

**CHARACTERIZATION OF PINEAPPLE VINEGAR BASED ON THE COMBINATION OF AGITATION SPEED AND FERMENTATION DURATION IN RELATION TO ACETIC ACID LEVELS**

**KARAKTERISTIK *VINEGAR* NANAS PADA VARIASI KOMBINASI KECEPATAN AGITASI DAN LAMA FERMENTASI PADA ASAM ASETAT**

**Davina Patricia Saragih, Nyoman Semadi Antara<sup>\*</sup>, Anak Agung Made Dewi Anggreni**  
Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung.

Diterima 29 Mei 2025 / Disetujui 17 Juli 2025

**ABSTRACT**

*Pineapple (Ananas comosus (L.) Merr) is a tropical fruit abundant in Indonesia and rich in simple sugars such as glucose, fructose, and sucrose, making it a potential raw material for vinegar production through fermentation processes. Vinegar production involves two stages of fermentation: alcoholic fermentation using Saccharomyces cerevisiae and acetic fermentation by Acetobacter aceti. This study aims to determine the effect of agitation speed and fermentation duration during the acetic fermentation stage on the characteristics of pineapple vinegar and to identify the optimal agitation speed and fermentation duration for producing pineapple vinegar with the best characteristics. The research was conducted using a randomized block design (RBD) with two factors: agitation speed (50, 100, and 150 rpm) and fermentation duration (5, 10, and 15 days), with two replications, resulting in 18 experimental units. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test if significant effects were found. Observed parameters included acetic acid content, ethanol content, reducing sugar content, and sensory characteristics such as color, aroma, taste (sweet, sour, bitter), and overall acceptance. The results showed that agitation speed and fermentation duration significantly affected the characteristics of pineapple vinegar during the acetic fermentation stage. The best treatment was obtained at an agitation speed of 150 rpm for 10 days, yielding an acetic acid content of 3.2%, ethanol content of 0.024%, reducing sugar content of 0.201%, color score of 3.2 (slightly yellow), sweetness score of 3.6 (moderately sweet), sourness score of 3.9 (very sour), bitterness score of 3.6 (moderately bitter), and the highest overall acceptance score of 3.5 (neutral to like).*

**Keywords :** pineapple vinegar, agitation speed, fermentation duration, *Saccharomyces cerevisiae*, *Acetobacter aceti*.

**ABSTRAK**

Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) merupakan buah tropis yang melimpah di Indonesia dan kaya akan gula sederhana seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa, sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembuatan vinegar (cuka) melalui proses fermentasi. Produksi vinegar melibatkan dua tahap fermentasi, yaitu fermentasi alkohol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan fermentasi asetat oleh *Acetobacter aceti*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan agitasi dan lama fermentasi pada tahap fermentasi asetat terhadap karakteristik *vinegar* nanas dan untuk menentukan kecepatan agitasi dan lama fermentasi pada tahap fermentasi asetat yang tepat untuk menghasilkan *vinegar* nanas dengan karakteristik yang terbaik. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dua faktor, yaitu kecepatan agitasi (50, 100, dan 150 rpm) dan lama

---

<sup>\*</sup> Korespondensi Penulis :  
Email: semadi.antara@unud.ac.id

fermentasi (5, 10, dan 15 hari), dengan dua kali ulangan sehingga diperoleh 18 unit percobaan. Analisis data dilakukan menggunakan analisis sidik ragam dan akan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan, jika terdapat pengaruh signifikan terhadap variabel. Parameter yang diamati meliputi kadar asam asetat, kadar etanol, kadar gula reduksi, serta karakteristik sensoris yaitu warna, aroma, rasa (manis, asam, pahit), dan penerimaan keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan agitasi dan lama fermentasi berpengaruh nyata pada tahap fermentasi asetat terhadap karakteristik *vinegar* nanas. Perlakuan terbaik diperoleh pada kecepatan agitasi 150 rpm selama 10 hari dengan kadar asam asetat sebesar 3,2%, kadar etanol 0,024%, kadar gula reduksi 0,201%, %, skor warna sebesar 3,2 (agak kuning), rasa manis sebesar 3,6 (biasa manis), rasa asam sebesar 3,9 (sangat berasa asam), rasa pahit sebesar 3,6 (pahit biasa), dan skor penerimaan keseluruhan tertinggi sebesar 3,5 (netral menuju suka).

**Kata kunci :** *vinegar* nanas, kecepatan agitasi, lama fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*, *Acetobacter aceti*.Reguler, Justif

## PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus* (L). Merr.) merupakan salah satu buah tropis yang banyak dibudidayakan dan dikonsumsi di Indonesia karena rasa manis dan asam yang khas serta kandungan gizinya yang tinggi. Varietas yang umum dibudidayakan di Indonesia adalah Queen. Dalam setiap 100 gr buah nanas terkandung 52,0 kkal energi, 13,7 gr karbohidrat, 0,54 gr protein, 130 I.U vitamin A, 24 mg vitamin C, dan 150 mg kalium (Wei et al., 2011). Selain dikonsumsi segar, nanas juga banyak diolah menjadi produk pangan seperti jus, selai, hingga *vinegar* (cuka). Nanas memiliki kandungan gula sederhana berupa glukosa (2,32%), fruktosa (1,42%), dan sukrosa (7,89%) sehingga menjadikannya bahan baku yang ideal dalam proses fermentasi untuk pembuatan *vinegar* (Jasmine Praveena & Estherlydia, 2014).

*Vinegar* merupakan produk fermentasi dua tahap yang melibatkan mikroorganisme berbeda. Proses pertama adalah fermentasi alkohol, yaitu *Saccharomyces cerevisiae* secara anaerob yang mengubah glukosa menjadi etanol. Proses kedua adalah fermentasi asam asetat oleh *Acetobacter aceti* secara aerob yang mengoksidasi etanol menjadi asam asetat (Pratama et al., 2023). Produk akhir dari proses ini adalah cairan asam yang secara kimia dikenal sebagai asam asetat (Kholifah, 2023). *Vinegar* banyak dimanfaatkan dalam industri pangan sebagai bahan pengawet, penambah cita rasa, dan juga dalam produk kesehatan (Budak et al., 2014). Nanas sebagai bahan baku *vinegar* memberikan keunikan tersendiri karena rasanya yang khas dan ketersediaannya yang melimpah di daerah tropis, sekaligus memberikan alternatif terhadap bahan baku konvensional seperti apel.

Proses fermentasi *vinegar* sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional, khususnya kecepatan agitasi dan durasi fermentasi. Kecepatan agitasi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi distribusi oksigen dan nutrisi, serta mempercepat laju fermentasi (Wahyusi et al., 2017). Selain itu, agitasi mencegah pengendapan mikroorganisme dan menjaga homogenitas campuran dalam bioreaktor (Yuniar et al., 2020). Studi menunjukkan bahwa kombinasi inokulum dan kecepatan agitasi memengaruhi kadar asam asetat secara signifikan. Kushna (2018) menemukan bahwa pada kecepatan 180 rpm dengan perbandingan inokulum 1:1, kadar asam asetat mencapai 1,08% (b/v) dengan pH 3,96. Sementara itu, Wibowo et al. (2015) menyatakan bahwa kecepatan optimal agitasi 200 rpm selama 36 jam mampu menghasilkan bioetanol sebesar 15,407% (v/v) dari nira nipah menggunakan *S. cerevisiae* sebagai starter.

Lama fermentasi juga menjadi faktor kunci yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba dan konversi substrat menjadi produk akhir. Semakin lama proses berlangsung, semakin besar peluang terjadinya fermentasi sempurna oleh ragi maupun bakteri asam asetat (Wibowo et al., 2015). Beberapa penelitian telah melaporkan hasil fermentasi *vinegar* dari buah nanas dengan variasi waktu

dan perlakuan. Kwartiningsih et al., (2019) menunjukkan bahwa kadar asam asetat dalam *vinegar* nanas mencapai 4,107 g/100 mL, memenuhi standar minimum sebesar 4 g/100 mL. Zubaidah, (2010) melaporkan bahwa fermentasi salak secara anaerob selama 10 hari dengan 15% *S. cerevisiae* dan dilanjutkan fermentasi aerob menggunakan *A. aceti* selama 10 hari menghasilkan cuka berkualitas. Oktaviani et al. (2020) juga melaporkan bahwa fermentasi nanas madu dengan starter 12% selama 10 hari menghasilkan kadar asam asetat 3,43% dan karakteristik organoleptik terbaik. Ma'sum (2006) dalam penelitiannya tentang cuka apel mencatat bahwa kandungan total asam meningkat pada hari ke-7, kemudian menurun pada hari ke-9.

Melihat potensi besar buah nanas sebagai bahan baku *vinegar* serta pengaruh signifikan kecepatan agitasi dan lama fermentasi terhadap hasil akhir, maka penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh kedua faktor tersebut secara lebih mendalam. Penelitian bertujuan mengeksplorasi variasi kombinasi kecepatan agitasi dan lama fermentasi pada tahap fermentasi asetat terhadap karakteristik *vinegar* nanas. Diharapkan melalui penelitian ini dapat diperoleh kondisi optimum yang menghasilkan *vinegar* nanas berkualitas tinggi dari segi kandungan asam asetat maupun parameter sensorik lainnya. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberi kontribusi pada pengembangan teknologi fermentasi pangan, tetapi juga menjadi upaya dalam meningkatkan nilai tambah buah nanas serta mendukung diversifikasi produk berbasis hasil pertanian lokal..

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Beberapa bahan yang digunakan nanas yang diambil dari Desa Sulangai, Badung, larutan buffer pH 4 dan 7, larutan buffer pH 4, larutan buffer 7, reagensia nelson, indikator fenoltalein, kultur *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9763, kultur *Acetobacter aceti* ATCC 9763, pepton (Merck KGaA), yeast ekstrak (Merck KGaA), *dextrose monohydrate* (Brataco), *nutrient broth* (Himedia), dan *destiled water*.

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, *hot plate*, pH meter, autoklaf (HICLAVE HVE-50), botol kaca 600 mL

### Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian percobaan yang dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola percobaan faktorial. Ada dua factor yang dicobakan, yaitu faktor pertama adalah kecepatan agitasi pada fermentasi asetat, yang terdiri dari tiga aras: 50 rpm, 100 rpm, dan 150 rpm. Faktor kedua adalah durasi proses fermentasi, yang memiliki tiga aras: 5, 10, dan 15 hari. Sesuai dengan rancangan percobaan, pada penelitian ini dilakukan dua kelompok percobaan berdasarkan waktu pengerjaan.

### Pelaksanaan Penelitian

#### Preparasi Substrat Nanas

Pada tahap persiapan sampel, 9 kg nanas matang dikupas, dicuci, dipotong kecil, dan diblender hingga menjadi jus halus. Jus ini kemudian difiltrasi untuk memisahkan ampas, lalu dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 10 menit untuk menghilangkan mikroorganisme. Setelah itu, jus didinginkan hingga suhu ruang (28-30°C) dan siap digunakan sebagai substrat fermentasi alkohol

### **Peremajaan dan Perbanyakan Kultur *Saccharomyces cerevisiae***

Peremajaan kultur *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan melarutkan 0,64g media Pepton, 1,2g ekstrak yeast, dan 7,5g dextrose monohydrate dalam 150mL akuades. Media PYG kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, lalu didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Sebanyak 9 mL media PYG dimasukkan ke dalam tube sentrifuge, kemudian 1 mL kultur *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan ke dalam tube sentrifuge berisi media PYG dan diinkubasi pada suhu ruangan selama 48 jam (Fadilah et al., 2018; Novista, 2024). Diagram alir proses pembuatan media PYG.

Proses perbanyakan kultur *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan menggunakan 9 mL media PYG yang telah dilakukan peremajaan. Tabung reaksi yang berisi media PYG divortex. Kemudian disentrifuge selama 5 menit untuk menghasilkan pelet. Supernata pada tabung reaksi dibuang hingga menyisakan peletnya saja. Masukkan Kembali 9mL media PYG yang baru pada tabung reaksi dan divortex. Selanjutnya pindahkan pada tabung reaksi baru dan diinkubasi selama 48 jam (Fadilah et al., 2018; Novista, 2024).

### **Produksi Kulture Starter *Saccharomyces cerevisiae***

Pembuatan media kultur *Saccharomyces cerevisiae* diawali dengan proses sentrifugasi terhadap media kultur yang telah diperbanyak sebelumnya selama 5 menit. Setelah itu, supernatan dalam tabung reaksi dibuang hingga hanya tersisa pelet. Semua pelet kemudian dikumpulkan dalam satu tabung reaksi. Selanjutnya, 9 mL larutan NaCl ditambahkan ke dalam tabung berisi pelet dan divortex. Proses sentrifugasi dilakukan kembali selama 5 menit, kemudian larutan NaCl 9 mL ditambahkan lagi. Proses ini diulangi sebanyak dua kali.

Pembuatan kultur starter dilakukan dengan mempasteurisasi 250 mL jus nanas dalam Erlenmeyer pada suhu 80°C selama 5 menit. Setelah pencucian pelet selesai sebanyak dua kali, pelet tersebut dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi jus nanas. Campuran kemudian diinkubasi menggunakan shaker selama 24 jam pada suhu ruang.

### **Peremajaan dan Perbanyakan Kultur *Acetobacter aceti***

Peremajaan kultur *Acetobacter aceti* pada media Nutrient Broth (NB) dilakukan dengan melarutkan 1,3 g NB dalam 100 mL akuades. Media NB kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dan didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Sebanyak 9 mL media NB diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Peremajaan kultur dilakukan dengan menginokulasikan 1 ml kultur murni *Acetobacter aceti* ke dalam media NB, kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam (Ifadah et al., 2016).

Proses perbanyakan kultur *Acetobacter aceti* dilakukan dengan menggunakan 9 mL media NB yang telah dilakukan peremajaan. Tabung reaksi yang berisi media NB divortex. Kemudian disentrifuge selama 5 menit untuk menghasilkan pelet. Supernata pada tabung reaksi dibuang hingga menyisakan peletnya saja. Masukkan kembali 9mL media NB yang baru pada tabung reaksi dan divortex. Selanjutnya pindahkan pada tabung reaksi baru dan diinkubasi selama 24 jam (Fadilah et al., 2018; Novista, 2024).

### **Produksi Kultur Starter *A. aceti***

Proses pembuatan media kultur *Acetobacter aceti* dimulai dengan melakukan sentrifugasi terhadap media kultur yang telah dikembangkan selama 5 menit. Setelah itu, supernatan dalam tabung reaksi dibuang hingga hanya tersisa pelet. Semua pelet kemudian dikumpulkan dalam satu tabung reaksi. Selanjutnya, 9 mL larutan NaCl ditambahkan ke dalam tabung berisi pelet dan divortex. Proses

sentrifugasi dilakukan kembali selama 5 menit, kemudian larutan NaCl 9 mL ditambahkan lagi. Proses ini diulangi sebanyak dua kali.

Pembuatan kultur starter dilakukan dengan dipasteurisasi 250 mL jus nanas dalam Erlenmeyer pada suhu 80°C selama 5 menit. Setelah pencucian pelet selesai sebanyak dua kali, pelet tersebut dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang berisi jus nanas. Campuran kemudian diinkubasi menggunakan shaker selama 24 jam pada suhu ruang.

### Produksi *Vinegar*

Produksi *vinegar* dilakukan menggunakan substrat yang telah diproduksi. Selanjutnya, kultur *Saccharomyces cerevisiae* diperoleh dengan membuat media PYG yang disterilkan, diinkubasi dengan kultur ragi, dan diperbanyak. Pencucian kultur dilakukan dengan sentrifuge, diikuti dengan pembuatan kultur starter menggunakan jus nanas. Proses peremajaan kultur *Acetobacter aceti* dilakukan dengan media *Nutrient Broth* yang disterilkan dan diinokulasikan, kemudian diinkubasi. Setelah semua persiapan selesai, jus nanas dimasukkan ke dalam fermentor steril dan diinokulasi dengan *S. cerevisiae* untuk fermentasi alkohol selama 10 hari. Setelah itu, kultur *Acetobacter aceti* ditambahkan untuk fermentasi asam asetat yang berlangsung selama 5, 10, dan 15 hari dengan variasi kecepatan agitasi 50 rpm, 100 rpm, dan 150 rpm, yang merupakan tahap kunci dalam menentukan kualitas akhir cuka nanas yang dihasilkan.

### Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi total asam asetat, total etanol, total gula reduksi, dan uji organoleptik. Total asam asetat diukur menggunakan metode titrasi (Sudarmadji et al., 1996). Kadar etanol diukur menggunakan alkoholmeter, dengan langkah-langkah yang diacu dari Feryanto (2007). Kadar gula reduksi diukur dengan (Andarwulan et al., 2011). Uji organoleptik dilakukan untuk menilai sifat sensoris yaitu aroma, warna, dan rasa (manis, asam dan phit) serta penerimaan keseluruhan (Soekarto, 1981). dari produk akhir *vinegar*, dengan penilaian oleh panelis semi terlatih.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar Total Asam Asetat

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan agitasi, lama fermentasi, dan interaksi antar perlakuan berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap asam asetat dalam proses fermentasi *vinegar* nanas. Nilai rata – rata kadar total asam asetat *vinegar* nanas dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Nilai rata-rata kadar asam asetat (%)

Kecepatan Agitasi (rpm)	Lama Fermentasi (hari)		
	5	10	15
50	0,0084±0,0017f	0,0174±0,0008d	0,0276±0,0034bc
100	0,0123±0,0004ef	0,0237±0,0021c	0,0312±0,0017ab
150	0,0159±0,000de	0,0321±0,0030a	0,0306±0,0017b

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada taraf 1%

Hasil Tabel 1 bahwa perlakuan 150 rpm selama 10 hari menghasilkan kadar asam asetat tertinggi sebesar 3,2%. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi agitasi tinggi dan durasi fermentasi sedang

mampu mengoptimalkan aktivitas *Acetobacter aceti* dalam mengubah etanol menjadi asam asetat, sebagaimana dijelaskan oleh Bhat et al., (2014) bahwa suplai oksigen melalui agitasi dapat meningkatkan produksi asam asetat selama fermentasi aerob.

Sebaliknya, kadar asam asetat terendah tercatat pada perlakuan 50 rpm selama 5 hari, yaitu 0,84%. Rendahnya kadar ini menunjukkan bahwa durasi fermentasi yang singkat belum cukup untuk mendukung konversi etanol secara maksimal karena bakteri masih berada dalam fase adaptasi awal. Azizah et al., (2012) menyatakan bahwa semakin lama fermentasi berlangsung, semakin banyak alkohol dan asam yang dihasilkan akibat meningkatnya aktivitas mikroba *Acetobacter aceti*.

Namun, fermentasi yang terlalu lama, seperti 15 hari, tidak selalu meningkatkan produksi asam secara signifikan. Hal ini mungkin disebabkan oleh penurunan aktivitas mikroba akibat akumulasi asam atau keterbatasan substrat. Kwartiningsih et al., (2019) menekankan pentingnya pengaturan waktu dan kecepatan agitasi yang tepat untuk menghasilkan vinegar berkualitas, sehingga keseimbangan antara keduanya sangat penting untuk memperoleh kadar asam asetat optimal.

### Kadar Total Etanol

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap data total etanol, diperoleh bahwa perlakuan kecepatan agitasi, lama fermentasi, serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap kadar total etanol *vinegar* nanas yang dihasilkan. Nilai rata – rata kadar total etanol *vinegar* nanas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar etanol (%)

Kecepatan Agitasi (rpm)	Lama Fermentasi (hari)		
	5	10	15
50	0,0562±0,0008a	0,033±0,0013b	0,025±0,0026c
100	0,039±0,0016a	0,031±0,0008b	0,024±0,0003cd
150	0,033±0,0013b	0,022±0,0014d	0,012±0,0003d

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada taraf 1%

Hasil Tabel 2 penelitian menunjukkan bahwa Kadar total etanol tertinggi tercatat pada perlakuan 50 rpm selama 5 hari (5,6%), yang mengindikasikan bahwa pada kondisi agitasi rendah dan fermentasi singkat, proses oksidasi etanol menjadi asam asetat belum berlangsung optimal. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya pasokan oksigen dalam medium fermentasi, karena fermentasi asetat merupakan proses aerobik yang bergantung pada oksigen (Gullo et al., 2014). Selain itu, waktu fermentasi yang pendek belum cukup untuk mendukung pertumbuhan dan aktivitas maksimal *Acetobacter aceti*.

Sebaliknya, kadar etanol terendah (1,2%) ditemukan pada perlakuan 150 rpm selama 15 hari. Agitasi tinggi dalam durasi fermentasi yang panjang meningkatkan difusi oksigen ke dalam medium, sehingga mempercepat respirasi dan konversi etanol menjadi asam asetat. Hal ini sesuai dengan Bhat et al., (2014) yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan agitasi dapat mempercepat konversi alkohol menjadi asam selama fermentasi asetat.

Kombinasi perlakuan tersebut menunjukkan pentingnya keseimbangan antara kecepatan agitasi dan waktu fermentasi dalam menurunkan kadar etanol residu. Meskipun etanol rendah menandakan fermentasi efektif, kualitas sensoris dan stabilitas produk juga perlu diperhatikan karena fermentasi yang terlalu agresif dapat memengaruhi kejernihan dan rasa (Kwartiningsih et al., 2019). Pengaturan fermentasi yang tepat juga penting untuk memenuhi standar mutu vinegar sesuai SNI 01-4371-1996.

### Kadar Gula Reduksi

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan interaksi kecepatan agitasi, lama fermentasi serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata pada taraf 1% terhadap kadar gula reduksi. Ini menunjukkan bahwa baik kecepatan agitasi maupun lama fermentasi memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan gula reduksi selama proses fermentasi. Nilai rata-rata kadar gula reduksi *vinegar* nanas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata kadar gula reduksi (g/ml)

Kecepatan Agitasi (rpm)	Lama Fermentasi (hari)		
	5	10	15
50	0,331±0,012ab	0,337±0,05ab	0,131±0,059d
100	0,258±0,024bc	0,096±0,002d	0,173±0,009cd
150	0,444±0,025a	0,201±0,06cd	0,147±0,086cd

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata pada taraf 1%.

Hasil Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar gula reduksi selama fermentasi *vinegar* nanas menunjukkan penurunan seiring bertambahnya lama fermentasi pada berbagai kecepatan agitasi. Pada perlakuan 150 rpm selama 5 hari, kadar gula reduksi masih cukup tinggi yaitu 0,444 mg/mL. Hal ini mengindikasikan bahwa fermentasi belum berlangsung secara maksimal, karena waktu yang singkat belum memungkinkan *Saccharomyces cerevisiae* mencapai aktivitas fermentatif optimal. Selain itu, agitasi tinggi dapat menyebabkan shear stress yang merusak sel mikroorganisme dan menurunkan efisiensi fermentasi (Cempaka, 2015).

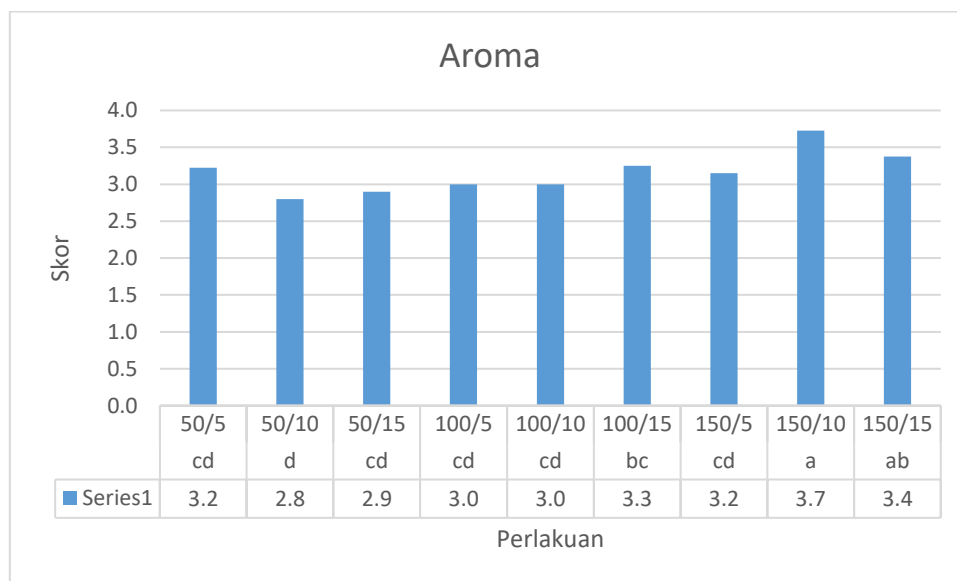
Sebaliknya, kadar gula reduksi terendah sebesar 0,096 mg/mL ditemukan pada perlakuan 100 rpm selama 10 hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa hampir seluruh gula telah terfermentasi secara efisien. Kecepatan 100 rpm dinilai cukup ideal karena mampu menyediakan oksigen dalam jumlah moderat tanpa menimbulkan stres sel, sekaligus mendukung pertumbuhan dan metabolisme mikroba secara optimal (Bhat et al., 2014).

Efisiensi pemanfaatan gula pada kondisi tersebut berkontribusi langsung terhadap peningkatan produksi etanol dan asam asetat, karena gula merupakan substrat utama dalam proses fermentasi lanjutan. Hal ini sejalan dengan temuan Budak et al., (2014) ; Kwartiningsih et al., (2019) yang menekankan pentingnya pengaturan kondisi fermentasi untuk mencapai hasil optimal pada produk *vinegar*.

### Penilaian Sensoris

#### Penilaian Aroma

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap aroma *vinegar* nanas. Hal ini mengindikasikan bahwa baik kecepatan agitasi, lama fermentasi serta interaksi keduanya berpengaruh terhadap pembentukan atau kehilangan senyawa volatil aroma selama fermentasi. Nilai rata-rata uji aroma *vinegar* nanas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram penilaian aroma *vinegar* nanas

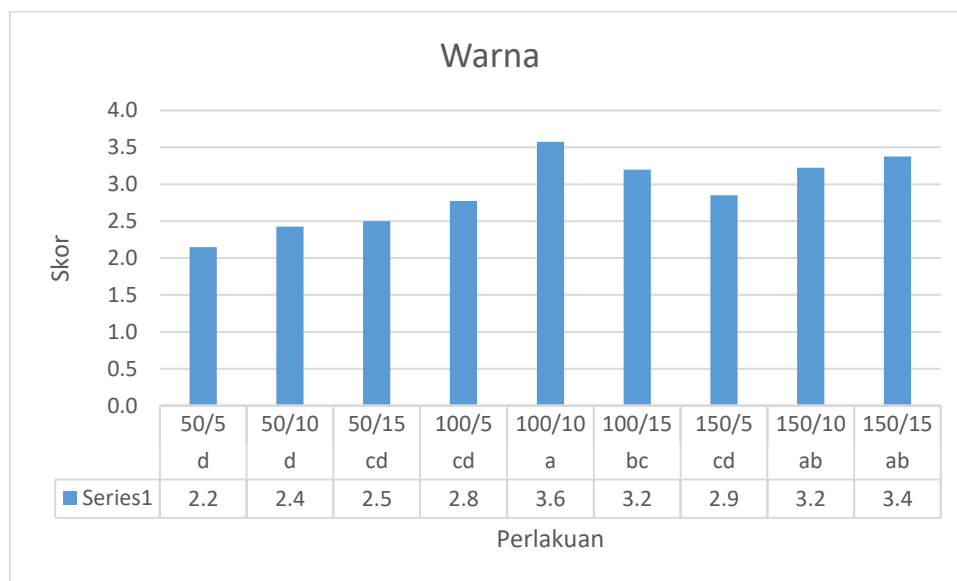
Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

Berdasarkan data Gambar 1, nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan kecepatan agitasi 150 rpm dengan lama fermentasi 10 hari, yaitu sebesar  $3,725 \pm 7,778$ , yang menunjukkan bahwa *vinegar* pada perlakuan ini memiliki intensitas aroma asam yang mendekati kategori beraroma asam. Peningkatan aroma ini dapat dikaitkan dengan aktivitas metabolisme bakteri asam asetat seperti *Acetobacter aceti*, yang mengubah etanol menjadi asam asetat dan senyawa volatil lainnya, sehingga meningkatkan intensitas aroma khas *vinegar* (Bhat et al., 2014; Budak et al., 2014). Agitasi tinggi dalam durasi fermentasi sedang memberikan suplai oksigen yang optimal bagi aktivitas bakteri, sehingga produksi senyawa volatil meningkat (Ho et al., 2017).

Sebaliknya, nilai aroma terendah dicatat pada perlakuan kecepatan agitasi 50 rpm dengan lama fermentasi 15 hari, yaitu  $2,9 \pm 7,071$ , yang menurut skala penilaian termasuk dalam kategori mendekati tidak beraroma ke agak beraroma asam. Kondisi ini mungkin disebabkan oleh penurunan aktivitas mikroba akibat fermentasi yang terlalu lama dan kurangnya oksigen akibat agitasi rendah, yang mengakibatkan penurunan konsentrasi senyawa volatil penyumbang aroma (Wei et al., 2011). Aroma *vinegar* sangat dipengaruhi oleh komposisi dan konsentrasi senyawa volatil seperti ester, alkohol, dan asam organik, yang produksinya menurun ketika kondisi fermentasi tidak lagi optimal (Siddiqui et al., 2023).

### Penilaian Warna

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap nilai warna *vinegar* nanas. Ini menunjukkan bahwa baik kecepatan agitasi maupun lama fermentasi memberikan pengaruh signifikan terhadap persepsi warna selama proses fermentasi. Nilai rata-rata hasil uji warna *vinegar* nanas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram penilaian warna *vinegar* nanas

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

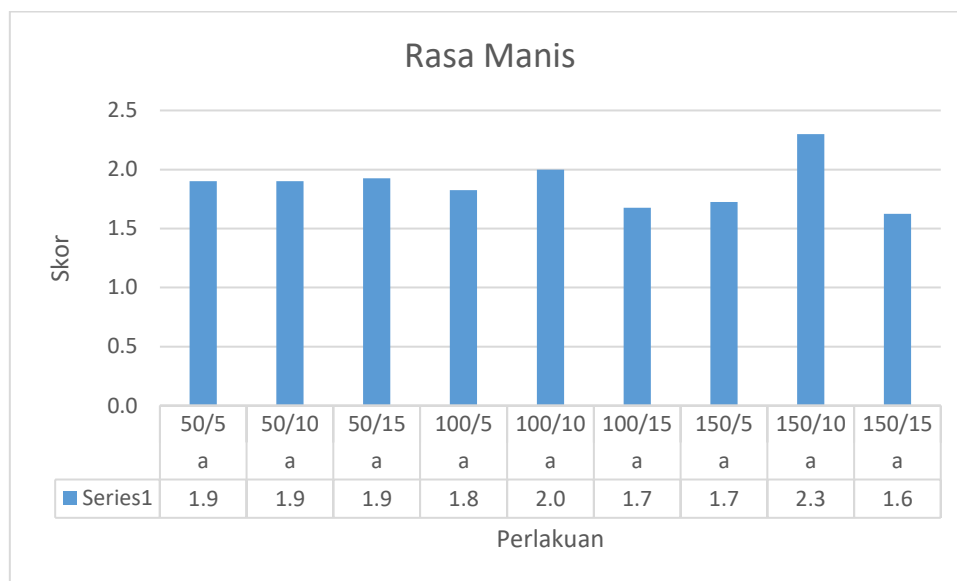
Berdasarkan data Gambar 2, Skor warna tertinggi diperoleh pada perlakuan 100 rpm selama 10 hari, yaitu 3,6, yang termasuk dalam klasifikasi warna agak kuning hingga kuning. Warna ini dianggap menarik oleh panelis karena mencerminkan kejernihan dan kesegaran produk, serta menunjukkan kestabilan pigmen dan senyawa fenolik dalam substrat nanas yang terjaga baik pada kondisi agitasi sedang dan durasi fermentasi yang optimal (Putri et al., 2017).

Sebaliknya, skor terendah sebesar 2,15 ditemukan pada perlakuan 50 rpm selama 5 hari, yang berada dalam kategori kuning pucat hingga kecoklatan. Skor rendah ini menandakan penampilan visual vinegar yang kurang disukai, kemungkinan akibat fermentasi yang belum optimal dan aktivitas mikroba yang belum stabil, sehingga menyebabkan degradasi pigmen dan pembentukan senyawa warna gelap (Budak et al., 2014). Fermentasi singkat dengan agitasi rendah juga dapat memicu reaksi Maillard akibat sirkulasi oksigen yang terbatas (Azizah et al., 2012).

Pada perlakuan 150 rpm selama 15 hari, skor warna sebesar  $3,375 \pm 3,535$  masih tergolong baik. Namun, agitasi tinggi berpotensi mempercepat reaksi oksidatif dan degradasi senyawa fenolik, sehingga warna cenderung sedikit menurun dibandingkan perlakuan 100 rpm. Menurut Ho et al. (2017), fermentasi dengan agitasi tinggi dapat mempercepat distribusi warna, tetapi juga mempercepat kerusakan pigmen yang berperan sebagai antioksidan.

### Penilaian Rasa Manis

Berdasarkan hasil sidik ragam, perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata ( $p > 0,05$ ) terhadap rasa manis. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat penurunan skor rasa manis antar perlakuan, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Nilai rata-rata hasil uji warna dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Digram penilaian rasa manis *vinegar* nanas

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

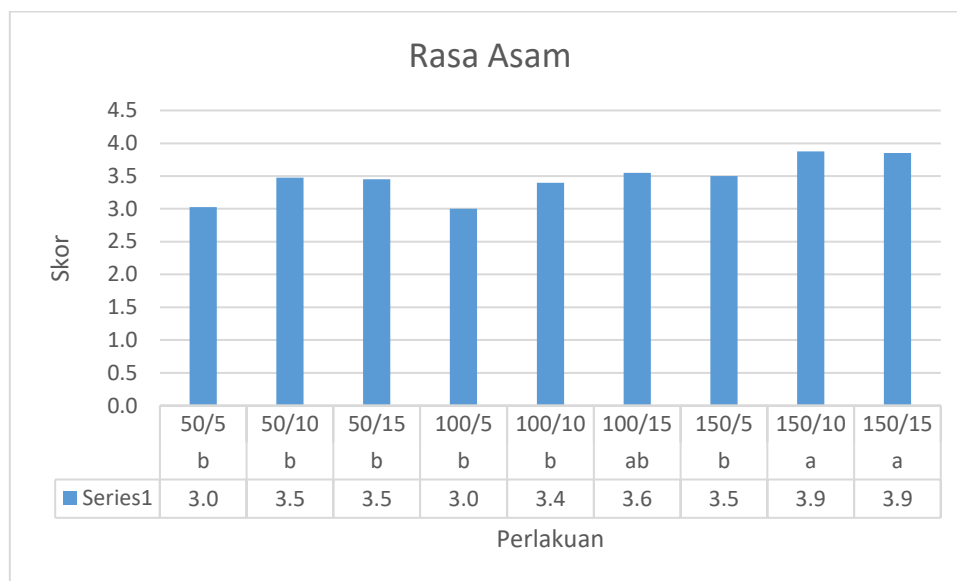
Berdasarkan data pada Gambar 3, Skor rata-rata persepsi rasa manis pada *vinegar* nanas berkisar antara 1,63 hingga 2,3, menunjukkan adanya variasi persepsi manis akibat pengaruh kecepatan agitasi dan lama fermentasi. Perbedaan skor ini berkorelasi erat dengan penurunan kadar gula reduksi selama fermentasi, di mana gula dikonsumsi oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk memproduksi etanol, lalu dilanjutkan oleh *Acetobacter aceti* untuk menghasilkan asam asetat (Azizah et al., 2012; Kwartiningsih et al., 2019).

Skor manis yang masih relatif tinggi pada fermentasi menengah menunjukkan kemungkinan sisa gula glukosa dan fruktosa yang belum sepenuhnya terkonversi, meskipun agitasi cukup tinggi. Hal ini menandakan bahwa oksidasi etanol menjadi asam belum berlangsung optimal, sehingga residu gula masih memberikan sensasi manis. Sebaliknya, fermentasi yang berlangsung lebih lama memungkinkan konversi gula lebih sempurna, sehingga rasa manis semakin menurun.

Tren penurunan rasa manis ini, meskipun tidak signifikan secara statistik, tetap terlihat secara praktis, terutama pada fermentasi dengan agitasi tinggi dan durasi panjang. Temuan ini mendukung pendapat Cempaka, (2015) bahwa fermentasi yang semakin intensif akan mempercepat metabolisme substrat, sehingga mengurangi intensitas rasa manis dalam produk akhir.

### Penilaian Rasa Asam

Hasil sidik ragam menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap rasa asam *vinegar* nanas. Ini berarti bahwa kecepatan dan waktu fermentasi memiliki kontribusi besar terhadap pembentukan asam asetat, yang berperan utama dalam menciptakan rasa asam khas *vinegar*. Nilai rata-rata uji rasa asam yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Digram penilaian rasa asam *vinegar* nanas

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai tertinggi penilaian rasa asam tercatat pada perlakuan 150 rpm selama 10 hari, yaitu sebesar 3,9, yang termasuk kategori biasa menuju asam. Nilai ini sejalan dengan kadar asam asetat tertinggi sebesar 3,21% pada perlakuan yang sama, menunjukkan bahwa kombinasi tersebut cukup efektif mendukung aktivitas *Acetobacter aceti* dalam mengubah etanol menjadi asam asetat (Ho et al., 2017 ; Qiu et al., 2021).

Sebaliknya, skor terendah sebesar 3 ditemukan pada perlakuan 100 rpm selama 5 hari, yang hanya menghasilkan kadar asam asetat sebesar 1,23%. Kondisi ini mencerminkan bahwa waktu fermentasi yang pendek belum cukup memungkinkan bakteri untuk menghasilkan asam secara maksimal. Hal ini sesuai dengan penjelasan Azizah et al. (2012), bahwa peningkatan kadar asam asetat memerlukan waktu agar mikroorganisme dapat beradaptasi dan aktif secara metabolik.

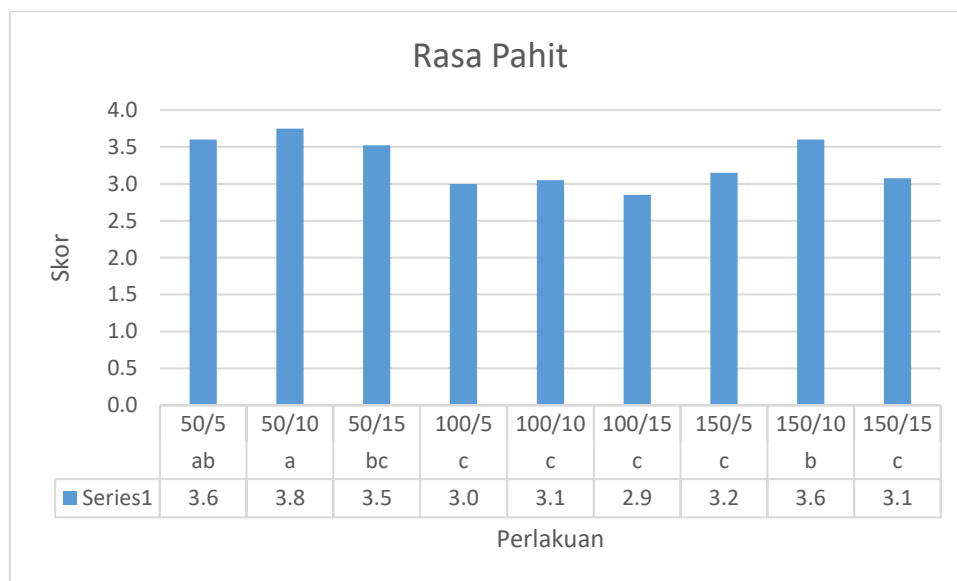
Hubungan erat antara kadar asam asetat dan skor rasa asam diperkuat oleh Budak et al., (2014), yang menyatakan bahwa asam asetat merupakan senyawa utama penentu keasaman vinegar. Selain itu, kecepatan agitasi juga memegang peran penting, di mana agitasi tinggi seperti 150 rpm mampu meningkatkan suplai oksigen yang diperlukan dalam fermentasi aerob, sehingga mempercepat konversi etanol menjadi asam.

### Penilaian Rasa Pahit

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap rasa pahit. Meskipun tidak sekuat pengaruh terhadap warna atau asam, hasil ini mengindikasikan bahwa beberapa kombinasi fermentasi menghasilkan rasa pahit yang berbeda signifikan, kemungkinan disebabkan oleh pembentukan atau degradasi senyawa fenolik tertentu. Nilai rata-rata uji rasa pahit *vinegar* nanas dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada Gambar 5 diketahui bahwa perlakuan kecepatan agitasi 50 rpm selama 10 hari menghasilkan skor rasa pahit tertinggi sebesar 3,75, yang berada dalam kategori biasa menuju agak pahit. Nilai ini menunjukkan bahwa intensitas rasa pahit masih cukup terasa oleh panelis, kemungkinan karena beberapa senyawa pahit seperti fenolik dan peptida belum terdegradasi secara optimal akibat

fermentasi yang berjalan lambat (Zubaidah, 2010 ; Budak et al., 2014).



Gambar 5. Diagram penilaian rasa pahit *vinegar* nanas

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

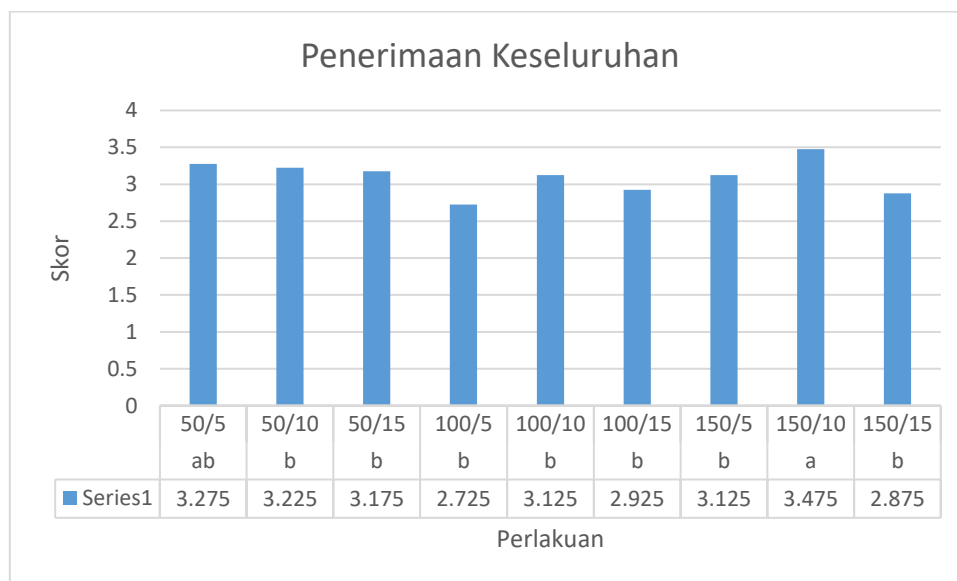
Sebaliknya, perlakuan 100 rpm selama 15 hari mencatat skor terendah sebesar 2,85, yang berada pada kategori pahit menuju biasa. Hal ini menunjukkan bahwa rasa pahit yang dirasakan panelis lebih ringan. Kondisi fermentasi ini dinilai efisien dalam mengurangi senyawa pahit karena agitasi sedang dan waktu fermentasi yang cukup panjang memungkinkan transformasi senyawa-senyawa tersebut menjadi bentuk yang lebih netral (Ifadah et al., 2016; Ho et al., 2017).

Perbedaan ini menunjukkan bahwa pengaruh kombinasi kecepatan agitasi dan durasi fermentasi sangat penting dalam pengendalian rasa pahit. Agitasi sedang seperti 100 rpm memberi suplai oksigen yang cukup tanpa merusak sel mikroba, sementara waktu fermentasi yang lebih panjang memberi kesempatan senyawa pahit terdegradasi secara maksimal (Qiu et al., 2021; Bhat et al., 2014).

### Penilaian Penerima Keseluruhan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap tingkat penerimaan keseluruhan. Nilai rata-rata uji penerimaan keseluruhan *vinegar* nanas dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada Gambar 6, Berdasarkan data rata-rata penerimaan keseluruhan, perlakuan dengan kecepatan agitasi 150 rpm selama 10 hari menunjukkan nilai tertinggi sebesar 3,475, yang termasuk dalam kategori “netral menuju suka”. Nilai ini mencerminkan bahwa kombinasi perlakuan tersebut berhasil menciptakan keseimbangan karakteristik sensori *vinegar*—tidak terlalu asam, tidak terlalu pahit, serta memiliki aroma dan warna yang relatif disukai panelis. Keseimbangan ini dapat dikaitkan dengan kadar asam asetat optimal sebesar 0,0321%, etanol yang cukup rendah (0,022%), serta gula reduksi yang menurun (0,201%), yang bersama-sama membentuk profil rasa *vinegar* yang kompleks namun tetap harmonis (Bhat et al., 2014; Kwartiningsih et al., 2019).



Gambar 6. Diagram penilaian penerimaan keseluruhan *vinegar* nanas

Keterangan: huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

Sebaliknya, nilai penerimaan terendah tercatat pada perlakuan 100 rpm selama 5 hari, yaitu sebesar 2,725, yang tergolong dalam kategori “tidak suka menuju netral”. Rendahnya skor ini kemungkinan besar disebabkan oleh fermentasi yang terlalu singkat, sehingga produksi asam asetat belum maksimal (0,0123%) dan kandungan etanol masih tinggi (0,0562%). Kandungan gula reduksi yang tinggi (0,258%) juga memberi kesan rasa yang terlalu manis dan kurang khas *vinegar*, sehingga mengurangi tingkat kesukaan panelis (Azizah et al., 2012; Wibowo et al., 2015).

Secara keseluruhan, pola hasil menunjukkan bahwa penerimaan meningkat pada fermentasi selama 10 hari dengan kecepatan agitasi tinggi, sedangkan fermentasi yang terlalu singkat atau terlalu lama cenderung menurunkan nilai penerimaan, terutama jika tidak didukung dengan kecepatan agitasi yang sesuai. Hal ini mendukung temuan Bhat et al. (2014) dan Budak et al. (2014) bahwa kualitas *vinegar* sangat bergantung pada keseimbangan antara oksidasi etanol menjadi asam asetat, serta kestabilan senyawa sensoris lainnya. Oleh karena itu, kombinasi 150 rpm selama 10 hari dapat disimpulkan sebagai perlakuan optimal untuk menghasilkan *vinegar* nanas dengan penerimaan keseluruhan terbaik (Ho et al., 2017; Qiu et al., 2021).

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kecepatan agitasi dan lama fermentasi pada tahap fermentasi asetat terbukti berpengaruh signifikan terhadap kadar asam asetat, etanol, gula reduksi, serta karakteristik sensoris *vinegar* nanas. Berdasarkan hasil analisis, kombinasi perlakuan terbaik diperoleh pada kecepatan agitasi 150 rpm selama 10 hari, yang menghasilkan *vinegar* dengan kadar asam asetat sebesar 3,21%, etanol 0,12%, dan gula reduksi 0,44%. Selain itu, *vinegar* yang dihasilkan menunjukkan kualitas sensoris yang baik, dengan skor warna 3,2 (agak kuning), rasa manis 3,6 (biasa semakin manis), rasa asam 3,9 (biasa menuju asam), rasa pahit 3,6 (biasa menuju pahit), serta skor penerimaan keseluruhan sebesar 3,5 (netral menuju suka), yang mencerminkan keseimbangan rasa dan penampilan visual yang disukai panelis.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disarankan untuk menambahkan analisis uji mutu mikrobiologi guna melengkapi penilaian kualitas *vinegar* nanas secara menyeluruh, baik dari aspek keamanan maupun daya simpan produk. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan produk fermentasi lainnya berbahan dasar buah tropis, serta menjadi referensi bagi industri pangan dalam meningkatkan efisiensi proses produksi *Vinegar* secara alami, ekonomis, dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, N., Al-bAARI, A., dan Mulyani, S. 2012. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72–77. [/citations?view\\_op=view\\_citation&continue=/scholar?hl=id&as\\_sdt=0,5&scilib=1&citilm=1&citation\\_for\\_view=uuVlu5AAAAAJ:YsMSGlbcyi4C&hl=id&oi=p](#)
- Bhat, S. V., Akhtar, R., and Amin, T. 2014. An Overview on the Biological Production of Vinegar. *International Journal of Fermented Foods*, 3(2), 139. <https://doi.org/10.5958/2321-712x.2014.01315.5>
- Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K., & Guzel-Seydim, Z. B. 2014. Functional Properties of Vinegar. *Journal of Food Science*, 79(5). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12434>
- Cempaka, L. 2015. Pengaruh Variasi Kecepatan Agitasi pada Produksi B-Glukan dari *Saccharomyces cerevisiae*. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 8(1), 21–26. <https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kauniyah/article/view/2701>
- Gullo, M., Verzelloni, E., and Canonico, M. 2014. Aerobic submerged fermentation by acetic acid bacteria for vinegar production: Process and biotechnological aspects. *Process Biochemistry*, 49(10), 1571–1579. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2014.07.003>
- Ho, C. W., Lazim, A. M., Fazry, S., Zaki, U. K. H. H., and Lim, S. J. 2017. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. In *Food Chemistry* (Vol. 221). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.128>
- Ifadah, R. A., Kusnadi, J., and Wijayanti, S. D. 2016. Strain Improvement *Acetobacter xylinum* by Ethyl Methane Sulfonate (EMS) to Enhance Bacterial Cellulose Production. *Strain Improvement A. Xylinum Menggunakan Ethyl Methyl Sulfonate-Ifadah, Dkk Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 273–282.
- Jasmine Praveena, R., and Estherlydia, D. 2014. Comparative study of phytochemical screening and antioxidant capacities of vinegar made from peel and fruit of pineapple (*Ananas comosus* L.). *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 5(4), B394–B403.
- Kholifah, N. T. 2023. Pengaruh Penambahan Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Cuka Beras Merah (*Oryza rufipogon*). 1–4. <https://sipora.polije.ac.id/id/eprint/28460>
- Kwartiningsih, E., Nuning, L., dan Mulyati, S. 2019. FERMENTASI SARI BUAH NANAS MENJADI VINEGAR. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(1), 8–12.
- Ma'sum, Z. 2006. Pengaruh Suhu Penyimpanan Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Cuka Apel Manalagi. *Buana Sains*, 6(2), 195–198.
- Oktaviani, D., Studi, P., Biologi, P., Keguruan, F., Ilmu, D. A. N., dan Surakarta, U. M. 2020. Pemanfaatan Buah Nanas Madu Sebagai Bahan Dasar Vinegar Dengan Variasi Konsentrasi

- Starter Dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agribisnis Indonesia*.
- Pratama, M. A., Warkoyo, W., and Mujianto, M. 2023. Study of Differences in Fermentation Conditions and Inoculum Concentration in the Manufacturing of Grape Vinegar (*Vitis Vinifera* L.). *Jurnal Penelitian Ilmu Ilmu Teknologi Pangan*, Vol 12, No, 22–36.
- Putri, N. D., Sutanto, A., dan Noor, R. 2017. Perbandingan Hasil Pertumbuhan Nanas Queen Dan Nanas Madu (Cayenne) Sebagai Sumber Belajar Biologi Berupa Panduan Praktikum Materi Pertumbuhan dan Perkembangan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 117–122.
- Qiu, X., Zhang, Y., and Hong, H. 2021. Classification of acetic acid bacteria and their acid resistant mechanism. *AMB Express*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-021-01189-6>
- Siddiqui, S. A., Erol, Z., Rugji, J., Taşçı, F., Kahraman, H. A., Toppi, V., Musa, L., Di Giacinto, G., Bahmid, N. A., Mehdizadeh, M., and Castro-Muñoz, R. 2023. An overview of fermentation in the food industry - looking back from a new perspective. *Bioresources and Bioprocessing*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00702-y>
- Wahyusi, K. N., Siswanto, dan Utami, L. I. 2017. Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu Study of Acetylation Process on Acetyl Content of Cellulose Acetate From Bagasse. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 35–39.
- Wei, C. Bin, Liu, S. H., Liu, Y. G., Lv, L. L., Yang, W. X., & Sun, G. M. 2011. Characteristic aroma compounds from different pineapple parts. *Molecules*, 16(6), 5104–5112. <https://doi.org/10.3390/molecules16065104>
- Yuniar, Aznury, M., dan Resky. 2020. Pengaruh agitasi dan waktu fermentasi pada pembuatan bioetanol dari pati singkong karet (*Manihot glaziovii*). *Jurnal Kinetika*, 11(1), 51–54.
- Zubaidah, E. 2010. Kajian Perbedaan Kondisi Fermentasi dan Inokulum pada Pembuatan Cuka Salak (*Salacca zalacca*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2), 94–100.