
Karakteristik *Vinegar* Nira Aren pada Variasi Penambahan Gula dan Lama Fermentasi Aerobik

Characteristics of Vinegar from Arenga Palm Sap on Variations by Sugar Addition and Aerobic Fermentation Duration

Mar'atun Sholiha*, Nyoman Semadi Antara, G.P. Ganda Putra

Program Studi Magister Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

email: marr.sholiha@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the effect of sugar addition, fermentation duration and interaction on the characteristics of palm sap *vinegar* and determine the best combination of sugar addition and fermentation length of palm *vinegar* produced in accordance with SNI. The method used in this study is an experimental method with a Completely Randomized Design with 2 factors. The first factor is the addition of sugar consisting (5, 10 and 15%). The second factor is the fermentation length consisting (5, 10 and 15 days). The process of making palm sap *vinegar* is carried out in 2 groups based on the processing time, resulting in 18 experimental units. The observation data were analyzed using analysis of variance and if there was an effect from the treatment being tested, the analysis would be continued with the Duncan test with an error rate of 5%. The findings revealed that the optimal treatment was sugar concentration of 15% with fermentation duration of 10 days with characteristics of acetic acid (8,34%), TPT (15,30·Brix), total sugar (0,77%), pH (2,99), ethanol (5,50%), sensory evaluation of aroma scoring of 3,50 (slightly sour – sour aroma), color of 2,70 (yellow bone white – slightly yellow), sweet taste of 2,37 (not sweet – sweet), sour taste of 4,75 (slightly sour – very sour), bitter taste of 2 (slightly bitter – bitter), and overall acceptance 4,67 (slightly dislike – slightly like). The organic acid profile included tartaric acid, butyric acid, lactic acid, and acetic acid. The flavor compounds include ethanadimic acid, ethanol, carbamic acid, and acetic acid.

Keywords: *Palm sap, sugar, fermentation, vinegar*

Abstrak

Nira aren merupakan cairan hasil penyadapan dari tandan jantan yang memiliki rasa yang manis dan dapat diolah menjadi beberapa produk salah satunya *vinegar*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan gula, lama fermentasi aerob dan interaksinya terhadap karakteristik *vinegar* nira aren yang dihasilkan dan menentukan kombinasi penambahan gula dan lama fermentasi terbaik untuk menghasilkan *vinegar* yang sesuai dengan SNI. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah penambahan gula yang terdiri dari 3 taraf yaitu 5%, 10% dan 15%. Faktor kedua adalah lama fermentasi aerobik yang terdiri dari 3 taraf yaitu 5, 10 dan 15 hari, pembuatan dilakukan dalam 2 kelompok berdasarkan waktu pengerjaan sehingga dihasilkan 18 unit percobaan. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila terdapat pengaruh perlakuan yang diuji, analisis dilanjutkan dengan uji Duncan dengan tingkat kesalahan 5%. Berdasarkan hasil penelitian *vinegar* nira aren yang dilakukan bahwa kombinasi perlakuan penambahan gula 15% dan lama fermentasi 10 hari merupakan perlakuan terbaik pada *vinegar* nira aren dengan karakteristik asam asetat (8,34%), TPT (15,30·Brix), total gula (0,77%), pH (2,99), etanol (5,50%), evaluasi sensoris skoring aroma sebesar 3,50 (beraroma asam), warna sebesar 2,70 (agak kuning), rasa manis sebesar 2,37 (agak manis), rasa asam 4,75 (sangat asam), rasa pahit 2 (agak pahit), serta penerimaan keseluruhan 4,67 (agak suka)). Profil asam organik yang terdapat pada *vinegar* nira aren yaitu asam tartarat, asam butirat, asam laktat dan asam asetat dan senyawa flavor seperti asam oksalat, etanol, asam karbamat dan asam asetat.

Kata kunci: *Nira aren, gula, fermentasi, vinegar*

PENDAHULUAN

Pengolahan bahan pangan menjadi sebuah produk pangan tidak terlepas dari proses fermentasi. Fermentasi dalam bidang biologi merupakan reaksi oksidasi yang menghasilkan energi dengan senyawa organik sebagai donor dan aseptor. Berbagai jenis

bahan pangan seperti umbi-umbian, buah-buahan hingga nira dapat diolah menjadi produk fermentasi sehingga memiliki cita rasa yang lebih baik, meningkatkan masa simpan produk hingga meningkatkan daya jual produk yang tinggi. Salah satu produk fermentasi yang banyak dimanfaatkan

sebagai bahan tambahan pangan adalah *cider* dan *vinegar* yang berasal dari nira. Setiap rumpun pohon aren mampu menghasilkan sekitar 4 tangkai pada waktu bersamaan sehingga satu pohon nira dapat menghasilkan 12 L nira perhari. Nira aren yang baru disadap atau masih segar memiliki kualitas yang baik dengan kadar sukrosa 13-17%, beraroma harum, bening, pH 6,0-7,0. Nira segar memiliki kadar air 80-85% dan kandungan sukrosa 15% (Yunita et al., 2017). Nira aren memiliki kandungan air sebanyak 91,1%, kadar abu 0,28%, protein 0,41%, lemak 0%, karbohidrat 8,21% dan total gula 0,67% (Ismail et al., 2020), sehingga nira aren berpotensi untuk diolah menjadi gula aren, tuak, *vinegar* (cuka fermentasi), nata pinnata dan etanol (Triani et al., 2019).

Vinegar merupakan cuka fermentasi yang terbuat dari bahan yang mengandung gula yang diubah menjadi etanol dan dilakukan fermentasi lanjutan hingga menjadi *vinegar*. Produk fermentasi yang memiliki kesamaan dengan *vinegar* adalah *cider*. *Cider* merupakan minuman hasil fermentasi sari buah yang mengandung etanol sebanyak 6,5%-8% (Andayani et al., 2019). Pembuatan *vinegar* dapat berasal dari berbagai macam buah atau bahan baku yang mengandung gula. Salah satu bahan baku yang mengandung gula dan berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan *vinegar* adalah nira. Nira merupakan cairan hasil dari penyadapan dari tandan jantan yang dapat dijadikan gula aren maupun minuman ringan, *vinegar* dan etanol (Sumendap et al., 2015). *Vinegar* maupun *cider* yang berbahan dasar dari buah memiliki manfaat sebagai pangan fungsional, hal ini dikarenakan *vinegar* memiliki fungsi primer seperti mengandung karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral. Fungsi sekunder sebagai pangan yang dapat diterima oleh inderawi manusia, memiliki penampakan dan cita rasa yang baik dan fungsi tersier yang mampu mengurangi penyakit dengan adanya kandungan senyawa dalam *vinegar* (Nurhayati et al., 2018). *Vinegar* mengandung vitamin, mineral, asam amino, senyawa polyphenol seperti asam galat, katekin, asam caffeate, asam ferulat dan asam organik non volatil, selain itu *vinegar* memberikan rasa asam dan aroma pada makanan (Silfia dan Sri, 2014). *Vinegar* diproses melalui 2 tahap fermentasi yaitu tahap pertama menggunakan *yeast* dan dilanjutkan dengan fermentasi asam asetat menggunakan bakteri asam asetat (AAB). *Yeast* menghidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa untuk menghasilkan etanol dan AAB mengoksidasi etanol menjadi asam asetat yang akan menjadi produk *vinegar* (Brugnoli et al., 2023). Berdasarkan SNI (SNI, 1996), menyatakan bahwa syarat mutu cuka fermentasi memiliki total asam min. 4 g/100 ml, sisa etanol maks. 1%, gula jumlah min. 0,05% dan padatan terlarut min. 1%. Penentuan kualitas fermentasi *vinegar* dapat dilihat dari kadar

asam asetat yang dihasilkan, salah satu penelitian *vinegar* yang terbuat dari daging pisang mas mengandung asam asetat sebesar 0,50% dan etanol 0,99% dan belum memenuhi syarat SNI (Ester et al., 2021). (Ramadhani, 2018), menyatakan bahwa fermentasi *vinegar* nira siwalan pada pH 5 menggunakan starter *Acetobacter aceti* selama 24 jam hanya dapat menghasilkan *vinegar* dengan total asam 2,59%. Hal ini dikarenakan fermentasi yang berlangsung secara aerob dan lama fermentasi yang singkat diduga belum mampu mendegradasi bahan yang digunakan untuk fermentasi. Selain itu, faktor yang mempengaruhi proses fermentasi dalam menghasilkan etanol dan optimalisasi pertumbuhan bakteri *Acetobacter aceti* adalah konsentrasi gula dan lama fermentasi (Ariyani et al., 2015). Lama fermentasi berpengaruh terhadap proses fermentasi, baik terhadap proses pembentukan etanol maupun asam asetat. Berdasarkan (Putra et al., 2017) menyatakan bahwa, fermentasi cuka kakao dengan penambahan gula sebanyak 6% dengan fermentasi 2 tahap dalam waktu 25 hari menghasilkan asam asetat sebanyak 2,35%. Penelitian (Syarifuddin et al., 2023), menyatakan bahwa pembuatan *vinegar* apel manalagi selama 13 hari menghasilkan kadar asam asetat sebesar 3,12% dan kadar etanol 99,74%. Selain itu, kadar gula dalam bahan pangan juga dapat mempengaruhi hasil fermentasi. Kadar gula dengan konsentrasi kurang dari 5% dapat menyebabkan fermentasi menjadi kurang optimal sehingga tidak terbentuk etanol, sedangkan jika konsentrasi gula yang ditambahkan lebih dari 14-15% akan dapat menghambat pertumbuhan starter *Acetobacter aceti* sehingga asam asetat yang terbentuk akan terhambat. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh tekanan osmosis akibat dari perbedaan tekanan didalam dan diluar sel bakteri (Wewe et al., 2019). Salah satu cara yang dapat dilakukan agar mempercepat proses fermentasi yaitu dilakukan penambahan gula dengan konsentrasi yang tepat, yang dimana gula berfungsi sebagai nutrisi starter mikroorganisme untuk mempercepat proses fermentasi (Abdillah et al., 2014). Oleh karena itu, perlu dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan gula, lama fermentasi dan interaksinya terhadap karakteristik *vinegar* yang dihasilkan dan untuk menentukan kombinasi penambahan gula dan lama fermentasi terbaik untuk menghasilkan *vinegar* yang sesuai dengan SNI.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioindustri, Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium Analitik, Universitas Udayana. Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan yaitu mulai bulan September – Desember

2024. merupakan penelitian percobaan pada skala laboratorium.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain sampel nira aren segar yang diambil dari Desa Kekait, Gunungsari, NTB, gula pasir (Gulaku), larutan buffer pH 4, larutan buffer 7, reagensia nelson, indikator fenoltalein, kultur *Saccharomyces cerevisiae* (Premier Classique Wine Yeast Red Star), kultur *Acetobacter aceti* (Tamba Sanji Wani Vinegar Seedkings), pepton (Merck KGaA), yeast ekstrak (Merck KGaA), dextrose monohydrate (Brataco), nutrient broth (Himedia), dan destiled water dan alat yang digunakan untuk agitasi adalah shaker rotator dan alat yang digunakan untuk membuat produk antara lain: gelas piala (Schott Duran), gelas ukur (Herma), labu ukur (Iwaki), erlenmeyer (Schott Duran), pipet ukur (Iwaki), pipet tetes, mikro tetes, tabung reaksi, vortex, baskom, hot plate, pH meter, HPLC, autoklaf (HICLAVE HVE-50), botol kaca 600 mL, cawan petri disposable, GC-MS, dan refractometer.

Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial 2 faktor. Faktor pertama adalah penambahan gula, terdiri dari 3 taraf yaitu 5%, 10% dan 15%. Faktor kedua adalah lama fermentasi aerobik yang terdiri dari 3 taraf yaitu 5, 10 dan 15 hari. Fermentasi dilakukan dalam dua tahap, dimulai dengan perlakuan penambahan gula pada fermentasi etanol, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi asam asetat dengan lama fermentasi aerobik hingga diperoleh kadar akhir sebagai hasil fermentasi lanjutan. Proses pembuatan vinegar nira aren dilakukan dalam 2 kelompok berdasarkan waktu pengerjaan sehingga dihasilkan 18 unit percobaan. Data penelitian ini dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila terdapat pengaruh dari perlakuan yang diuji, analisis akan dilanjutkan dengan Uji Duncan dengan tingkat kesalahan 5% (Ramadani & Palupi, 2021). Uji penentuan terbaik dilakukan berdasarkan kadar asam asetat tertinggi sebagai hasil akhir dari fermentasi vinegar nira aren.

Parameter Penelitian

Fermentasi Anaerobik

Tahap awal dalam fermentasi vinegar adalah fermentasi anaerobik (etanol), dimana gula diubah menjadi etanol oleh yeast. Fermentasi etanol dilakukan dengan menggunakan dry yeast *Saccharomyces cerevisiae* dan dalam kondisi anaerob. Fermentasi etanol dilakukan dengan menggunakan nira aren sebanyak 600 mL, dimasukkan kedalam botol kaca steril, ditambahkan kultur *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 4%, ditambahkan gula dengan konsentrasi masing-

masing perlakuan yaitu 5%, 10% dan 15%, kemudian difermentasi selama 10 hari pada suhu 30°C (Putra et al., 2017). Selama proses fermentasi berlangsung wadah ditutup menggunakan airlock, airlock digunakan untuk mempertahankan lingkungan bebas oksigen (anaerob) serta mencegah kontaminasi dari udara luar. Adapun variabel yang diamati pada fermentasi etanol antara lain total asam asetat, total gula, derajat keasaman (pH), total etanol, dan total padatan terlarut.

Fermentasi Aerobik

Tahap kedua (akhir) fermentasi vinegar adalah fermentasi aerobik (asam asetat), dimana etanol diubah menjadi asam asetat oleh bakteri *Acetobacter aceti*. Fermentasi asam asetat dilakukan dengan menambahkan kultur *Acetobacter aceti* sebanyak 0,1% setelah proses fermentasi etanol dan dilakukan fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi 5, 10 dan 15 hari. Proses fermentasi dilakukan dalam Erlenmeyer 300 mL dengan metode agitasi menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm dalam kondisi aerob dan dihasilkan vinegar nira aren. Adapun variabel yang diamati pada fermentasi asam asetat antara lain: penentuan total asam asetat, total pH, total padatan terlarut, kadar etanol, total gula, pengujian profil asam organik, uji profil senyawa flavor dan uji organoleptik yang meliputi uji skoring aroma, warna, rasa dan uji hedonic terhadap penerimaan keseluruhan.

Pengujian Profil Asam Organik

Metode *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) merupakan pengujian yang digunakan untuk menentukan asam-asam organik yang dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif yang meliputi pengujian seperti asam malat, asam askorbat, asam laktat, asam asetat, asam sitrat, asam piroglutamat dan asam fumarat. Pengujian ini dilakukan dengan membuat deret standar asam organik minimal 6 titik konsentrasi ke dalam labu ukur 10 mL, ditimbang/pipet porsi uji ke dalam labu ukur, vortex, sonikasi, ditambahkan buffer fosfat 20 mM hingga setengah volume labu ukur, vortex, sonikasi, ditambahkan buffer fosfat 20 mM (fase gerak) hingga tanda tera dan dihomogenkan, dipindahkan larutan sampel uji kedalam tabung folcon 50 mL dan disentrifugasi, supernatant di *clean up* dengan SPE C18 (fase diam), disaring eluat dengan *syringe filter* 0,20 µm ke dalam vial 2 mL, dan di injeksikan ke dalam system UPLC. Adapun kondisi pengukuran instrument yaitu kolom adalah reversed phase C18, fase gerak adalah H₃PO₄ mM, laju air sebesar 0,425 mL/menit, system pompa adalah isokratik, volume injeksi sebesar 10 µL, suhu kolom 37°C, dan detector PDA (190-400), λ 210 nm (Wasik et al., 2007).

Uji Profil Senyawa Flavor

Pengujian profil senyawa flavor *vinegar* nira aren menggunakan analisis GC-MS untuk mengetahui informasi jenis senyawa yang terkandung dalam *vinegar* nira aren. Analisis GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Pendidikan Indonesia. Analisis GC-MS menggunakan GC-MS 5977. Kolom yang digunakan yaitu HP-5MS dengan panjang 30 m, diameter 0,25 mm, dantebal film 0,25 μ m. Identifikasi senyawa sampel dibandingkan dengan standar NIST (Erwin et al., 2018).

Uji organoleptik

Pengujian organoleptik dilakukan pada produk *vinegar* nira aren pada perlakuan penambahan gula dan lama fermentasi meliputi uji skoring yang terdiri dari warna, aroma, rasa, dan uji hedonik terhadap penerimaan keseluruhan. Panelis yang akan digunakan yaitu panelis semi terlatih sebanyak 24 panelis mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian. Pengujian aroma dilakukan dengan metode skoring (Soekarto, 1981). Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat warna, aroma dan rasa *vinegar* nira aren dengan cara dituang ke dalam wadah transparan, disusun secara acak, dan dihirup, dirasa maupun diamati sampel tersebut. Pengujian terhadap penerimaan keseluruhan dilakukan dengan metode hedonic (Soekarto, 1981). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan panelis secara keseluruhan terhadap sampel *vinegar* nira aren.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Nira Aren

Hasil pengujian karakteristik nira aren berdasarkan kadar asam asetat, pH, TPT, glukosa, fruktosa dan sukrosa dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7. diketahui bahwa nira aren segar memiliki nilai pH sebesar 5,41, nilai total padatan terlarut sebesar 15·brix, nilai asam asetat sebesar 1,74%. Nira aren segar mengandung gula yang tinggi sehingga memiliki rasa yang manis dengan penyimpanan 1-3 hari pada suhu dingin. Nira aren segar memiliki kandungan glukosa sebesar 3,13%, fruktosa sebesar 2,20%, dan sukrosa sebesar

14,05%. Karakteristik nira aren segar yang dihasilkan telah memenuhi standar untuk dilakukan proses pengolahan menjadi produk *vinegar* nira aren. Hal ini didukung dengan penelitian (Iskandar, 2020), yang menyatakan bahwa nira kelapa mempunyai pH 6,7, kadar air 85,62%, gula pereduksi 0,04% dan sukrosa 13,64%, dengan kandungan tersebut nira dapat dimanfaatkan sebagai produk fermentasi dan menghasilkan flavor nira yang lebih kompleks.

Hasil Fermentasi Aerobik

Kadar Asam Asetat

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi aerobik dan interaksi antara penambahan gula dan lama fermentasi aerobik berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kadar asam asetat *vinegar* nira aren. Nilai total asam *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 2.

Nilai kadar asam asetat *vinegar* nira aren berkisar antara 0,88% -8,35%. Nilai kadar asam asetat terendah yaitu pada penambahan gula 5% dengan lama fermentasi selama 5 hari yaitu sebesar 0,88%, tetapi tidak berbeda nyata dengan penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 2,20% dan penambahan gula 10% dengan lama fermentasi 5 hari sebesar 1,37%. Kadar asam asetat tertinggi yaitu pada penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 8,35%, tetapi tidak berbeda nyata dengan penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 6,90% dan penambahan gula 10% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 8,13%. Nilai kadar asam semakin meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi gula yang ditambahkan dan lama fermentasi.

Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik nira aren

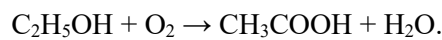
Karakteristik	Hasil Analisis
pH	5,41
TPT	15·brix
Asam Asetat	1,74%
Glukosa	3,13%
Fruktosa	2,20%
Sukrosa	14,05%

Tabel 2. Nilai kadar asam asetat *vinegar* nira aren

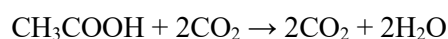
Lama fermentasi	Konsentrasi gula (%)		
	5%	10%	15%
5 hari	0,88 \pm 0,18 ^d	1,37 \pm 0,23 ^{cd}	4,22 \pm 0,31 ^b
10 hari	2,20 \pm 0,28 ^{cd}	4,17 \pm 1,65 ^b	8,35 \pm 0,49 ^a
15 hari	2,63 \pm 0,02 ^{bc}	8,13 \pm 1,03 ^a	6,90 \pm 0,14 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05.

Proses fermentasi cuka fermentasi dimulai dari *yeast* mengkonversi gula menjadi alkohol dan dilanjutkan dengan mengkonversi alkohol menjadi asam asetat. Lama fermentasi yang semakin meningkat mengakibatkan *yeast* mengalami fase kematian dan etanol akan teroksidasi oleh bakteri *Acetobacter aceti* menjadi asam asetat. Oksidasi etanol menjadi asam asetat merupakan jalur untuk bakteri asam asetat untuk mendapatkan energinya. Secara kimia reaksi asetifikasi adalah sebagai berikut.



Persamaan di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gula yang ditambahkan maka kadar asam asetat yang dihasilkan semakin tinggi. Kadar asam yang tinggi disebabkan karena fermentasi asam asetat dalam *vinegar* mencapai titik optimum. Lama fermentasi selama 10 hari merupakan waktu yang optimum sehingga mampu menghasilkan asam asetat yang tinggi karena seluruh substrat mampu terdegradasi dengan optimum. Fermentasi selama 15 hari dengan penambahan gula 15% nilai kadar asam mengalami penurunan. Fermentasi *vinegar* dengan waktu lebih dari 15 hari kemungkinan cenderung akan mengalami penurunan, hal ini dikarenakan fermentasi yang terlalu lama sehingga asam asetat akan teroksidasi menjadi karbondioksida dan air sehingga mengakibatkan kadar asam asetat menurun (Syarifuddin et al., 2023). Berikut merupakan reaksi asam asetat yang mengalami oksidasi dan memiliki produk akhir karbondioksida dan air.



Fermentasi *vinegar* nira aren dengan penambahan gula dan lama fermentasi menunjukkan pengaruh terhadap peningkatan kadar asam asetat, seperti yang terlihat pada fermentasi cuka kakao dengan penambahan gula 6% menghasilkan kadar asam asetat yang lebih tinggi sebesar 1,41% dibandingkan dengan konsentrasi lain (4%, 8% dan 10%) dengan lama fermentasi lebih dari 15 hari. Kadar asam asetat cuka kakao meningkat disebabkan karena kondisi fermentasi alkohol yang optimal sehingga

meningkatkan pembentukan asam asetat (Putra et al., 2017). Fermentasi cuka buah mangrove memiliki kadar asam asetat sebesar 3,32% (terendah) dengan penambahan gula 22,5% dengan lama fermentasi 5 hari dan kadar asam asetat tertinggi (9,85%) diperoleh dengan penambahan gula 30% dan lama fermentasi 7 hari (Hardoko, 2019).

Berdasarkan SNI 01-4371-1996 tentang standar mutu cuka, syarat kadar asam asetat pada cuka yaitu minimal adalah 4%, sehingga kadar asam asetat pada *vinegar* nira aren telah memenuhi standar dengan kadar asam asetat sebesar 4,17% pada perlakuan penambahan gula 10% dan lama fermentasi 10 hari, 8,13% pada penambahan gula 10% dan lama fermentasi 15 hari, 4,22%, 8,35%, 6,90% pada perlakuan penambahan gula 15% dan lama fermentasi 5, 10 dan 15 hari.

Derajat Keasaman (pH)

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$), lama fermentasi aerobik berpengaruh nyata ($P < 0,05$), dan interaksi antara penambahan gula dan lama fermentasi aerobik berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap derajat keasaman *vinegar* nira aren. Nilai derajat keasaman *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai derajat keasaman *vinegar* nira aren berkisar antara 2,94-3,76. Nilai derajat keasaman terendah yaitu pada penambahan gula 15% dan lama fermentasi 5 hari sebesar 2,94, sedangkan nilai derajat keasaman tertinggi yaitu pada penambahan gula 5% dan lama fermentasi 15 hari sebesar 3,76. Nilai pH berkaitan dengan total asam yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai total asam, maka semakin rendah nilai derajat keasaman (pH) yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil bahwa, semakin tinggi konsentrasi gula dan lama fermentasi yang dilakukan maka semakin rendah nilai pH yang dihasilkan. Nilai pH menunjukkan tingkat konsentrasi ion H^+ yang terdapat dalam larutan. Tingginya konsentrasi ion H^+ dalam *vinegar* nira aren disebabkan oleh asam-asam yang terdapat dalam nira aren dan asam asetat yang dihasilkan dari perombakan gula dan alkohol oleh mikroba.

Tabel 3. Nilai derajat keasaman (pH) *vinegar* nira aren

Lama fermentasi	Konsentrasi gula (%)		
	5%	10%	15%
5 hari	3,57±0,05 ^b	3,39±0,07 ^{bc}	2,94±0,09 ^g
10 hari	3,14±0,19 ^{de}	3,29±0,01 ^{cd}	2,99±0,01 ^{ef}
15 hari	3,76±0,06 ^a	3,08±0,04 ^{ef}	2,98±0,04 ^{ef}

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05.

Fermentasi dapat menghasilkan ion H^+ yang lebih banyak dan adanya proses perombakan gula menjadi alkohol dan diikuti dengan fermentasi asam asetat sehingga menyebabkan nira menjadi lebih asam (Wrasiati et al., 2013). Fermentasi *vinegar* nira aren dengan penambahan gula dan lama fermentasi menunjukkan pengaruh terhadap derajat keasaman (pH). Penambahan gula berperan dalam meningkatkan ketersediaan substrat bagi mikroorganisme sehingga mempercepat pembentukan etanol pada tahap fermentasi anaerobik dan lama fermentasi berpengaruh terhadap total asam asetat yang dihasilkan, dimana semakin lama proses fermentasi aerob maka kadar asam cenderung meningkat sehingga titik optimum tertentu yang ditandai dengan penurunan pH seperti yang terlihat pada fermentasi *coco* cider yang menghasilkan pH berkisar antara 3,85 - 3,92, nilai pH ini merupakan pH yang baik untuk pertumbuhan yeast dan bakteri asam asetat, sehingga mampu menghasilkan kadar asam asetat yang optimum (Wrasiati et al., 2013). Fermentasi cuka belimbing wuluh dengan pH terkontrol 4 menurun menjadi 3,57 - 3,58. Perubahan pH ini berasal dari proses fermentasi *Lactobacillus plantarum* (BAL) yang memetabolisme gula dan menghasilkan asam organik terutama asam laktat (Laily et al., 2019). Nilai pH terhadap fermentasi cuka air kelapa cenderung stabil dengan lama fermentasi 20 hari dengan nilai 3-4% dan mengalami perubahan pada hari ke 25-50 seiring dengan perubahan nilai kadar asam. Penurunan pH ini diakibatkan berlangsungnya fermentasi asam cuka yang terakumulasi, sehingga semakin tinggi kadar asam yang terlarut maka akan semakin cepat berdisosiasi untuk melepaskan proton bebas sehingga pH mengalami penurunan (Miensugandhi & Sutardi, 2023).

Total Padatan Terlarut

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi aerobik dan interaksi antara penambahan gula dan lama fermentasi aerobik berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap total padatan terlarut *vinegar* nira aren. Nilai total padatan terlarut *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 4.

Nilai total padatan terlarut *vinegar* nira aren berkisar antara 4,8 - 16,7·brix. Nilai total padatan terlarut terendah yaitu pada penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 4,8·brix, tetapi tidak berbeda nyata dengan penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 5,35·brix. Total padatan terlarut tertinggi pada perlakuan penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 5 hari sebesar 16,7·brix. Semakin tinggi gula yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai TPT yang dihasilkan, namun lama fermentasi 10 dan 15 hari total TPT mengalami penurunan. Penurunan total padatan terlarut diduga karena selama berlangsungnya proses fermentasi gula sebagai komponen padatan terlarut yang dominan dalam medium selain pigmen, vitamin, dan mineral, dimetabolisme oleh khamir menjadi alkohol dan CO_2 dan dimanfaatkan oleh bakteri asam asetat sebagai sumber karbon sehingga selama proses fermentasi khamir dan bakteri berlangsung terjadi penurunan total padatan terlarut (Zubaidah, 2010). Penambahan gula 10% dengan lama fermentasi 10 hari mengalami peningkatan, hal ini diduga karena karena pada perlakuan ini tidak banyak gula yang dioksidasi oleh *Acetobacter aceti* yang menyebabkan total padatan terlarut meningkat, selain itu asam organik yang terkandung dalam *vinegar* yang dihasilkan diduga dapat meningkatkan total padatan terlarut (Idayanti & Rosida, 2022). Fermentasi *vinegar* nira aren dengan penambahan gula dan lama fermentasi menunjukkan pengaruh terhadap total padatan terlarut, seperti yang terlihat pada total padatan terlarut fermentasi cuka pisang kapok sebesar 5,28·brix dan mengalami penurunan menjadi 4,26·brix dengan lama fermentasi 15 hari. Lama fermentasi akan menyebabkan TPT mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena *Acetobacter aceti* tidak dapat memetabolisme dengan optimum gula yang terkandung dalam substrat. Selain itu, berkurangnya nilai TPT selama fermentasi disebabkan karena berkurangnya sumber nutrisi dan substansi pada larutan (Nurismanto et al., 2014). Fermentasi cuka kakao memiliki nilai TPT berkisar antara 6,99-8,58 ·brix, penurunan nilai TPT pada cuka kakao menurun selama proses fermentasi berlangsung.

Tabel 4. Nilai total padatan terlarut *vinegar* nira aren

Lama fermentasi	Konsentrasi gula (%)		
	5%	10%	15%
5 hari	5,8±0,28 ^f	7,25±0,35 ^e	16,7±0,42 ^a
10 hari	5,35±0,21 ^{fg}	10,1±0,14 ^d	15,3±0,42 ^b
15 hari	4,8±0,28 ^g	7,50±0,71 ^e	13,3±0,14 ^c

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05.

Penggunaan padatan terlarut yang paling banyak selama fermentasi adalah gula, selain pigmen, vitamin dan mineral, dan dimetabolisme oleh yeast menjadi alkohol dan CO₂, serta dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber karbon sehingga menyebabkan penurunan TPT selama proses fermentasi oleh yeast dan bakteri (Putra et al., 2017). Berdasarkan SNI 01-4371-1996 tentang standar mutu cuka, syarat padatan terlarut pada cuka yaitu minimal adalah 1%, sehingga total padatan terlarut pada *vinegar* nira aren telah memenuhi standar dengan total padatan terlarut berkisar antara 4,8-16,7-brix pada semua perlakuan.

Total Gula

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi aerobik dan interaksi antara penambahan gula dan lama fermentasi aerobik berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) terhadap total gula *vinegar* nira aren. Nilai total gula *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 5.

Nilai total gula *vinegar* nira aren berkisar antara 0,09-1,57%. Nilai total gula terendah yaitu pada penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 0,09%, tetapi tidak berbeda nyata dengan penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 0,29%. Total gula tertinggi yaitu pada penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 1,57%. Semakin tinggi penambahan gula maka semakin tinggi nilai total gula yang dihasilkan, sedangkan semakin lama fermentasi yang dilakukan semakin menurun dan meningkat pada lama fermentasi 15 hari. Hal ini disebabkan karena semakin banyak glukosa yang dirombak menjadi etanol sehingga total gula pada *vinegar* nira aren mengalami penurunan, selain itu lama fermentasi

dapat menurunkan total gula karena kandungan alkohol yang tinggi menyebabkan total gula menurun (Abdillah et al., 2014). Total gula yang mengalami peningkatan yaitu penambahan gula 15% pada fermentasi 15 hari, hal ini diduga karena pada proses fermentasi asam asetat sumber karbon (glukosa) dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O sehingga tidak menyebabkan penurunan terhadap gula pereduksi. Berbeda dengan proses fermentasi anaerob yang membutuhkan gula yang lebih banyak oleh mikroorganisme sebagai sumber energi karbon, sehingga gula yang tersisa semakin berkurang (Zubaidah, 2010).

Fermentasi *vinegar* nira aren dengan penambahan gula dan lama fermentasi menunjukkan pengaruh terhadap total gula, seperti pada fermentasi *coco cider* dengan nilai rata-rata total gula 4,50-17,10%, semakin tinggi penambahan gula pada *coco cider* maka total gula yang dihasilkan semakin tinggi, pengurangan total gula selama fermentasi disebabkan karena perombakan gula menjadi alkohol dan asam oleh mikroba dalam cider (Wrasiati et al., 2013).

Berdasarkan SNI 01-4371-1996 tentang standar mutu cuka, syarat total gula pada cuka yaitu minimal adalah 0,05%, sehingga total gula pada *vinegar* nira aren telah memenuhi standar dengan total gula berkisar antara 0,09-1,57% pada semua perlakuan.

Kadar Etanol

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan penambahan gula, lama fermentasi aerobik dan interaksi antara penambahan gula dan lama fermentasi aerobik berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) terhadap kadar etanol *vinegar* nira aren. Nilai kadar etanol *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Nilai total gula *vinegar* nira aren

Lama fermentasi	Konsentrasi gula (%)		
	5%	10%	15%
5 hari	0,40±0,02 ^d	0,73±0,19 ^c	0,93±0,10b ^c
10 hari	0,29±0,12 ^{de}	0,75±0,07 ^c	0,77±0,10b ^c
15 hari	0,09±0,01 ^c	1,00±0,14 ^b	1,57±0,05 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05.

Tabel 6. Nilai kadar etanol *vinegar* nira aren

Lama fermentasi	Konsentrasi gula (%)		
	5%	10%	15%
5 hari	6,25±0,06 ^{ab}	1,77±0,33 ^d	5,50±0,71 ^b
10 hari	7,31±0,43 ^a	3,88±0,11 ^c	5,50±0,71 ^b
15 hari	1,74±0,33 ^d	2,54±0,76 ^d	2,48±0,74 ^d

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05

Nilai kadar etanol *vinegar* nira aren berkisar antara 1,74-7,31%. Nilai etanol terendah yaitu pada penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 1,74%, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan pada penambahan gula 10% dengan lama fermentasi 5 dan 15 hari sebesar 1,77% dan 2,54% dan penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 15 hari sebesar 2,48%. Kadar etanol tertinggi yaitu pada perlakuan penambahan gula 5% dengan lama fermentasi 10 hari sebesar 7,31%. Semakin lama fermentasi asam asetat yang dilakukan maka semakin menurun kadar etanol yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan karena alkohol yang didapatkan oleh bakteri *Acetobacter aceti* diubah menjadi asetaldehid dan air, kemudian akan diubah membentuk asam asetat sehingga dapat menurunkan kadar alkohol yang dihasilkan seiring dengan lama fermentasi yang dilakukan (Idayanti & Rosida, 2022). Penelitian terhadap kadar etanol cider apel berkisar antara 6,5-8%, menurut penelitian (Putra, 2005) menyatakan bahwa penambahan gula 5-20% dengan lama fermentasi 2-10 hari memiliki kadar etanol sebesar 4-10,05%. Hal ini berkaitan dengan perbedaan konsentrasi gula yang ditambahkan, jenis bahan baku dan kondisi fermentasi dapat mempengaruhi kadar alkohol yang dihasilkan. Penurunan kadar alkohol pada saat fermentasi berlangsung, diakibatkan oleh kandungan alkohol yang telah dioksidasi oleh *Acetobacter aceti* akan menghasilkan asam asetat dan H₂O, *Acetobacter aceti* mampu mengoksidasi alkohol karena memiliki enzim alkohol dehydrogenase dan asetaldehid dehydrogenase yang menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron, sehingga etanol diubah menjadi asetaldehid dan akan menjadi asam asetat (Wulandari et al., 2019).

Fermentasi *vinegar* nira aren dengan penambahan gula menunjukkan pengaruh terhadap kadar etanol, seperti pada fermentasi cuka pisang kepok yang memiliki kadar etanol berkisar antara 0,55-0,30%, perubahan nilai kadar etanol ini berinteraksi dengan adanya lama fermentasi dan tingginya konsentrasi inokulum, dimana semakin lama fermentasi yang dilakukan maka semakin rendah kadar alkohol yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin banyak etanol yang dirombak menjadi asam asetat pada saat proses fermentasi asam asetat sehingga terjadinya proses oksidasi oleh *Acetobacter aceti* dan akan menghasilkan asam asetat dan H₂O (Nurismanto et al., 2014). Menurut (Yin et al., 2018), menyatakan bahwa etanol mampu mempengaruhi tingkat keasaman pada *vinegar*, dan akan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi etanol. Perubahan dalam menghasilkan etanol yang optimum membutuhkan waktu yang fermentasi yang lama dan berdasarkan produktivitas dan memiliki hasil etanol sebesar 50g/L pada perlakuan YG2 (glukosa 5,1 g, ekstrak ragi 26,2 g, KH₂PO₄ 0,5 g, MgSO₄ 0,5 g, dan NaH₂PO₄ 0,5 g, edible alkohol 50 g dalam 1 L air destilat) dan mampu menghasilkan proses produksi yang optimum.

Berdasarkan SNI 01-4371-1996 tentang standar mutu cuka, syarat sisa etanol pada cuka yaitu maksimal adalah 1%, sehingga sisa alkohol pada *vinegar* nira aren melebihi standar dengan nilai sisa etanol berkisar antara 1,74% - 7,31% pada semua perlakuan.

Profil Asam Organik

Pemilihan profil asam organik berdasarkan nilai kadar asam asetat tertinggi dan terendah. Hasil analisis profil asam organik pada *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis asam organik pada *vinegar* nira aren

Sampel	Nama Senyawa
Sampel Segar	Asam Tartarat
	Asam Butirat
	Asam Laktat
	Asam Asetat
G1L1	Asam Tartarat
	Asam Butirat
	Asam Malat
	Asam Laktat
	Asam Asetat
G3L2	Asam Tartarat
	Asam Butirat
	Asam Laktat
	Asam Asetat

Keterangan: G1L1: Gula 5%, lama fermentasi aerobik 5 hari, G3L2: Gula 15%, lama fermentasi aerobik 10 hari.

Vinegar atau cuka fermentasi dikenal mengandung sifat antimikroba karena kandungan asam organiknya terutama asam asetat. Asam asetat yang melimpah

diharapkan sebagai hasil dari fermentasi asam asetat dari produksi *vinegar*. Berdasarkan Tabel 7, didapatkan hasil bahwa senyawa asam organik yang

terdeteksi pada *vinegar* nira aren yaitu asam tartarat, asam butirat, asam malat, asam laktat dan asam asetat. Asam organik lain yang terdeteksi antara lain asam tartarat, asam butirat, asam malat, dan asam laktat. Asam organik dihasilkan dari proses fermentasi seperti aktivitas mikroba, metabolisme biokimia, dan hidrolisis. Cuka raspberry mengandung asam asetat sebesar 0,59%, asam oksalat sebesar 0,38%, asam sitrat sebesar 0,06%, asam laktat sebesar 0,07% dan asam malat sebesar 0,05% (Yildiz, 2023).

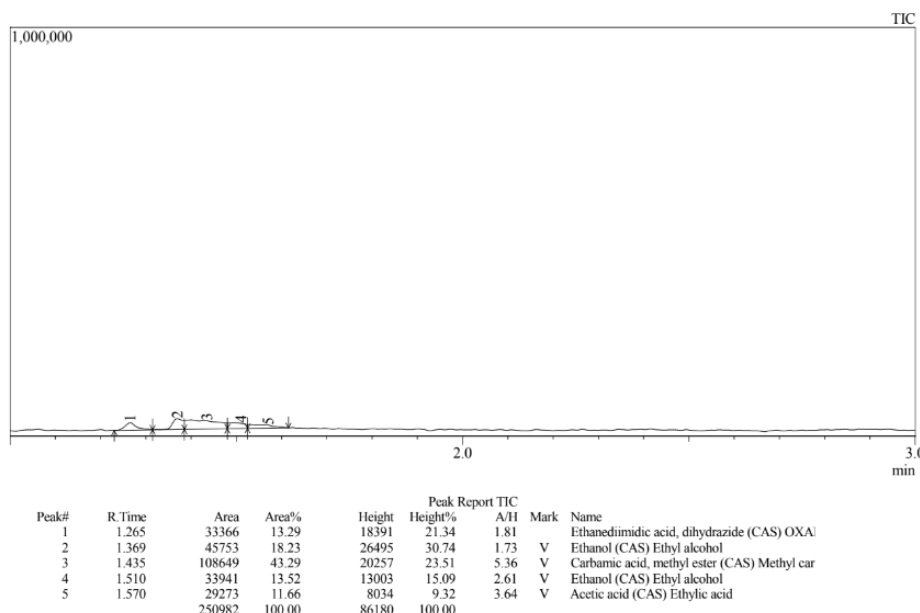
Asam tartarat yang terkandung pada *vinegar* nira aren menciptakan keasaman namun dapat hilang melalui mekanisme physicochemical seperti akumulasi etanol atau netarlisasi oleh kation (seperti K^+ , Ca^{2+} , Na^+). Asam malat pada *vinegar* nira aren dapat diturunkan dari aktivitas antibakteri yang tinggi, karena efek sinergis asam organik (asam malat dan asam tartarat), alkohol, dan pH. Konsentrasi asam malat pada akhir fermentasi anggur sebesar 0,156% dan dapat meningkat jika kondisi pembuatan anggur tidak terkendali. Asam asetat sebagian besar diproduksi selama fase pertumbuhan bakteri, konsentrasi asam asetat pada *vinegar* dapat ditinjau dari beberapa faktor seperti suhu fermentasi, komposisi kimia bahan baku (konsentrasi gula, mineral, vitamin, nitrogen, dan lingkungan pertumbuhan mikroba), selain itu kualitas strain yang digunakan mampu mengendalikan kandungan asam asetat selama fermentasi. Asam asetat memiliki peran

terhadap pembentukan rasa asam dan aroma pada *vinegar* nira aren. Asam laktat pada *vinegar* umumnya diproduksi oleh yeast selama proses fermentasi alkohol. Asam laktat memiliki peranan penting dalam pembentukan kualitas *vinegar*, dan terhadap kesehatan seperti efek terhadap pencernaan laktosa yang lebih baik, anti kanker dan dapat menjaga kadar kolesterol. Fermentasi alkohol yang dilanjutkan dengan fermentasi asam asetat menggunakan *Acetobacter aceti* dapat menghasilkan profil atau senyawa asam organik seperti asam malat (Scutaraşu et al., 2021). Asam butirat pada *vinegar* nira aren memiliki peran penting terhadap kesehatan sebagai hasil fermentasi karbohidrat kompleks yang tidak dapat dicerna (*non-digestible carbohydrate*) karena asam ini memiliki dampak baik terhadap kesehatan (Zubaidah et al., 2014).

Profil Senyawa Flavor

Pemilihan profil senyawa flavor berdasarkan nilai kadar asam asetat tertinggi. Hasil analisis GC senyawa flavor pada *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Gambar 1.

Kromatogram analisis senyawa flavor pada Gambar 1. menunjukkan adanya 5 puncak yang menandakan adanya komponen senyawa volatil pada *vinegar* nira aren. Komponen senyawa volatil yang terdapat pada *vinegar* nira aren berdasarkan presentase area dapat dilihat pada Tabel 8.



Gambar 1. Hasil analisis senyawa flavor pada perlakuan terbaik *vinegar* nira aren

Tabel 8. Komponen senyawaflavor yang terdapat pada *vinegar* nira aren pada perlakuan terbaik

Sampel	Puncak	% area	Retention Time (menit)	Nama Senyawa
G3L2	1	13,29%	1,265	Asam etanadiimik
	2	18,23%	1,369	Etanol
	3	43,29%	1,435	Asam karbamat

4	13,52%	1,510	Etanol
5	11,66%	1,570	Asam asetat

Berdasarkan Tabel 8. pada perlakuan terbaik dengan penambahan gula 15% dengan lama fermentasi aerobik 10 hari (G3L2) dapat dilihat senyawa yang memiliki kelimpahan yang tergolong tinggi pada *vinegar* nira aren yaitu puncak 3 merupakan senyawa carbamic acid atau asam karbamat yang memiliki kelimpahan sebesar 43,29%. Asam karbamat terbentuk akibat dari reaksi alkohol dan urea, cyarat, citrullin, karbamil fosfat dan senyawa N-karbamil lainnya. Asam karbamat dapat terbentuk juga dalam etil alkohol suling, terutama dalam buah-buahan seperti ceri, apricot dan plum sebagai akibat dari reaksi etanol dan isosianat. Penambahan gula dalam larutan dapat memberikan penurunan kandungan asam karbamat sebesar 11-26%, dan dalam sistem dengan citrulin sebesar 20-26% (Shalamitskiy et al., 2023). Senyawa pada puncak berikutnya adalah puncak 2 dan 4 dengan kelimpahan sebesar 18,23% dan 13,52% terhadap senyawa etanol. Etanol merupakan golongan senyawa alkohol yang terbentuk dari proses fermentasi alkohol dimana yeast merombak gula yang terkandung pada nira aren menjadi etanol dan karbondioksida (Novista, 2024). Senyawa pada puncak berikutnya adalah puncak 1 yang merupakan senyawa ethanediimidic acid atau metil ester yang memiliki kelimpahan sebesar 13,29%. Metil asetat atau yang dikenal dengan asam asetat ester atau metil etanoat yang termasuk dalam senyawa ester yang dihasilkan dari reaksi antara asam asetat dan etanol dan berperan dalam pembentukan komponen volatil serta aroma pada *vinegar* nira aren (Widodo & Maesaroh, 2016). Senyawa pada puncak 5 merupakan senyawa asam asetat yang memiliki kelimpahan 11,66%. Pembentukan senyawa asam

asetat disebabkan karena adanya aktivitas bakteri *Acetobacter aceti* yang mengubah alkohol menjadi asam asetat dalam kondisi aerob (Zubaidah, 2010). Selain itu, asam asetat menjadi kriteria utama dalam fermentasi *vinegar* sehingga *vinegar* memiliki masa simpan yang lama dengan rasa dan aroma yang stabil (Sumendap et al., 2015).

Evaluasi Sensoris

Evaluasi sensoris pada *vinegar* nira aren dilakukan dengan uji skoring terhadap aroma, warna, rasa asam, rasa pahit, dan rasa manis. Uji hedonik dilakukan terhadap penerimaan keseluruhan.

Aroma

Hasil analisis kergaman menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi aerobik dan penambahan gula tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap skoring aroma *vinegar* nira aren. Nilai skoring aroma *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 9. Pada Tabel 9. menunjukkan bahwa nilai penilaian skoring terhadap aroma *vinegar* nira aren berkisar antara 2,87 – 3,5 dengan kriteria agak beraroma asam – beraroma asam. Aroma *vinegar* nira aren terbentuk dari senyawa volatil yang mudah menguap yang dihasilkan dari fermentasi alkohol dan asam asetat sehingga terbentuknya aroma asam (Silfia dan Sri, 2014). Aroma yang terdapat pada *vinegar* nira aren dapat dihasilkan pula dari etanol dan CO₂ yang merupakan hasil konversi gula oleh yeast dan menghasilkan etanol serta karbondioksida (Laily et al., 2019).

Tabel 9. Nilai skoring aroma *vinegar* nira aren

Lama Fermentasi	Konsentrasi Gula	Skoring Aroma
5	5%	2,87±1,32 ^a
	10%	3,25±1,03 ^a
	15%	3,20±1,02 ^a
10	5%	2,87±1,07 ^a
	10%	3,08±0,97 ^a
	15%	3,50±1,06 ^a
15	5%	3,08±0,92 ^a
	10%	3,50±1,79 ^a
	15%	2,95±1,12 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05. Keterangan angka uji skoring (aroma): 1= sangat tidak beraroma asam, 2= tidak beraroma asam, 3= agak beraroma asam, 4= beraroma asam, 5= sangat beraroma asam.

Menurut sebagian panelis terhadap *vinegar* nira aren masih terdapat aroma khas nira aren sehingga proses fermentasi asam asetat tidak menghilangkan aroma khas yang terdapat pada nira aren.

Warna

Hasil analisis kergaman menunjukkan bahwa lama fermentasi aerobik dan penambahan gula berpengaruh sangat nyata ($P<0,01$) terhadap skoring warna *vinegar* nira aren. Nilai skoring warna *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 10.

Pada Tabel 10. menunjukkan bahwa nilai penilaian skoring terhadap warna *vinegar* nira aren berkisar antara 2,04 - 3,66 dengan kriteria berwarna kuning putih tulang – kuning. Menurut panelis warna *vinegar* nira aren memiliki warna yang mirip dengan warna nira aren segar yaitu berwarna putih kekuningan dan cenderung bening serta tidak terlalu keruh. Warna dan aroma *vinegar* nira aren dipengaruhi oleh bahan baku pembuatan. Perbedaan warna nira aren segar dan sesudah menjadi produk *vinegar* dapat disebabkan oleh proses pencoklatan atau *browning*. *Browning* dapat terjadi karena adanya reaksi mailard yang melibatkan asam amino yang bereaksi dengan gula melalui proses kondensasi. Hal ini dapat terjadi pada bahan segar seperti sari apel, nira kelapa maupun nira aren (Laily et al., 2019). Penambahan gula dan lama fermentasi dapat mempengaruhi laju *browning* yang terjadi, sehingga penambahan gula dan lama waktu fermentasi dapat meningkatkan laju *browning* sama seperti pada *vinegar* nira aren mengalami *browning* sehingga

menghasilkan perubahan yang nyata terhadap warna produk menjadi kuning putih tulang hingga kuning.

Rasa

Hasil analisis kergaman menunjukan bahwa perlakuan lama fermentasi aerobik dan penambahan gula berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap skoring rasa manis, asam dan pahit *vinegar* nira aren. Nilai skoring rasa manis, asam dan pahit *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 11.

Pada Tabel 11. menunjukkan bahwa nilai penilaian skoring rasa manis terhadap *vinegar* nira aren berkisar antara 1,33-4,04 dengan kriteria tidak manis – manis. Nilai rata-rata penilaian skoring rasa asam terhadap *vinegar* nira aren berkisar antara 1,75-4,75 dengan kriteria agak asam – sangat asam. Nilai rata-rata penilaian skoring rasa pahit terhadap *vinegar* nira aren berkisar antara 1,91-3,83 dengan kriteria agak pahit - pahit.

Tabel 10. Nilai skoring warna *vinegar* nira aren

Lama Fermentasi	Konsentrasi Gula	Skoring Warna
5	5%	2,04±0,95 ^d
	10%	2,20±1,02 ^{cd}
	15%	3,25±1,11 ^{ab}
10	5%	3,66±1,00 ^a
	10%	2,20±1,02 ^{cd}
	15%	2,70±0,69 ^{bc}
15	5%	2,75±0,79 ^{bc}
	10%	2,12±1,11 ^{cd}
	15%	2,87±1,19 ^b

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05. Keterangan angka uji skoring (warna): 1= putih, 2= kuning putih tulang, 3= agak kuning, 4= kuning, 5= kuning kemerahan.

Tabel 11. Nilai skoring rasa manis, asam dan pahit *vinegar* nira aren

Lama Fermentasi	Konsentrasi Gula	Skoring Rasa Manis	Skoring Rasa Asam	Skoring Rasa Pahit
5	5%	1,87±0,99 ^{de}	1,75±0,84 ^d	3,16±1,40 ^{ab}
	10%	3,00±1,14 ^b	2,70±1,12 ^b	2,16±1,00 ^c
	15%	4,04±0,95 ^a	2,00±0,88 ^{cd}	1,91±0,97 ^c
10	5%	1,33±0,56 ^e	2,54±1,06 ^{bc}	3,83±1,09 ^a
	10%	2,75±0,98 ^{bc}	2,58±0,88 ^{bc}	2,58±1,24 ^{bc}
	15%	2,37±1,05 ^{cd}	4,75±0,53 ^a	2±1,10 ^c
15	5%	1,58±1,01 ^e	2,91±1,34 ^b	3,66±1,43 ^a
	10%	2,20±1,06 ^{cd}	4,25±1,03 ^a	2,33±1,23 ^c
	15%	3,66±1,20 ^a	2,33±1,16 ^{bed}	2,08±1,17 ^c

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05. Keterangan kriteria angka uji skoring rasa manis: 1= tidak manis, 2= agak manis, 3= biasa, 4= manis, 5=sangat manis. Kriteria angka uji skoring rasa asam: 1= tidak asam, 2= agak asam, 3=biasa, 4=asam, 5=sangat asam. Kriteria angka uji skoring rasa pahit: 1= tidak pahit, 2=agak pahit, 3=biasa, 4=pahit, 5=sangat pahit.

Tabel 12. Nilai hedonik penerimaan keseluruhan *vinegar* nira aren

Lama Fermentasi	Konsentrasi Gula	Penerimaan Keseluruhan
5	5%	3,00±1,32 ^{bc}
	10%	3,21±1,64 ^{bc}
	15%	4,54±1,74 ^a
10	5%	3,75±1,80 ^{ab}
	10%	4,38±1,28 ^a
	15%	4,67±1,13 ^a

15	5%	2,46±1,14 ^c
	10%	4,33±1,52 ^a
	15%	4,54±1,06 ^a

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada Uji Duncan 0,05. Keterangan kriteria angka uji hedonic penerimaan keseluruhan: 1= sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3= agak tidak suka, 4= biasa, 5= agak suka, 6= suka, 7= sangat suka.

Vinegar nira aren yang dihasilkan memiliki rasa yang tidak terlalu manis, cenderung asam dan tidak pahit. Beberapa panelis lebih menyukai *vinegar* dengan rasa yang cenderung asam dengan sedikit manis sesuai dengan ciri khas dari produk fermentasi *vinegar*. *Vinegar* nira aren memiliki rasa asam yang dihasilkan dari pembentukan senyawa profil asam seperti asam asetat, asam tartarat, asam butirat, asam malat dan asam laktat selama proses fermentasi berlangsung. Berdasarkan Tabel 11. semakin tinggi penambahan gula dan lama fermentasi yang dilakukan maka semakin manis rasa *vinegar* nira aren yang dihasilkan. Semakin lama fermentasi yang dilakukan maka semakin besar rasa asam yang dihasilkan. Semakin tinggi penambahan gula dan lama fermentasi yang dilakukan, maka semakin berkurang rasa pahit yang dihasilkan terhadap *vinegar* nira aren.

Penerimaan keseluruhan

Hasil analisis kergaman menunjukan bahwa perlakuan lama fermentasi aerobik dan penambahan gula berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap hedonik penerimaan keseluruhan *vinegar* nira aren. Nilai hedonik penerimaan keseluruhan *vinegar* nira aren dapat dilihat pada Tabel 12.

Pada Tabel 12. menunjukkan bahwa nilai penilaian hedonik terhadap penerimaan keseluruhan *vinegar* nira aren berkisar antara 2,45-4,67 dengan kriteria tidak suka hingga agak suka. Semakin tinggi penilaian panelis terhadap *vinegar* nira aren terhadap rasa manis dan semakin rendah nilai rasa asam maka semakin tinggi nilai hedonik terhadap penerimaan keseluruhan yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 12, pada perlakuan penambahan gula 15% dengan lama fermentasi 10 hari mendapatkan penerimaan keseluruhan tertinggi sebesar 4,67 dengan kriteria agak suka. Karakteristik rasa yang dihasilkan berupa rasa agak manis, agak asam dan sedikit pahit yang masih dapat diterima oleh panelis, bahkan cenderung disukai karena memberikan cita rasa yang seimbang dan khas pada produk *vinegar* nira aren. Keseimbangan dan perpaduan antara rasa agak manis, agak asam dan agak pahit dapat meningkatkan perpaduan dan karakter rasa yang kuat, yang berkontribusi pada preferensi sensorik panelis. Rasa

manis umumnya diasosiasikan dengan sumber energi dan memberikan kesan yang menyenangkan, sementara rasa asam dapat menambahkan kesegaran dan menyeimbangkan rasa manis yang dominan. Sedikit rasa pahit dan dalam jumlah yang tepat dapat menambah kompleksitas rasa seperti yang ditemukan pada produk *vinegar* nira aren ini. Selain itu, warna produk yang dihasilkan cenderung agak kuning dan memiliki aroma khas yang agak asam yang merupakan ciri umum dari produk fermentasi berbasis nira.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perlakuan penambahan gula, lama fermentasi aerobik dan interaksi terhadap penambahan gula dan lama fermentasi aerobik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap asam asetat, nilai pH, total etanol, total padatan terlarut, total gula, evaluasi sensoris skoring warna, rasa manis, rasa asam dan pahit, evaluasi sensoris hedonik penerimaan keseluruhan dan berpengaruh nyata terhadap nilai pH pada lama fermentasi, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap evaluasi sensoris skoring aroma. Kombinasi perlakuan penambahan gula 15% dan lama fermentasi aerobik 10 hari merupakan perlakuan terbaik untuk menghasilkan *vinegar* nira aren dengan karakteristik kadar asam asetat (8,34%), TPT (15,30·Brix), total gula (0,77%), pH (2,99), etanol (5,50%), dan evaluasi sensoris skoring aroma sebesar 3,50 (beraroma asam), warna sebesar 2,70 (agak kuning), rasa manis sebesar 2,37 (agak manis), rasa asam 4,75 (sangat asam), rasa pahit 2 (agak pahit), serta penerimaan keseluruhan 4,67 (agak suka). Terbentuknya beberapa profil asam organik yang terkandung dalam *vinegar* nira aren seperti asam tartarat, asam butirat, asam malat, asam laktat, dan asam asetat dan terbentuknya beberapa profil senyawa flavor yang terkandung dalam *vinegar* nira aren seperti asam oksalat, etanol, asam karbamat dan asam asetat.

Terbatasnya pada cakupan penelitian ini, maka dikemukakan saran yaitu perlu dilakukan pengujian lanjutan mengenai konsentrasi kultur *Acetobacter aceti* terhadap karakteristik *vinegar* nira aren, serta pengamatan masa simpan terhadap karakteristik *vinegar* nira aren.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, J., Widyawati, N., & Suprihati. (2014). Pengaruh Dosis Ragi dan Penambahan Gula terhadap Kualitas Gizi dan Organoleptik Tape Biji Gandum. *Jurnal AGRIC*, 26(1 & 2), 75–84.
- Andayani, N., Nurhayati, D., & Djabir Saing, M. (2019). Optimasi Lama Fermentasi dengan

- Penambahan Konsentrasi *Acetobacter aceti* pada Pembuatan Cuka Buah Apel Rhome Beauty Menggunakan Alat Fermentor. *Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat Dan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan Politeknik Negeri Jember*, 313–320.
- Ariyani, T., Chairul, & Muria Rezeki, S. (2015). Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi Nira Aren Menggunakan *Saccharomyces cereviceae* dengan Variasi pH Awal dan Waktu Fermentasi. *Jurnal JOM FTEKNIK*, 2(1), 1–5.
- Brugnoli, M., Cantadori, E., Arena, M. P., De Vero, L., Colonello, A., & Gullo, M. (2023). Zero- and Low-Alcohol Fermented Beverages: A Perspective for Non-Conventional Healthy and Sustainable Production from Red Fruits. *Fermentation*, 9(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050457>
- Ester, S. R., Mukarlina, & Rahmawati. (2021). Aktivitas Bakteri Asam Asetat dalam Proses Pembuatan Cuka Daging Pisang Mas (*Musa acuminata*, L.). *Jurnal Protobiont*, 10(1), 22–25.
- Hardoko, P. N. H. S. B. B. (2019). Aktivitas Antioksidan dan Karakteristik Cuka Buah Mangrove Pedada (*Sonneratioa alba*). *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(3), 322–330. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Idayanti, F., & Rosida, D. F. (2022). Karakteristik Fisikokimia Cuka Buah Kersen, Belimbing dan Anggur dengan Penambahan Konsentrasi Inokulum *Acetobacter aceti*. *Jurnal AGRITEPA*, 9(2), 365–384.
- Iskandar, A. D. L. Y. (2020). Karakteristik Nira Kelapa Fermentasi Dengan Metoda Fermentasi Moromi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 244–255. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.244>
- Ismail, Y., Solang, M., & D. Uno, W. (2020). Komposisi Proksimat dan Indeks Glikemik Nira Aren. *Biospecies*, 13(2), 1–9. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v13i2.8761>
- Laily, I., Santy, W. H., & Pratiwi, V. N. (2019). Pengaruh Kultur Campuran dalam Fermentasi Alkohol terhadap Sifat Fisikokimia dan Sensoris Cuka Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 7(3), 9–18.
- Miensugandhi, A. P. C., & Sutardi. (2023). Analisis Jenis Starter (*Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti*) Beserta Kombinasi Konsentrasinya terhadap Kualitas Cuka Air Kelapa (*Cocos nucifera* L.). *Jurnal Teknologi Pangan*, 17(1), 55–70.
- Novista. (2024). Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Starter *Saccharomyces cerevisiae* terhadap Karakteristik Sweet Dessert Wine Nira Aren. Universitas Udayana.
- Nurhayati, D., Andayani, N., & Djabir Saing, M. (2018). Optimalisasi Alat Fermentor pada Lama Fermentasi Cuka Apel. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 209–214.
- Nurismanto, R., Mulyani, T., & Tias, D. I. (2014). Pembuatan Asam Cuka Pisang Kepok (*Musaparadisiaca* L.) dengan Kajian Lama Fermentasi dan Konsentrasi Inokulum (*Acetobacteracetii*). *J.REKAPANGAN*, 8(2), 149–155.
- Putra, G. P. G., Wartini, N. M., & Darmayanti, L. P. T. (2017). Kajian Metode dan Waktu Fermentasi Cairan Pulpa pada Perubahan Karakteristik Cuka Kakao. *Agritech*, 37(1), 39. <https://doi.org/10.22146/agritech.17007>
- Ramadani, A. S., & Palupi, P. J. (2021). Analisis Variasi Waktu Fermentasi Teh Sari Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Terhadap Kualitas Produk dan Organoleptik. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(1), 61–68.
- Ramadhani, L. D. (2018). *Pembuatan Asam Cuka dari Nira Siwalan dengan Proses Fermentasi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Scutaraşu, E. C., Teliban, I. V., Zamfir, C. I., Luchian, C. E., Colibaba, L. C., Niculaua, M., & Cotea, V. V. (2021). Effect of different winemaking conditions on organic acids compounds of white wines. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112569>
- Shalamitskiy, M. Y., Tanashchuk, T. N., Cherviak, S. N., Vasyagin, E. A., Ravin, N. V., & Mardanov, A. V. (2023). Ethyl Carbamate in Fermented Food Products: Sources of Appearance, Hazards and Methods for Reducing Its Content. *Foods*, 12(3816). <https://doi.org/10.3390/foods12203816>
- Silfia dan Sri. (2014). Pengaruh Penambahan Gula terhadap Kualitas Vinegar dari Air Kelapa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 25(2), 117–124.
- SNI. (1996). *SNI 01-4371-1996 cuka fermentasi*.
- Sumendap, H., Pesik, M. U., & Lagarensen, B. El. (2015). Penggunaan Cuka Aren (*Arenga pinnata* MERR) dalam Pengolahan Makanan Seafood. *Jurnal Hospitaliti*, 2(1), 57–75.
- Syarifuddin, Yusriyani, & Saleha, R. (2023). Analisis Kadar Asam Asetat dan Alkohol pada Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) Berdasarkan Variasi Waktu Fermentasi.

- Jurnal Kesehatan Yamsi Makassar*, 7(2), 46–53. <http://>
- Triani, L., Chairul, & Yenti, S. (2019). Fermentasi Asam Asetat dari Nira Nipah (*Nypa Fruticans*) menggunakan *Acetobacter Pasteurianus* dengan Variasi Volume Inokulum dan Waktu Fermentasi. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–6.
- Wasik, A., McCourt, J., & Buchgraber, M. (2007). Simultaneous determination of nine intense sweeteners in foodstuffs by high performance liquid chromatography and evaporative light scattering detection-Development and single-laboratory validation. *Journal of Chromatography A*, 1157(1–2), 187–196. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.04.068>
- Wewe, F., Chairul, & Utami Putri, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Gula Dan Waktu Fermentasi Terhadap Yield Asam Asetat Menggunakan Bahan Baku Nira Nipah Dan Bakteri *Acetobacter aceti*. *Jurnal Jom FTEKNIK*, 6(1), 1–6.
- Widodo, H., & Maesaroh, E. (2016). Studi Kinetika Reaksi Metil Asetat dari Asam Asetat dan Methanol dengan Variabel Waktu, Konsentrasi Katalis dan Perbandingan Reaktan. *Jurnal Ilmiah WIDYA*, 3(4), 28–34.
- Wrsiati, L. P., Arnata, I. W., & Yoga, I. W. G. S. (2013). Pemanfaatan Limbah Air Kelapa Menjadi Produk Coco Cider: Kajian Penambahan Gula dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Lingkungan Hidup*, 13(1), 106–114.
- Wulandari, N. W. P., Permana, D. G. M., & Duniaji, A. S. (2019). Pengaruh Jenis Ragi pada Fermentasi Kakao terhadap Karakteristik Cuka Kakao. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 8(3), 323–329.
- Yildiz, E. (2023). Characterization of Fruit Vinegars via Bioactive and Organic Acid Profile Using Chemometrics. *Foods*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/foods12203769>
- Yin, X. Y., Zhong, W. K., Huo, J., Chang, X., & Yang, Z. H. (2018). Production of vinegar using edible alcohol as feedstock through high efficient biotransformation by acetic acid bacteria. *Food Science and Biotechnology*, 27(2), 519–524. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0283-z>
- Yunita, Sari Ismail, Y., & Wahyuni Maha, F. (2017). Potensi air nira aren (*Arenga pinnata* Merr.) sebagai sumber isolat bakteri asam asetat (BAA). *Jurnal BIOLEUSER*, 1(3), 134–138.
- Zubaidah, E. (2010). Perbedaan Kondisi Fermentasi dan Inokulum pada Pembuatan Cuka Salak. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2), 94–102.
- Zubaidah, E., Martati, E., & Resmanto, A. (2014). Bioteknologi dan Biosains Indonesia Pertumbuhan Isolat BAL Asal Bekatul dan Probiotik Komersial (*Lactobacillus acidophilus* dan *Lactobacillus casei*) pada Media Bekatul dan Susu Skim. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 1(1), 27–38. <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>