BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alkohol

2.1.1 Definisi Alkohol

Alkohol memiliki rumus umum R-OH dengan ciri hadirnya gugus hidroksil –OH, dimana R adalah alkil atau subtitusi kelompok alkil. Struktur alkohol mirip dengan air, namun dengan satu atom hidrogen digantikan dengan gugus alkil. Alkohol adalah istilah umum untuk senyawa organik dengan gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon, yang ia sendiri terikat pada atom hidrogen dan/atau atom karbon lain (Zuhri & Dona, 2021).

2.1.2 Jenis Alkohol

Alkohol dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu alkohol monohidrik, alkohol dihidrik, gula akohol, dan alkohol lemak. Alkohol monohidrik mengandung satu kumpulan hidroksil (-OH). Ada lima jenis alkohol monohidrik yaitu metanol, etanol, propanol, butanol, dan pentanol. Alkohol dihidrik mengandung dua kumpulan hidroksil (-OH) pada atom karbonnya. Secara umum, alkohol dihidrik tergolong dalam kumpulan diol atau glikol seperti *ethylene glycol* (EG) dan *propylene glycol* (PG). Gula alkohol adalah sebagian karbohidrat, namun bukan gula atau alkohol. Gula alkohol berasal dari dalam tumbuhan dan banyak digunakan sebagai pengganti gula pada makanan karena rendah kalori. Gula alkohol yang banyak digunakan yaitu maltitol, xylitol, sorbitol, gliserol, isomalt, dan sebagainya. Alkohol lemak berasal dari asam lemak atau metal ester dari kelapa, kelapa sawit, atau lemak

khinzir. Alkohol lemak berfungsi sebagai pemekat pada bahan makanan dan kosmetik (Zuhri & Dona, 2021).

2.1.3 Penggunaan Alkohol dalam Dunia Medis

Alkohol memiliki manfaat dan juga dampak negatif apabila digunakan. Alkohol memiliki beberapa manfaat dalam dunia medis seperti dapat merangsang keaktifan otak, menurunkan kadar gula darah secara berkesinambungan, dan antiseptik yang ampuh membunuh bakteri. Alkohol dalam dunia medis digunakan sebagai bahan pembantu dalam proses formulasi obat. Jadi, peran alkohol dalam obat-obatan bukan sebagai zat aktif yang berperan menyembuhkan, namun sebagai bahan tambahan dalam proses pembuatan obat, biasanya digunakan untuk mearutkan bahan obat yang sukar larut dalam air (Zuhri & Dona, 2021).

Sebagai contoh lain, alkohol 70% umumnya digunakan sebagai cairan antiseptik pembersih luka dan alat-alat medis. Konsentrasi ini jauh lebih tinggi daripada konsentrasi alkohol pada minuman. Oleh karena itu, alkohol yang digunakan pada bidang medis tidak boleh dikonsumsi karena beresiko menyebabkan keracunan yang mengancam nyawa (Zuhri & Dona, 2021).

2.2 Fermentasi

2.2.1 Definisi Fermentasi

Fermentasi dalam bidang biokimia didefinisikan sebagai proses katabolisme yang menghasilkan energi. Namun, di dalam bidang mikrobiologi, fermentasi didefinisikan sebagai proses membentuk

produk baru dengan memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme atau bagiannya. Maka dari itu, fermentasi mencakup produksi sel, enzim metabolit, produk rekombinan, dan produk transformasi (Suprayogi et al., 2022).

2.2.2 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Fermentasi

Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh beberapa faktor, di antaranya:

1. Keasaman (pH)

   Kondisi keasaman yang baik untuk bakteri adalah 4,5–5,5. Hal ini akan memengaruhi proses fermentasi secara keseluruhan karena bakteri merupakan salah satu faktor penting dalam proses fermentasi.

2. Mikroba

   Fermentasi biasanya dilakukan dengan kultur murni yang dihasilkan di laboratorium. Kultur ini dapat disimpan dalam keadaan kering atau dibekukan.

3. Suhu

   Suhu fermentasi sangat menentukan macam mikroba yang dominan selama fermentasi. Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu optimal yaitu suhu yang memberikan terbaik dan perbanyakan diri tercepat.

4. Oksigen

   Oksigen atau udara selama fermentasi berpengaruh pada

proses untuk memperbanyak atau menghambat pertumbuhan mikroba tertentu. Setiap mikroba membutuhkan oksigen yang berbeda jumlahnya untuk pertumbuhan atau membentuk sel-sel baru dan untuk fermentasi. Misalnya ragi roti (*Saccharomycess cereviseae*) akan tumbuh lebih baik dalam keadaan aerobik, tetapi keduanya akan melakukan fermentasi terhadap gula jauh lebih cepat dengan keadaan anaerobik.

5. Waktu

   Laju perbanyakan bakteri bervariasi menurut spesies dan kondisi pertumbuhannya. Pada kondisi optimal, bakteri akan membelah sekali setiap 20 menit. Untuk beberapa bakteri memilih waktu generasi, yaitu selang waktu antara pembelahan, dapat dicapai selama 20 menit. Jika waktu generasinya 20 menit pada kondisi yang cocok sebuah sel dapat menghasilkan beberapa juta sel selama 7 jam (Rifdah et al., 2022).

2.2.3 Produksi Alkohol Melalui Fermentasi

Produksi ethanol/bioethanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Persyaratan bahan dasar pembuatan etanol di antaranya:

1. Mengandung sukrosa (*succrose*), umumnya dipakai molase (tetes) dari gula tebu,
2. Mengandung pati (*amylum*) dan juga dapat berasal dari padi-padian atau tumbuh tumbuhan, dan

3. Berasal dari gas hidrokarbon dan juga dari bahan yang mengandung selulosa (*cellulose*) serta bahan-bahan sisa dari hasil pertanian.

Reaksi kimia pembentukan etanol dari sukrosa dengan cara fermentasi sebagai berikut:

$$\underset{\text{(sukrosa)}}{C_{12}H_{22}O_{11(s)}} + \underset{\text{(uap air)}}{H_2O_{(l)}} \rightarrow \underset{\text{(glukosa)}}{2C_6H_{12}O_{6(aq)}} \quad \ldots(1)$$

$$\underset{\text{(glukosa)}}{C_6H_{12}O_{6(aq)}} \rightarrow \underset{\text{(etanol)}}{2C_2H_5OH_{(aq)}} + \underset{\text{(karbon dioksida)}}{2CO_{2(g)}} \quad \ldots(2)$$

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah etanol adalah proses fermentasi mikroorganisme dan media yang digunakan. Fermentasi adalah perubahan suatu bahan ke bahan lain dengan pertolongan mikroorganisme. Mikroorganisme ini berupa tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil, yaitu bakteri yeast dan mold. Mikroorganisme ini memakan bahan organik. Oleh karena itu, makanan merupakan faktor yang penting dalam proses fermentasi dan karena perubahan suatu zat tertentu (nutrisi), maka mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak dan mengubah bahan makanan itu menjadi bahan yang lain (Rifdah et al., 2022).

2.3 Ekoenzim

Ekoenzim adalah cairan multifungsi yang dihasilkan dari fermentasi bahan sederhana selama tiga bulan. Bahan-bahan yang digunakan berupa gula merah/tetes tebu, limbah organik, dan air (1:3:10) (Zultaqawa et al., 2023). Ekoenzim dihasilkan dari fermentasi sampah organik berupa sisa buah/sayuran, molase, dan air. Ekoenzim biasanya bertindak sebagai

pembersih dan disinfektan serba guna. Oleh karena itu, beberapa kriteria harus dipenuhi untuk memastikan enzim yang dihasilkan aman digunakan. Kriteria bahannya adalah sisa buah-buahan/sayuran mentah dan air bersih. Makanan matang yang mempunyai sisa minyak dan air kotor akan menghasilkan sampah cair yang membusuk alih-alih ekoenzim. Buah mentah/sisa sayuran mengandung secara alami bakteri yang akan memakan gula dari molase dan memulai proses fermentasi. Sedangkan air bersih akan memastikan bakteri berbahaya tidak mencemari ekoenzim (Vidalia et al., 2023).

Pengolahan sampah organik menjadi ekoenzim berperan penting dalam mengurangi sampah organik yang berakhir di TPA. Selama proses fermentasi ekoenzim akan menghasilkan ozon dan oksigen yang setara dengan 10 pohon. Ekoenzim bermanfaat di berbagai bidang seperti dari segi kesehatan, pertanian, dan ekonomi. Penggunaan ekoenzim di bidang kesehatan di antaranya sebagai antiseptik, desinfektan, *hand sanitizer*, pereda infeksi dan alergi pada anak, serta penyembuh luka. Pada bidang rumah tangga, ekoenzim berperan sebagai pembersih sayur dan buah, pengganti produk rumah tangga harian, serta cairan pembersih dan pembasmi kuman (pel lantai, pembersih toilet, pencuci piring, pencuci pakaian, pembersih kaca dan jendela, serta pembersih minyak yang menempel di permukaan kompor atau meja dapur). Sedangkan penggunaan ekoenzim di bidang lingkungan berkontribusi dalam upaya pemurnian air sungai, sebagai pupuk, dan pestisida (Zultaqawa et al., 2023).

2.4 Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

2.4.1 Klasifikasi dan Definisi Nanas

Nanas merupakan tumbuhan tropis yang berasal dari Amerika Selatan. Daerah yang baik untuk pertumbuhan nanas adalah lokasi yang cukup sinar matahari dengan ketinggian 500 meter di atas permukaan laut. Daun tumbuhan nanas berbentuk taji dengan tepi berduri. Buahnya bulat panjang dengan daging buah berwarna kuning muda dan rasanya masam sampai manis (Ardi et al., 2019).



(a) Tanaman Nanas **(b) Buah Nanas**

Gambar 2.1 Tanaman Nanas (Dokumentasi Pribadi)

Tanaman nanas diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Spermatophyta*

Kelas : *Angiospermae*

Subkelas : *Monocotyledonae*

Ordo : *Farinosae*

Famili : *Bromeliaceae*

Genus : *Ananas*

Spesies : *Ananas comosus* (L.) Merr.

(Ardi et al., 2019).

Nanas merupakan tumbuhan yang dapat hidup dalam berbagai musim. Tumbuhan ini termasuk dalam kelas monokotil yang bersifat tahunan. Rangkaian bunga nanas terdapat di ujung batang, tumbuhnya meluas dengan menggunakan tunas samping yang bercabang vegetatif, pada cabang tersebutlah dihasilkan buah. Bunga nanas bersifat hermafrodit, mempunyai tiga kelopak, tiga mahkota, enam benang sari, dan sebuah putik dengan tiga cabang kepala putik (Sundari, 2020).

2.4.2 Kandungan Kulit Buah Nanas



Gambar 2.2 Kulit Buah Nanas (Dokumentasi Pribadi)

Buah nanas banyak digunakan di industri olahan pangan seperti sari buah, keripik nanas, dan sirup. Berbagai macam olahan nanas tersebut akan membutuhkan buah nanas dalam jumlah besar dan akan menghasilkan limbah dalam jumlah besar juga. Salah satu bentuk limbahnya berupa kulit nanas. Kulit nanas di sektor industri merupakan bagian yang paling melimpah, namun seringkali dibuang karena tidak mengalami proses pengolahan (Bethan & Fadillah, 2018).

Kulit buah nanas mengandung karbohidrat dan gula yang cukup tinggi sehingga dapat dijadikan substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme. Kulit nanas mengandung 87,72% air, 20,87% serat kasar, dan 13,65% gula reduksi (Bethan & Fadillah, 2018). Adapun kandungan kulit buah nanas dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan Kulit Buah Nanas

No	Senyawa	Kadar	Manfaat	Literatur
1.	Metabolit Primer			
	Vitamin C	10-25%	Melindungi sel tubuh dari radikal bebas	(Irani et al., 2018)
	Karbohidrat	17,53%	Sumber energi	(Reiza, I.A., Rijai, L., & Mahmudah, 2021)
	Protein	4,41%	Sumber energi	(Reiza, I.A., Rijai, L., & Mahmudah, 2021)
	Vitamin C	1,15%	Sumber energi	(Irani et al., 2018)
2.	Metabolit Sekunder			
	Fenolik	0,3335 mg GAE/g	Antioksidan	(Rahayu et al., 2019)
	Tanin	0,0164 g GAE/g	Antioksidan	(Nurdalilah et al., 2018)
	Flavonoid	16,13%	Antimikroba dan antioksidan	(Ningsih, R, & Purgiyanti, 2020)

2.5 Jeruk Berastagi (*Citrus x aurantium* L.)

2.5.1 Klasifikasi dan Definisi Jeruk

Jeruk manis merupakan jenis jeruk yang paling banyak diproduksi di Indonesia. Jeruk manis di Indonesia tumbuh dengan baik di daerah pegunungan yang mempunyai ketinggian hingga 1000 mdpl. Karena perakarannya yang dangkal, jeruk manis harus ditanam di tanah yang subur. Di Indonesia sendiri jeruk manis dikembangkan di Brastagi (Sumatera Utara), Bangli (Bali), dan Batu (Jawa Timur). Ketiganya memiliki dataran yang tinggi sehingga jeruk manis mudah tumbuh dengan baik (Sari, 2018).



(a) Pohon Jeruk **(b) Buah Jeruk**

Gambar 2.3 Tanaman Jeruk Berastagi (*Citrus x aurantium* L.) (Dokumentasi Pribadi)

Menurut Novitasari (2018), klasifikasi tanaman jeruk manis sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae* (tumbuhan)

Subkingdom : *Tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)

Super divisi : *Spermatophyte* (menghasilkan biji)

Divisi : *Magnoliophyta* (tumbuhan berbunga)

Kelas : *Magnoliopsida* (berkeping dua / dikotil)

Sub kelas : *Rosidae*

Ordo : *Sapindales*

Famili : *Rutaceae* (suku jeruk-jerukan)

Genus : *Citrus*

Spesies : *Citrus x aurantium* L.

Indonesia terdapat berbagai macam varietas jeruk. Keragaman jeruk yang sangat tinggi ditunjukkan oleh banyaknya anggota pada marga *Citrus*. Meskupun demikian, hanya tiga kelompok yang dianggap jeruk asli, yaitu: mandarin, jeruk besar, dan sintron, sedangkan yang lainnya merupakan hasil persilangan dari tiga kelompok tersebut (Novitasari, 2018).

2.5.2 Kandungan Kulit Jeruk

Kandungan yang terdapat pada buah jeruk seperti karbohidrat, kalsium, fosfat, thiamin, vitamin B6 dan vitamin C yang tinggi, magnesium, fosfor, niacin, tembaga, asam pantotenat, dan sebagainya. Pada kulit buah jeruk mengandung yaitu vitamin dan mineral seperti vitamin C, protein, asam amino, nitrogen (N), kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), belerang (S) paling tinggi justru yang terdapat pada bagian kulit jeruk jika dibandingkan dengan daging buah atau sari buah jeruk (Suprayogi et al., 2022).

Jeruk manis mengandung unsur-unsur senyawa kimia yang bemanfaat, salah satunya adalah senyawa d-limonen. Analisis menggunakan *gas chromatography mass spectrometer* (GCMS) menunjukkan bahwa ekstrak limonen yang berasal dari kulit jeruk mencapai sekitar 73,15 %. Senyawa d-limonene ini telah dibuktikan dalam beberapa penilitian dengan memberikan efek insektisida terhadap beberapa jenis kutu dan hama. Manfaat bagi kesehatan tersebut karena minyak atsiri jeruk mengandung senyawa limonen yang berfungsi melancarkan peredaran darah, meredakan radang tenggorokan dan batuk, serta menghambat sel kanker. Minyak atsiri jeruk juga mengandung linalool, linalil, dan terpineol yang memiliki fungsi sebagai penenang (sedatif), serta sitronela sebagai penenang dan pengusir nyamuk.

2.6 *Gas Chromatography* (GC)

2.6.1 Definisi Metode *Gas Chromatography* (GC)

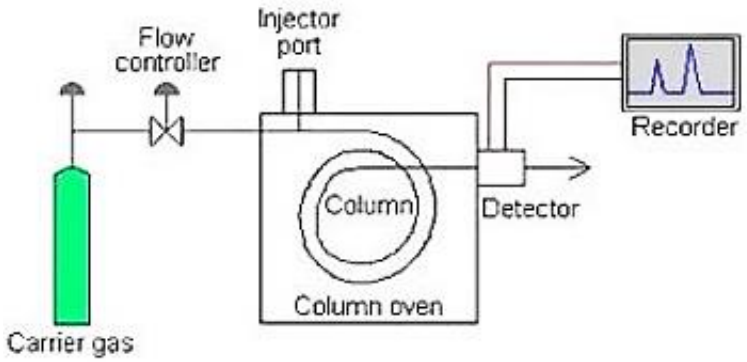
Metode *chromatography gas* (GC) adalah teknik analisis kromatografi yang digunakan dalam pemisahan dan identifikasi senyawa-senyawa kompleks dalam suatu campuran gas atau cairan. Teknik ini memanfaatkan prinsip dasar pemisahan berdasarkan laju pergerakan molekul-molekul senyawa melalui fase statis berupa kolom kromatografi yang secara umum terdiri dari fase diam (*stationary phase*) dan fase gerak (*mobile phase*) (Sabrina et al., 2024).

2.6.2 Prinsip Kerja *Gas Chromatography* (GC)

Kromatografi merupakan cara pemisahan campuran yang didasarkan atas perbedaan distribusi dari komponen campuran tersebut diantaranya dua fase, yaitu fase diam (*stationary*) dan fase bergerak (*mobile*). Fase diam dapat berupa zat padat atau zat cair, sedangkan fase bergerak dapat berupa zat cair atau gas. Dalam kromatografi fase bergerak dapat berupa gas atau zat cair dan fase diam dapat berupa zat padat atau zat cair. Sedangkan kromatografi gas, berdasarkan fasa gerak dan fasa diamnya merupakan kromatografi gas-cair. Dimana fasa geraknya berupa gas yang bersifat inert, sedangkan fasa diamnya berupa cairan yang inert pula, dapat berupa polimer ataupun larutan (Hasibuan et al., 2022).

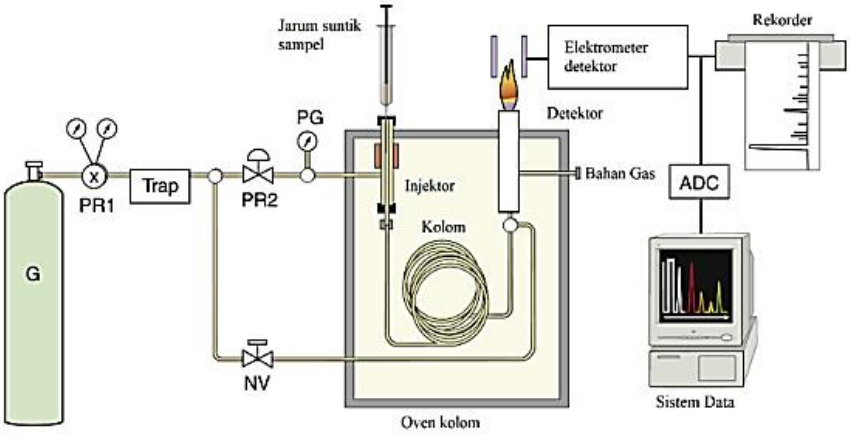
Secara rinci prinsip kromatografi adalah udara dilewatkan melalui nyala hidrogen (*hydrogen flame*) selanjutnya uap organik tersebut akan terionisasi dan menginduksi terjadinya aliran listrik pada detektor, kuantitas aliran listrik sebanding dengan ion (Hasibuan et al., 2022).

Adapun gambaran umum dari GC adalah sebagai berikut:



Gambar 2.4 Kromatografi Gas (Hasibuan et al., 2022)

2.6.3 Komponen Alat GC



Gambar 2.5 Komponen Sistem GC (Hasibuan et al., 2022)

Komponen sistem GC diilustrasikan pada Gambar 2.5. Desain dasarnya terdiri dari lima komponen: tabung gas sebagai sumber fase gerak, injektor sampel, kolom, detektor, dan komputer untuk akuisisi data. Sistem ini dapat diotomatisasi untuk memberikan pemisahan yang lebih tepat dan efisien kepada pengguna. Gas pembawa (fase gerak) harus bersifat inert secara kimia. Adapun beberapa gas yang termasuk inert secara kimia adalah helium, hidrogen, dan nitrogen. Zat lain yang digunakan sebagai fase gerak adalah cairan superkritis seperti karbon dioksida, dinitrogen oksida, dan amonia. Gas pembawa harus memiliki kemurnian tinggi, dan alirannya harus dikontrol dengan ketat untuk memastikan efisiensi kolom yang optimal dan reproduktifitas hasil pengujian (Hasibuan et al., 2022).

Proses diawali dengan menyuntikkan sampel ke dalam kolom kromatografi gas. Kolom tersebut memiliki karakteristik fisikokimia tertentu yang memungkinkan pemisahan senyawa-senyawa berdasarkan afinitasnya terhadap fase diam dan fase gerak. Fase gerak umumnya

berupa gas pembawa yang inert seperti helium dan nitrogen (Sabrina et al., 2024).

Selama proses analisis berlangsung, terjadi perjalanan melalui kolom dimana senyawa-senyawa dalam sampel berinteraksi dengan fase diam yang dapat berupa cairan tertentu. Interaksi ini mengakibatkan adanya perbedaan laju pergerakan antara senyawa-senyawa, sehingga terjadi pemisahan. Output dari kromatografi gas berupa grafik kurva yang disebut kromatogram. Kromatogram merepresentasikan intensitas sinyal detektor terhadap waktu. Pemilihan kondisi operasional seperti suhu kolom, laju aliran gas pembawa, dan jenis detektor memiliki dampak signifikan pada akurasi dan pemisahan senyawa-senyawa. Metode kromatografi gas dimanfaatkan dalam berbagai bidang, termasuk kimia analitik, ilmu pangan, farmasi, dan ilmu lingkungan, untuk menganalisis komponen-komponen kompleks dalam sampel gas atau cairan dengan tingkat resolusi dan kepekaan yang tinggi (Sabrina et al., 2024).

2.7 Hipotesis Penelitian

H0 : Tidak terdapat pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar alkohol ekoenzim dari kulit buah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dan jeruk berastagi (*Citrus x aurantium* L.)

H1 : Terdapat pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar alkohol ekoenzim dari kulit buah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dan jeruk berastagi (*Citrus x aurantium* L.)