

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Buah Kurma

Kurma (*Phoenix dactylifera* L.) merupakan tanaman berkayu yang termasuk dalam famili *Arecaceae*. Tanaman ini dapat beradaptasi pada beragam kondisi lingkungan, tetapi kualitas buah yang optimal biasanya diperoleh di daerah beriklim kering pada kawasan subtropis, seperti Jazirah Arab, Afrika Utara, dan wilayah Timur Tengah. Sejak ribuan tahun yang lalu, buah kurma telah menjadi bagian penting dari pola konsumsi masyarakat di berbagai negara, bahkan tercatat sebagai sumber pangan utama selama lebih dari 6000 tahun, terutama di daerah Timur Tengah dan Afrika Utara (Wahab *et al.*, 2017). Data FAOSTAT (2020) menunjukkan bahwa Mesir menempati posisi sebagai produsen kurma terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 1.690.959 ton. Posisi berikutnya ditempati oleh Arab Saudi, Iran, Aljazair, Irak, dan Pakistan sebagai enam negara penghasil kurma utama, sedangkan Uni Emirat Arab (UEA) tercatat sebagai negara pengeksport kurma terbesar di dunia.

Buah kurma yang dapat dikonsumsi memiliki tekstur yang bervariasi. Perbedaan ini digolongkan berdasarkan kadar air pada tahap kematangan *Tamr*, yaitu kategori lunak dengan kadar air lebih dari 30%, semi kering dengan kadar air sekitar 20–30%, serta kering dengan kadar air kurang dari atau sama dengan 20% (Abdel-Razzak, 2015). Walaupun demikian, pengelompokan varietas kurma masih menunjukkan variasi apabila dilihat dari kadar air dan komposisi gulanya. Jumlah gula total serta rasio antara sukrosa dan gula *invert*, yaitu glukosa dan fruktosa, memengaruhi kandungan air sekaligus tingkat kekerasan daging buah. Varietas yang memiliki kadar sukrosa lebih tinggi umumnya bertekstur lebih padat dibandingkan dengan varietas yang kandungan gulanya didominasi oleh gula *invert* (Ghnimi *et al.*, 2017).

Kurma merupakan salah satu bahan pangan yang kaya antioksidan alami, karena mengandung beragam senyawa bioaktif, antara lain karotenoid, senyawa fenolik, tokoferol, flavonoid, dan asam askorbat. Jumlah serta bentuk senyawa-senyawa tersebut dapat berbeda-beda, tergantung pada faktor genotipe tanaman

kurma serta teknik penanganan pascapanen yang diterapkan (Al-Farsi, 2008). Penelitian Matloob dan Balakita (2016) terhadap beberapa varietas kurma menunjukkan bahwa kadar fenolik total pada buah ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan berbagai jenis buah lain, seperti pisang, anggur merah, apel, nanas, delima, pepaya, jeruk, blueberry, dan aprikot. Kandungan senyawa fenolik yang tinggi tersebut mengindikasikan bahwa kurma memiliki potensi sebagai bahan pangan dengan nilai nutrasetikal yang baik (Gondokesumo & Susilowati, 2021).



Gambar 1. Buah Kurma (Sartinah *et al.*, 2022)

2.1.1 Kandungan Gizi Buah Kurma

Buah kurma memiliki kandungan karbohidrat sekitar 70% yang sebagian besar tersusun atas gula sederhana. Pada sebagian besar varietas, kandungan gula tersebut didominasi oleh gula invert yang mudah diserap oleh tubuh manusia (Maqsood *et al.*, 2020). Selain itu, kurma juga memiliki kandungan serat yang cukup tinggi, yakni sekitar 6,5–11,5% dari total komposisinya, dengan proporsi 84–94% berupa serat tidak larut dan 6–16% serat larut (Ali, 2018). Selain itu, kurma mengandung berbagai mineral esensial, antara lain zat besi, kalium, potasium, dan kalsium, serta memiliki kandungan antioksidan fenolik yang cukup tinggi (Younas, 2020).

Kurma termasuk sumber mikronutrien yang berperan dalam berbagai fungsi fisiologis dan terapeutik bagi tubuh manusia. Buah ini mengandung mineral seperti kalium, kalsium, natrium, besi, seng, dan magnesium dalam jumlah yang cukup tinggi (Saryono *et al.*, 2016). Mikronutrien tersebut memiliki peran penting dalam fungsi biologis, misalnya natrium dalam proses respirasi, seng dalam menjaga sistem imun, serta besi dalam membantu mengurangi kelelahan fisik. Selain itu, kurma mengandung berbagai mineral esensial, antara lain zat besi, kalium,

potasium, dan kalsium, serta memiliki kandungan antioksidan fenolik yang cukup tinggi (Al-Farsi *et al.*, 2008).

Kurma tidak hanya mengandung mineral, tetapi juga menyediakan vitamin larut air dalam jumlah sedang, seperti vitamin B1, B2, B9, dan C, dengan total sekitar 10,52 mg per 100 g daging buah (Saryono *et al.*, 2016). Selain itu, buah ini mengandung pigmen karotenoid, termasuk betakaroten dan lutein, serta berbagai antioksidan alami, seperti asam fenolat, flavonoid, tanin, dan antosianin (Retnowati, 2013). Senyawa fenolik pada kurma dapat ditemukan dalam bentuk bebas maupun terikat, dan berperan sebagai komponen pangan fungsional sekaligus bahan nutrasetikal. Penelitian Mrabet *et al.* (2016) mengenai profil fenolik pada berbagai kultivar kurma asal Tunisia menunjukkan bahwa seluruh varietas memiliki kandungan tinggi asam protokatekuat, asam siringat, asam vanilat, dan asam galat. Lemine *et al.* (2014) melaporkan bahwa kadar asam fenolik cenderung lebih tinggi pada fase *khalal* dibandingkan fase *tamr* yang telah mencapai kematangan penuh. Selain itu, kurma juga mengandung beberapa asam fenolik dengan aktivitas biologis penting, seperti asam siringat dan asam vanilat, yang umumnya tidak dijumpai pada cranberry maupun buah kering lain seperti aprikot, prune, dan pir (Chang, 2016).

Tabel 1. Kandungan Gizi Buah Kurma (100 gram)

Kandungan Gizi	Jumlah	Satuan
Kalori	277	kcal
Karbohidrat	75	g
Serat	6.7	g
Total Gula	66.5	g
Sukrosa	0.53	g
Glukosa	33.7	g
Fruktosa	32	g
Kalium (K)	696	mg
Fosfor (P)	62	mg
Magnesium (Mg)	54	mg
Seng (Zn)	0.44	mg
Kalsium (Ca)	64	mg

Sumber : FoodData Central U.S. Department of Agriculture (2018)

2.2 Vinegar

Vinegar adalah larutan asam asetat dan senyawa lainnya yang dikenal luas di dunia serta dikonsumsi sebagai bumbu makanan dan pengawet. Penggunaan *vinegar* telah dikenal lebih dari 10.000 tahun yang lalu. *Vinegar* telah diketahui oleh peradaban kuno dan digunakan sebagai cara tradisional untuk mengobati luka, mencuci tangan dan mencegah infeksi (Gomes *et al.*, 2018). Saat ini, *vinegar* sering digunakan sebagai bahan bumbu dan pengawet pada makanan serta sebagai bahan dalam saus salad. Kandungan asam asetat pada *vinegar* menyebabkan pemanfaatan sebagai bahan pembersih dan pengawet (Nuraida *et al.*, 2022).

Menurut Salbe *et al* (2009), *Vinegar* memiliki manfaat kesehatan pada hewan dan manusia, seperti pengobatan untuk diabetes. *Vinegar* dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, membantu penurunan tekanan darah, pengurangan efek diabetes, serta pencegahan penyakit kardiovaskular. Efek kesehatan positif lainnya dari mengonsumsi *vinegar* setiap hari yaitu meningkatkan respon glukosa darah yang bermanfaat bagi pasien diabetes. Lalu terdapat kandungan asam fenolik pada *vinegar* yang dapat menangkap anion superoksida dan radikal bebas *in vivo* yang menghasilkan aktivitas antioksidan yang kuat. Asupan *vinegar* setiap hari dapat memengaruhi kesehatan dan metabolisme manusia, bergantung pada jenis *vinegar*, kadar asam asetat, dan total fenolik (Budak *et al.*, 2014).

2.2.1 Syarat Mutu Vinegar

Berdasarkan BPOM (2019), *vinegar* merupakan produk cair yang mengandung asam asetat dan diperoleh melalui proses fermentasi bahan baku yang mengandung karbohidrat atau alkohol. Secara umum, produk ini harus memiliki total asam yang dinyatakan sebagai asam asetat minimal 4 g/100 ml, serta kandungan alkohol sisa yang tidak melebihi 1% v/v atau setara dengan 0,789% b/v. Adapun syarat mutu *vinegar* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu *Vinegar* berdasarkan SNI 01-4371-1996

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan:		
	- Bau	-	Khas
	- Rasa	-	Khas
	- Warna	-	Normal
2.	Total asam	g / 100 ml	Min. 4

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
3.	Sisa alkohol	% v/v	Maks. 1
4.	Padatan terlarut (diluar penambahan gula dan garam)	% b/b	Min. 1
5.	Gula jumlah	%	Min. 0,05
6.	NaCl	%	Min. 0,1

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (1996)

2.3 Fermentasi

Fermentasi merupakan metode pengolahan pangan paling kuno di dunia yang melibatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme untuk tujuan pengawetan pangan. Minuman seperti *wine* diproduksi sejak jaman Neolitik (antara 8500 SM sampai 4000 SM) dan fermentasi susu telah dilakukan sejak 6000 SM di India dan Mesir (Lavefve *et al.*, 2018). Fermentasi pangan diyakini merupakan penemuan yang tidak sengaja ketika manusia mulai memerlukan penyimpanan pangan dalam waktu lebih lama. Sejalan dengan waktu, fermentasi pangan berkembang di berbagai benua, misalnya kecap dikembangkan di asia sejak 2500 tahun yang lalu. Saat memasuki akhir abad ke-18, ilmuwan mulai mempelajari keterlibatan mikroorganisme pada proses fermentasi. Kata fermentasi berasal dari bahasa Latin *fervere* yang berarti mendidih. Istilah ini digunakan untuk menggambarkan terbentuknya gelembung pada cairan, yang muncul akibat aktivitas khamir dalam ekstrak buah-buahan atau sereal. Gelembung tersebut dihasilkan dari proses pemecahan gula secara anaerob oleh mikroorganisme selama berlangsungnya fermentasi (Stanbury *et al.*, 2016).

Proses fermentasi menggunakan mikroorganisme merupakan proses yang sering digunakan dalam industri untuk pembentukan berbagai senyawa atau produk yang dikehendaki. Fermentasi berperan dalam memecah sebagian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga lebih mudah dicerna oleh tubuh. Berdasarkan media yang digunakan, fermentasi dapat dilakukan dengan dua metode yaitu fermentasi padat dan fermentasi terendam. Fermentasi terendam adalah suatu metode fermentasi yang menggunakan cairan sebagai media fermentasi sekaligus digunakan sebagai pertumbuhan suatu mikroorganisme (Maghsoodi *et al.*, 2009). Pada fermentasi kultur terendam, bahan substrat yang digunakan selama proses fermentasi senantiasa berada dalam medium berbentuk

cair yang mengandung nutrisi atau sumber pangan yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Dengan menggunakan media cair, pengendalian faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi seperti oksigen, suhu, pH dapat dilakukan dengan lebih mudah (Stanbury *et al.*, 2016).

2.3.1 Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol merupakan proses penguraian gula secara anaerob menjadi etanol dan karbon dioksida. Lama waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar alkohol yang dihasilkan, karena semakin panjang prosesnya, jumlah gula dalam substrat akan semakin menurun. Penurunan ini terjadi karena mikroorganisme memanfaatkan gula sebagai sumber energi dan mengubahnya menjadi senyawa metabolit, termasuk asam organik. Dalam proses pembuatan minuman beralkohol, selain waktu fermentasi, kandungan gula juga menjadi faktor yang sangat penting karena gula akan difermentasi oleh khamir menjadi etanol dan CO₂ (Tuapattinaya *et al.*, 2023).

2.3.2 Fermentasi Asam Asetat

Asam asetat (CH₃COOH), yang umum dikenal sebagai cuka buah, merupakan produk fermentasi pangan yang sering dimanfaatkan sebagai bahan pengawet. Sifat pengawet tersebut berkaitan dengan kemampuan asam asetat dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Produk cuka dapat dibuat dari berbagai buah yang mengandung gula atau alkohol, seperti apel, anggur, pisang, dan jenis buah lainnya. Di samping itu, cuka buah juga tergolong sebagai pangan fungsional. Kategori ini merujuk pada bahan pangan yang tidak hanya berperan memenuhi kebutuhan gizi dasar yang meliputi karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral tetapi juga memberikan fungsi tambahan, misalnya memiliki karakteristik sensori yang baik dari segi penampilan maupun rasa. Selain itu, pangan fungsional memiliki fungsi tersier, yaitu berperan dalam pencegahan atau pengurangan risiko penyakit melalui kandungan senyawa bioaktif di dalamnya (Leasa & Matdoan, 2015).

Produksi asam asetat dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu secara kimia dan biologis. Secara kimia, asam asetat biasanya dihasilkan melalui proses

sintesis dengan bahan baku senyawa hidrokarbon. Akan tetapi, untuk aplikasi pangan, asam asetat harus diperoleh melalui proses biologis, salah satunya dengan fermentasi bahan yang mengandung alkohol. Proses ini memanfaatkan bakteri dari genus *Acetobacter* dalam kondisi aerob, dan salah satu spesies yang sering digunakan dalam fermentasi asam asetat adalah *Acetobacter aceti* (Syarifuddin, 2023). Asam asetat dengan konsentrasi sekitar 3% dinilai lebih aman untuk dikonsumsi karena tidak menimbulkan iritasi lambung seperti asam asetat sintetis yang lebih pekat, yaitu sekitar 25%. Penentuan kondisi optimum fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* menunjukkan bahwa proses fermentasi selama 11 hari dapat menghasilkan asam asetat dengan kadar sekitar 5–6%. Apabila fermentasi dilanjutkan, kadar asam asetat dapat menurun akibat penguapan selama proses agitasi atau pengadukan (Nugrahani *et al.*, 2021).

2.4 Yeast

Khamir atau yeast merupakan mikroorganisme eukariotik bersel tunggal yang banyak dimanfaatkan dalam proses fermentasi pangan. Keberadaan khamir berperan dalam memicu perubahan kimia dan biokimia selama fermentasi, yang berdampak pada terbentuknya aroma, flavor, serta karakteristik rasa produk. Berbagai jenis produk pangan dihasilkan melalui aktivitas khamir, antara lain minuman beralkohol seperti wine, brem, dan tuak; produk berbasis sereal dan umbi seperti roti, tape ketan, serta tape singkong; produk susu fermentasi seperti kefir; dan olahan kacang-kacangan seperti kecap. Pada fermentasi alami, khamir dapat berkembang sebagai mikroorganisme utama atau berinteraksi dengan mikroorganisme lain, misalnya bakteri asam laktat dan kapang. Selain berperan dalam proses fermentasi, biomassa khamir juga dimanfaatkan sebagai bahan pembentuk senyawa cita rasa, contohnya pada ekstrak khamir yang menghasilkan sensasi gurih atau umami (Kustyawati, 2018).

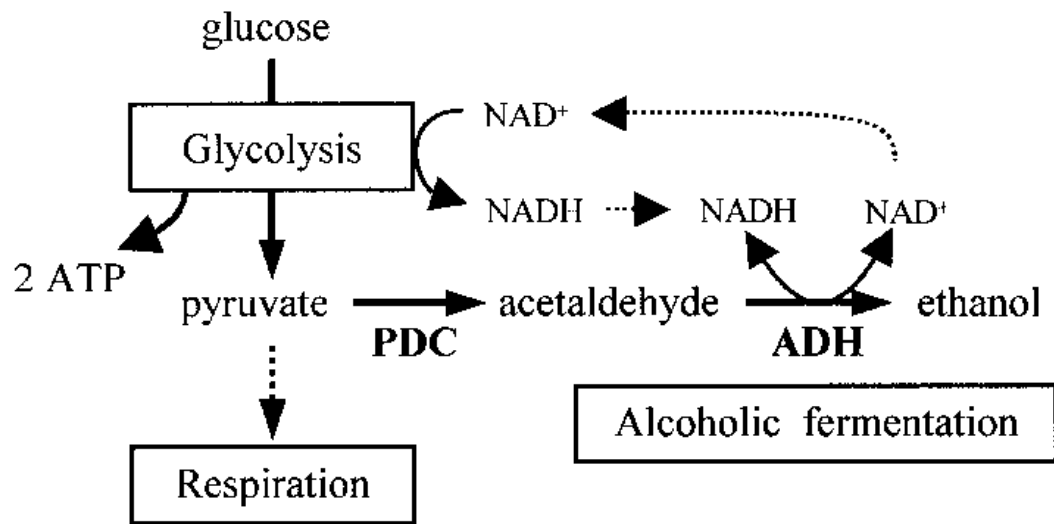
Seiring perkembangan teknologi fermentasi, berbagai galur khamir telah berhasil diisolasi dari proses fermentasi alami dan kemudian digunakan sebagai kultur starter. Penggunaan khamir dalam fermentasi diketahui mampu meningkatkan kualitas sensori produk, seperti flavor, rasa, dan tekstur, serta berkontribusi terhadap peningkatan nilai gizi dan sifat fungsional pangan. Salah satu khamir yang banyak dimanfaatkan dalam fermentasi alkohol adalah

Saccharomyces cerevisiae. Mikroorganisme ini memiliki kemampuan khas dalam menghasilkan etanol dan CO₂, serta mampu bertahan pada kondisi tekanan osmotik tinggi dan pH rendah (Parapouli, 2020). Kemampuan tersebut membuat *S. cerevisiae* banyak digunakan dalam industri pangan, produksi bioetanol, dan berbagai aplikasi fermentasi lainnya (Wijayanti, 2024).

Secara umum, *Saccharomyces cerevisiae* tumbuh optimal pada pH sekitar 4–4,5 dengan kisaran suhu 25–30°C. Khamir ini mampu berkembang baik pada kondisi anaerob karena termasuk kelompok khamir fermentatif yang dapat memecah glukosa melalui jalur glikolisis. Beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan khamir antara lain ketersediaan nutrisi, pH, suhu, dan oksigen (Jannah *et al.*, 2022). *S. cerevisiae* mampu tumbuh pada kadar etanol sekitar 10–15% dan konsentrasi gula 15–20% (Laluce *et al.*, 2009). Namun, konsentrasi gula, etanol, atau suhu yang melebihi kondisi optimum dapat menimbulkan stres pada sel khamir, sehingga menurunkan viabilitas dan menghambat proses fermentasi. Khamir juga dikenal sebagai penghasil etanol yang efisien karena kemampuannya memfermentasi senyawa gula atau karbohidrat secara optimal, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, serta mampu menghasilkan etanol dalam jumlah besar (Ardhana & Fleet, 1989).

Metabolisme khamir berlangsung melalui dua jalur utama, yaitu respirasi dan fermentasi, yang keduanya bertujuan menghasilkan ATP (*adenosine triphosphate*) sebagai sumber energi sel (Pfeiffer & Morley, 2014). Jalur respirasi menghasilkan energi lebih besar, sekitar 18 ATP per molekul glukosa, sedangkan fermentasi hanya menghasilkan sekitar 2 ATP per molekul glukosa. Kedua jalur tersebut diawali oleh proses glikolisis, yaitu pemecahan satu molekul glukosa menjadi dua molekul piruvat dengan menghasilkan 2 ATP. Pada jalur fermentatif, piruvat dikonversi menjadi etanol dan CO₂ tanpa menghasilkan tambahan ATP. Namun, reaksi ini berfungsi untuk meregenerasi NAD⁺ yang diperlukan dalam proses glikolisis, sehingga metabolisme dapat berlangsung tanpa kehadiran oksigen. Sebaliknya, pada jalur respirasi, piruvat dioksidasi secara lengkap melalui siklus TCA (*tricarboxylic acid*) dan dilanjutkan dengan fosforilasi oksidatif. Proses tersebut menghasilkan ATP dalam jumlah yang lebih besar, dengan oksigen berperan sebagai akseptor elektron terakhir (Pfeiffer & Morley, 2014). Reaksi

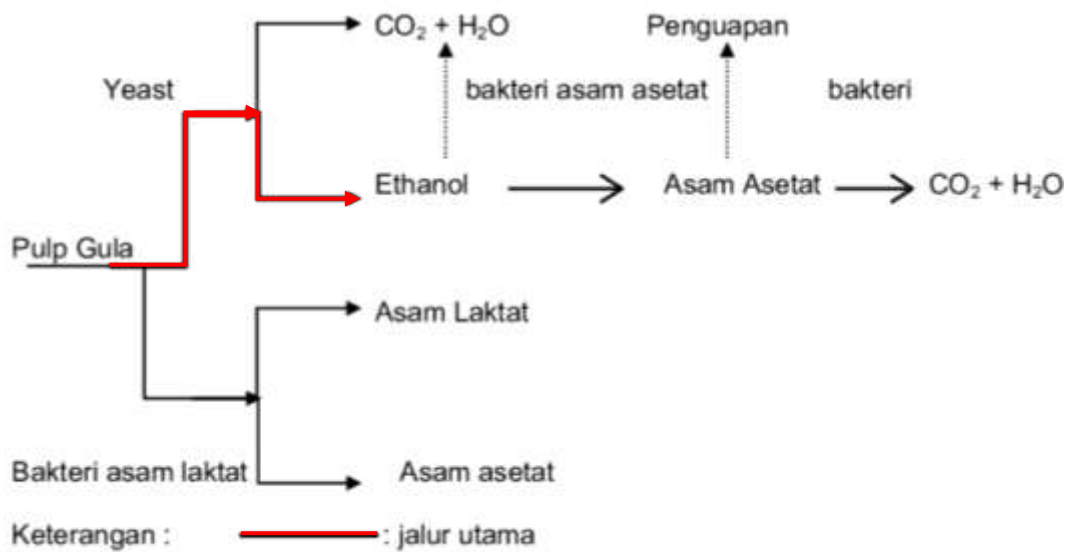
pemecahan gula menjadi alkohol bersifat eksotermis dan mengikuti persamaan reaksi tertentu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi Fermentasi Alkohol (Saika *et al.*, 2006)

2.5 *Acetobacter Aceti*

Acetobacter aceti merupakan bakteri yang bersifat obligat aerob, sehingga memerlukan oksigen dalam proses metabolismenya. Asam asetat dihasilkan dari oksidasi etanol, sedangkan asam laktat dapat dioksidasi lebih lanjut menjadi CO₂ dan H₂O. Suhu optimum pertumbuhan bakteri ini berada pada kisaran 30°C, dengan pH optimum antara 5,4–6,3. Pertumbuhan masih dapat terjadi pada pH 4,0–4,5, namun menjadi lemah pada pH netral hingga basa, yaitu sekitar pH 7,0–8,0. Genus *Acetobacter* cenderung memanfaatkan substrat beralkohol dibandingkan gula. Sumber karbon yang paling baik untuk mendukung pertumbuhan bakteri ini antara lain etanol, gliserol, dan asam laktat. Fermentasi asam asetat merupakan proses biologis yang berlangsung secara aerob, di mana bakteri asam asetat, khususnya *Acetobacter aceti*, mengoksidasi etanol menjadi asam asetat. Selama fermentasi, alkohol sebagai substrat utama akan mengalami reaksi oksidasi dalam kondisi lingkungan yang memiliki ketersediaan oksigen yang cukup (Nurhayati, 2021). Proses pembentukan asam asetat tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi fermentasi asam asetat

2.6 Alkohol

Alkohol tergolong salah satu senyawa organik yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya adalah etanol yang digunakan sebagai pelarut, bahan sterilisasi peralatan medis, campuran parfum, dan berbagai keperluan lainnya. Alkohol ditandai dengan adanya gugus fungsi hidroksil (-OH) dalam strukturnya (Hadanu, 2019). Etanol yang dikonsumsi akan dengan cepat diserap ke dalam aliran vaskular, yang selanjutnya diedarkan ke seluruh tubuh dan dioksidasi pada jaringan perifer sehingga menghasilkan energi dalam bentuk kalori, air, dan karbon dioksida. Proses inilah yang menyebabkan sebagian orang mengonsumsi alkohol untuk memberikan sensasi hangat pada tubuh. Namun demikian, konsumsi alkohol juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan (Maulana, 2021).

Alkohol dapat diproduksi melalui dua metode utama, yaitu sintesis kimia dan fermentasi. Produksi alkohol melalui fermentasi umumnya memanfaatkan bahan baku yang mengandung gula atau pati, seperti tebu, jagung, beras, ubi, gandum, kurma, anggur, serta berbagai buah yang memiliki rasa manis. Selain itu, bahan lain seperti susu, madu, dan lemak hewani juga dapat menghasilkan alkohol melalui proses fermentasi. Pada proses fermentasi, kadar alkohol yang dihasilkan umumnya tidak melebihi 13%. Sementara itu, produksi alkohol secara sintesis

dilakukan dari bahan baku seperti gas alam, minyak bumi, atau batu bara, misalnya melalui proses hidrasi alkena dengan katalis asam (Jamaludin, 2015).

Dalam kehidupan sehari-hari, istilah alkohol sering merujuk pada etanol, yaitu jenis alkohol yang memiliki dua atom karbon pada gugus alkilnya. Etanol banyak digunakan sebagai pelarut, desinfektan, maupun sebagai komponen minuman beralkohol (Lestari, 2019). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi minuman beralkohol dalam jumlah sedang dapat memberikan efek protektif terhadap penyakit kardiovaskular. Secara biologis, konsumsi alkohol dalam jumlah moderat dapat meningkatkan kadar *High Density Lipoprotein* (HDL) atau kolesterol baik, yang berhubungan dengan penurunan risiko penyakit jantung. Selain itu, konsumsi alkohol dalam jumlah sedang juga dikaitkan dengan peningkatan sensitivitas insulin serta perbaikan faktor-faktor yang berperan dalam proses pembekuan darah, seperti aktivator plasminogen jaringan, fibrinogen, faktor pembekuan VII, dan faktor von Willebrand (Booyse *et al.*, 2007).

2.7 Kadar Brix

Derajat Brix (sistem °Bx) merupakan satuan yang digunakan untuk menunjukkan kadar gula dalam larutan berbasis air. Satu derajat Brix menunjukkan jumlah sukrosa sebesar 1 gram yang terlarut dalam setiap 100 gram larutan, sehingga merepresentasikan konsentrasi gula dalam bentuk persentase berat (% b/b). Apabila larutan mengandung padatan terlarut selain sukrosa murni, maka nilai °Bx hanya menggambarkan perkiraan total padatan terlarut. Secara tradisional, satuan °Bx digunakan untuk menentukan kandungan gula pada anggur, larutan gula, jus buah, serta produk berbasis madu (Misto & Mulyono, 2015).

Dalam sistem pangan, derajat Brix dimanfaatkan untuk mengukur perkiraan kandungan gula pada berbagai bahan, seperti buah, sayuran, jus, anggur, minuman ringan, serta dalam proses industri pati dan gula. Setiap negara memiliki sistem pengukuran yang berbeda. Misalnya, dalam industri bir di Inggris digunakan satuan berat jenis dikalikan 1000, di Eropa digunakan derajat Plato, sedangkan di Amerika Serikat digunakan kombinasi berat jenis, derajat Brix, derajat Baume, dan derajat Plato. Pada jus buah, nilai 1,0° Brix setara dengan 1,0% gula berdasarkan berat, yang umumnya berkorelasi dengan tingkat kemanisan produk (Misto & Mulyono, 2015).

2.8 pH (*Power of Hydrogen*)

pH merupakan ukuran derajat keasaman yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Asam didefinisikan sebagai zat yang terdisosiasi untuk melepaskan ion hidrogen atau bereaksi dengan air sehingga menghasilkan ion hidrogen. Nilai pH yang semakin rendah menunjukkan sifat yang semakin asam, yang dapat memengaruhi tekstur pangan, misalnya menyebabkan kegagalan pembentukan gel (Wardani *et al.*, 2018). Secara umum, pH netral bernilai 7, sedangkan nilai pH yang berada di bawah 7 menunjukkan sifat asam, sedangkan pH di atas 7 menunjukkan sifat basa (Angelia, 2017). Selain itu, pH juga menjadi salah satu parameter penting dalam penentuan mutu produk pangan, karena dapat digunakan sebagai indikator penghambatan pertumbuhan kontaminan biologis, seperti bakteri, kapang, dan mikroorganisme lainnya yang dapat merusak tekstur, rasa, maupun nilai gizi produk. Oleh karena itu, pengukuran pH berperan penting dalam memantau aktivitas mikroorganisme selama proses pengolahan dan penyimpanan pangan. Selain dalam bidang pangan, pengukuran pH juga banyak diterapkan pada industri kosmetik dan farmasi (Wasito *et al.*, 2017).

Menurut metode AOAC (2005), prinsip pengukuran pH didasarkan pada penentuan derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen bebas, yang diukur menggunakan alat pH meter. Sebelum digunakan, pH meter harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan penyangga atau *buffer*, umumnya pada pH 7.

2.9 Total Asam

Kadar asam total pada produk makanan dan minuman merupakan salah satu parameter yang digunakan sebagai indikator kualitas penting yang umum digunakan untuk mengklasifikasikan mutu, kesegaran, dan nilai ekonomi produk akhir. Hal ini disebabkan karena kadar asam berperan dalam menentukan sifat organoleptik, seperti aroma, warna, dan rasa, serta memengaruhi stabilitas produk, pengendalian mikrobiologis, tingkat kematangan, keaslian, bahkan dalam beberapa kasus digunakan sebagai penanda asal geografis suatu produk pangan (Ayuningtyas, 2023). Penentuan kandungan asam total pada makanan dan minuman umumnya dilakukan dengan metode titrasi (AOAC, 2000).

Sebagian besar asam yang terdapat dalam bahan pangan berupa asam organik, seperti asam sitrat, malat, laktat, tartarat, dan asam asetat. Namun demikian, asam anorganik juga dapat berkontribusi terhadap tingkat keasaman produk, contohnya asam fosfat dan asam karbonat yang terbentuk dari karbon dioksida terlarut. Keasaman yang dapat dititrasi (*titratable acidity*) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah total asam dalam makanan dan minuman, sehingga istilah total asam sering disamakan dengan *titratable acidity*.

Penentuan total asam dilakukan dengan menetralkan asam yang terdapat dalam sampel dengan volume atau berat tertentu menggunakan larutan basa standar. Titik akhir titrasi biasanya ditentukan berdasarkan target pH tertentu atau perubahan warna indikator pH, umumnya fenolftalein. Namun, metode ini memiliki potensi kesalahan, terutama karena kesulitan dalam mengamati perubahan warna indikator yang halus pada rentang transisinya, khususnya pada sampel berwarna dan proses titrasi yang dilakukan secara manual. Selain itu, metode titrasi kurang sensitif dalam mendeteksi kadar asam yang rendah, sehingga memerlukan jumlah sampel yang lebih besar secara kuantitas dan durasi analisis yang lebih lama (Ayuningtyas, 2023).