

Optimization of Sucrose Addition and Fermentation Time in Coconut Milk Kefir Production

[Optimasi Penambahan Sukrosa dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Kefir Santan Kelapa]

Natasya Dwika Maharani¹⁾, Rahmah Utami Budiandari^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: rahmautami@umsida.ac.id

Abstract. Kefir is a fermented beverage and a source of probiotics, characterized by a texture resembling yoghurt and a distinctive sour taste. Coconut milk kefir represents one form of diversification of coconut milk into a high value product. A Central Composite Design (CCD) under the Response Surface Methodology (RSM) framework was applied in this study to identify the best combination of sucrose concentration (5%, 7% and 9%) and fermentation time (12, 18 and 24 hours) for optimizing coconut milk kefir fermentation. The optimum result was obtained at a sucrose concentration of 7% and a fermentation time of 18 hours, yielding a total acid value of 0,517% and a desirability value of 0,892, with characteristics of pH 5,72, Total Dissolved Solids (TDS) of 10,5°Brix, viscosity of 420,0 mPa·s, and calor values of $L=15,11$, $a=1,98$, and $b=-2,34$.

Keywords – kefir, coconut milk, optimization, sucrose concentration, fermentation time

Abstrak. Kefir merupakan minuman hasil fermentasi sumber probiotik yang memiliki tekstur menyerupai yoghurt dengan rasa asam yang khas. Kefir santan kelapa merupakan salah satu bentuk diversifikasi santan menjadi produk bernilai tinggi. Pendekatan Response Surface Methodology (RSM) berbasis Central Composite Design (CCD) diterapkan dalam penelitian ini guna menemukan kombinasi ideal antara konsentrasi sukrosa (5%, 7% dan 9%) dan waktu fermentasi (12, 18, dan 24 jam) untuk mengoptimalkan proses fermentasi kefir santan kelapa. Hasil optimum didapatkan pada konsentrasi sukrosa 7% dan waktu fermentasi 18 jam dengan nilai total asam 0,517% dan desirability 0,892, dengan karakterisasi pH sebesar 5,72, total padatan terlarut (TPT) sebesar 10,5°Brix, Viskositas 420,0 mPa·s, serta nilai warna $L=15,11$, $a=1,98$, $b=-2,34$.

Kata Kunci - kefir, santan, optimasi, konsentrasi sukrosa, lama fermentasi

I. PENDAHULUAN

Perekonomian nasional Indonesia turut ditopang oleh kelapa (*Cocos nucifera L.*), yang merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan dalam negeri. Hampir seluruh bagian tanaman kelapa mulai dari akar, batang, daun kelapa, bunga kelapa, daging buah, air kelapa, sabut, dan tempurung kelapa memiliki potensi untuk diolah menjadi produk bernilai ekonomi [1][2][3]. Daging buah kelapa khususnya dapat diolah menjadi berbagai produk yang bernilai, salah satunya adalah santan kelapa. Santan kelapa peras tanpa air diketahui mengandung energi sebesar 324 kilokalori, protein 4,2 gram, karbohidrat 5,6 gram, lemak 34,3 gram, kalsium 14 miligram, fosfor 45 miligram, zat besi 2 miligram, vitamin B1 0,02 miligram dan vitamin C 2 miligram [4]. Meskipun kaya akan nutrisi, pemanfaatan santan kelapa saat ini masih terbatas sebagai bahan pelengkap masakan, sehingga diperlukan diversifikasi produk untuk meningkatkan nilai tambahnya.

Minuman kefir merupakan minuman hasil fermentasi sumber probiotik yang berasal dari daerah Kaukasus [5]. Kefir memiliki tekstur menyerupai yoghurt dengan rasa asam yang khas [6]. Secara tradisional, kefir dibuat menggunakan susu sapi, kambing, atau kerbau sebagai substrat fermentasi dengan kandungan gizi yang berbeda dan mempengaruhi karakteristik akhir produk kefir yang dihasilkan, seperti nilai pH, kadar protein, dan kadar lemak [7]. Namun, penggunaan susu sebagai bahan baku membatasi aksesibilitas produk ini bagi kelompok masyarakat tertentu, terutama penderita intoleransi laktosa dan alergi protein susu sapi. Prevalensi intoleransi laktosa di Asia cukup tinggi, mencapai 60-90% dari populasi [8]. Kondisi ini mendorong pengembangan kefir berbasis bahan *non-dairy* sebagai alternatif yang lebih inklusif. Berbagai substrat *non-dairy* telah dieksplorasi untuk pembuatan kefir, antara lain susu kedelai [9], buah apel [10], susu jagung [11], air kelapa [12], dan jus buah [13]. Santan kelapa menjadi salah satu kandidat yang menjanjikan karena kandungan nutrisinya yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme probiotik.

Meskipun potensi kefir santan kelapa sebagai produk pangan fungsional alternatif sangat menjanjikan, penelitian mengenai optimasi kondisi fermentasinya masih terbatas. Sebagian besar penelitian kefir *non-dairy* terfokus pada susu kedelai atau air kelapa [14][15], sementara kefir santan kelapa belum banyak dieksplorasi secara mendalam. Kualitas kefir santan kelapa dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya adalah jenis dan kualitas substrat, jumlah starter (butir kefir), penambahan sukrosa, suhu fermentasi, dan waktu

fermentasi[16][17][18]. Terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa kefir yang dibuat menggunakan kefir grain memiliki kemampuan asidifikasi yang lebih baik serta menghasilkan jumlah khamir dan BAL yang lebih tinggi dibandingkan kefir yang dibuat dari starter kering, meskipun menghasilkan tekstur dan sineresis yang lebih baik dari grain [19]. Selain itu, total khamir, padatan terlarut, kadar alkohol, hingga mutu hedonik produk turut dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi sukrosa yang ditambahkan[20]. Pola serupa juga ditemukan pada produk fermentasi probiotik lain seperti kombucha kulit nanas, adanya pengaruh nyata dari konsentrasi sukrosa dan konsentrasi scoby terhadap karakteristik fisik produk maupun kimianya[21][22]. Selain itu juga pada yoghurt dengan variasi starter dan konsentrasi ekstrak buah yang mempengaruhi sifat fisikokimia produk akhir [23]. Disisi lain, waktu fermentasi juga sebagai faktor penentu dikarenakan memberi kesempatan lebih banyak bagi BAL untuk mengurai gula menjadi asam organik. Interaksi antar faktor-faktor ini menentukan karakteristik produk akhir, baik dari aspek fisik, kimia, maupun mikrobiologis yang penting untuk dikaji secara spesifik pada produk kefir berbahan santan kelapa.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi penambahan sukrosa dan waktu fermentasi dalam pembuatan kefir santan kelapa dengan menggunakan respon total asam. Pendekatan optimasi dilakukan untuk mendapatkan kombinasi perlakuan terbaik yang menghasilkan kefir santan kelapa dengan karakteristik optimal. Penelitian ini diharapkan membuka peluang diversifikasi santan kelapa menjadi produk probiotik bernilai tambah bagi masyarakat luas. .

Rumusan Masalah :

1. Bagaimana pengaruh optimasi konsentrasi sukrosa terhadap karakteristik kefir santan kelapa?
2. Bagaimana pengaruh optimasi waktu fermentasi terhadap karakteristik kefir santan kelapa?

Tujuan Penelitian:

1. Mengetahui titik optimum dari konsentrasi sukrosa yang terbaik terhadap karakteristik kefir santan kelapa
2. Mengetahui titik optimum dari waktu fermentasi yang terbaik terhadap karakteristik kefir santan kelapa

II. METODE

A. Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama empat bulan, terhitung sejak bulan Mei 2026 hingga bulan Agustus 2026. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengembangan Produk, Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi, dan Laboratorium Analisa Pangan program studi Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain timbangan analitik (Ohaus dan want), gelas ukur (Pyrex), *beaker glass* (Pyrex), saringan, panci *stainless steel*, *hot plate* (Thermo scientific), termometer (Gea), pengaduk *stainless steel*, botol kaca, sendok steril, dan aluminium foil. Pada proses pengujian digunakan alat seperti kaca arloji, buret, statif dan klem, erlenmeyer 250 mL (Pyrex), pipet volumetrik (Herma), corong kaca (pyrex), pH meter (Trans Instrumens), batang pengaduk, laminar air flow (elon), autoklaf, inkubator (memert), cawan petri steril (Herma), tabung reaksi (Duran), mikropipet (Dragon lab) dan tip, vortex (Thermo), *colony counter* (J2), bunsen, viscometer (NDJ-5S), refraktometer (Atago), colorimeter (Fru), pipet tetes, dan tisu lensa.

Bahan utama berupa kelapa diperoleh dari wilayah Ngampelsari, Jawa Timur. Bahan lainnya yaitu starter kefir susu dalam bentuk bubuk yang didapatkan dari *e-commerce*, air, sukrosa, NaOH 0,1 N, indikator fenoltalein (PP), aquades, larutan buffer pH, media MRS agar, media PCA, larutan NaCl fisiologis 0,85%, dan Alkohol 70%.

C. Rancangan Percobaan

Dua faktor yang dikaji, yakni konsentrasi sukrosa (X_1) dan waktu fermentasi (X_2), dianalisis menggunakan pendekatan RSM (*Response Surface Methodology*) berjenis CCD (*Central Composite Design*). Masing-masing faktor dibagi menjadi dua level tinggi (+1) yaitu 9% dan 24 jam, level rendah (-1) yaitu 5% dan 12 jam, serta dengan satu titik pusat (0) yaitu 7% dan 18 jam. Respon yang diukur dalam rancangan percobaan ini yaitu Total Asam (Y_1) kefir santan kelapa. Total asam dipilih sebagai respon karena secara langsung mencerminkan aktivitas bakteri asam laktat dalam mengonversi gula menjadi asam organik selama fermentasi, serta merupakan parameter kunci dalam standar mutu minuman fermentasi probiotik. Penetapan rentang konsentrasi sukrosa 5-9% didasarkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan kisaran sukrosa serupa dalam optimasi kefir kelapa dengan RSM-CCD[24], didukung oleh penelitian lainnya yang mendapatkan konsentrasi sukrosa berpengaruh sangat nyata terhadap total BAL dan asam laktat pada kefir berbasis kelapa dengan konsentrasi 5% hasil terbaik[16]. Rentang waktu fermentasi 12-24 jam ditetapkan berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang berpendapat bahwa lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap BAL dan nilai pH

pada cocofir berbahan santan kelapa[25], didukung oleh penelitian lain, yang menyatakan bahwa populasi mikroorganisme kefir berbasis kelapa meningkat secara aktif pada rentang waktu fermentasi 12-24 jam[26]. Rancangan design yang digunakan yaitu:

Tabel 1. Titik Kombinasi rancangan komposit pusat

	Konsentrasi Sukrosa (%)	Waktu Fermentasi (Jam)
Titik Tengah (0)	7	18
Batas Bawah (-1)	5	12
Batas Atas (+1)	9	24

Tabel 2. Data Respon Total asam dari Rancangan Komposit Pusat

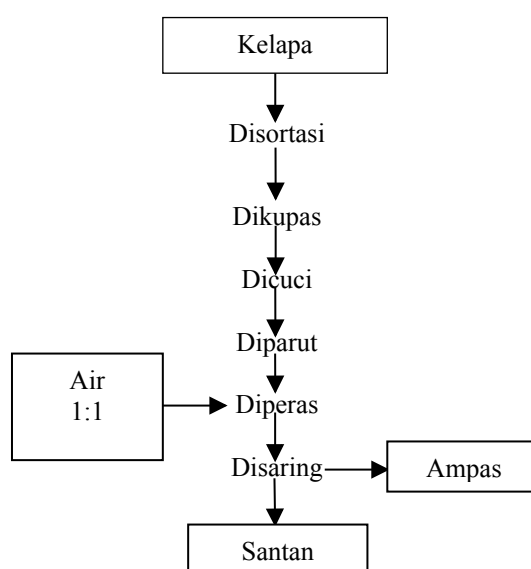
No	Variabel Kode		Variabel Sebenarnya		Respon
	K1	K2	Konsentrasi sukrosa (%)	Waktu Fermentasi (Jam)	Total Asam (%)
1	1,	1	9	24	
2	-1,414	0	4,17157	18	
3	0	0	7	18	
4	0	0	7	18	
5	-1	1	5	24	
6	0	-1,414	7	9,51472	
7	0	0	7	18	
8	0	0	7	18	
9	1	-1	9	12	
10	0	0	7	18	
11	0	1,414	7	26,4853	
12	-1	-1	5	12	
13	1,414	0	9,82843	18	

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terbagi menjadi dua tahapan, yang pertama pembuatan santan kelapa dan pembuatan kefir santan kelapa.

Pembuatan Santan Kelapa

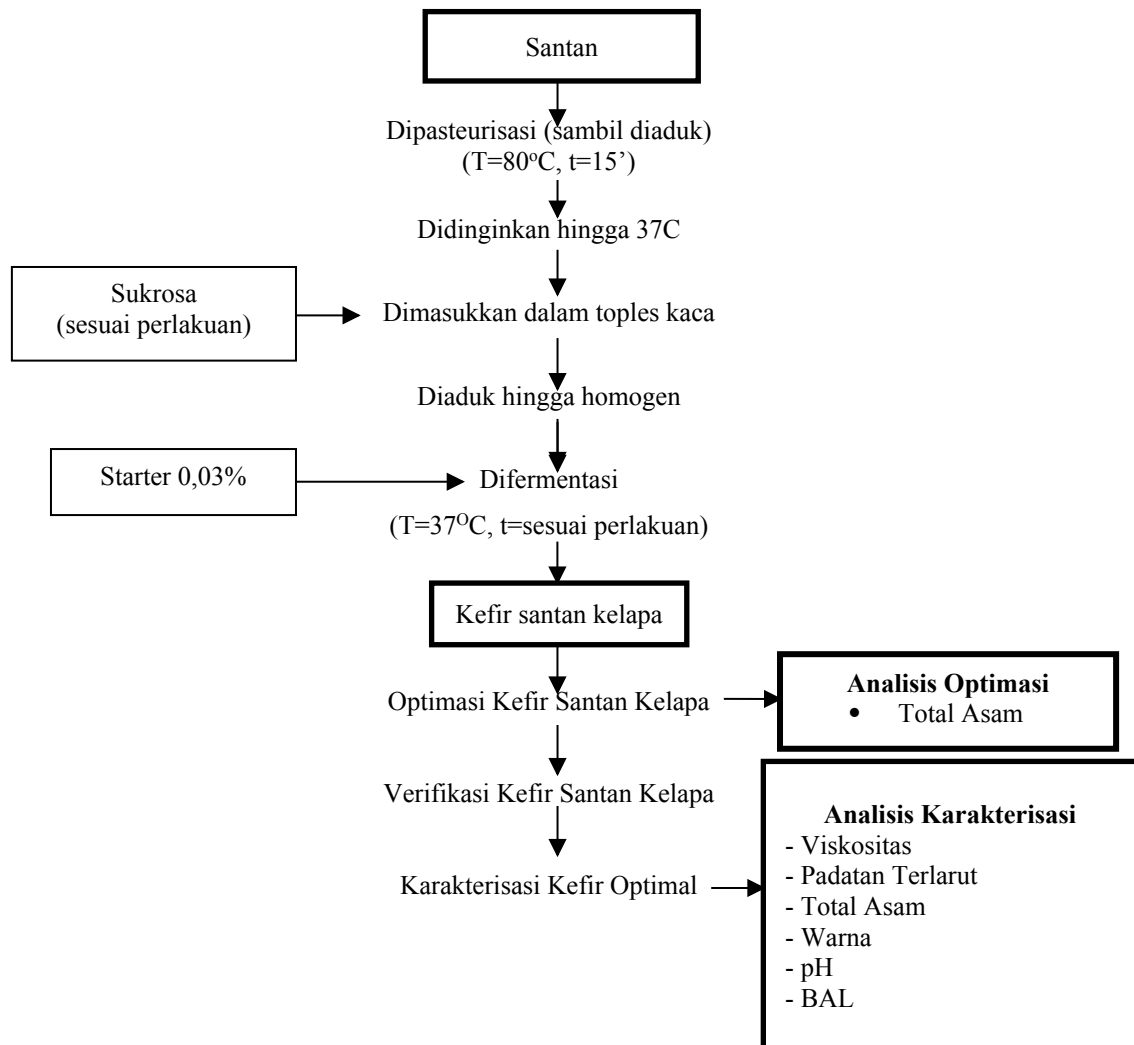
Proses pembuatan kefir santan diawali dengan tahapan pembuatan santan peras [25], dapat dilihat pada gambar 1. Proses diawali dengan seleksi buah kelapa terbaik, dilanjutkan dengan pengupasan kulit dan tempurung untuk mengambil daging buahnya. Daging buah yang telah dicuci bersih selanjutnya diparut sebelum masuk tahap ekstraksi.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Santan Kelapa [25]

Pembuatan Kefir Santan kelapa

Pembuatan kefir santan kelapa ini mengacu pada penelitian terdahulu [25], dapat dilihat pada gambar 2. Santan peras yang telah disiapkan dipasteurisasi selama 15 menit dengan suhu 80°C sambil diaduk. Setelah pasteurisasi selesai, santan didinginkan hingga mencapai suhu 37°C. Selanjutnya, santan dimasukkan pada toples dan ditambahkan sukrosa sesuai perlakuan, lalu diaduk hingga homogen, kemudian ditambahkan starter kefir sebanyak 0,03% dan difermentasi dalam suhu 37°C sesuai dengan perlakuan lama fermentasi.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Kefir Santan Kelapa[25]

E. Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu analisa Total Asam. Setelah mendapatkan nilai dari variabel yang diamati, selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan program *software Design Expert 13* untuk mendapatkan kondisi optimum. Dilanjutkan uji-T menggunakan minitab untuk perbandingan hasil verifikasi dengan prediksi.

F. Verifikasi Hasil Optimal

Tahap verifikasi dilakukan melalui pengujian terhadap perbedaan yang timbul dari hasil prediksi perolehan *software Design Expert 13* sebagai acuan kondisi optimal. Pengujian dilakukan setelah parameter menjalani proses analisis yang mengindikasikan titik optimal. Apabila terdapat perbedaan kurang dari 5%, maka kondisi tersebut tidak terdapat perbedaan signifikan diantara keduanya, yang membuktikan bahwa model yang digunakan memiliki derajat ketepatan yang baik.

G. Karakterisasi Hasil Kefir Optimal

Karakterisasi hasil produk kefir santan kelapa optimal yang sudah diverifikasi meliputi pengujian warna[27], Viskositas, Total Padatan Terlarut[28], pH[29], analisis Total Asam [30] dan Bakteri Asam Laktat [31].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian optimasi kefir santan kelapa dilakukan dengan dua faktor dan satu respon. Data hasil kombinasi perlakuan yang didapatkan dari *Response Surface Methodology* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Respon Total Asam

No	Variabel Kode		Variabel Sebenarnya		Respon
	K1	K2	Konsentrasi sukrosa (%)	Waktu Fermentasi (Jam)	Total Asam (%)
1	1,	1	9	24	0,468
2	-1,414	0	4,17157	18	0,396
3	0	0	7	18	0,531
4	0	0	7	18	0,612
5	-1	1	5	24	0,45
6	0	-1,414	7	9,51472	0,315
7	0	0	7	18	0,495
8	0	0	7	18	0,495
9	1	-1	9	12	0,36
10	0	0	7	18	0,657
11	0	1,414	7	26,4853	0,567
12	-1	-1	5	12	0,324
13	1,414	0	9,82843	18	0,657

A. Pemilihan Model Pada Respon Total Asam

Metode optimasi *Response Surface Methodology* (RSM) dalam pemilihan model terbaik dilakukan melalui tiga tahapan pengujian, yaitu uraian jumlah kuadrat (*Sequential Model Sum of Squares*), uji ketidaksesuaian (*Lack of Fit Test*), dan ringkasan statistik model (*Model Summary Statistics*). Tabel 4 menunjukkan bahwa p-value model linear (0,0767) dan model 2FI (0,9332) sama-sama berada di atas ambang 0,05 sehingga kedua model ini dinilai kurang mampu menjelaskan hubungan antar variabel secara signifikan. Namun, model kuadratik menunjukkan p-value 0,0913 yang meskipun masih di atas 0,05 merupakan nilai terbaik dibandingkan 2 model lainnya. Model kubik tidak dapat dievaluasi secara penuh karena berstatus *aliased*, dengan arti terdapat keterbatasan derajat kebebasan (df) yang menyebabkan sebagian parameter model tidak dapat diestimasi secara independen, sehingga model ini tidak layak digunakan.

Tabel 4. Data Analisis Ragam Respon Total Asam

	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F-hitung	p-value	Keterangan
Mean	3,08	1	3,08			
Linear	0,0659	2	0,0330	3,36	0,0767	
2FI	0,0001	1	0,0001	0,0074	0,9332	
Quadratic	0,0486	2	0,0243	3,44	0,0913	Suggested
Cubic	0,0143	2	0,0071	1,01	0,4272	Aliased
Residual	0,0352	5	0,0070			
Total	3,24	13	0,2495			

Model *Summary Statistics* memperkuat pemilihan model kuadratik dengan nilai R^2 sebesar 0,6983 dan adjusted R^2 sebesar 0,4828, yang merupakan peningkatan signifikan dibandingkan model linear R^2 0,4017 dan adj. R^2 0,2820 maupun model 2FI R^2 0,4017 dan adj. R^2 0,2029. Meskipun pada predicted R^2 pada model kuadratik masih negatif (-0,4225), yang menunjukkan kemampuan prediksi model terhadap data baru masih terbatas, nilai tersebut relatif lebih baik dibandingkan model 2FI dan kubik.

Tabel 5. Pemilihan Ringkasan Model Statistika Respon Total Asam

Sumber	Std. Dev.	R^2	Adjusted R^2	Predicted R^2	PRESS	Keterangan
Linear	0,0991	0,4017	0,2820	-0,0260	0,1684	
2FI	0,1044	0,4022	0,2029	-0,7836	0,2928	
Quadratic	0,0841	0,6983	0,4828	-0,4225	0,2336	Suggested
Cubic	0,0840	0,7853	0,4848	-4,6068	0,9205	Aliased

Hasil *Lack of Fit Tests* menjadi pertimbangan penting dalam pemilihan model, karena model yang baik harusnya memiliki nilai *lack of fit* yang tidak signifikan ($p > 0,05$), yang menandakan model cukup mampu menggambarkan data tanpa adanya penyimpangan yang berarti. Model kuadratik menunjukkan *p-value lack of fit* sebesar 0,2942, yang merupakan nilai tertinggi diantara model lainnya yang dapat dievaluasi secara valid, sehingga menunjukkan *lack of fit* yang paling tidak signifikan atau dengan kata lain model ini sesuai dengan data eksperimen.

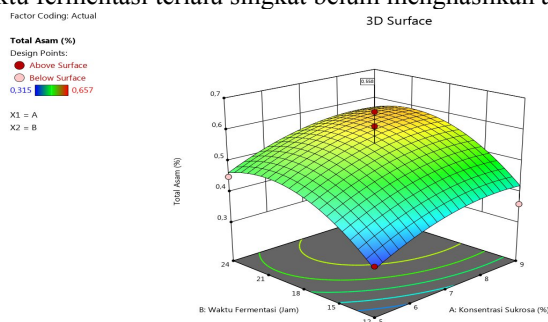
Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka model kuadratik direkomendasikan untuk menjelaskan respon total asam. Namun, karena term interaksi AB terbukti tidak signifikan ($p = 0,9178$), term ini dieliminasi dari model penuh sehingga diperoleh model kuadratik tereduksi. Proses reduksi ini merupakan praktik umum dalam RSM untuk memperoleh model yang lebih parsimoni tanpa kehilangan kemampuan menjelaskan variasi data, dan berhasil meningkatkan signifikansi model secara keseluruhan ($F = 4,62; p = 0,0316$) dibandingkan model kuadratik penuh.

Tabel 6. Analisis Ragam pada Respon Total Asam Model Kuadratik

Sumber	Jumlah Kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat Tengah	F-hitung	p-value	Keterangan
Model	0,1146	4	0,0286	4,62	0,0316	Significant
Lack of Fit	0,0282	4	0,0071	1,32	0,3972	Not significant
A-Konsentrasi Sukrosa	0,0224	1	0,0224	3,61	0,0940	
B-Lama Fermentasi	0,0436	1	0,0436	7,03	0,0292	
A ²	0,0093	1	0,0093	1,50	0,2556	
B ²	0,0438	1	0,0438	7,06	0,0290	
Std. Dev	0,0787					
Adjusted R ²	0,5467					
Predicted R ²	-0,0337					
PRESS	0,1697					

Peningkatan total asam selama fermentasi kefir terjadi karena aktivitas bakteri asam laktat (BAL) yang terdapat dalam kefir grains merombak gula sederhana menjadi asam laktat melalui jalur glikolisis *Embden Meyerhoff Parnas* (EMP), sebagaimana laktosa didegradasi menjadi glukosa dan galaktosa menjadi piruvat yang kemudian direduksi menjadi asam laktat[17]. Koefisien linear positif pada waktu fermentasi (+0,091612) menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak antara BAL dengan substrat gula, semakin banyak asam laktat yang terakumulasi. Sementara itu, koefisien linear konsentrasi sukrosa bernilai positif (+0,154413) dan merupakan efek dominan, mengindikasikan bahwa sukrosa berperan sebagai sumber karbon utama yang paling menentukan laju pembentukan asam laktat oleh BAL dibandingkan lama waktu fermentasi.

Pola hubungan antara kedua faktor terhadap total asam membentuk permukaan respon berbentuk kubah pada Gambar 3, konsisten dengan prinsip kinetika fermentasi BAL secara umum yaitu pada kombinasi substrat dan waktu kontak yang seimbang, BAL berada pada fase pertumbuhan eksponensial optimal sehingga produksi asam laktat maksimal. Sebaliknya, kombinasi ekstrem baik konsentrasi sukrosa maupun waktu fermentasi yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi menyebabkan produksi asam tidak optimal pada kondisi rendah karena substrat atau waktu kontak belum mencukupi, dan pada kondisi tinggi karena kejenuhan substrat, penghambatan oleh pH rendah, atau BAL yang telah memasuki fase stasioner/kematian sel. Pola ini sejalan dengan temuan bahwa perlakuan lama fermentasi 12 jam pada kefir air kelapa hijau hanya menghasilkan total asam sebesar 0,119% [26] jauh lebih rendah dibandingkan rentang total asam pada penelitian ini (0,315-0,657%) yang mengindikasikan bahwa waktu fermentasi terlalu singkat belum menghasilkan akumulasi asam laktat maksimal.



Gambar 3. Grafik 3D Interaksi Konsentrasi Sukrosa dan Lama Fermentasi Terhadap Total Asam

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

B. Penentuan Titik Optimal Respon dan Verifikasi

Berdasarkan analisis menggunakan *Design Expert 13*, diperoleh titik optimal untuk respon total asam seperti pada tabel 7.

Tabel 7. Optimasi Total Asam Kefir Santan Kelapa

Variabel	Goal	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Optimum
Konsentrasi Sukrosa(%)	In range	5	9	7
Waktu Fermentasi(Jam)	In range	12	24	18
Total Asam(%)	Maximize	0,315	0,657	0,558 (prediksi)
Desirability	-	0	1	0,892

Nilai *desirability* yang mendekati satu menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan tersebut memenuhi kondisi optimum yang paling sesuai dengan kriteria target dan batasan yang telah ditetapkan pada tahap perancangan *constraint*, sehingga kombinasi ini dipilih sebagai kondisi optimum untuk produksi kefir santan kelapa dengan kadar total asam terbaik. Titik optimal ini menggambarkan bahwa penambahan gula hingga konsentrasi tertentu dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme dalam kefir sedangkan lama fermentasi yang cukup memungkinkan terjadinya konversi gula menjadi asam-asam organik seperti asam laktat. Tetapi peningkatan sukrosa dan lama fermentasi di luar titik optimum dapat menyebabkan penurunan respon total asam akibat menurunnya aktivitas mikroba dan akumulasi asam yang terlalu tinggi dalam medium.

Tabel 8. Hasil Verifikasi Titik Optimum

Parameter	Nilai
Mean aktual	0,517%
SD aktual	0,011%
SE mean	0,0064
Test mean (Prediksi)	0,558%
T-value	-6,50
DF	2
P-value	0,023
95% CI mean aktual	(0,489; 0,544)
95% PI model (prediksi)	(0,359; 0,757)
Error (%)	7,41

Tahap verifikasi dilakukan untuk menguji validitas model prediksi dengan cara membandingkan nilai prediksi terhadap nilai hasil pengamatan aktual dari percobaan konfirmasi yang dilakukan pada kondisi optimum tersebut yaitu konsentrasi sukrosa 7% dan waktu fermentasi 18 jam. Verifikasi model dilakukan dengan membandingkan nilai prediksi total asam hasil optimal (0,558%) terhadap nilai hasil pengamatan aktual dari tiga kali ulangan percobaan konfirmasi pada kondisi optimum, yaitu 0,522%, 0,524% dan 0,504% dengan rata-rata 0,517% dan standar deviasi 0,011%. Analisis dilakukan menggunakan *one sample t-test* menggunakan Minitab, membandingkan rata-rata ketiga nilai aktual terhadap nilai prediksi sebagai nilai uji. Prosedur ini merupakan bentuk khusus dari uji-t berpasangan ketika nilai pembanding konstan [32]. Hasil analisis menunjukkan nilai T sebesar -6,50 (df=2) dengan p-value sebesar 0,023 ($p < 0,05$) yang dapat dilihat pada tabel 8, yang secara statistik menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara nilai rata-rata pengamatan aktual dengan titik prediksi model.

Signifikansi ini perlu dimaknai secara proporsional dengan mempertimbangkan jumlah ulangan verifikasi yang kecil ($n=3$). Pada kondisi n kecil dengan variabilitas rendah, standar error yang dihasilkan menjadi sangat kecil, sehingga uji-T menjadi sangat sensitif terhadap deviasi kecil sekalipun [33]. Hal ini dikenal sebagai perbedaan antara *statistical significance* dan *practical significance*, hasil yang signifikan secara statistik tidak selalu bermakna signifikan secara praktis, terutama apabila ukuran efek tergolong kecil [34]. Hal ini didukung oleh nilai rata-rata aktual tersebut masih berada di dalam rentang prediction interval (PI) 95% yang dihasilkan oleh model prediksi yaitu antara 0,359% hingga 0,757%, dengan presentase galat (*error*) sebesar 7,41% yang masih tergolong rendah dan sebanding dengan penelitian optimal fermentasi lain menggunakan RSM, dengan selisih kecil antara nilai prediksi dan aktual pada tahap konfirmasi umum dijumpai dan dianggap menunjukkan validitas model yang baik [35]. Meskipun uji statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan antara nilai prediksi dan aktual, model kuadratik tereduksi yang dikembangkan tetap dinyatakan cukup valid dan dapat diandalkan secara praktis untuk memprediksi kadar total asam kefir santan kelapa pada rentang kondisi

percobaan yang diteliti, dengan mempertimbangkan variasi kecil yang wajar terjadi akibat proese fermentasi oleh bakteri asam laktat.

C. Karakterisasi Kefir Santan Kelapa Optimum

Pada penelitian ini, upaya enumerasi Bakteri Asam Laktat (BAL) menggunakan media PCA (*Plate Count Agar*) tidak menghasilkan pertumbuhan koloni yang dapat diamati, sehingga data kuantitatif populasi mikroba tidak dapat diperoleh. Ketidakberhasilan ini disebabkan oleh beberapa faktor teknis, di antaranya adalah kandungan senyawa antimikroba alami pada santan kelapa seperti asam laurat dan asam lemak rantai sedang lainnya, yang memiliki aktivitas penghambatan terhadap sejumlah golongan bakteri termasuk BAL, sehingga berpotensi menekan pertumbuhan koloni pada media padat meskipun aktivitas fermentasi tetap berlangsung[36]. Selain itu dapat disebabkan oleh suhu pasteurisasi atau proses penanganan sampel yang kurang optimal sehingga memengaruhi viabilitas sel BAL sebelum pengujian, maupun keterbatasan teknis pada tahap pengenceran dan inkubasi. Meskipun demikian, tidak teridentifikasinya koloni BAL pada media PCA tidak serta merta menunjukkan bahwa aktivitas fermentasi tidak berlangsung, mengingat peningkatan total asam yang konsisten selama proses fermentasi tetap mengidentifikasi adanya aktivitas metabolisme mikroba penghasil asam.

Tabel 9. Karakterisasi Produk Kefir Santan Kelapa

Karakterisasi	Nilai
Total Asam	0,517%
pH	5,72
Total Padatan Terlarut	10,5°Brix
Viskositas	420,0 mPa·s
Warna	L= 15,11, a= 1,98, b=-2,34

Karakterisasi produk kefir santan kelapa pada kondisi optimum (konsentrasi sukrosa 7% dan waktu fermentasi 18 jam) lainnya menunjukkan nilai pH sebesar 5,72, total asam 0,517%, total padatan terlarut (TPT) sebesar 10,5°Brix, Viskositas 420,0 mPa·s, serta nilai warna L= 15,11, a= 1,98, b=-2,34. Nilai pH yang masih relatif tinggi dibandingkan pH kefir susu standar yang berkisar 3,5-4,7 [39] mengindikasikan bahwa proses fermentasi pada santan kelapa berlangsung lebih lambat, kemungkinan disebabkan oleh kandungan lemak yang tinggi pada santan yang dapat menyelimuti sel BAL dan menghambat kontak langsung dengan substrat gula, sehingga proses glikolisis dan pembentukan asam laktat berjalan tidak secepat pada medium berbasis air atau susu skim [17]. Meski demikian, nilai total asam yang dihasilkan tetap berada dalam rentang standar mutu minuman probiotik yaitu 0,2-0,9%[39], menunjukkan bahwa aktivitas fermentasi BAL tetap berjalan dan menghasilkan asam organik meskipun pH belum turun terlalu rendah.

Nilai TPT sebesar 10,5°Brix menjelaskan sisa kandungan padatan terlarut (gula yang belum terfermentasi sepenuhnya, protein dan mineral dari santan kelapa) yang masih terdapat dalam produk setelah proses fermentasi berlangsung selama 18 jam. Semakin lama waktu fermentasi, semakin banyak sukrosa yang dirombak oleh BAL menjadi asam laktat dan senyawa metabolit lain, sehingga nilai TPT idealnya menurun seiring bertambahnya waktu fermentasi, nilai TPT yang masih relatif tinggi ini konsisten dengan pH yang belum terlalu asam, menunjukkan bahwa sebagian substrat gula masih tersedia dan belum seluruhnya termetabolisme oleh mikroorganisme kefir pada titik optimum tersebut.

Viskositas produk 420,0 mPa·s menunjukkan tekstur kefir santan kelapa yang cukup kental, jauh lebih tinggi dibandingkan kefir berbasis air kelapa atau susu skim. Hal ini disebabkan oleh kandungan lemak dan protein alami pada santan kelapa yang lebih tinggi, ditambah dengan pembentukan gel/koagulum ringan akibat penurunan pH selama fermentasi yang menyebabkan sebagian protein santan mengalami denaturasi parsial dan membentuk jaringan yang meningkatkan kekentalan produk.

Adapun karakterisasi warna menunjukkan nilai L= 15,11(rendah), yang mengindikasikan warna produk cenderung gelap, hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh reaksi non-enzimatis seperti reaksi maillard antara gula produksi hasil hidrolisis sukrosa dengan protein santan selama proses fermentasi berlangsung, yang umum terjadi pada produk fermentasi berbasis santan dengan kandungan gula dan protein tinggi. Nilai a= 1,98 (positif), menunjukkan sedikit kecenderungan ke arah merah, sedangkan nilai b=-2,34 (negatif), menunjukkan kecenderungan ke arah biru, sehingga secara keseluruhan warna produk berada pada rentang warna netral keabu-abuan khas santan kelapa terfermentasi, tanpa pergeseran warna yang ekstrem ke arah kuning-kecoklatan yang biasanya terjadi pada produk dengan tingkat karamelisasi tinggi.

Secara keseluruhan, karakterisasi fisik kimia kefir santan kelapa pada kondisi optimum ini menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi sukrosa 7% dan waktu fermentasi 18 jam menghasilkan produk dengan tingkat keasaman yang cukup untuk memenuhi standar mutu, tekstur yang kental khas santan, serta warna stabil, sehingga kondisi ini dapat dijadikan acuan formulasi optimal untuk produksi kefir santan kelapa berbasis *Response Surface Methodology*.

IV. SIMPULAN

Optimasi kefir santan kelapa menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan Central Composite Design (CCD) pada *software Design-Expert*, menghasilkan model kuadratik tereduksi untuk memprediksi total asam kefir santan kelapa ($F=4,62$, $P=0,0316$, *lack of fit* tidak signifikan). Konsentrasi sukrosa dan waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap total asam, dengan titik optimum diperoleh pada konsentrasi sukrosa 7% dan waktu fermentasi 18 jam, menghasilkan prediksi total asam 0,558% (desirability 0,892). Hasil verifikasi menunjukkan rata-rata total asam aktual 0,517% yang meski berbeda signifikan secara statistik (uji t , $p=0,023$), masih berada dalam rentang CI 95% model dengan galat 7,40%, sehingga model dinyatakan valid. Produk optimum memiliki pH sebesar 5,72, total padatan terlarut (TPT) sebesar 10,5°Brix, Viskositas 420,0 mPa·s, serta nilai warna $L=15,11$, $a=1,98$, $b=-2,34$ dengan total asam yang telah memenuhi standar SNI (0,2-0,9%). Namun, ketiadaan data populasi BAL pada penelitian ini menjadi salah satu keterbatasan yang perlu diperhatikan, dan disarankan pada penelitian lanjutan untuk mengevaluasi ulang metode enumerasi, termasuk penggunaan media selektif seperti MRS agar dengan kondisi inkubasi anaerob yang lebih terkontrol, guna memperoleh data mikrobiologis yang lebih representatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada keluarga yang selalu mendukung dalam segala aspek, kepada Kaprodi Teknologi Pangan, kepada para Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah membantu memberikan masukan, arahan dan dukungan dalam penelitian dan penyusunan artikel ini. Tidak lupa juga kepada teman-teman dan sarana prasarana Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang turut memberikan semangat dan dukungan serta fasilitas selama penelitian ini berlangsung.

REFERENSI

- [1] R. H. Rukmana, and H. H. Yudirachma, "Untung Berlipat Dari Budidaya Kelapa". Yogyakarta: Penerbit Andi, 2016.
- [2] A. Salsabila, A. Oktavia, F. M. Dewi, Y. Purwani, and F. S. Arsy, R. Albar, Priyanti, A. Khairiah and D. M., "Nilai manfaat Ekonomi Tanaman Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Di Pasar Tradisional Kemiri Muka di Kota Depok, Jawa Barat". In Prosiding SEMNAS BIO 2022.
- [3] A. Prades, M. Dornier, N. Diop, and J. P. Pain, "Coconut Water Uses, Composition and Properties: A Review". *Fruits*, 67(2), 87-107. 2012
- [4] S. B. Dasopang, D. Ardilla, and A. B. Hussin, "Karakteristik Minuman Santan Pada Perlakuan Kecepatan dan Lama Waktu Homogenisasi Yang Berbeda," *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. Vol 2(10), 8387-8396, 2025.
- [5] S. Otles, and O. Cagindi, "Kefir: A Probiotic Dairy-Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects". *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 54-59. 2003.
- [6] M. F. Safitri, and A. Swarastuti, "Kualitas Kefir Berdasarkan Konsentrasi Kefir Grain". *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol 2(2):87-92, 2011
- [7] T. A. Wiayanto and M. M. Suprijono, "Karakteristik Kefir Susu Hewani," *Zigma*, Vol. 39(1), 49-60. 2024
- [8] A. Szilagyi, and N. Ishayek, "Lactose Intolerance, Dairy Avoidance, and Treatment Options". *Nutrients*, Vol 10(12), 2018.
- [9] U. Apriliyanto, "Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Gula dan Lama Waktu Proses Fermentasi pada Karakteristik Kefir Susu Kedelai," *Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian (JIPANG)*, 2(1), 2020

- [10] T. Suryani and A. N. Khasanah, "Uji Total Asam dan Organoleptik Water Kefir Ekstrak Buah Apel Hijau (*Pyrus malus* L.) Dengan Variasi Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kristal Alga. Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek), 2022, 272-279.
- [11] Y. N. Lestari, N. Amin, D. Ananda and N. Rengganis, " Identifikasi Karakteristik Kimiawi dan Daya Simpan Kefir Susu Jagung (*Zea mays* L. *Saccharata*)" Jurnal Gizi , 10(2):20-32, 2021.
- [12] A. S. M. Sagala, C. Pratiwi, E. Emilia, R. Rosmiati, and H. Firmansyah, "Identifikasi Karakteristik Sensori Dan Fisikokimia Kefir Air Kelapa Tua (*Cocos nucifera* L.)," Jurnal Al Ulum, 14(1), 2026.
- [13] P. Kandyliis, K. Pissaridi, A. Bekatorou, M. Kanellaki, and A. A. Koutinas, "Dairy and Non-Dairy Probiotic Beverages," Current Opinion in Food Science. Vol 7. 58-63, 2016.
- [14] B. Julianto, E. Rossi, and Yusmarini, "Karakteristik Kimiawi dan Mikrobiologi Kefir Susu Sapi dengan Penambahan Susu Kedelai," Jom Faperta. Vol 3(1), 2016.
- [15] Y. Indriasari, M. Berlian, and N. Hujana, "Pengaruh Tempat Tumbuh dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Jumlah Bakteri Asam Laktat dan Total Asam Kefir Air Kelapa," Jurnal Pengolahan Pangan. Vol 7(1). 38-43, 2022.
- [16] M. Wszolek, A. Y. Tamime, D. D. Muir, and M. N. I. Barclay, "Properties of Kefir Made in Scotland and Poland Using Bovine, Caprine and Ovine Milk with Different Starter Cultures". LWT-Food Science and Technology. Vol 34(4), 251-261, 2001.
- [17] R. R. Gamba, S. Yamamoto, M. Abdel-Hamid, T. Sasaki, T. Michihata, T. Konyanagi, T. Enomoto, " Chemical, Microbiological, and Functional Characterization of Kefir Produced from Cow's Milk and Soy Milk". International Journal of Microbiology. 1-11. 2020.
- [18] A. E. Setiawati, "Optimasi Lama Fermentasi dan Konsentrasi Grain pada Pembuatan Produk Kefir Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) Menggunakan Metode Central Composite Design" (Tesis). Malang: Universitas Brawijaya, 2022.
- [19] K. Szkolnicka, I. Dmytrow, A. Mituniewicz-Malek, and E. Boguslawskawas, "Quality Assessment of Organic Kefirs Made with Kefir Grains and Freeze Dried Starter Cultures," Applied Sciences, Vol. 14(24), 11746. 2024.
- [20] H. Insani, H. Rizqiati, and Y. Pratama, "Pengaruh Variasi Konsentrasi Sukrosa Terhadap Total Khamir, Total Padatan Terlarut, Kadar Alkohol dan Mutu Hedonik pada Water Kefir Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)," Jurnal Teknologi Pangan, Vol.2(2), 90-97. 2018.
- [21] R. U. Budiandari, A. E. Prihatiningrum, R. Azara, and F. N. Aini, "Influence of Sucrose and Scoby Concentration on Physical Characteristics of Pineapple Skin Kombucha," Academia Open, Vol. 8(2). 2023
- [22] R. U. Budiandari, R. Azara, R. Adawiyah, and A. E. Prihatiningrum, " Studi Karakteristik Kimia Minuman Probiotik Kombucha Sari Kulit Nanas (*Ananas comosus*)," Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian, Vol. 14(2). 181-188. 2023.
- [23] R. Azara, I. A. Saidi, and R. Amarulloh, " Pengaruh Variasi Starter dan Konsentrasi Ekstrak Buah Melon (*Cucumis melo* L.) terhadap Sifat Fisikokimia Yoghurt," Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian, Vol. 14(2), 228-235. 2023.
- [24] D.P.S. Wiyana, M.H. Pulungan, dan I. Nurika, " Optimasi Penambahan Sukrosa dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Kefir Air Kelapa" (Skripsi). Malang: Universitas Brawijaya, 2007.

- [25] E. P. B. Barus, H. Rizqiaty, and V. P. Bintoro, "Total Bakteri Asam Laktat, Nilai pH, total Padatan Terlarut, dan Sifat Organoleptik Cocofir dengan Lama Fermentasi yang Berbeda". Jurnal Teknologi Pangan. Vol 3(2). 247-252, 2019.
- [26] A. R. Rohman, B. Dwiloka, and H. Rizqiaty, "Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Asam, Total Bakteri Asam Laktat, Total Khamir dan Mutu Hedonik Kefir Air Kelapa Hijau (*Cocos nucifera* L.)", Jurnal Teknologi Pangan, Vol. 3(1). 127-133. 2019.
- [27] A. P. Hastuti, and J. Kusnadi, "Organoleptik dan Karakterisasi Fisik Kefir Rosella Merah (*Hibiscus sabdariffa* L.) Dari Teh Rosella Merah di Pasaran". Vol 4(1). 313-320. 2016.
- [28] Y. I. Pratama, F. Ardiguna, and P. D. Wulansari, "Kefir dengan Kombinasi Susu Sapi dan tepung Mocaf Terhadap pH, Kadar Air, Total Padatan dan Properti Fisik". Jurnal Sains Peternakan Nusantara. Vol. 1(1), 21-28. 2021.
- [29] Z. O. F. Zaini, "Pengaruh Lama Fermentasi terhadap nilai pH, Total Asam, Jumlah Mikroba, Protein, dan Kadar Alkohol Kefir Susu Kacang kedelai (*Glycine max (L) merill*)". In Doctoral Disertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. 2016.
- [30] A. Rusdhi, P. Siswoyo, and T. Adella, "Uji Kualitas Kimia Kefir dari Imbangan Susu Kambing dan Susu Sapi dengan Lama Fermentasi Yang Berbeda". Jurnal of Pharmaceutical and Sciences. Vol 6(4). 1626-1634. 2023.
- [31] R. P. Pasaribu, "Pengaruh Konsentrasi Bulir Kefir Terhadap Aktivitas Mikrobial Bakteri Asam Laktat dari Kefir Susu Kambing dan Kefir Santan". In Theses, Universitas Sumatera Utara. 2019.
- [32] D.C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, 9th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, 2017.
- [33] Z. Zach, "A Simple Explanation of Statistical vs. Practical Significance," Statology, 2021. <https://www.statology.org/statistical-practical-significance/>. [accessed: aug. 8, 2026]
- [34] J. Frost, "Practical vs. Statistical Significance," Statistic By Jim, 2022. <https://statisticsbyjim.com/hypothesis-testing/practical-statistical-significance/>. [accessed: aug. 8, 2026]
- [35] T.Y. Yun, R.J.Feng, D. B. Zhou, Y.Y. Pan, Y.F.Chen, F. Wang, L.Y.Yin, Y.D. Zhang, and J.H.Xie,"Optimization of Fermentation Condition Through Response Surface Methodology for Enhanced Antibacterial Metabolite production by *Streptomyces* sp. 1-14 from Cassava rhizosphere," PloS ONE, Vol 13(11), 2018.
- [36] Miksusanti, Herlina, B. Untari, D. Basir, I. Solehah, and Ulfi, "Impact of Virgin Coconut Oil(VCO) on Probiotic *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*," AIP Conference Proceedings, vol.2583(1). 2023
- [37] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 7552:2009 : Minuman Susu Fermentasi Berperisa" Jakarta: BSN, 2009.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

DOKUMENTASI

