermentor juga terdapat baffle yang berfungsi mencegah terjadinya vortex (pusaran air) sehingga dapat meningkatkan efisiensi aerator. Pengaturan udara keluar dan masuk fermentor dilakukan sedemikian rupa sehingga kontaminasi dapat diminimalkan, yaitu dengan cara menggunakan filter mikroba kapas pada aliran masuk dan menggunakan larutan CuSO<sub>4</sub> yang bersifat oligodinamik dan mampu membunuh mikroba kontaminan. Pencampuran inokulum ke dalam medium fermentor dilakukan secara aseptik dengan menyalakan api di sekitar tempat pemasukan inokulum. Sebaiknya, sebelum proses fermentasi dimulai, ke dalam medium fermentor ditambahkan zat antifoam. berfungsi mencegah terjadinya foaming. Zat antifoam yang banyak digunakan di industri adalah silicon. Foaming terjadi karena protein terdenaturasi dalam medium fermentasi. Selain menggunakan zat kimia, foaming juga dapat dicegah secara mekanik dengan

mengatur putaran agitator. Hal ini lebih sering dilakukan karena zat kimia yang terlalu banyak ditambahkan ke dalam medium dapat menjadi inhibitor bagi pertumbuhan mikroba. Pada awal fermentasi diusakan pH medium adalah 4,5 yang optimal bagi pertumbuhan ragi. Selama fermentasi pH medium sangat mungkin mengalami penurunan karena terbentuknya asam organik sebagai produk samping fermentasi. Karena itu pH medium harus dipantau, jangan sampai terlalu drop yang akan mengakibatkan sel ragi mati.

Langkah – langkah utama yang perlu dilakukan dalam fermentasi diantaranya:

- a. Seleksi mikroba atau enzim yang sesuai dengan tujuan.
- b. Seleksi media sesuai dengan tujuan.
- c. Sterilisasi semua bagian penting untuk mencegah kontaminasi oleh mikro yang tidak dikehendaki.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi yaitu antara lain :

1. pH  
mikrobia tertentu dapat tumbuh pada kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan. pH mempengaruhi pertumbuhan khamir dan produk yang dihasilkan. Khamir yang digunakan adalah *saccharomyces cerevisiae*. *saccharomyces cerevisiae* tumbuhan atau perkembangan biak dalam pH 3 – 6.
2. Suhu  
Suhu yang digunakan selama fermentasi akan mempengaruhi mikrobia yang berperan dalam proses fermentasi suhu optimim 25-30<sup>0</sup>C.
3. Oksigen  
Pengaturan udara akan mempengaruhi populasi mikrobia dalam substrat.
4. Substrat  
Mikrobia memerlukan substrat yang mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan untuk pertumbuhannya. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai.

## 2.7 Kurva Pertumbuhan Mikroba

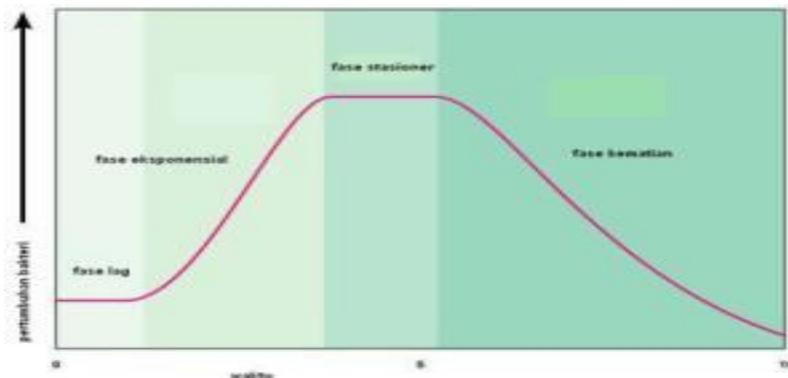
Pertumbuhan mikroba memiliki 5 fase, yaitu fase lag (adaptasi/penyesuaian), fase eksponensial (logaritmik), fase pengurangan pertumbuhan, fase stasioner dan yang terakhir fase kematian.

### 2.7.1. Fase Lag

Pada fase ini perubahan bentuk dan pertumbuhan jumlah individu tak secara nyata terlihat. Karena fase ini dapat juga dinamakan sebagai fase adaptasi (penyesuaian). maka dari itu apabila dilihat pada kurva pertumbuhan mikroba, grafik selama fase ini umumnya mendatar. Ini disebabkan tidak atau belum adanya sumber nutrisi untuk makanan mikroba.

### 2.7.2. Fase Eksponensial atau Logaritmik

Setelah setiap individu mengalami penyesuaian diri dengan lingkungan baru selama fase lag, maka mulailah mengadakan perubahan bentuk dan meningkatkan jumlah sel sehingga apabila dilihat dalam kurva akan tampak meningkat dengan tajam. Namun peningkatan ini harus diimbangi dengan beberapa faktor, diantaranya adanya kandungan sumber nutrisi sebagai bahan makanan pada mikroba tersebut. Apabila tidak ada kandungan sumber nutrisi maka mikroba tidak akan berkembang biak dan kurva juga tidak akan menunjukkan peningkatan.



### **2.7.3. Fase Pengurangan Pertumbuhan**

Berupa titik puncak dari fase eksponensial sebelum mengalami fase stasioner. Dimana penambahan jumlah individu mulai berkurang dan ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya berkurangnya sumber nutrisi yang ada di dalam media sehingga mikrobia tidak akan bisa meningkatkan jumlahnya. Dan faktor lainnya adalah jumlah kejenuhan pertumbuhan jasad.

### **2.7.4. Fase Stasioner**

Yaitu mengalami pengurangan sumber nutrisi. Artinya, sumber nutrisi yang ada untuk mikrobia mengalami kehabisan atau tidak ada yang menambahi sehingga mikrobia tidak bisa melakukan pertumbuhan namun juga tidak secara langsung mengalami kematian. Maka dari itu kurva grafik mendatar, artinya tidak naik karena tidak adanya pertumbuhan dan tidak turun karena tidak secara langsung mengalami kematian.

### **2.7.5. Fase Kematian**

Grafik menunjukkan penurunan secara tajam karena merupakan akhir dari suatu jumlah individu yang kembali ke titik awal. Ini disebabkan mikrobia sudah tidak mampu bertahan hidup selama stasioner (yang tidak mendapatkan sumber nutrisi).

## **2.8. Proses Hidrolisis**

Prinsip dari hidrolisis pati pada dasarnya adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa ( $C_6H_{12}O_6$ ). Pemutusan rantai polimer tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode, misalnya secara enzimatis, kimiawi ataupun kombinasi keduanya. Hidrolisis secara enzimatis memiliki perbedaan mendasar dibandingkan hidrolisis secara kimiawi dan fisik dalam hal spesifitas pemutusan rantai polimer pati. Hidrolisis secara kimiawi dan fisik akan memutus rantai polimer secara acak, sedangkan hidrolisis enzimatis akan memutus rantai polimer secara

spesifik pada percabangan tertentu. Enzim yang digunakan adalah alfa-amilase pada tahap likuifikasi, Sedangkan tahap sakarifikasi digunakan enzim glukoamilase. Berdasarkan penelitian, penggunaan  $\alpha$ -amilase pada tahap likuifikasi menghasilkan DE tertinggi.

## **2.8. Proses Hidrolisis**

Produk cairan ( filtrat ) hasil perasan akan dilakukan proses hidrolisis untuk merubah pati menjadi glukosa. Dari tangki penampung larutan dialirkan ke tangki pemasakan. Pada tahap pemasakan, larutan dipanaskan sampai suhu 95-96,5°C. Suhu tangki tetap dijaga 95-96,5°C berfungsi untuk memperpanjang waktu tinggal kerja enzim supaya efektif. Proses pemasakan dilakukan selama  $\pm 2$  jam dengan pengadukan terus-menerus. Kemudian dilakukan tes iod pada larutan yaitu tes yang dilakukan untuk mengetahui sudah sempurna tidaknya enzim dalam mengubah pati menjadi dekstrin sambil suhunya tetap dipertahankan 95-96,5°C dan diatur pHnya sesuai pH standar enzim liquozyme yaitu 5-6. Jika tes iod negatif berarti dalam larutan tidak ada kandungan amilumnya. Jika pada saat dilakukan tes iod, larutan berwarna coklat berarti tes iod negatif. Jika yang digunakan proses Enzimatis, Enzim yang digunakan adalah alfa-amilase pada tahap likuifikasi sedangkan tahap sakarifikasi digunakan enzim glukoamilase. Untuk per ton pati diperlukan enzim liquifaction (alfa-amilase sebanyak 1.15 kg dan enzim glukoamilase 0,85 kg). Dan apabila yang digunakan proses asam dapat menggunakan asam sulfat atau asam klorida (kebutuhan tiap tonnya 20 kg). Pada proses ini bahan baku akan dipanaskan secara langsung pada tungku pembakaran yang dirancang secara khusus dan dilengkapi dengan cerobong asap.

### **2.8.1. Reaksi Hidrolisis**

Pencampuran larutan asam dengan larutan basa akan menghasilkan garam dan air. Namun demikian, garam dapat bersifat asam, basa maupun netral. Sifat garam bergantung pada jenis komponen asam dan basanya. Garam dapat terbentuk dari

asam kuat dengan basa kuat, asam lemah dengan basa kuat, asam kuat dengan basa lemah, atau asam lemah dengan basa lemah. Jadi, sifat asam basa suatu garam dapat ditentukan dari kekuatan asam dan basa penyusunnya. Sifat keasaman atau kebasaaan garam ini disebabkan oleh sebagian garam yang larut bereaksi dengan air. Proses larutnya sebagian garam bereaksi dengan air ini disebut *hidrolisis* (hidro yang berarti air dan lisis yang berarti peruraian).

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul air ( $H_2O$ ) menjadi kation hidrogen ( $H^+$ ) dan anion hidroksida ( $OH^-$ ) melalui suatu proses kimia. Proses ini biasanya digunakan untuk memecah polimer tertentu, terutama yang dibuat melaluipolimerisasi tumbuh bertahap (*step-growth polimerization*).

Hidrolisis berbeda dengan hidrasi. Pada hidrasi, molekul tidak terpecah menjadi dua senyawa baru. Hidrolisis merupakan reaksi penguraian garam oleh air atau reaksi ion-ion garam dengan air. Pada penguraian garam ini, dapat terjadi beberapa kemungkinan, yaitu :

- Ion garam bereaksi dengan air menghasilkan ion H
- Ion garam bereaksi dengan air menghasilkan ion  $H^+$ , sehingga menyebabkan  $[H^+]$  dalam air bertambah dan akibatnya  $[H^+] > [OH^-]$ , maka larutan bersifat asam.
- Ion garam tersebut tidak bereaksi dengan air, sehingga  $[H^+]$  dalam air akan tetap sama dengan  $[OH^-]$ , maka air akan tetap netral ( $pH = 7$ ).

Ion garam dianggap bereaksi dengan air, bila ion tersebut dalam reaksinya menghasilkan asam lemah atau basa lemah, sebab bila menghasilkan asam atau basa kuat maka hasil reaksinya akan segera terionisasi sempurna dan kembali menjadi ion-ionnya. Jika ditinjau dari asam dan basa pembentuknya ada empat jenis garam yang dikenal, yaitu ;

1. Garam yang terbentuk dari asam lemah dengan basa kuat
2. Garam yang terbentuk dari asam kuat dengan basa lemah
3. Garam yang terbentuk dari asam lemah dengan basa lemah
4. Garam yang terbentuk dari asam kuat dengan basa kuat

### 2.8.2. Mekanisme Reaksi Hidrolisis

Reaksi Hidrolisis terjadi ketika suatu asam bertemu dengan basa yang akan menghasilkan garam dan air yang merubah pH dari campuran tersebut. Dalam reaksi hidrolisis, terjadi penarikan  $H^+$  dan  $OH^-$  dari senyawa asam dan basa.  $H^+$  dan  $OH^-$  berikatan menjadi air. Sedangkan pembentuk senyawa asam dan basa yang lain bersatu membentuk dari garam campuran asam basa tersebut. Garam tersebut dapat bersifat asam atau basa atau netral tergantung dari sifat – sifat para campurannya apakah asam kuat, asam lemah, basa kuat, basa lemah.

Contohnya Ketengikan disebabkan oleh adanya perubahan yang terjadi dari reaksi dengan oksigen di udara-sehingga disebut ketengikan oksidatif. Off flavour dihasilkan oleh reaksi hidrolisis yang dikatalis oleh enzim-sehingga disebut ketengikan hidrolisis. Reaksi hidrolisis dan efek absorpsi dapat dikurangi dengan penyimpanan dingin, transportasi yang baik, pengemasan yang hati-hati dan sterilisasi sementara ketengikan oksidatif tidak dapat dikurangi dengan merendahkan temperatur ruang penyimpanan.

Pada reaksi hidrolisis akan dihasilkan gliserida dan asam lemak bebas dengan rantai pendek (C4 - C12). Akibat yang ditimbulkan dari reaksi ini adalah terjadinya perubahan bau dan rasa dari minyak atau lemak, yaitu timbulnya rasa tengik (Djarmiko dan Pandjiwidjaja, 1984). Ketengikan oksidasi yang umum dijumpai yaitu reaksi oksidasi pada ikatan rangkap dari asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh mempunyai ikatan rangkap yang mempengaruhi reaksi ini menyebabkan lemak menjadi keras dan kental. Peroksida merupakan hasil antara yang biasanya dipakai sebagai ukuran tingkat ketengikan (Kaced, et al., 1984). Ketengikan oksidatif merupakan reaksi autocatalytic dimana laju reaksi meningkat sejalan dengan meningkatnya waktu penyimpanan. Hal ini disebabkan karena adanya hasil oksidasi awal yang dapat mempercepat reaksi oksidasi selanjutnya, dan reaksi ini dikenal sebagai reaksi berantai (Schultz, et.al., 1962).

Ketengikan hidrolisis disebabkan oleh hidrolisis trigliserida, adanya uap air dan pembebasan asam lemak bebas. Dalam reaksi hidrolisis, lemak dan minyak akan

diubah menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis mengakibatkan kerusakan lemak dan minyak. Ini terjadi karena terdapat sejumlah air dalam lemak dan minyak tersebut.

Kerusakan lemak yang utama adalah timbulnya bau dan rasa tengik yang disebut proses ketengikan. Hal ini disebabkan oleh proses otooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh dalam minyak. Otooksidasi dimulai dengan pembentukan faktor-faktor yang dapat mempercepat reaksi seperti cahaya, panas, peroksida lemak atau hidroperoksida, logam-logam berat, dan enzim-enzim lipoksidase.

Oksidasi dapat berlangsung bila terjadi kontak antara sejumlah oksigen dengan lemak atau minyak. terjadinya reaksi oksidasi ini akan mengakibatkan bau tengik pada lemak atau minyak. Reaksi oksidasi lemak akan berlangsung dalam tiga tahap. Pada tahap permulaan terjadi reaksi pembentukan radikal lemak bebas dan pemisahan hidrogen dari lemak yang tidak jenuh.

### **2.8.3. Manfaat Reaksi Hidrolisis**

Reaksi hidrolisis digunakan untuk menetralkan suatu campuran asam dan basa yang menghasilkan air dan garam. Salah satu hasil dari reaksi hidrolisis yaitu terbentuknya garam yang biasa dijumpai di dapur (NaCl) yang merupakan produk dari reaksi asam basa



Reaksi hidrolisis digunakan untuk merubah pH suatu larutan.

Garam yang menghasilkan larutan basa, dihasilkan dari suatu reaksi antara asam lemah dan basa kuat. Garam yang menghasilkan larutan asam dihasilkan dari suatu reaksi antara asam kuat dan basa lemah.

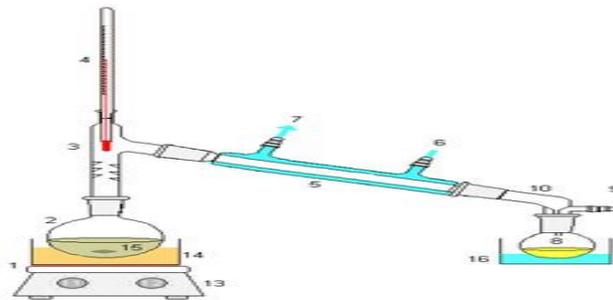
Selain menghasilkan garam, reaksi hidrolisis dapat digunakan dalam bidang pertanian. Agar tanaman tumbuh dengan baik, maka pH tanaman harus dijagam pH tanah di daerah pertanian harus disesuaikan dengan pH tanamannya. Oleh karena itu diperlukan pupuk yang dapat menjaga pH tanah agar tidak terlalu asam atau basa. Biasanya para petani menggunakan pelet padat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  untuk menurunkan pH

tanah. Garam  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  bersifat asam, ion  $\text{NH}_4^+$  akan terhidrolisis dalam tanah membentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{H}^+$  yang bersifat asam.

Hidrolisis pun dapat digunakan dalam proses pembuatan suatu larutan yang digunakan dalam rumah tangga. Kita sering memakai bayclin atau sunclin untuk memutihkan pakaian kita. Produk ini mengandung kira-kira 5 % NaOCl yang sangat reaktif sehingga dapat menghancurkan pewarna, sehingga pakaian menjadi putih kembali. Garam ini terbentuk dari asam lemah HOCl dengan basa kuat NaOH. Ion  $\text{OCl}^-$  terhidrolisis menjadi HOCl dan  $\text{OH}^-$ , sehingga garam NaOCl bersifat basa.

### 1.7. Distilasi

Distilasi merupakan metode operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah berdasarkan titik didih masing - masing komponen. Distilasi ini bertujuan untuk memurnikan etanol hasil dari fermentasi agar mendapatkan bioetanol yang murni. Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan penguapan atau perbedaan penguapan bahan. Dalam penyulingan. Campuran zat dididih sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembalikedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Tujuan dari distilasi adalah memisahkan cairan yang lebih mudah menguap dari zat - zat yang sukar menguap atau yang lebih umum adalah untuk memisahkan dua atau lebih cairan yang mempunyai titik didih berbeda dan dinyatakan sebagai distilasi fraksionasi.



Suatu campuran yang berupa cairan (15) dimasukkan ke dalam labu (2) yang dipanaskan melalui penangas (14) dengan *heater* (13). Suhu pemanasan dapat diatur dengan mengamati termometer (4). Pada saat dipanaskan, sedikit demi sedikit campuran akan menguap. Uap kemudian naik melalui pipa (3) dan mengalir menuju pendingin / kondenser (5). Pendinginan uap adalah dengan cara mengalirkan air melalui dinding pendingin. Setelah melalui pendingin, uap akan mengembun membentuk cairan kembali dan melaju ke adaptor (10) dan menetes ke labu destilat (8).

Proses distilasi merupakan salah satu cara atau metode pemisahan komponen cair-cair yang saling melarut dan mudah menguap, yang bergantung pada distribusi dari beragam komponen-komponen antara fasa uap dan cair. Pemisahan secara distilasi digunakan untuk komponen-komponen campuran yang memiliki perbedaan titik didih yang cukup jauh, apabila titik didihnya berdekatan pemisahan secara distilasi tidak dapat dilakukan karena struktur kimia dan tekanan uap komponen yang hampir sama. Persyaratan dasar untuk proses pemisahan dengan distilasi yaitu komposisi uapnya berbeda dari komposisi cairannya, dimana uap akan berada dalam kesetimbangan dengan cairan pada titik didihnya.

Pada umumnya proses distilasi dalam skala industri dilakukan dalam menara, oleh karena itu unit proses dari distilasi ini sering disebut sebagai menara distilasi (MD). MD biasanya berukuran 2-5 meter dalam diameter dan tinggi berkisar antara 6-15 meter. Masukan dari MD biasanya berupa cair jenuh (cairan yang dengan berkurang tekanan sedikit saja sudah akan terbentuk uap) dan memiliki dua arus keluaran, arus yang diatas adalah arus yang lebih volatil (lebih ringan/mudah menguap) dan arus bawah yang terdiri dari komponen berat. MD terbagi dalam 2 jenis kategori besar:

1. Menara Distilasi tipe Stagewise, MD ini terdiri dari banyak plate yang memungkinkan kesetimbangan terbagi-bagi dalam setiap platnya.
2. Menara Distilasi tipe Continuous, yang terdiri dari packing dan kesetimbangan cair-gasnya terjadi di sepanjang kolom.

Secara sederhana distilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi etanol berarti memisahkan etanol dengan air. Air mendidih pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu ini air yg berada pada bentuk/fase cair akan berubah menjadi uap/fase gas. Meskipun kita panaskan terus suhu tidak akan naik (asal tekanan sama). Air akan terus berubah jadi uap dan lama kelamaan habis. Etanol mendidih pada suhu  $79^{\circ}\text{C}$ . Seperti halnya air, etanol berubah dari cair menjadi uap. Ada perbedaan suhu cukup besar dan ini dijadikan dasar untuk memisahkan etanol dari air. Jadi prinsip kerja distilasi etanol kurang lebih seperti ini. Pertama cairan fermentasi dipanaskan sampai suhu titik didih etanol. Kurang lebih  $79^{\circ}\text{C}$ , tapi biasanya pada suhu  $80-81^{\circ}\text{C}$ . Etanol akan menguap dan uap etanol ditampung/dialurkan melalui tabung. Di tabung ini suhu uap etanol diturunkan sampai di bawah titik didihnya. Etanol akan berubah lagi dari fase gas ke fase cair. Selanjutnya etanol yang sudah mencair ditampung di bak-bak penampungan. Jika kita perhatikan, termometer akan bergerak ke suhu kesetimbangan air-etanol, sekitar  $80^{\circ}\text{C}$ . Jarum termometer akan tetap pada suhu ini sampai kadar etanolnya berkurang. Jarum termometer akan bergerak naik, ini menunjukkan kalau kadar etanolnya mulai berkurang. Dalam proses ini pengaturan suhu adalah bagian paling penting. Kalau kita bisa mempertahankan suhu pada titik didih etanol, kadar etanol yang diperoleh akan semakin tinggi. Meskipun kita sudah mempertahankan suhu sebaik mungkin. Uap air akan delalu terbawa, ada sedikit air yang ikut menguap. Ini yang menyebabkan distilasi tidak bisa menghilangkan semua air. Kadar maksimal yang bisa diperoleh sekitar 95%. Ini dikerjakan oleh tenaga yang sudah trampil. Kalau operatornya belum berpengalaman bisa lebih rendah dari itu. Sisa air yang 5% bisa dihilangkan dengan proses dehidrasi. Meskipun tampaknya prinsip distilasi etanol tampak sederhana, pada prakteknya tidaklah mudah. Apalagi dalam skala yang besar. Mendesain distilator merupakan tantangan tersendiri. Saat ini banyak desain distilator di pasaran. Distilator yang baik adalah distilator yang bisa menghasilkan etanol dengan tingkat kemurnian tinggi. Selain itu lebih efisien dalam penggunaan energi.

Dalam proses distilasi terkadang terdapat gangguan sehingga hasil distilasi tidak maksimal, salah satunya adalah azeotrop. Azeotrop adalah campuran dari dua atau lebih komponen yang memiliki titik didih yang konstan. Komposisi dari azeotrope tetap konstan dalam pemberian atau penambahan tekanan. Akan tetapi ketika tekanan total berubah, kedua titik didih dan komposisi dari azeotrop berubah. Sebagai akibatnya, azeotrop bukanlah komponen tetap, yang komposisinya harus selalu konstan dalam interval suhu dan tekanan, tetapi lebih ke campuran yang dihasilkan dari saling mempengaruhi dalam kekuatan intramolekuler dalam larutan.

Azeotrop dapat didistilasi dengan menggunakan tambahan pelarut tertentu, misalnya penambahan benzena atau toluena untuk memisahkan air. Air dan pelarut akan ditangkap oleh penangkap Dean-Stark. Air akan tetap tinggal di dasar penangkap dan pelarut akan kembali ke campuran dan memisahkan air lagi. Campuran azeotrop merupakan penyimpangan dari hukum Raoult.

Secara teori, hasil distilasi dapat mencapai 100% dengan cara menurunkan tekanan hingga  $1/10$  tekanan atmosfer. Dapat pula dengan menggunakan distilasi azeotrop yang menggunakan penambahan pelarut organik dan dua distilasi tambahan, dan dengan menggunakan penggunaan cornmeal yang dapat menyerap air baik dalam bentuk cair atau uap pada kolom terakhir. Namun, secara praktek tidak ada distilasi yang mencapai 100%.

Macam-macam distilasi yang umum digunakan antara lain:

### **1. Distilasi Sederhana**

Pada distilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

### **2. Distilasi Fraksionisasi**

Fungsi distilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20°C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah. Perbedaan distilasi fraksionasi dan distilasi sederhana adalah adanya kolom fraksionasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya.

### **3. Distilasi Uap**

Distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai 200°C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100°C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak citrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilat.

#### **4. Distilasi Vakum**

Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas 150°C. Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi ini.