

**OPTIMASI FORMULASI SARI SORGUM (*Sorghum bicolor L.*),
ALMOND (*Prunus dulcis*), DAN SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis L.*) MENGGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE
*MIXTURE D-OPTIMAL***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Elvina Anjelliva
22.30.20.126



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN BANDUNG
2026**

ABSTRAK

OPTIMASI FORMULASI SARI SORGUM (*Sorghum bicolor* L.), ALMOND (*Prunus dulcis*), DAN SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) MENGGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE *MIXTURE D-OPTIMAL*

Oleh

ELVINA ANJELLIVA

NPM : 223020126

(Program Studi Teknologi Pangan)

Sorgum, almond, dan sacha inchi merupakan bahan pangan yang berpotensi dikombinasikan sebagai bahan baku susu nabati bebas laktosa, karena sorgum kaya karbohidrat dan bebas gluten, almond memiliki kandungan lemak dan protein nabati yang tinggi, sedangkan sacha inchi unggul dalam kandungan protein dan asam lemak esensial, sehingga kombinasi ketiganya berpotensi menghasilkan produk dengan nilai gizi yang saling melengkapi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi optimal sari nabati berbasis sorgum (*Sorghum bicolor* L.), almond (*Prunus dulcis*), dan sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) menggunakan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*. Sorgum, almond, dan sacha inchi dikombinasikan dalam 14 formulasi, dengan lesitin dan gum arab sebagai variabel tetap. Respon yang dianalisis meliputi viskositas, kadar protein, kadar lemak, serta atribut sensori warna, aroma, dan rasa. Hasil ANOVA menunjukkan model linear mixture signifikan ($p < 0,05$) pada seluruh respon, di mana sacha inchi berperan dominan dalam meningkatkan kadar protein dan lemak namun menurunkan kesukaan warna, sedangkan almond lebih berpengaruh terhadap viskositas, aroma, dan rasa. Formulasi optimal yang dipilih adalah sari sorgum 49,5%, sari almond 25 %, dan sari sacha inchi 25 %, dengan nilai desirability sebesar 0,720. Nilai prediksi respon pada formulasi ini yaitu viskositas 3,768 cP, kadar protein 3,806%, kadar lemak 3,099%, warna 4,613, aroma 4,026, dan rasa 3,793. Hasil verifikasi menunjukkan nilai aktual viskositas (3,66 cP), kadar protein (3,80%), kadar lemak (2,91%), warna (4,87), aroma (4,03), dan rasa (3,73) seluruhnya berada dalam rentang *Prediction Interval* 95%, sehingga model dinyatakan valid. Dengan demikian, formulasi optimal sari nabati sorgum, almond, dan sacha inchi telah berhasil diperoleh dan dinyatakan sebagai formulasi terpilih yang layak dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: sari nabati, sorgum, almond, sacha inchi, *Design Expert*, *Mixture D-Optimal*

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF SORGHUM (*Sorghum bicolor* L.), ALMOND (*Prunus dulcis*), AND SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) PLANT-BASED MILK USING DESIGN-EXPERT SOFTWARE AND THE D-OPTIMAL MIXTURE DESIGN METHOD

By

ELVINA ANJELLIVA

NPM : 223020126

(Departement of Food Technology)

*Sorghum, almond, and sacha inchi are food ingredients with strong potential to be combined as raw materials for lactose-free plant-based milk, as sorghum is rich in carbohydrates and gluten-free, almond has a high content of plant-based fat and protein, while sacha inchi is notable for its protein and essential fatty acid content, so that the combination of the three is expected to produce a product with complementary nutritional value. This study aims to obtain the optimal formulation of plant-based milk based on sorghum (*Sorghum bicolor* L.), almond (*Prunus dulcis*), and sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) using Design Expert with the Mixture D-Optimal method. Sorghum, almond, and sacha inchi were combined in 14 formulations, with lecithin and gum arabic used as fixed variables. The responses analyzed included viscosity, protein content, fat content, and the sensory attributes of color, aroma, and taste. ANOVA results showed that the linear mixture model was significant ($p < 0.05$) for all responses, with sacha inchi identified as the dominant component in increasing protein and fat content while decreasing color preference, whereas almond had a greater effect on viscosity, aroma, and taste. The optimal formulation selected consisted of 49.500% sorghum extract, 25.000% almond extract, and 25.000% sacha inchi extract, with a desirability value of 0.720. The predicted response values for this formulation were 3.768 cP for viscosity, 3.806% for protein content, 3.099% for fat content, 4.613 for color, 4.026 for aroma, and 3.793 for taste. Verification results showed actual values of viscosity (3.66 cP), protein content (3.80%), fat content (2.91%), color (4.87), aroma (4.03), and taste (3.73), all of which fell within the 95% Prediction Interval, confirming that the model was valid. Thus, the optimal formulation of sorghum, almond, and sacha inchi plant-based milk has been successfully obtained and confirmed as the selected formulation suitable for further development.*

Keywords: *plant-based milk, sorghum, almond, sacha inchi, Design Expert, Mixture D-Optimal*

**OPTIMASI FORMULASI SARI SORGUM (*Sorghum bicolor L.*),
ALMOND (*Prunus dulcis*), DAN SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis L.*) MENGGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE
*MIXTURE D-OPTIMAL***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Elvina Anjelliva
22.30.20.126

Menyetujui :

Pembimbing

(Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si.)

**OPTIMASI FORMULASI SARI SORGUM (*Sorghum bicolor* L.),
ALMOND (*Prunus dulcis*), DAN SACHA INCHI (*Plukenetia
volubilis* L.)MENGUNAKAN *DESIGN EXPERT* METODE
*MIXTURE D-OPTIMAL***

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Elvina Anjelliva
22.30.20.126

Menyetujui :

**Koordinator Belmawabud
Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknik
Universitas Pasundan**

(Rizal Maulana Ghaffar S.T., M.T.)

PEDOMAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Anjelliva, E. (2026). Optimasi Formulasi Sari Sorgum (*Sorghum bicolor*L.), Almond (*Prunus dulcis*), Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Menggunakan *Design Expert* Metode *Mixture D-Optimal*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Anjelliva, E. (2026). *Optimization of the Formulation of Sorghum (Sorghum bicolor L.), Almond (Prunus dulcis), and Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) Plant-Based Milk Using Design-Expert Software and the D-Optimal Mixture Design Method. Bachelor's Thesis, Pasundan University.*

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, sehingga penulis diberikan kekuatan, kesabaran, dan kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Optimasi Formulasi Sari Sorgum (*Sorghum bicolor L.*), Almond (*Prunus dulcis*), Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) Menggunakan *Design Expert Metode Mixture D-Optimal*”**. Tanpa pertolongan-Nya, penulis menyadari bahwa seluruh proses ini tidak akan dapat dilalui dengan baik.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menghadapi proses pembelajaran yang sangat berharga. Semua itu tidak terlepas dari dukungan, doa, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan ketulusan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi yang sangat berarti bagi penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P., selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan arahan yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir.
3. Dr. Ir. Tantan Widiantera S.T., M.T., selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran dan arahan yang membangun demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

4. Jaka Rukmana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan.
5. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T., selaku Koordinator Belmawabud Program Studi Teknologi Pangan.
6. Kedua orang tua tercinta, Ibu Susri Yendrita dan Bapak Ufrizal, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan yang tulus baik secara moril maupun materiil, dengan penuh kesabaran dan pengorbanan mengiringi setiap langkah penulis hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Keluarga besar yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
8. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan, kebersamaan, serta bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Seseorang yang telah memberikan dukungan, perhatian, serta semangat kepada penulis dengan penuh ketulusan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknologi Pangan.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	
Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.	
ABSTRACT	iii
PEDOMAN TUGAS AKHIR.....	vi
KATA PENGANTAR.....	
Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.	
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	7
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Kerangka Pemikiran.....	8
1.6 Hipotesis Penelitian	13
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1 Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench).....	14
2.2 Almond (<i>Prunus dulcis</i>).....	19
2.3 Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	21
2.4 Sari Nabati	24
2.5 <i>Design Expert D-Optimal</i>.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Bahan dan Alat	31
3.1.1 Bahan-bahan Penelitian.....	31
3.1.2 Alat-alat Penelitian.....	31
3.2 Metode Penelitian	32

3.2.1 Penelitian Pendahuluan	32
3.2.2 Penelitian Utama	32
3.2.3 Rancangan Percobaan	33
3.2.4 Rancangan Analisis	40
3.2.5 Rancangan Respon	40
3.3 Prosedur Penelitian	41
3.3.1 Pembuatan Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi.....	41
3.3.2 Diagram Alir Penelitian	43
3.4 Jadwal Penelitian.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1. Penelitian Pendahuluan	47
4.2 Penelitian Utama	47
4.2.1 Analisis Respon Fisik	48
4.2.2 Analisis Respon Kimia	52
4.2.3 Analisis Respon Organoleptik.....	61
4.3 Formulasi Optimal	73
4.3.1 Penetapan <i>Goal</i> dan <i>Importance</i>	73
4.3.2 Penentuan Formulasi Optimal.....	75
4.4 Verifikasi Formulasi Optimal	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Sorgum, Gandum, dan Jagung (Per 100 g/bdd).....	17
Tabel 2. Kandungan Gizi Almond per 100 g	20
Tabel 3. Kandungan Gizi Sacha Inchi (per 100 gram biji kering)	22
Tabel 4. Variabel Tetap dan Variabel Berubah dalam Formulasi Sari Nabati..	33
Tabel 5. Penetapan batas atas dan batas bawah dalam pembuatan sari nabati	34
Tabel 6. Penentuan Goals pada Respon	39
Tabel 7. Skala Hedonik	41
Tabel 8. Formulasi Sari Nabati Rekomendasi Design Expert.....	48
Tabel 9. Hasil Analisis Viskositas Sari Nabati	49
Tabel 10. ANOVA Analisis Viskositas Sari Nabati	50
Tabel 11. <i>Fit Statistic</i> Analisis Viskositas Sari Nabati	51
Tabel 12. Hasil Analisis Kadar Protein Sari Nabati.....	53
Tabel 13. ANOVA Analisis Kadar Protein Sari Nabati.....	54
Tabel 14. <i>Fit Statistic</i> Analisis Protein Sari Nabati.....	55
Tabel 15. Hasil Analisis Kadar Lemak Sari Nabati	57
Tabel 16. ANOVA Analisis Kadar Lemak Sari Nabati	58
Tabel 17. <i>Fit Statistic</i> Analisis Lemak Sari Nabati	59
Tabel 18. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna.....	61
Tabel 19. ANOVA Analisis Organoleptik Atribut Warna.....	62
Tabel 20. <i>Fit Statistic</i> Analisis Organoleptik (Warna) Sari Nabati.....	63
Tabel 21. Hasil Analisis Atribut Aroma	65
Tabel 22. ANOVA Hasil Analisis Atribut Aroma	66
Tabel 23. <i>Fit Statistic</i> Analisis Organoleptik (Aroma) Sari Nabati	67
Tabel 24. Hasil Analisis Atribut Rasa Sari Nabati.....	69
Tabel 25. ANOVA Hasil Analisis Atribut Rasa Sari Nabati	70
Tabel 26. <i>Fit Statistic</i> Analisis Organoleptik (Rasa) Sari Nabati.....	71
Tabel 27. Penetapan <i>Goal</i> Dan <i>Importance</i> Sari Nabati	73
Tabel 28. Rekomendasi Formulasi Optimal Produk	75
Tabel 29. Hasil Point Prediction pada Produk Sari Nabati	76

Tabel 30. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk	79
Tabel 31. Kebutuhan Bahan Baku Analisis Kimia	92
Tabel 32. Kebutuhan Bahan Baku Analisis Organoleptik	92
Tabel 33. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian Utama.....	92
Tabel 34. Rincian Biaya dan Analisis Penelitian	93
Tabel 35. Formulasi Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi	94
Tabel 36. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Protein.....	96
Tabel 37. Hasil Analisis Respon Kimia Analisis Kadar Lemak	97
Tabel 38. Acuan Luff Schoorl (Mg Glukosa)	98
Tabel 39. Hasil Verifikasi Analisis Viskositas	103
Tabel 40. Hasil Verifikasi Analisis Kadar Protein.....	103
Tabel 41. Hasil Verifikasi Analisis Kadar Lemak	103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sorgum (Digitani, 2025)	15
Gambar 2. Almond (PT Prambanan Kencana, 2025)	19
Gambar 3. Sacha Inchi (NutriScan, 2025)	21
Gambar 4. Sari Nabati (Tim Redaksi KlikDokter, 2019)	24
Gambar 5. Tampilan Awal Design Expert metode D-Optimal.....	34
Gambar 6. Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah	35
Gambar 7. Penentuan Jumlah Runs	35
Gambar 8. Penentuan Respon	36
Gambar 9. Rancangan Formula Untuk Pembuatan Sari Nabati.....	37
Gambar 10. Diagram Alir Pembuatan Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi	44
Gambar 11. Diagram Alir Prosedur Optimasi Menggunakan Design Expert D-Optimal	45
Gambar 12. Grafik 3D Surface Respon Viskositas Sari Nabati	52
Gambar 13. Grafik 3D Surface Respon Analisis Kadar Protein Sari Nabati...	56
Gambar 14. Grafik 3D Surface Respon Analisis Kadar Lemak Sari Nabati ...	60
Gambar 15. Grafik 3D Surface Respon Atribut Warna Sari Nabati.....	64
Gambar 16. Grafik 3D Surface Respon Atribut Aroma Sari Nabati	68
Gambar 17. Grafik 3D Surface Respon Atribut Rasa Sari Nabati.....	72
Gambar 18. Grafik Desirability Formulasi Optimal Produk.....	77
Gambar 19. Data Organoleptik Atribut Warna	100
Gambar 20. Data Organoleptik Atribut Aroma.....	101
Gambar 21. Data Organoleptik Atribut Rasa	102
Gambar 22. Hasil Verifikasi Analisis Organoleptik	104
Gambar 23. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model Viskositas	105
Gambar 24. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model Protein	106
Gambar 25. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model lemak	107
Gambar 26. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model warna	108
Gambar 27. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model Aroma.....	109
Gambar 28. Hasil ANOVA, Fit Statistic, dan Koefisien Model Rasa	110

Gambar 29. Penentuan Goals dan Importance Semua Respon	111
Gambar 30. Constraints dan Solusi Formulasi Optimal Hasil Numerical Optimization	112
Gambar 31. Hasil Confirmation pada Formulasi Optimal Terpilih	112
Gambar 32. Hasil Confirmation pada Formulasi Optimal Terpilih	112

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode Formol.....	88
Lampiran 2. Prosedur Analisis Kadar Lemak	88
Lampiran 3. Analisis Viskositas	89
Lampiran 4. Analisis Viskositas	89
Lampiran 5. Formulir Respon Organoleptik Metode Uji Hedonik.....	90
Lampiran 6. Analisis Viskositas	90
Lampiran 7. Analisis Gula Reduksi Metode Luff Schoorl	91
Lampiran 8. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian	91
Lampiran 9. Rincian Biaya Penelitian dan Analisis Utama	93
Lampiran 10. Rancangan Formula untuk Pembuatan Sari Nabati	94
Lampiran 11. Perhitungan Analisis Kadar Protein	95
Lampiran 12. Perhitungan Analisis Kadar Lemak	96
Lampiran 13. Perhitungan Analisis Gula Reduksi	98
Lampiran 14. Data Analisis Organoleptik	100
Lampiran 15. Verifikasi Formula Optimal	103
Lampiran 16. Hasil Analisis Menggunakan <i>Design Expert</i>	105
Lampiran 17. Penentuan Goals dan Importance Respon	111
Lampiran 18. Formulasi Terpilih	112
Lampiran 19. Dokumentasi Pembuatan dan Analisis Produk Sari Nabati	113

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis, dan (1.7) Waktu dan Tempat Penelitian.

1.1 Latar Belakang

Ketahanan pangan nasional Indonesia saat ini menghadapi berbagai tantangan yang memerlukan solusi inovatif dan berkelanjutan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, lebih dari 80% kebutuhan susu Indonesia dipenuhi melalui impor, yang menjadikannya rentan terhadap fluktuasi harga global dan gangguan rantai pasok internasional. Data Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN, 2024) menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi susu masyarakat Indonesia hanya 16,6 kilogram per kapita per tahun, sementara standar *Food and Agriculture Organization* (FAO) berada di kisaran 30 kilogram per kapita. Kebutuhan susu mencapai 4,4 hingga 4,7 juta ton per tahun (data 2022–2024), namun produksi susu segar nasional baru mencapai sekitar 820.874 ton per tahun (BPS, 2025), sehingga menunjukkan bahwa akses masyarakat terhadap sumber protein dari susu masih terbatas dan berpotensi menimbulkan kerentanan ketahanan pangan.

Selain keterbatasan ketersediaan susu, faktor kesehatan juga menjadi pertimbangan penting dalam konsumsi susu masyarakat. Berdasarkan data *National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases* (NIDDK, 2024), sekitar 68% populasi dunia mengalami malabsorpsi laktosa, dengan prevalensi tertinggi

terdapat di kawasan Afrika dan Asia. Pada populasi Indonesia, studi Hegar dan Widodo (2015) menunjukkan bahwa prevalensi malabsorpsi laktosa meningkat seiring usia, dari 21,3% pada anak usia 3–5 tahun, 57,8% pada anak usia 6–11 tahun, hingga 73% pada anak usia 12–14 tahun. Pada populasi lansia Indonesia, Dewiasty et al. (2021) melaporkan prevalensi intoleransi laktosa mencapai 66%. Tingginya prevalensi ini menyebabkan konsumsi susu sapi dapat menimbulkan gangguan pencernaan pada sebagian besar masyarakat. Oleh karena itu, pengembangan alternatif sumber protein berbasis nabati menjadi strategi penting untuk menjaga ketahanan pangan nasional.

Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan yang cukup, aman, bergizi, merata, dan terjangkau bagi masyarakat untuk dapat hidup sehat, aktif, dan produktif (Kemenkeu, 2020). Untuk mewujudkan hal tersebut, Indonesia perlu melakukan diversifikasi pangan dengan memanfaatkan berbagai sumber bahan yang bernilai gizi tinggi melalui pengembangan susu nabati, yaitu produk olahan dari kacang-kacangan atau biji-bijian dengan kandungan protein, lemak sehat, dan mikronutrien yang bermanfaat (Sethi et al., 2016).

Pengembangan susu nabati sebagai alternatif susu sapi menjadi urgensi untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat, sekaligus mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Erna (2019), produk susu nabati yang populer di pasaran masih terbatas pada susu kedelai, susu kacang hijau, dan susu almond. Pertumbuhan pasar susu nabati menunjukkan tren yang sangat positif, dengan penjualan di Indonesia mencapai lebih dari Rp3 triliun pada tahun 2021 dan

terus berkembang dengan CAGR 12,5% di kawasan Asia Pasifik (Euromonitor Internasional, 2022). Tren ini mencerminkan peluang besar untuk mengembangkan produk susu nabati inovatif berbasis bahan lokal sekaligus mendorong diversifikasi pangan nasional. Namun demikian, sebagian besar produk susu nabati yang beredar di pasaran masih memiliki harga yang relatif tinggi, terutama karena ketergantungan pada bahan baku impor. Berdasarkan survei harga di pasar daring Indonesia per Mei 2026, harga susu almond komersial berkisar Rp 30.000–Rp 75.000 per liter, jauh lebih tinggi dibandingkan susu sapi UHT yang berkisar Rp 15.000–Rp 25.000 per liter.

Padahal, Indonesia memiliki potensi sumber daya pangan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam formulasi susu nabati. Salah satu tanaman yang berpotensi besar adalah sorgum (*Sorghum bicolor* L.), yang merupakan tanaman sereal dengan biaya produksi relatif rendah serta mampu tumbuh di berbagai kondisi lahan. Produksi sorgum di Indonesia mencapai sekitar 150.000 ton dengan potensi lahan sebesar 200.000 hektar (Kementerian Pertanian, 2023), namun pemanfaatannya masih terbatas sebagai pakan ternak dan bahan industri non-pangan.

Sorgum memiliki kandungan gizi yang baik, seperti karbohidrat, protein, serat, vitamin B, serta mineral seperti zat besi dan magnesium, serta bersifat bebas gluten sehingga aman bagi konsumen dengan sensitivitas gluten. Menurut Cahyadi dkk. (2023), sorgum mengandung pati sekitar 80,42%, protein 10,11%, lemak 3,60%, serta serat kasar 6,5–7,9%. Selain itu, sorgum juga mengandung senyawa

bioaktif seperti fenolik, flavonoid, dan tanin yang berperan sebagai antioksidan, namun keberadaan tanin sebagai senyawa antinutrisi dapat menurunkan penyerapan nutrisi serta menimbulkan rasa sepat pada produk, sehingga diperlukan pengolahan yang tepat untuk meningkatkan kualitasnya.

Salah satu proses pengolahan yang umum dilakukan adalah perendaman, yang bertujuan untuk melunakkan struktur biji serta membantu mengurangi senyawa antinutrisi. Dalam penelitian ini, proses perendaman dilakukan menggunakan air *nanobubble* O₃ yang memiliki karakteristik mampu meningkatkan penetrasi air dan efisiensi perpindahan massa dibandingkan air konvensional, sehingga diharapkan dapat meningkatkan efektivitas proses perendaman.

Untuk meningkatkan kualitas sensori dan nilai gizi produk, sorgum dapat dikombinasikan dengan bahan lain yang memiliki karakteristik saling melengkapi. Almond (*Prunus dulcis*) dikenal memiliki kandungan vitamin E dan lemak sehat yang tinggi serta mampu memberikan tekstur *creamy* pada produk, meskipun memiliki keterbatasan berupa harga yang tinggi karena ketergantungan impor serta kandungan protein yang relatif rendah.

Selain itu, sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) juga memiliki potensi besar sebagai bahan tambahan dalam formulasi sari nabati. Meskipun tanaman ini baru dibudidayakan di China, Vietnam, Thailand, dan belum lama ini berjalan di Indonesia (Van et al., 2022), kacang sacha inchi memiliki banyak manfaat karena kaya akan lemak yang dapat mendukung kecerdasan. Secara morfologi, buah sacha

inchi berbentuk bintang yang menyimpan 4–5 butir biji, berwarna hijau ketika masih muda dan berubah menjadi coklat kehitaman ketika sudah tua. Kacang ini mengandung asam lemak tak jenuh dengan kadar omega-3 mencapai 47–51% dan omega-6 mencapai 34–37%, serta protein dan antioksidan yang berpotensi meningkatkan nilai gizi produk (Van et al., 2022). Selain itu, minyak hasil ekstraksi biji sacha inchi juga bermanfaat untuk menjaga kesehatan, seperti menurunkan kolesterol, asam urat, meningkatkan kecerdasan, serta mengurangi risiko penyakit jantung dan stroke. Namun, kandungan lemak yang tinggi pada sacha inchi perlu dikontrol karena dapat mempengaruhi cita rasa dan kestabilan produk jika digunakan dalam jumlah berlebih.

Oleh karena itu, kombinasi sorgum sebagai bahan lokal utama, almond sebagai penambah karakteristik sensori, dan sacha inchi sebagai sumber lemak esensial diharapkan dapat menghasilkan susu nabati dengan komposisi gizi yang lebih seimbang. Meskipun demikian, penelitian mengenai susu nabati umumnya masih terbatas pada penggunaan bahan tunggal atau kombinasi sederhana, serta belum banyak yang mengkaji optimasi formulasi dari beberapa bahan sekaligus. Penentuan formulasi yang tepat menjadi sangat penting karena perbedaan karakteristik masing-masing bahan akan mempengaruhi kualitas akhir produk, baik dari segi nilai gizi, sifat fisik, maupun penerimaan sensori. Apabila inovasi pengolahan dan formulasi ini tidak dilakukan, maka pemanfaatan sorgum akan tetap terbatas dan ketergantungan terhadap bahan impor akan terus berlanjut.

Dalam rangka mengoptimasi formulasi susu nabati berbasis tiga komponen tersebut secara efisien dan sistematis, penelitian ini menggunakan metode *Design Expert* dengan pendekatan *mixture D-Optimal*. Metode *D-Optimal* dipilih karena mampu menangani sistem campuran (*mixture*) dengan keterbatasan jumlah komponen dan *constraint* tertentu, di mana total proporsi seluruh komponen harus selalu sama dengan 100% (Cornell, 2002). Berbeda dengan desain faktorial konvensional, *D-Optimal* tidak memerlukan jumlah titik percobaan yang simetris sehingga lebih fleksibel dan efisien dalam menentukan formulasi optimal dengan jumlah *run* percobaan yang minimal namun tetap memiliki kemampuan prediksi model yang tinggi (Montgomery, 2017). Selain itu, metode ini mampu mengakomodasi variabel berubah (sorgum, almond dan sachinchi) secara bersamaan, serta menghasilkan persamaan model polinomial yang dapat menggambarkan hubungan antara proporsi komponen dengan respon yang diukur, meliputi kadar protein, kadar lemak, serta sifat sensori (warna, aroma, dan rasa). Dengan demikian, metode *D-Optimal* dianggap paling sesuai untuk memperoleh formulasi susu nabati terbaik secara objektif berdasarkan nilai *desirability* tertinggi.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini menjadi sangat penting untuk dilakukan dengan tujuan untuk mengoptimasi formulasi susu nabati berbasis sorgum, almond, dan sachinchi guna memperoleh kombinasi terbaik yang mampu menghasilkan keseimbangan antara kualitas sensori, kandungan gizi, dan biaya produksi. Dengan demikian, produk yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi alternatif susu nabati yang lebih terjangkau, sehat, dan berkelanjutan serta mendukung diversifikasi pangan dan kemandirian pangan nasional di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan dalam penelitian ini adalah belum diketahui pengaruh formulasi kombinasi sorgum, almond, dan sachinchi terhadap viskositas, kadar protein, kadar lemak, serta sifat sensori (warna, aroma, dan rasa) sari nabati, dan belum diketahui formulasi optimum yang dapat menghasilkan sari nabati dengan karakteristik terbaik.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mengembangkan produk sari nabati inovatif berbasis bahan lokal yaitu sorgum yang dikombinasikan dengan almond dan sachinchi sebagai upaya diversifikasi pangan nabati yang sehat, bergizi, dan terjangkau.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi optimum sari nabati berbasis sorgum, almond, dan sachinchi menggunakan metode *Design-Expert D-optimal*, sehingga dihasilkan produk dengan karakteristik kimia dan sifat sensori yang baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Menambah pengetahuan dan keterampilan dalam pengolahan sari nabati berbasis kombinasi bahan, analisis karakteristik kimia dan sensori, serta penerapan metode *Design-Expert D-optimal* dalam pengembangan produk pangan inovatif.

2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pangan melalui optimasi formulasi sari nabati berbasis bahan lokal, serta menjadi referensi bagi penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan sorgum, almond, dan sacha inchi dalam produk pangan.
3. Memberikan alternatif produk sari nabati yang bergizi, bebas laktosa, serta berpotensi memiliki nilai tambah dan kualitas yang baik, serta mendukung upaya diversifikasi pangan dan ketahanan pangan berbasis sumber daya lokal.

1.5 Kerangka Pemikiran

Minuman sari nabati atau susu nabati merupakan minuman yang dihasilkan dari ekstraksi bahan tumbuhan, terutama kacang-kacangan dan sereal, yang kaya akan vitamin, mineral, antioksidan, fosfor, dan isoflavon. Susu nabati juga merupakan minuman alternatif yang tidak mengandung laktosa, salah satunya yang telah dikenal luas adalah susu kedelai (Sitohang et al, 2024).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) merupakan salah satu bahan baku lokal yang potensial dalam formulasi susu nabati. Sorgum mengandung kalori 332 kkal, karbohidrat 73,0 g, protein 11,0 g, lemak 3,3 g, serta mineral penting seperti fosfor 287 mg dan zat besi 4,4 mg per 100 g (Departemen Kesehatan RI, 1992). Namun, sorgum mengandung senyawa antinutrisi berupa tanin yang dapat menghambat penyerapan nutrisi dan menimbulkan rasa sepat pada produk akhir. Perendaman terbukti dapat mengurangi kadar tanin karena sifat tanin yang larut dalam air (Sukanto, 1992 dalam Narsih dkk., 2008). Penelitian Margareta dan Maryani (2021) menunjukkan bahwa perendaman selama 12 jam menghasilkan karakteristik organoleptik terbaik. Proporsi sorgum ditetapkan pada kisaran 49,5–59,5%

mengacu pada Kuru dan Tontul (2020) yang menyatakan bahwa optimasi susu nabati berbasis tiga komponen menggunakan *mixture design* menghasilkan formulasi optimal pada proporsi komponen dominan sebesar 66,3%, serta didukung oleh Muzdalifah et al. (2025) dan Margareta dan Maryani (2021). Batas bawah 49,5% ditetapkan untuk memastikan sorgum tetap menjadi komponen utama sebagai bahan lokal unggulan, sedangkan batas atas dibatasi hingga 59,5% untuk memberikan ruang yang cukup bagi almond dan sachu inchi dalam berkontribusi terhadap nilai gizi dan kualitas sensori produk.

Almond (*Prunus dulcis*) diketahui memiliki kandungan vitamin E tinggi, lemak sehat yang dominan asam oleat (omega-9), serta mampu menghasilkan tekstur *creamy* yang disukai konsumen. Penelitian Damayanti dan Murtini (2018) melaporkan bahwa proporsi almond optimal dalam susu nabati bebas kasein adalah 75%, yang menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 13,71% dan kadar lemak tertinggi 10,90%. Proporsi almond ditetapkan pada kisaran 15–25% berdasarkan acuan Kundu et al. (2018) dan Damayanti dan Murtini (2018). Batas bawah 15% ditetapkan untuk memastikan almond tetap memberikan kontribusi nyata terhadap tekstur *creamy* dan kandungan vitamin E produk, sedangkan batas atas dibatasi hingga 25% untuk menjaga efisiensi biaya produksi mengingat harga almond yang relatif tinggi. Penetapan rentang ini juga mempertimbangkan hasil *trial and error* yang menunjukkan bahwa penggunaan almond di atas 25% menghasilkan rasa yang terlalu dominan dan menutupi karakteristik sorgum sebagai komponen utama.

Sachu inchi (*Plukenetia volubilis*) memiliki potensi besar sebagai bahan tambahan dalam formulasi susu nabati. Biji sachu inchi mengandung protein nabati

berkualitas tinggi hingga 27%, serta kaya akan asam lemak esensial omega-3 (47–51%), omega-6 (34–37%), dan omega-9 yang bermanfaat bagi kesehatan kardiovaskular (Gonzales-Aspajo et al., 2014). Sacha inchi juga mengandung antioksidan alami berupa tokoferol yang melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Chirinos et al., 2013). Kasim et al. (2025) melaporkan bahwa susu nabati berbasis sachu inchi menghasilkan karakteristik fisikokimia dan aktivitas antioksidan yang baik, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku susu nabati fungsional. Proporsi sachu inchi ditetapkan pada kisaran 15–25% berdasarkan acuan Eadmusic et al. (2024). Batas bawah 15% ditetapkan untuk memastikan sachu inchi memberikan kontribusi asam lemak esensial omega-3 dan omega-6 yang signifikan terhadap produk, sedangkan batas atas dibatasi hingga 25% karena kandungan lemak sachu inchi yang sangat tinggi dapat memengaruhi kestabilan emulsi dan cita rasa produk apabila digunakan secara berlebihan. Hal ini juga dikonfirmasi melalui *trial and error* yang menunjukkan bahwa penggunaan sachu inchi di atas 25% menghasilkan rasa langu yang kurang disukai. Dengan demikian, total proporsi ketiga komponen dalam setiap formulasi percobaan adalah 100%, sesuai dengan prinsip *mixture design* yang mensyaratkan jumlah seluruh komponen selalu konstan.

Untuk meningkatkan efektivitas perendaman sorgum, dalam penelitian ini digunakan air *nanobubble* O₃. *Nanobubble* merupakan gelembung gas berukuran kurang dari 200 nm yang memiliki stabilitas tinggi, mampu bertahan dalam air selama sehari-hari, serta memberikan efisiensi transfer massa yang tinggi (Javed et al., 2023). Ukuran partikelnya yang ultra-kecil dan luas permukaan yang besar

memungkinkan penetrasi air ke dalam matriks biji menjadi lebih cepat dan efektif, sehingga proses peluruhan senyawa tanin yang bersifat larut air dapat berlangsung lebih optimal dibandingkan air biasa (Babu dan Amamcharla, 2023). Berdasarkan hal tersebut, perendaman menggunakan air *nanobubble* O₃ selama 12 jam diharapkan mampu mereduksi tanin sorgum secara efisien tanpa merusak komponen gizi penting.

Dalam pembuatan sari nabati, kestabilan emulsi merupakan tantangan utama terutama pada produk yang mengandung lemak tinggi dari almond dan sachinchi, sehingga diperlukan kombinasi *emulsifier* dan *stabilizer* untuk mencegah pemisahan fase selama penyimpanan. Lesitin kedelai berfungsi sebagai *emulsifier* yang menurunkan tegangan antarmuka fase minyak dan air, dengan rentang efektif pada produk minuman nabati berkisar 0,1–0,5% berdasarkan tinjauan formulasi industri (Allan Chemical, 2025). Studi yang lebih khusus melaporkan bahwa stabilisasi emulsi nabati optimal pada konsentrasi lesitin 0,3–1% (Amazing Food Made Easy, 2020), sedangkan Chung et al. (2021) menggunakan lesitin pada konsentrasi 0,5–1,5% untuk model *creamer* berbasis lesitin kedelai. Gum arab berperan sebagai *stabilizer* yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan droplet lemak, dengan konsentrasi efektif 0,1–0,5% pada minuman emulsi (Tan, 2004; Öztürk, 2025).

Berdasarkan acuan tersebut, lesitin kedelai ditetapkan sebesar 0,2% (1 g per 500 mL produk) dan gum arab 0,3% (1,5 g per 500 mL produk) sebagai variabel tetap. Kedua angka berada dalam rentang yang direkomendasikan literatur untuk produk minuman nabati dengan kandungan lemak sedang. Kombinasi total

emulsifier–stabilizer sebesar 0,5% juga telah terbukti menghasilkan kestabilan koloid yang baik pada minuman berbasis kacang-kacangan (Awobusuyi et al., 2019).

Pada tahap ekstraksi, rasio bahan dan air ditetapkan 1:4 (b/v) berdasarkan rentang umum dalam pembuatan sari nabati yaitu 1:3 hingga 1:5 (b/v) (Ariyanto et al., 2015). Rasio 1:4 dipilih karena menghasilkan konsistensi sari menyerupai susu sapi tidak terlalu encer maupun terlalu kental dengan rendemen ekstraksi yang baik. Pasteurisasi dilakukan pada suhu 70–75°C selama 15 menit untuk menginaktivasi mikroba patogen tanpa merusak kandungan gizi secara signifikan (Muhami, 2017). Suhu di bawah 100°C dipilih untuk menjaga stabilitas asam lemak tak jenuh ganda omega-3 dari *sacha inchi* yang mudah teroksidasi pada suhu tinggi (Wang et al., 2018).

Untuk mengoptimasi formulasi sari nabati berbasis tiga komponen utama (sorgum, almond, *sacha inchi*) secara sistematis, penelitian ini menggunakan *Design Expert* dengan pendekatan *mixture D-Optimal*. Metode ini mampu mengidentifikasi formulasi optimal berdasarkan data dan batasan yang ditentukan dengan ketelitian numerik hingga 0,001. Berbeda dengan desain faktorial konvensional, *D-Optimal* tidak memerlukan jumlah titik percobaan yang simetris sehingga lebih fleksibel dan efisien dalam menentukan formulasi optimal dengan jumlah *run* minimal namun tetap memiliki kemampuan prediksi tinggi (Tiaraswara, 2016). Proses optimasi melalui *Design Expert* melibatkan enam tahap, yaitu menentukan tujuan percobaan, memilih komponen, mengidentifikasi batasan

komponen, mengidentifikasi variabel respon, membuat model yang sesuai, dan memilih desain percobaan yang optimal.

1.6 Hipotesis Penelitian

Diduga formulasi kombinasi sorgum, almond, dan sachinchi berpengaruh signifikan terhadap viskositas, kadar protein, kadar lemak, serta sifat sensori (warna, aroma, rasa) sari nabati, dan diduga terdapat formulasi optimum yang dapat ditentukan menggunakan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*.

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung. Waktu Penelitian Bulan Mei hingga selesai.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), (2.2) Almond (*Prunus dulcis*), (2.3) Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), (2.4) Sari Nabati, (2.5) *Design Expert D-Optimal*.

2.1 Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Sorghum bicolor (L.) Moench atau yang dikenal dengan nama sorgum merupakan tanaman serealia yang termasuk ke dalam famili *Gramineae* (*Poaceae*) dan subfamili *Panicoideae*. Tanaman ini berasal dari Afrika dan mulai diperkenalkan di Indonesia sejak tahun 1925. Di berbagai daerah Indonesia, sorgum dikenal dengan nama yang berbeda-beda, seperti *cantel* di Jawa Tengah dan Jawa Timur, *jagung cantrik* di Jawa Barat, serta *batara tojeng* di Sulawesi Selatan (Mudjisihono dan Damardjati, 1987).

Tanaman sorgum seperti yang dikutip USDA (United States Departement of Agriculture) dan berdasarkan data melaui Badan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (BPPTP) dalam Cahyadi dkk (2023), memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Superdivisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Subkelas : *Commelinidae*

Ordo : *Cyperales*
Famili : *Poaceae / Gramineae*
Genus : *Sorghum Moench*
Spesies : *Sorghum bicolor (L.) Moench*



Gambar 1. Sorghum (Digitani, 2025)

Sebagai bahan pangan, sorgum menempati urutan ke-5 di dunia setelah gandum, jagung, padi, dan jelai. Nutrisi sorgum disebut mirip dengan havermut yang banyak terdapat pada oatmeal, sehingga sorgum menjadi salah satu bahan pangan potensial untuk mendukung substitusi terigu dan beras di Indonesia (Cahyadi et al., 2023). Sorgum dapat tumbuh baik di daerah tropis dan subtropis, dari dataran rendah hingga 700 meter di atas permukaan laut, dengan suhu optimum 25–30°C dan kelembapan relatif 20–40%. Tanaman ini tidak terlalu peka terhadap pH tanah, namun pH 5,5–7,5 diperlukan untuk pertumbuhan yang optimal (Zheng et al., 2023).

Sorghum memiliki adaptabilitas tinggi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti ketahanan terhadap kekeringan, suhu tinggi, dan berbagai jenis tanah, sehingga sangat cocok untuk wilayah subtropis dan daerah dengan keterbatasan air (Almodares & Hadi, 2009). Siklus hidup sorgum relatif

singkat, berkisar antara 120–130 hari, dengan biaya implementasi rendah, kebutuhan air minimal, dan perbanyakkan melalui biji. Sorgum termasuk tanaman C4 yang memiliki efisiensi fotosintesis tinggi dan kemampuan menggunakan air secara lebih hemat dibandingkan tanaman C3. Adanya lapisan lilin pada permukaan daun sorgum berfungsi mengurangi penguapan air dari dalam tanaman, sehingga sorgum mampu bertahan dalam kondisi kering (Mudjisihono dan Damardjati, 1987).

Tinggi rata-rata tanaman sorgum berkisar antara 2,6 hingga 4 meter dengan penampilan fisik yang sangat mirip dengan jagung. Varietas sorgum dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tipe berdasarkan kandungan gula dalam batangnya, yaitu sorgum manis (*sweet sorghum*), sorgum bijian (*grain sorghum*), dan sorgum pakan (*forage sorghum*). Sorgum manis memiliki batang berair dengan konsentrasi gula tinggi sehingga sangat sesuai untuk produksi sirup dan gula cair.

Hampir semua bagian tanaman sorgum mulai dari biji, tangkai biji, daun, batang, hingga akar dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Batang sorgum dapat diolah menjadi etanol, gula, atau sirup, sementara bagian tanaman lainnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan industri kertas, papan partikel, hingga pupuk organik (Cahyadi et al., 2023).

Kandungan gizi sorgum tidak kalah dengan sereal lain seperti beras, jagung, dan gandum. Secara nutrisi, sorgum mengandung karbohidrat, protein kafirin, asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), serat, dan pati resisten. Kandungan nutrisi sorgum meliputi protein 4,4–21,1%, lemak 2,1–7,6%, serat kasar 1,0–3,4%,

total karbohidrat 57,0–80,6%, pati 55,6–75,2%, dan total mineral sebagai abu 1,3–3,5%. Sorgum juga kaya akan niasin, thiamin, vitamin B6, zat besi, dan mangan, sehingga mendukung posisinya sebagai pangan alternatif yang bergizi (Cahyadi et al., 2023).

Biji sorgum mengandung pati, gula terlarut (sukrosa, glukosa, fruktosa, maltosa), dan serat. Serat tidak larut air atau serat kasar dalam sorgum sebesar 6,5–7,9% dan serat pangan sebesar 1,1–2,3%, yang lebih tinggi dibandingkan dengan sereal lain (Sumarno dkk., 2013). Perbandingan komposisi kimia sorgum dengan gandum dan jagung dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Komposisi Kimia Sorgum, Gandum, dan Jagung (Per 100 g/bdd)

Komposisi	Sorgum	Gandum	Jagung
Kalori (Kal)	344	344	363
Protein (g)	10,4	11,5	10,0
Lemak (g)	3,4	2,0	4,5
Karbohidrat (g)	71	70	71
Serat (g)	2,0	2,0	2,0
Ca (mg)	2	30	12
Fe (mg)	4,5	3,5	2,5
Thiamin (mg)	0,50	0,40	0,35
Riboflavin (mg)	0,12	0,10	0,13
Niacinamide (mg)	3,5	5,0	2,0

Sumber: Adisty, R. 2006.

Sorgum memiliki berbagai kelebihan sebagai bahan pangan fungsional. Menurut Cahyadi dkk. (2023) Sorgum memiliki potensi sebagai pangan fungsional karena mengandung serat, vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan (Cahyadi et al., 2023).

Selain kandungan gizi makro, sorgum juga mengandung senyawa bioaktif yang berperan penting dalam kesehatan, terutama kelompok polifenol. Senyawa polifenol pada sorgum meliputi tanin, asam fenolik, flavonoid, dan antosianin. Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan. Lapisan butir sorgum mengandung antioksidan penting yang tidak ditemukan di banyak jenis makanan lain, dan dibandingkan dengan gandum dan jagung, antioksidan dalam sorgum lebih efektif mengurangi pertumbuhan berbagai jenis kanker, termasuk kanker kerongkongan (Cahyadi et al., 2023).

Di samping berbagai kelebihanannya, sorgum memiliki keterbatasan utama berupa kandungan senyawa anti-nutrisi, khususnya tanin. Tanin pada sorgum dapat menyebabkan rasa sepat dan pahit, serta menghambat penyerapan protein dan mineral dalam tubuh, sehingga menurunkan nilai gizi produk akhir. Tanin pada sorgum dapat dideteksi melalui rasa sepat maupun pahit pada produk yang dihasilkan. Kadar tanin pada sorgum berkisar antara 0,5–2,5%, bergantung pada varietas dan kondisi pengolahan (Kurniadi dkk., 2013).

Untuk menurunkan kadar tanin, beberapa metode pengolahan dapat diterapkan, di antaranya perendaman, perebusan, fermentasi, dan penyosohan kulit luar biji. Teknologi nanobubble O₃ berpotensi meningkatkan efektivitas proses perendaman melalui peningkatan penetrasi air dan transfer massa, sehingga diharapkan dapat membantu peluruhan tanin yang bersifat larut air. (Sukamto, 1992 dan Narsih dkk., 2008). Dengan pengolahan yang tepat, keterbatasan anti-nutrisi pada sorgum dapat diminimasi sehingga sorgum berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku sari nabati yang bergizi dan terjangkau.

2.2 Almond (*Prunus dulcis*)



Gambar 2. Almond (PT Prambanan Kencana, 2025)

Almond (*Prunus dulcis*) merupakan biji dari tanaman famili Rosaceae yang termasuk dalam genus *Prunus*. Secara botani, almond tergolong buah tipe *drupe*, yaitu buah berdaging dengan biji keras di bagian dalamnya. Tanaman almond berasal dari wilayah Asia Tengah dan Timur Tengah, namun saat ini telah banyak dibudidayakan secara komersial di berbagai negara, terutama di wilayah Mediterania dan Amerika Serikat.

Secara umum, almond terbagi menjadi dua jenis, yaitu almond manis (*sweet almond*) dan almond pahit (*bitter almond*). Almond manis merupakan jenis yang paling banyak dikonsumsi dan digunakan dalam produk pangan, termasuk susu nabati, karena memiliki rasa yang lebih lembut serta aman dikonsumsi.

Almond dikenal memiliki kandungan gizi yang tinggi, yaitu protein sekitar 20–22%, lemak 50–53%, karbohidrat 20–22%, serta serat pangan 10–13%. Lemak pada almond didominasi oleh asam lemak tak jenuh, khususnya asam oleat (omega-9), yang bermanfaat bagi kesehatan. Selain itu, almond juga kaya akan vitamin E

serta mineral seperti magnesium, fosfor, kalsium, dan zat besi. Kandungan gizi almond secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Gizi Almond per 100 g

Komponen Gizi	Jumlah (per 100 g)	Satuan
Protein	20–22	g
Lemak total	50–53	g
Asam oleat (omega-9)	35–37	g
Karbohidrat	20–22	g
Serat pangan	10–13	g
Vitamin E	25	mg
Magnesium	270	mg
Fosfor	481	mg
Kalsium	264	mg
Besi	3,7	mg

Sumber: USDA National Nutrient Database, 2023

Dalam pengolahan susu nabati, almond memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas produk. Dari segi sensori, almond memberikan cita rasa gurih dan sedikit manis yang dapat meningkatkan penerimaan konsumen. Dari segi tekstur, kandungan lemaknya berperan dalam menghasilkan tekstur yang lebih *creamy* dan memperbaiki *mouthfeel*, terutama pada produk berbasis serealialia seperti sorgum yang cenderung lebih encer (Kundu et al., 2018).

Namun demikian, kandungan protein pada susu almond relatif rendah karena sebagian besar protein tertinggal pada ampas selama proses penyaringan, yaitu sekitar 0,5–1,7 g/100 mL (Damayanti dan Murtini, 2018). Oleh karena itu, kombinasi almond dengan bahan lain yang memiliki kandungan protein lebih

tinggi, seperti sorgum, diperlukan untuk menghasilkan susu nabati dengan karakteristik gizi yang lebih seimbang.

2.3 Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)



Gambar 3. Sacha Inchi (NutriScan, 2025)

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), juga dikenal sebagai Inca *peanut*, merupakan tanaman asli wilayah Amazon, khususnya Peru, yang saat ini banyak dibudidayakan di berbagai negara tropis termasuk Vietnam, Thailand, dan Indonesia. Tanaman ini termasuk dalam famili Euphorbiaceae dan dikenal sebagai sumber pangan fungsional karena kandungan gizinya yang tinggi, terutama asam lemak tak jenuh (Gutiérrez et al., 2011; Wang et al., 2018). Tanaman sacha inchi memiliki klasifikasi sebagai berikut: Kingdom Plantae, Subkingdom Tracheobionta, Superdivisi Spermatophyta, Divisio Magnoliophyta, Kelas Magnoliopsida (Dikotil), Subkelas Rosidae, Ordo Malpighiales, Famili Euphorbiaceae, Genus *Plukenetia*, dan Spesies *Plukenetia volubilis* L. Secara morfologi, sacha inchi berupa perdu merambat dengan tinggi mencapai 2–3 meter. Buahnya berbentuk kapsul bersegi 4–7 yang menyerupai bintang ketika matang, dengan biji berwarna cokelat kehitaman berdiameter sekitar 1,5–2 cm (Gambar 3).

Meskipun termasuk tanaman yang relatif baru dibudidayakan secara komersial di Indonesia, sacha inchi memiliki daya adaptasi yang baik di berbagai lahan tropis.

Biji sacha inchi memiliki profil gizi yang sangat unggul. Menurut Gonzales et al. (2018), kandungan nutrisi sacha inchi per 100 gram biji kering meliputi :

Tabel 3. Kandungan Gizi Sacha Inchi (per 100 gram biji kering)

Nutrisi	Jumlah
Energi	483 kkal
Protein	27,0 g
Lemak total	41,4 g
Omega-3 (ALA)	17,9 g
Omega-6 (LA)	13,7 g
Omega-9 (OA)	8,4 g
Karbohidrat	32,0 g
Serat pangan	5,0 g
Kalsium	240 mg
Magnesium	270 mg
Fosfor	410 mg
Kalium	700 mg
Zat besi	4,9 mg
Vitamin A	45 IU
Vitamin E	17 mg

Sumber : Gonzales et al. (2018); Chirinos et al. (2016); USDA Food Data Central (2021).

Kandungan omega-3 yang tinggi menjadikan sacha inchi sebagai salah satu sumber nabati terbaik untuk asam lemak esensial yang berperan penting dalam menjaga kesehatan jantung, fungsi otak, serta memiliki aktivitas antiinflamasi (Gutiérrez et al., 2011). Selain lemak, sacha inchi juga mengandung protein dalam jumlah cukup tinggi, yaitu sekitar 20–30%, dengan profil asam amino yang relatif

lengkap (Sathe et al., 2012), sehingga menjadikannya sebagai sumber protein nabati berkualitas tinggi.

Sacha inchi juga mengandung senyawa bioaktif seperti tokoferol (vitamin E), fitosterol, dan senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan alami (Chirinos et al., 2013). Kandungan vitamin E yang tinggi memberikan manfaat antioksidan yang melindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan, minyak sachu inchi juga digunakan dalam industri kosmetik karena kandungan vitamin E yang tinggi, menunjukkan potensi sachu inchi tidak hanya di bidang pangan tetapi juga dalam produk kesehatan dan kecantikan (Gonzales et al., 2018).

Dalam pengolahan pangan, sachu inchi umumnya dimanfaatkan dalam bentuk minyak, tepung, maupun produk olahan seperti minuman berbasis nabati. Biji sachu inchi memiliki rasa khas yang gurih dengan sedikit aroma kacang yang mirip almond, namun lebih ringan. Setelah diolah menjadi susu nabati, rasanya cenderung mild, *creamy*, dan sedikit *nutty*, sehingga cocok dipadukan dengan pemanis alami atau flavor tambahan seperti vanila dan cokelat.

Kandungan lemak yang tinggi pada sachu inchi berkontribusi terhadap pembentukan tekstur yang lebih *creamy* pada produk, sehingga berpotensi meningkatkan sifat sensori, khususnya pada minuman seperti susu nabati (Wang et al., 2018). Namun demikian, penggunaan sachu inchi perlu dikontrol dalam formulasi karena kadar lemak yang tinggi dapat mempengaruhi kestabilan emulsi serta cita rasa produk apabila digunakan dalam jumlah berlebihan.

Menurut Hamaker et al. (1992), sachu inchi telah lama dimanfaatkan masyarakat lokal di Peru sebagai bahan pangan tradisional maupun obat herbal. Kini, tanaman ini menjadi salah satu komoditas unggulan ekspor dengan potensi besar dalam industri pangan fungsional global.

Meskipun memiliki potensi yang besar, pemanfaatan sachu inchi di Indonesia masih relatif terbatas dibandingkan dengan negara asalnya. Oleh karena itu, pengembangan produk pangan berbasis sachu inchi, khususnya dalam kombinasi dengan bahan lokal seperti sorgum, menjadi peluang yang potensial untuk meningkatkan nilai tambah komoditas serta mendukung diversifikasi pangan berbasis nabati.

2.4 Sari Nabati



Gambar 4. Sari Nabati (KlikDokter, 2019)

Sari nabati merupakan minuman berbasis tanaman yang diperoleh melalui proses ekstraksi bahan nabati seperti biji-bijian, kacang-kacangan, atau sereal lain menggunakan air sebagai pelarut sehingga menghasilkan cairan yang menyerupai susu sapi, serta secara alami tidak mengandung laktosa karena laktosa hanya

diproduksi oleh kelenjar ambing pada hewan, sehingga menjadi alternatif yang sesuai bagi penderita intoleransi laktosa, alergi protein susu, maupun individu yang menjalani pola hidup vegetarian atau vegan (Pratiwi dan Nurhidajah, 2021; Hasanah et al., 2020; Larosta et al., 2019).

Berbagai jenis tanaman telah dikembangkan sebagai bahan baku sari nabati, di antaranya kedelai, almond, oat, kacang mete, beras, kelapa, kacang tanah, kacang hijau, dan sorgum, dimana masing-masing bahan baku memiliki profil gizi dan karakteristik organoleptik yang khas dan berbeda-beda. Meskipun potensinya besar, produk olahan sari nabati belum begitu banyak ditemui di pasaran, dimana jenis yang paling populer dan telah dikenal luas oleh masyarakat masih terbatas pada sari kedelai, sari kacang hijau, dan sari almond (Erna, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis sari nabati memiliki karakteristik unggul yang berbeda sesuai dengan bahan bakunya, yang umumnya berasal dari golongan sereal dan kacang-kacangan.

Perbedaan mutu sensori antara sari nabati dan susu hewani tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu signifikan, khususnya pada aspek warna dan tekstur. Namun, perbedaan yang lebih mencolok terletak pada aspek rasa dan aroma, dimana sari nabati cenderung memiliki cita rasa yang lebih tawar serta aroma khas sesuai bahan dasarnya masing-masing. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang yang besar dalam pengembangan sari nabati, terutama melalui pemanfaatan bahan baku lokal yang belum banyak dikembangkan.

Salah satu bahan baku lokal yang berpotensi untuk dikembangkan adalah sorgum. Sorgum memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, seperti karbohidrat, protein, serta serat pangan, dan juga berpotensi sebagai bahan pangan fungsional. Meskipun demikian, pemanfaatan sorgum sebagai bahan baku sari nabati di Indonesia masih tergolong rendah, sehingga diperlukan inovasi dalam pengolahannya untuk meningkatkan nilai tambah dan penerimaan konsumen.

Dalam pengembangan sari nabati berbasis sorgum, proses pengolahan menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas produk akhir. Proses produksi sari nabati secara umum meliputi beberapa tahapan yang saling berkaitan, yaitu pemilihan bahan baku, pembersihan, perendaman, penggilingan atau penghancuran, penyaringan, homogenisasi, pasteurisasi, dan pengemasan. Tahap perendaman berperan penting dalam melunakkan struktur biji, memudahkan proses penggilingan, serta membantu mereduksi senyawa antinutrisi yang terdapat pada bahan baku.

Selain itu, pasteurisasi merupakan tahap kritis dalam produksi sari nabati yang bertujuan untuk menginaktivasi mikroba patogen melalui proses pemanasan dengan suhu tidak lebih dari 100°C selama waktu tertentu tanpa merusak kandungan gizi secara signifikan (Muhami, 2017). Rasio antara bahan padat dan air dalam proses ekstraksi umumnya berkisar antara 1:3 hingga 1:5 (b/v), dimana setiap tahapan pengolahan dapat memberikan pengaruh terhadap rendemen, kandungan gizi, stabilitas emulsi, serta sifat sensoris produk yang dihasilkan.

Dari sisi kandungan gizi, sari nabati mengandung berbagai komponen penting seperti protein, lemak, karbohidrat, serat pangan, vitamin, dan mineral yang bervariasi tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Sari nabati juga diketahui kaya akan vitamin E, vitamin B, antioksidan, fosfor, serta senyawa bioaktif seperti isoflavon yang bermanfaat bagi kesehatan (Pratita, 2012). Dibandingkan dengan susu hewani, sari nabati memiliki keunggulan berupa kandungan lemak jenuh yang lebih rendah, bebas kolesterol, serta mengandung senyawa fitokimia seperti fitosterol dan polifenol yang berperan dalam menurunkan risiko penyakit degeneratif seperti penyakit jantung koroner, diabetes melitus tipe 2, dan beberapa jenis kanker.

Pemilihan kombinasi bahan baku yang tepat menjadi salah satu strategi penting dalam formulasi sari nabati, terutama untuk meningkatkan kandungan protein serta nilai gizi secara keseluruhan. Perbandingan nilai gizi antara susu sapi dan berbagai jenis sari nabati menunjukkan bahwa masing-masing bahan memiliki keunggulan yang berbeda. Sari kedelai diketahui memiliki kandungan protein yang relatif tinggi, sedangkan sari almond unggul dalam kandungan mineral seperti fosfor serta memiliki karakteristik rendah kalori.

Oleh karena itu, pengembangan formulasi sari nabati berbasis kombinasi sorgum, almond dan sacha inchi menjadi menarik untuk dilakukan. Kombinasi bahan ini diharapkan dapat saling melengkapi, baik dari segi kandungan gizi maupun karakteristik sensori, sehingga menghasilkan produk sari nabati dengan kualitas yang lebih baik, nilai gizi yang lebih seimbang, serta memiliki daya terima yang lebih tinggi di masyarakat.

2.5 *Design Expert D-Optimal*

Design Expert versi 13 merupakan *software* metode statistik yang digunakan untuk membantu melakukan desain eksperimental seperti penentuan formula optimum suatu sediaan. Selain dapat menentukan optimasi, *Design Expert* versi 13 digunakan untuk interpretasi faktor-faktor percobaan. Pada *Design Expert* versi 13 terdapat tiga pilihan (*screening, characterization, optimization*) untuk arah penelitian yang dapat dipilih sesuai dengan desain percobaan yang akan dilakukan (Hidayat *dkk.*,2020).

Optimization membutuhkan banyak *runs* pada setiap faktor dan akan memberikan informasi terbanyak, optimasi dapat digunakan setelah mempersempit daftar faktor yang penting dan kemungkinan optimum pada wilayah yang sedang diuji. Dari beberapa pilihan desain eksperimen terdapat empat metode yang dapat digunakan yaitu faktorial, *respons surface methodology* (RSM), *mixture*, dan *combined*. Proses *Design Mixture D-Optimal* untuk desain campuran yang digunakan untuk menentukan optimasi formulasi dari berbagai macam bahan dan bahan yang digunakan dapat mencapai 24 bahan. Pengguna dapat menentukan bahan dan batasan secara fleksibel sesuai dengan keinginannya. Penggunaan bahan dapat dibatasi dengan batas atas maupun batas bawah dan dapat disesuaikan dengan ketersediaan bahan, kandungan bahan, dan kemampuan bahan sehingga dapat ditentukan variabel berubah dan variabel tetap (Irfan, 2021)

Kelebihan *Design Expert D-Optimal* yaitu dapat memprediksi respon yang disetujui dengan beberapa batasan yang telah dilakukan sebelumnya sehingga jika

salah satu respon yang akan diubah tidak perlu formulasi ulang, tetapi hanya dengan mengubah batasan respon sebelumnya dengan batasan respon baru yang akan dilakukan. Namun *Design Expert D-Optimal* memiliki beberapa kelemahan diantaranya penggunaan *software* ini perlu di *upgrade* setiap jangka waktu tertentu dan pada skala industri.

Program *Design Expert* versi 13 metode *Mixture D-Optimal* memiliki tingkat ketelitian yang tinggi secara numerik hingga mencapai 0,001 dalam menentukan model matematik yang cocok untuk optimasi. Terdapat tiga proses untuk mendapatkan persamaan polinomial, yaitu berdasarkan *sequential model sum of squares [Type I]*, *lack of fit test*, dan *model summary statistics*. Ketiga proses ini dapat dilihat pada kolom *fit summary* (Isnaeni,2007)

Program *Design Expert Metode D-Optimal* menyediakan fitur lengkap seperti ANOVA yang dibutuhkan peneliti. Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf 5% apabila “ $\text{prob}>F$ ” hasil analisis ragam lebih kecil dari taraf signifikansi tersebut. Variabel respon yang memiliki hasil analisis ragam berbeda nyata menunjukkan bahwa variabel uji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon kombinasi tersebut sehingga dapat digunakan sebagai model prediksi. Model yang dianggap paling sesuai ditampilkan di dalam sebuah *contour plot* (grafik dua dimensi) atau grafik tiga dimensi. Selain itu, *Design Expert Metode Mixture D-Optimal* menyediakan *summary* atau rangkuman dari data yang telah didapat lengkap dengan standar deviasi, nilai *minimum*, *maximum*, dan mean sehingga pengguna tidak perlu menghitung lama

dan hasil yang didapat sangat lengkap dan cepat. Dalam penentuan model matematik yang cocok, program ini dapat menentukan rekomendasi berdasarkan nilai R^2 dan F terbaik dari data respon yang telah diukur dan dimasukkan ke rancangan (Nugroho, 2012).

Formula optimal yang terpilih memiliki derajat ketepatan atau *desirability*. *Desirability* memiliki nilai dari 0 hingga 1,0. Semakin mendekati nilai satu maka semakin tinggi nilai ketepatan optimasi. Formulasi yang dibantu menggunakan *Design Expert* lebih menguntungkan karena di dalamnya telah tersedia panduan yang memberikan arahan dan dapat dipilih sesuai tujuan *Design Of Experiments* (DOE) atau desain eksperimental yang akan dilakukan (Hidayat dkk., 2020).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai, (3.1) Bahan dan Alat Penelitian, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, (3.4) Jadwal Penelitian.

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi biji sorgum varietas Bioguma yang diperoleh dari Sein Farm, biji almond (Almonesia) yang diperoleh dari toko daring, kacang sacha inchi yang diperoleh dari Universitas Pasundan, lesitin, gum arab yang diperoleh dari toko Sumber Jaya Kimia, air *nanobubble* yang dihasilkan menggunakan alat *nanobubble generator*.

Bahan yang digunakan untuk analisis kadar protein meliputi larutan NaOH 0,1 N, larutan oksalat jenuh, indikator fenolftalein (PP), formalin 40%, dan akuades, Bahan yang digunakan untuk analisis kadar lemak meliputi dietil eter, HCl pekat, H₂SO₄ pekat, aseton, Na₂SO₄ anhidrat, dan silika gel. Bahan pendukung analisis lainnya meliputi indikator PP (phenolphthalein), alkohol 70%, dan aquadest.

3.1.2 Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk pembuatan sari nabati meliputi, timbangan digital (Joil), *slow juicer (ecohome)*, baskom, gelas ukur, *thermometer*, kompor, panci, spatula, saringan, dan botol.

Alat yang digunakan untuk analisis kimia meliputi neraca analitik ketelitian 0,0001 g, batang pengaduk, gelas kimia (pyrex) 100 mL dan 250 mL, gelas ukur

(50 mL, 100 mL) (pyrex), erlenmeyer (100 mL, 250 mL, 300 mL), labu ukur 100 mL (pyrex), tabung reaksi, buret, klem dan statif, bunsen, pipet berukuran (10 mL, 20 mL) (herma), pipet ukur 25 mL (herma), mikropipet, kondensor, ekstraktor, labu lemak, *water bath*.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yaitu penelitian eksperimental dengan menggunakan metode *Design-Expert D-Optimal* untuk mengoptimalkan formulasi sari nabati berbasis kombinasi sorgum, almond, dan sacha inchi.

3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi uji organoleptik bahan baku utama yaitu sari sorgum, almond, dan sacha inchi untuk memastikan kualitas bahan, perendaman sorgum menggunakan air *nanobubble* O₃ dilakukan selama 12 jam mengacu pada Margareta dan Maryani (2021).

3.2.2 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian pendahuluan. Penelitian utama bertujuan untuk menentukan formulasi optimal variasi rasio sari sorgum, sari almond, dan sari sacha inchi terhadap karakteristik susu nabati yang dihasilkan, meliputi viskositas, kadar protein, kadar lemak, serta sifat sensoris yang mencakup warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan menggunakan metode *D-Optimal*.

3.2.3 Rancangan Percobaan

1. Perencanaan Formula

Tahap ini dilakukan penentuan variabel tetap berupa Lesitin sebesar 0,2% dan Gum Arab 0,3% dengan total variabel tetap 0,5%. Tahap selanjutnya dilakukan dengan menentukan batas atas dan batas bawah yang ditentukan dari bahan baku variabel berubah yaitu Sari Sorgum, Sari Almond, dan Sari Sacha Inchi dengan jumlah total variabel 99,5%. Variabel tetap adalah variabel yang nilainya dibuat sama dalam setiap perlakuan karena dianggap tidak mempengaruhi respon. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya berubah tiap perlakuan dan akan mempengaruhi respon yang dihasilkan.

Tabel 4. Variabel Tetap dan Variabel Berubah dalam Formulasi Sari Nabati

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1.	Lesitin	0,2
2.	Gum Arab	0,3
Total		0,5
Variabel Berubah		99,5
Total Keseluruhan		100

Bahan yang digunakan sebagai variabel berubah yaitu sari sorgum, sari almond, dan sari sachu inchi dengan persentase total 99,5%, dengan batas atas dan batas bawah masing-masing bahan sebagai berikut :

Tabel 5. Penetapan batas atas dan batas bawah dalam pembuatan sari nabati

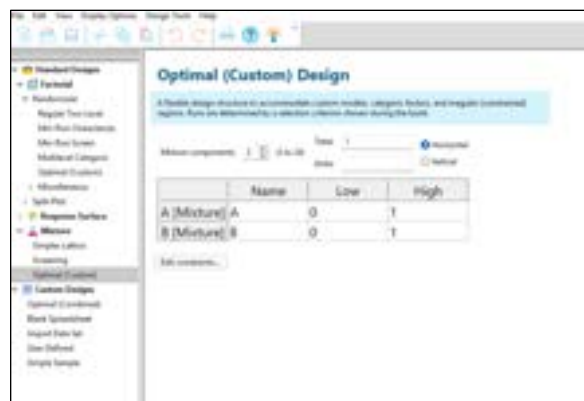
Komponen	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
Sari Sorgum	49,5	59,5
Sari Almond	15	25
Sari Sacha Inchi	15	25

2. Penentuan Formula menggunakan *software Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*

Berikut tahapan awal penggunaan aplikasi *Design Expert* versi 13 metode *Mixture D-Optimal* untuk mendapatkan formulasi percobaan:

- Buka *software Design Expert*, kemudian pilih menu “*New Design*”.

Kemudian pilih menu “*Mixture*” dan kemudian “*Optimal (custom)*”.

Gambar 5. Tampilan Awal *Design Expert* metode *D-Optimal*

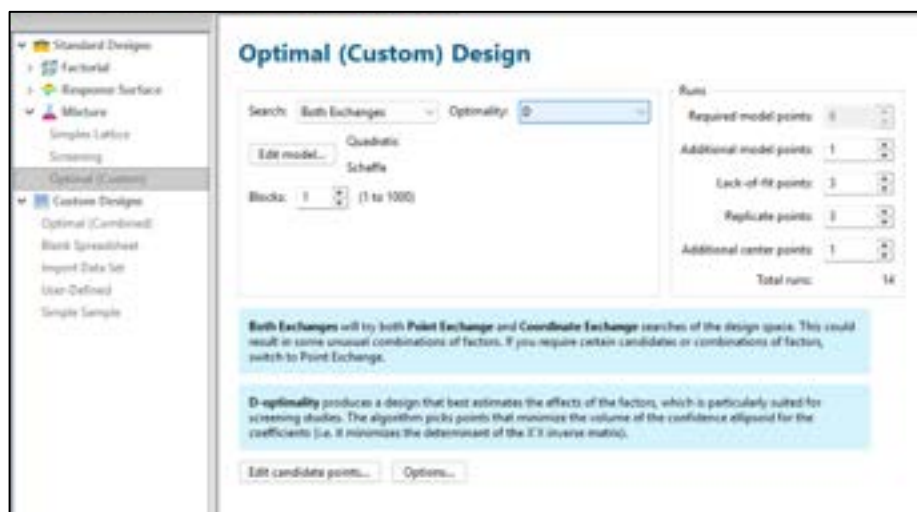
- Ubah nilai pada menu “total” menjadi 99,5 atau sesuai dengan total variabel berubah dengan “*units*” yang digunakan yaitu (%). Kemudian “*mixture components*” menjadi 3, sesuai dengan jumlah komponen variabel berubah.

Kemudian pada kolom yang tersedia diisi dengan nama-nama komponen dengan masing-masing batas atas dan batas bawahnya.



Gambar 6. Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah

- c. Pada “*optimality*” diganti dengan D. Kemudian sesuaikan jumlah *runs*, untuk menentukan jumlah formulasi yang akan dihasilkan.



Gambar 7. Penentuan Jumlah *Runs*

- d. Penentuan selanjutnya yaitu menginput respon yang akan dianalisis sesuai dengan satuan unit yang akan digunakan, respon yang digunakan yaitu kadar Protein, Lemak, warna, aroma, dan rasa.

Optimal (Custom) Design

Responses: 9 (1 to 999) ☒ Horizontal ☐ Vertical

Name	Units
sari sorgum	Numerik
sari almond	Numerik
sari sachin	Numerik
viskositas	%
Protein	%
Lemak	%
Warna	Numerik
Aroma	Numerik
Rasa	Numerik

Gambar 8. Penentuan Respon

- e. Setelah semua tahapan selesai, maka *software Design Expert* 13 akan menampilkan rancangan formulasi, dihasilkan sebanyak 14 Formulasi.

Run	Component 1 Sari Sorgum %	Component 2 Sari Almond %	Component 3 Sari Sacha Inchi %	Response 1 sari sorgum Numerik	Response 2 sari almond Numerik	Response 3 sari sachu inchi Numerik	Response 4 viskositas %	Response 5 Rataan %	Response 6 Jarak %	Response 7 Warna Numerik	Response 8 Asam Numerik	Response 9 Rasa Numerik
1	50.3	25	25									
2	50.3	25	25									
3	50.3	25	25									
4	50.3	25	25									
5	50.3	25	25									
6	10.1667	21.6667	21.6667									
7	40.3	25	25									
8	40.3	25	25									
9	17.5000	18.5000	21.5000									
10	50.3	25	25									
11	17.5000	21.5000	18.5000									
12	10.1667	21.6667	21.6667									
13	50.3	25	25									
14	50.3	25	25									

Gambar 9. Rancangan Formula Untuk Pembuatan Sari Nabati

3. Pembuatan Produk

Tahap ini dilakukan pembuatan produk sari nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi dari rancangan formula yang telah diberikan oleh *Design Expert*, kemudian

produk yang dihasilkan dilakukan pengujian terhadap respon-respon yang telah ditetapkan.

4. Tahap Analisis

Setelah produk terbentuk dilakukan analisis respon fisik yaitu viskositas, respon kimia yaitu kadar protein, lemak, dan respon organoleptik meliputi warna, aroma, dan rasa yang hasilnya kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi *Design Expert*.

5. Tahap Penentuan Formulasi Terpilih

Tahap ini dilakukan untuk menentukan formulasi terpilih dari sari nabati sorgum, almond, dan sachinchi. Setelah penginputan data, *Design Expert* akan menyajikan hasil analisis ragam ANOVA. Variabel-variabel respon ini kemudian digunakan sebagai model prediksi untuk menentukan formulasi terpilih. *Design Expert* 13.0 metode *Mixture D-Optimal* akan mengolah semua variabel respon berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan serta memberi solusi beberapa formula terpilih. Pada proses optimasi, setiap komponen dan respon ditentukan kriteria target yang diinginkan sebagai acuan optimasi yang diatur sesuai pertimbangan yang diinginkan.

Untuk menentukan formula yang optimal, perlu ditetapkan target yang diharapkan pada format terpilih. Kriteria target yang dapat dipilih di antaranya, *in range* (dalam kisaran tertentu), *maximize* (maksimum atau batas atas), dan *minimize* (minimum dan batas bawah). Nilai *importance* dipilih berdasarkan tingkat kepentingan dari bobot setiap variabel berubah dan respon yang diuji dimulai dari (+) hingga (++++). Semakin tinggi bobot *importance*, maka semakin penting tingkat pembobotannya. Nilai target optimasi yang dicapai dinyatakan dengan

“*Desirability*” di mana nilai antara 0 dan 1. Semakin mendekati 1, maka semakin mudah formula tersebut dalam mencapai titik formula terpilih berdasarkan variabel responnya. Optimalisasi dilakukan untuk mencapai nilai “*Desirability*” yang maksimum. Meskipun demikian, tujuan utama optimasi bukan untuk mencari nilai “*Desirability*” sebesar 1, tetapi untuk mencari kombinasi yang tepat dari berbagai komposisi bahan.

Tabel 6. Penentuan Goals pada Respon

Komponen	Importance	Fungsi Tujuan
Sari Sorgum	(5)+++++	<i>In range</i>
Sari Almond	(5)+++++	<i>In range</i>
Sari Sacha inchi	(4)+++++	<i>In range</i>
Viskositas	(4)++++	<i>Maximize</i>
Protein	(5)+++++	<i>Maximize</i>
Lemak	(5)+++++	<i>Maximize</i>
Warna	(4)++++	<i>In range</i>
Rasa	(4)++++	<i>Maximize</i>
Aroma	(4)++++	<i>Maximize</i>

6. Tahap Verifikasi

Tahap ini bertujuan untuk melakukan pembuktian terhadap prediksi dari nilai respon solusi formal terpilih yang disarankan oleh *Design Expert*. Pada tahap ini, formula terpilih dilakukan pengujian terhadap respon fisik, kimia, dan organoleptik yang telah ditentukan kemudian nilai dari hasil analisis dibandingkan dengan prediksi respon yang dihasilkan oleh program *Design Expert*.

Design Expert akan memberikan nilai *Confident Interval* (CI) dan *Prediction Interval* (PI) untuk nilai prediksi respon pada taraf signifikan 95%. Nilai *Confident*

Interval (CI) ini adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi rata-rata hasil pengukuran berikutnya pada taraf signifikan tertentu, dalam hal ini 95%. *Prediction Interval* (PI) adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama pada taraf signifikan tertentu, dalam hal ini 5%.

3.2.4 Rancangan Analisis

Suatu variabel respon dinyatakan berbeda signifikan pada taraf signifikan 5% jika nilai “*Prob<F*” hasil analisis lebih kecil atau sama dengan 0,05. Suatu variabel dinyatakan tidak berbeda signifikan pada taraf signifikan 5% jika nilai “*Prob>F*” hasil analisis lebih besar dari 0,05. Kemudian nilai *lack of fit* harus tidak signifikan atau lebih besar atau sama dengan 0,05. Selisih antara *adjusted R-squares* dan *Predicted R-square* harus bernilai $<0,2$. *Adequate precision* harus menunjukkan nilai >4 dan nilai VIF harus <10 .

3.2.5 Rancangan Respon

Rancangan respon yang akan digunakan pada penelitian meliputi respon fisik, kimia, dan organoleptik.

1. Respon Fisik

Respon fisik yang dilakukan pada sari nabati yaitu uji viskositas, pada penelitian ini dilakukan menggunakan viskometer *Brookfield*, yang bekerja berdasarkan prinsip pengukuran hambatan putaran *spindle* ketika bergerak di dalam sampel. Semakin besar hambatan yang diterima *spindle*, semakin tinggi nilai viskositas sampel. Parameter viskositas penting dalam pengembangan minuman nabati karena berpengaruh terhadap kestabilan

emulsi, kemampuan suspensi partikel, serta memberikan karakteristik tekstur yang diharapkan oleh konsumen.

2. Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan pada sari nabati meliputi uji kadar protein, dan uji kadar lemak untuk menetapkan formulasi terpilih. Kemudian pada formulasi terpilih dilakukan pengujian kadar gula reduksi.

3. Respon Organoleptik

Respon organoleptik dilakukan menggunakan uji hedonik yang meliputi parameter warna, aroma, dan rasa dengan melibatkan minimal 30 orang panelis tidak terlatih. Pengujian dilakukan secara acak menggunakan sampel sari nabati sorgum, almond, dan sacha inchi yang telah diberi kode angka acak. Panelis diminta untuk memberikan penilaian tingkat kesukaan terhadap sampel yang disajikan. Kriteria penilaian organoleptik disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skala Hedonik

Skala Hedonik	Skala Numerik
Sangat suka	6
Suka	5
Agak suka	4
Agak tidak suka	3
Tidak suka	2
Sangat tidak suka	1

Sumber : Soekarto, 1985

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi

1. Pencampuran sari

Sari sorgum, sari almond, dan sari sacha inchi dicampurkan sesuai rasio perlakuan yang telah ditentukan oleh *Design Expert*, sehingga total volume campuran sari setiap perlakuan adalah 500 mL.

2. Penambahan bahan penunjang

Sari nabati 500 mL ditambahkan, lesitin 0,2% dan gum arab 0,3%, kemudian diaduk hingga semua bahan terlarut merata.

3. Homogenisasi

Campuran dihomogenisasi selama 1 menit dengan kecepatan sedang untuk menghasilkan emulsi yang stabil dan homogen.

4. Pasteurisasi

Campuran dipasteurisasi pada suhu 70–75°C selama 15 menit sambil diaduk secara perlahan untuk menginaktivasi mikroba patogen tanpa merusak kandungan gizi produk secara signifikan (Muhami, 2017).

5. Pendinginan

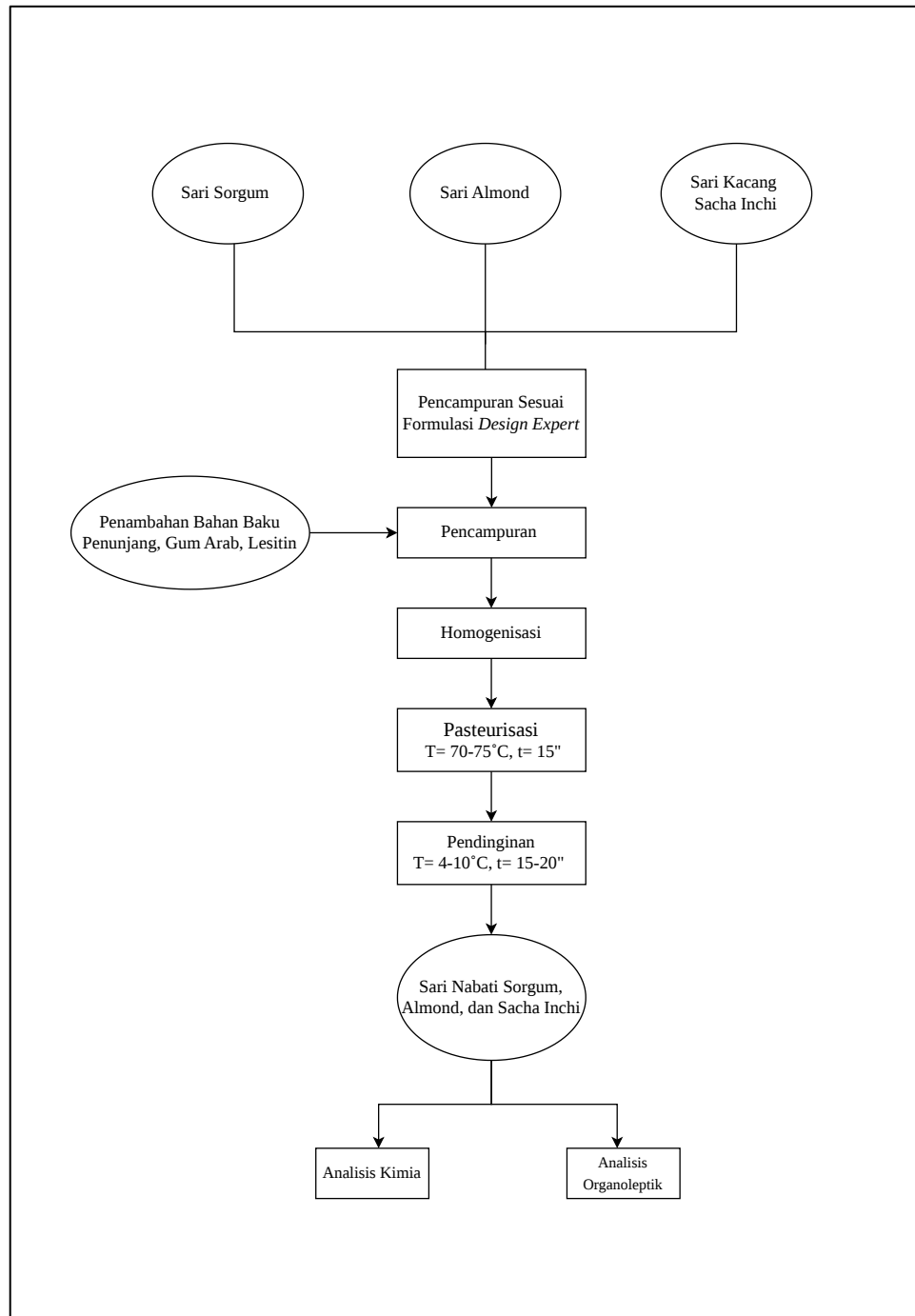
Produk sari nabati yang telah dipasteurisasi didinginkan hingga mencapai suhu ruang (25–27°C).

6. Pengemasan

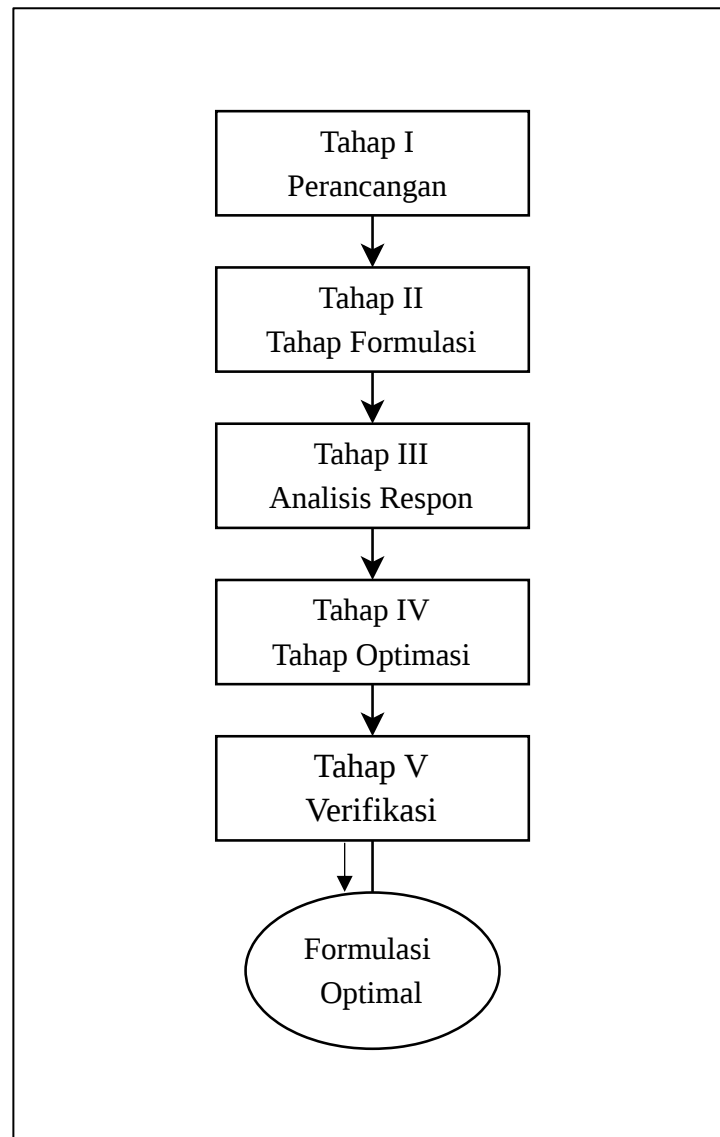
Produk dikemas dan dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu untuk uji organoleptik (disajikan kepada 30 panelis masing-masing 5 mL), untuk analisis kadar protein, untuk analisis kadar lemak, dan sebagai cadangan

dengan wadah ukuran 500 mL sebanyak 14 buah. Sampel disimpan pada suhu refrigerasi (4–8°C) hingga dilakukan analisis.

3.3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 10. Diagram Alir Pembuatan Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi



Gambar 11. Diagram Alir Prosedur Optimasi Menggunakan *Design Expert D-Optimal*

3.4 Jadwal Penelitian

No.	Rencana Kegiatan	Bulan					
		Maret 2026	April 2026	Mei 2026	Juni 2026	Juli 2026	Agustus 2026
1.	Diskusi Mengenai Topik dan Judul Penelitian						
2.	Penyusunan Proposal Usulan Penelitian						
3.	Pengajuan Proposal Usulan Penelitian						
4.	Seminar Usulan Penelitian						
5.	Pelaksanaan Penelitian						
6.	Pengolahan Data						
7.	Penyusunan Laporan Tugas Akhir						
8.	Bimbingan Laporan Tugas Akhir						
9.	Sidang Tugas Akhir						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai, (4.1) Penelitian Pendahuluan (4.2) Penelitian Utama, (4.3) Formulasi Optimal (4.4) Verifikasi Formulasi Optimal

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan meliputi uji organoleptik bahan baku utama dan perendaman sorgum menggunakan air *nanobubble* O₃ selama 12 jam.

4.1.1 Uji Organoleptik Bahan Baku

Uji organoleptik dilakukan terhadap sorgum, almond, dan sachinchi. Hasil pengamatan menunjukkan seluruh bahan baku memiliki warna, aroma, dan tekstur yang normal tanpa kerusakan fisik maupun aroma tengik, sehingga layak digunakan dalam penelitian utama.

4.1.2 Perendaman dengan air *nanobubble* O₃

Perendaman menggunakan air *nanobubble* O₃ menyebabkan biji sorgum mengalami hidrasi dan pelunakan yang lebih baik dibandingkan air biasa, serta menghasilkan aroma yang lebih netral dengan intensitas aroma langu yang lebih rendah, sehingga perendaman 12 jam dengan air *nanobubble* O₃ dipilih sebagai perlakuan pada penelitian utama.

4.2 Penelitian Utama

Pada penelitian ini digunakan rancangan *Mixture D-Optimal* untuk memperoleh formulasi optimal sari nabati berbahan sari sorgum, almond, dan sachinchi. Ketiga komponen tersebut merupakan variabel berubah, sedangkan lesitin

(0,2%) dan gum arab (0,3%) ditetapkan konstan. Respon yang diamati meliputi viskositas, kadar protein, kadar lemak, warna, aroma, dan rasa. Berdasarkan rancangan *Mixture D-Optimal* menggunakan *Design Expert*, diperoleh 14 formulasi dengan proporsi sari sorgum 49,5–59,5%, sari almond 15–25%, dan sari sacha inchi 15–25%. Formulasi yang dihasilkan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Formulasi Sari Nabati Rekomendasi *Design Expert*

Formulasi (%)	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Lesitin (%)	Gum Arab(%)	Total (%)
1	54,5	25	20	0,2	0,3	100
2	59,5	20	20	0,2	0,3	100
3	54,5	25	20	0,2	0,3	100
4	59,5	25	15	0,2	0,3	100
5	59,5	25	15	0,2	0,3	100
6	56,1667	21,6667	21,6667	0,2	0,3	100
7	49,5	25	25	0,2	0,3	100
8	49,5	25	25	0,2	0,3	100
9	57,8333	18,3333	23,3333	0,2	0,3	100
10	54,5	20	25	0,2	0,3	100
11	57,8333	23,3333	18,3333	0,2	0,3	100
12	52,8333	23,3333	23,3333	0,2	0,3	100
13	59,5	15	25	0,2	0,3	100
14	59,5	15	25	0,2	0,3	100

4.2.1 Analisis Respon Fisik

Hasil analisis viskositas pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Analisis Viskositas Sari Nabati

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Viskositas cP
1	54,5	25	20	3,80
2	59,5	20	20	3,62
3	54,5	25	20	3,78
4	59,5	25	15	3,60
5	59,5	25	15	3,66
6	56,1667	21,6667	21,6667	3,66
7	49,5	25	25	3,75
8	49,5	25	25	3,72
9	57,8333	18,3333	23,3333	3,54
10	54,5	20	25	3,66
11	57,8333	23,3333	18,3333	3,54
12	52,8333	23,3333	23,3333	3,72
13	59,5	15	25	3,60
14	59,5	15	25	3,55

Berdasarkan Tabel 9, nilai viskositas berada pada kisaran 3,54–3,80 cP dengan rata-rata 3,66 cP. Kecenderungan data menunjukkan semakin tinggi komposisi sari almond, semakin tinggi pula viskositas yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena protein almond memiliki kemampuan *water holding capacity* yang cukup tinggi sehingga mengurangi air bebas dalam sistem, ditambah lemak almond yang teremulsi oleh lesitin dan gum arab membentuk sistem dispersi yang lebih stabil sehingga hambatan aliran fluida meningkat (McClements, 2020; Tan, 2004). Sementara itu, sari sorgum sebenarnya berpotensi meningkatkan viskositas melalui pati yang tergelatinisasi, menyerap air, dan mengembang saat pemanasan (Wulandari et al., 2019), namun diduga memberi kontribusi lebih kecil pada penelitian ini karena sebagian granula pati tertahan bersama ampas saat penyaringan dan tidak seluruhnya berpindah ke dalam sari, tergantung kondisi

ekstraksi dan metode penyaringan yang digunakan (Ariyanto et al., 2015). Adapun sachu inchi, meskipun memiliki kandungan minyak tinggi (45–54%), tidak selalu meningkatkan viskositas secara langsung, karena peningkatan jumlah minyak tanpa penyesuaian jumlah pengemulsi dapat menghasilkan droplet yang lebih besar dan tersebar kurang merata. Hal ini relevan karena lesitin (0,2%) dan gum arab (0,3%) ditetapkan tetap pada seluruh formulasi, sehingga kemampuan pengemulsi membentuk droplet halus menjadi terbatas saat proporsi sachu inchi meningkat (Öztürk, 2025). Dengan demikian, interaksi antara protein, lemak, dan kemampuan pengemulsi dari ketiga bahan menjadi faktor utama yang menentukan viskositas akhir produk, dibandingkan proporsi pati sorgum saja. Untuk mengetahui apakah perbedaan viskositas antar formulasi nyata secara statistik, dilakukan analisis ragam (ANOVA) yang hasilnya disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. ANOVA Analisis Viskositas Sari Nabati

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,0609	2	0,0305	8,84	0,0051	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,0609	2	0,0305	8,84	0,0051	
Residual	0,0379	11	0,0034			
Lack of Fit	0,0342	7	0,0049	5,29	0,0634	not significant
Pure Error	0,0037	4	0,0009			
Cor Total	0,0989	13				

Model *Linear Mixture* signifikan ($F = 8,84$; $p = 0,0051 < 0,05$), menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan berpengaruh terhadap viskositas. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan ($p = 0,0634 > 0,05$), yang berarti model linear

sudah cukup tepat digunakan untuk menggambarkan hubungan antara proporsi bahan dan viskositas, sehingga tidak perlu model yang lebih rumit (Montgomery, 2017).

Tabel 11. *Fit Statistic Analisis Viskositas Sari Nabati*

	Std Dev	0,0587		R²	0,6163
	Mean	3,66		Adjusted R²	0,5466
	C.V. %	1,61		Predicted R²	0,4291
				Adeq Precision	7,9163

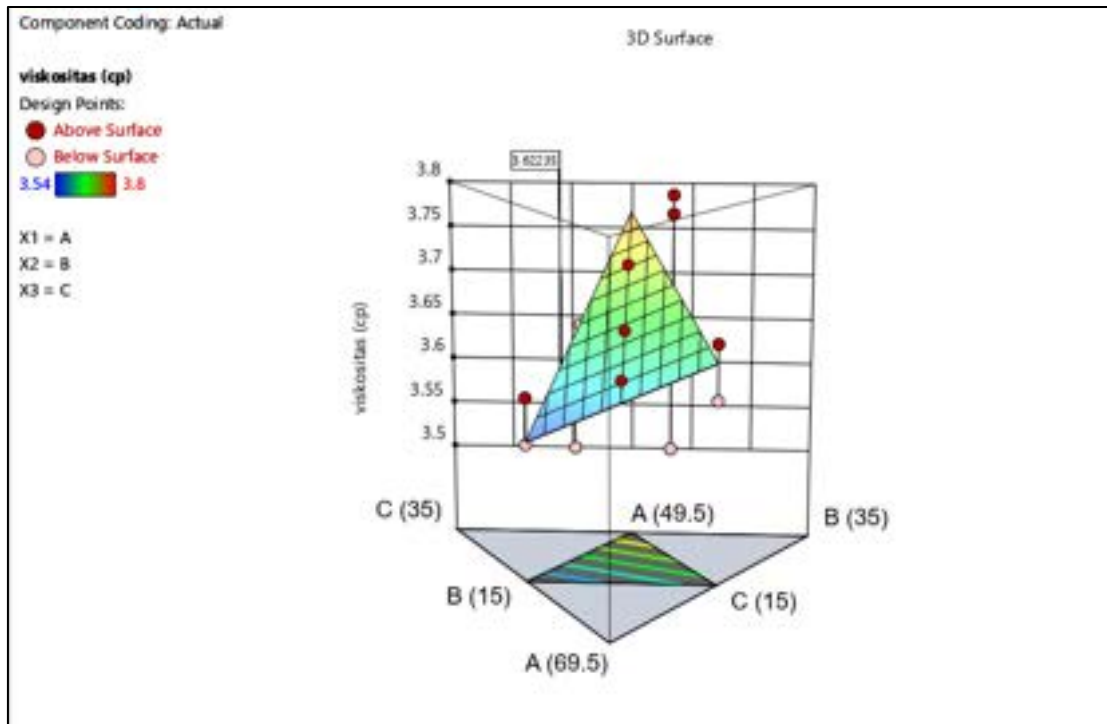
Pada Tabel 11, R² sebesar 0,6163 menunjukkan model mampu menjelaskan 61,63% keragaman viskositas, selisih *Adjusted R²* dan *Predicted R²* yang kecil ($0,1175 < 0,2$) menandakan model tidak *overfitting*, dan *Adeq Precision* sebesar 7,9163 (> 4) menunjukkan model layak digunakan untuk optimasi (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Viskositas} = 3,42A + 3,86B + 3,68C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sacha inchi)

Koefisien terbesar dimiliki sari almond (3,86), diikuti sacha inchi (3,68) dan sorgum (3,42). Menurut Cornell (2002), koefisien pada model *Linear Mixture* merepresentasikan nilai prediksi apabila komponen digunakan secara tunggal, sehingga lebih tepat dibaca sebagai peringkat kontribusi antar komponen.



Gambar 12. Grafik 3D Surface Respon Viskositas Sari Nabati

Gambar 12 menunjukkan permukaan respon yang relatif datar sesuai model linear, meningkat ke arah sari almond dan menurun ke arah sari sorgum, sehingga viskositas tertinggi diprediksi pada proporsi almond maksimum (Cornell, 2002). Berdasarkan seluruh hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan grafik permukaan respon, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh nyata terhadap viskositas dengan sari almond sebagai komponen paling dominan, dan model yang dihasilkan signifikan, tidak mengalami *Lack of Fit*, serta memenuhi kriteria kelayakan sehingga layak digunakan dalam optimasi formulasi.

4.2.2 Analisis Respon Kimia

4.2.2.1 Analisis Kadar Protein

Hasil analisis kadar protein pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Analisis Kadar Protein Sari Nabati

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Kadar Protein (%)
1	54,5	25	20	3,67
2	59,5	20	20	3,55
3	54,5	25	20	3,78
4	59,5	25	15	3,40
5	59,5	25	15	3,42
6	56,1667	21,6667	21,6667	3,63
7	49,5	25	25	3,66
8	49,5	25	25	3,84
9	57,8333	18,3333	23,3333	3,65
10	54,5	20	25	3,84
11	57,8333	23,3333	18,3333	3,84
12	52,8333	23,3333	23,3333	3,72
13	59,5	15	25	3,63
14	59,5	15	25	3,82

Berdasarkan Tabel 12, nilai kadar protein berada pada kisaran 3,40–3,84 % dengan rata-rata 3,68 %. Kecenderungan data menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi sari sachu inchi, semakin tinggi pula kadar protein yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena sachu inchi mengandung protein sekitar 27–33% dengan profil asam amino esensial yang lengkap (Gutiérrez et al., 2011; Wang et al., 2018; Gonzales et al., 2018), dan proteinnya didominasi fraksi yang larut dalam air dan larutan garam sehingga lebih mudah terekstrak dan berpindah ke dalam sari selama proses perendaman dan penggilingan (Sathe et al., 2012), sementara almond turut menyumbang protein yang cukup tinggi dan sorgum memiliki kandungan protein paling rendah di antara ketiganya (Zheng et al., 2023). Ketidakkonsistenan pola

pada beberapa formulasi diduga dipengaruhi oleh proses pengolahan, karena tahapan perendaman, penggilingan, penyaringan, dan pemanasan dapat menyebabkan sebagian protein tertahan pada ampas atau mengalami perubahan struktur, sehingga kadar protein yang terukur tidak selalu sebanding dengan kandungan awal bahan baku (Winarno, 2008; Ariyanto et al., 2015), sebagaimana terlihat pada formulasi dengan komposisi identik yang tetap menghasilkan kadar protein berbeda, seperti formulasi 7 dan 8 (3,66% dan 3,84%) serta formulasi 13 dan 14 (3,63% dan 3,82%). Untuk mengetahui pengaruh formulasi terhadap kadar protein, dilakukan analisis ragam (ANOVA) pada Tabel 13.

Tabel 13. ANOVA Analisis Kadar Protein Sari Nabati

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,1256	2	0,0628	4,57	0,0360	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,1256	2	0,0628	4,57	0,0360	
Residual	0,1513	11	0,0138			
Lack of Fit	0,1108	7	0,0158	1,56	0,3490	not significant
Pure Error	0,0405	4	0,0101			
Cor Total	0,2769	13				

Hasil ANOVA pada Tabel 13 menunjukkan model *Linear Mixture* signifikan dengan nilai $F = 4,57$ dan $p = 0,0360$ ($p < 0,05$), yang berarti variasi proporsi ketiga komponen memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein. Nilai *Lack of Fit* sebesar 1,56 dengan $p = 0,3490$ ($p > 0,05$) menunjukkan model sudah sesuai dan tidak ada pola yang terlewat (Montgomery, 2017).

Tabel 14. *Fit Statistic* Analisis Protein Sari Nabati

	Std Dev	0,1173		R²	0,4537
	Mean	3,68		Adjusted R²	0,3543
	C.V. %	3,19		Predicted R²	0,0887
				Adeq Precision	5,6362

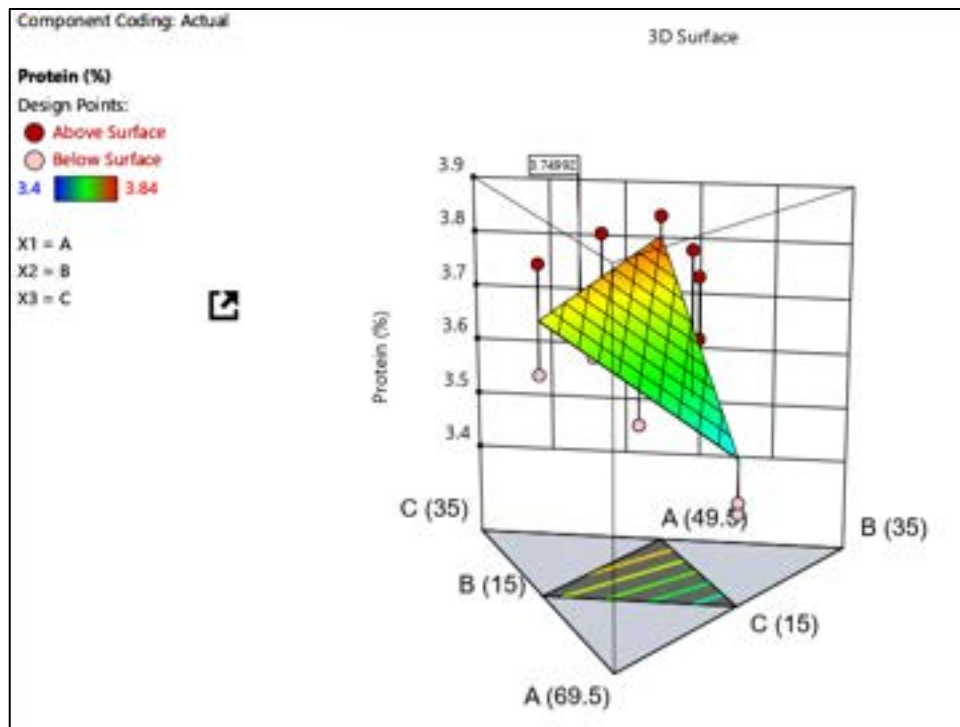
Berdasarkan *Fit Statistic* pada Tabel 14, R² sebesar 0,4537 menunjukkan model mampu menjelaskan 45,37% keragaman kadar protein, namun selisih *Adjusted R²* dan *Predicted R²* sebesar 0,2656 (> 0,2) menandakan kemampuan prediksi model masih relatif rendah. Meski demikian, *Adeq Precision* sebesar 5,6362 (> 4) menunjukkan model masih layak digunakan sebagai pertimbangan dalam optimasi (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Protein} = 3,42A + 3,58B + 4,03C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sachu inchi)

Koefisien terbesar dimiliki sachu inchi (4,03), diikuti almond (3,58) dan sorgum (3,42), menunjukkan bahwa peningkatan proporsi sachu inchi memberikan kontribusi terbesar terhadap kadar protein, sejalan dengan kandungan proteinnya yang tinggi dan mudah terekstrak (Gutiérrez et al., 2011; Sathe et al., 2012).



Gambar 13. Grafik 3D *Surface Respon* Analisis Kadar Protein Sari Nabati

Gambar 13 menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar protein ke arah sachinchi, namun kemiringan permukaan yang landai menunjukkan perubahan proporsi bahan hanya memberikan perubahan kadar protein yang relatif kecil, sejalan dengan nilai R^2 model yang masih tergolong rendah. Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh nyata terhadap kadar protein dengan sachinchi sebagai komponen paling dominan. Model signifikan dan tidak mengalami *Lack of Fit*, namun karena kemampuan prediksinya masih rendah, hasil prediksi model perlu diverifikasi melalui pengujian ulang pada formulasi optimal.

4.2.2.2 Analisis Kadar Lemak

Hasil analisis kadar lemak pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil Analisis Kadar Lemak Sari Nabati

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Kadar Lemak (%)
1	54,5	25	20	2,75
2	59,5	20	20	2,68
3	54,5	25	20	2,69
4	59,5	25	15	2,78
5	59,5	25	15	2,64
6	56,1667	21,6667	21,6667	2,77
7	49,5	25	25	2,85
8	49,5	25	25	3,31
9	57,8333	18,3333	23,3333	3,07
10	54,5	20	25	3,37
11	57,8333	23,3333	18,3333	2,77
12	52,8333	23,3333	23,3333	3,10
13	59,5	15	25	3,02
14	59,5	15	25	3,03

Berdasarkan tabel 15, nilai kadar lemak berada pada kisaran 2,64–3,37 % dengan rata-rata 2,92 %. Kecenderungan data menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi sari sachu inchi, semakin tinggi pula kadar lemak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh kandungan minyak sachu inchi yang tinggi, yaitu sekitar 45–54%, dan didominasi oleh asam lemak tak jenuh seperti α -linolenat (omega-3), linoleat (omega-6), dan oleat (Gutiérrez et al., 2011; Wang et al., 2018; Gonzales et al., 2018). Sari almond turut memberikan kontribusi lemak yang cukup tinggi karena proteinnya membantu pembentukan emulsi sehingga globula minyak lebih mudah terdispersi ke dalam fase cair (Tan, 2004), sedangkan sorgum memiliki kandungan

lemak yang relatif rendah sehingga kontribusinya lebih kecil dibandingkan kedua bahan lainnya (Zheng et al., 2023; Cahyadi et al., 2023). Selain komposisi bahan baku, efisiensi ekstraksi selama pengolahan turut memengaruhi kadar lemak akhir, karena selama penggilingan, penyaringan, dan homogenisasi, sebagian fraksi minyak dapat tertahan pada ampas atau belum teremulsikan secara sempurna (Ariyanto et al., 2015; Tan, 2004). Untuk mengetahui pengaruh formulasi terhadap kadar lemak, dilakukan analisis ragam (ANOVA) pada Tabel 16.

Tabel 16. ANOVA Analisis Kadar Lemak Sari Nabati

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,3965	2	0,1982	6,77	0,0121	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,3965	2	0,1982	6,77	0,0121	
Residual	0,3223	11	0,0293			
Lack of Fit	0,2048	7	0,0293	0,9965	0,5343	not significant
Pure Error	0,1174	4	0,0294			
Cor Total	0,7187	13				

Hasil ANOVA pada Tabel 16 menunjukkan model *Linear Mixture* signifikan dengan nilai $F = 6,77$ dan $p = 0,0121$ ($p < 0,05$), yang berarti variasi proporsi ketiga komponen memberikan pengaruh nyata terhadap kadar lemak. Nilai *Lack of Fit* sebesar 0,9965 dengan $p = 0,5343$ ($p > 0,05$) menunjukkan model sudah sesuai.

Tabel 17. *Fit Statistic* Analisis Lemak Sari Nabati

	Std Dev	0,1712		R²	0,5516
	Mean	2,92		Adjusted R²	0,4701
	C.V. %	5,87		Predicted R²	0,2306
				Adeq Precision	6,3105

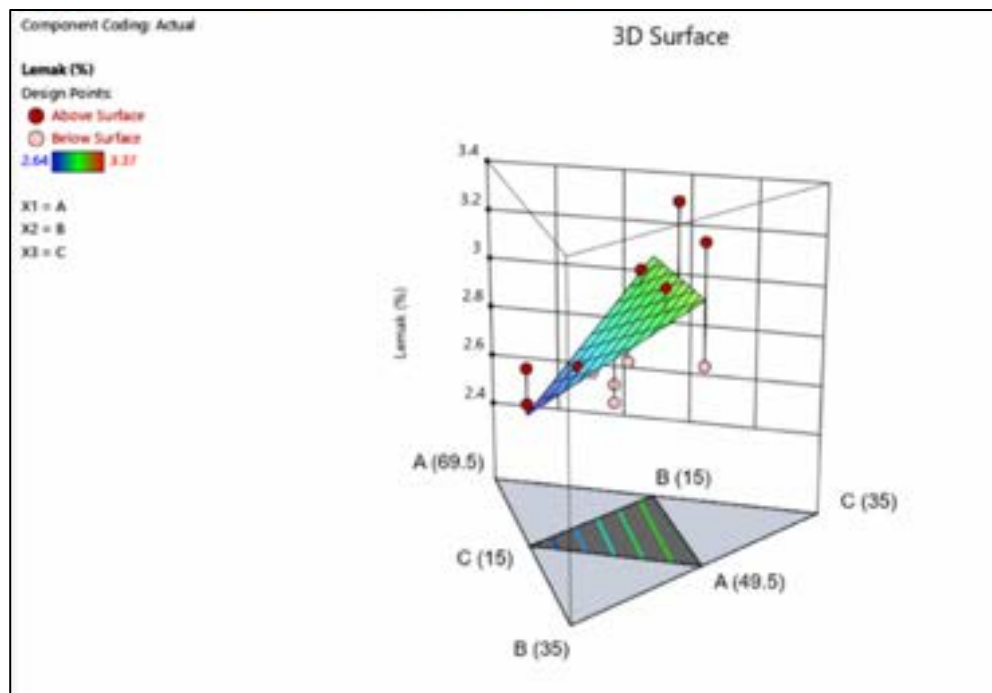
Berdasarkan *Fit Statistic* pada Tabel 17, nilai R² sebesar 0,5516 menunjukkan model mampu menjelaskan 55,16% keragaman respon kadar lemak. Selisih *Adjusted R²* (0,4701) dan *Predicted R²* (0,2306) sebesar 0,2395 menunjukkan kemampuan prediksi model masih relatif rendah. Namun nilai *Adeq Precision* sebesar 6,3105 (> 4) menunjukkan model masih layak digunakan dalam proses optimasi (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Lemak} = 2,57A + 2,63B + 3,57C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sachinchi)

Koefisien terbesar dimiliki sachinchi (3,57), sedangkan selisih koefisien sorgum (2,57) dan almond (2,63) sangat kecil (0,06). Hal ini menunjukkan peningkatan kadar lemak hampir sepenuhnya ditentukan oleh proporsi sachinchi, sementara pertukaran proporsi sorgum-almond tidak banyak mengubah kadar lemak produk, sejalan dengan tingginya kandungan minyak sachinchi (Gutiérrez et al., 2011; Wang et al., 2018).



Gambar 14. *Grafik 3D Surface* Respon Analisis Kadar Lemak Sari Nabati

Gambar 14 memperlihatkan kecenderungan peningkatan kadar lemak pada daerah dengan proporsi sachai inchi lebih tinggi, dengan kemiringan permukaan paling tajam dibandingkan respon lain, sedangkan permukaan sepanjang sisi sorgum-almond relatif datar, sesuai dengan selisih koefisien yang kecil antara keduanya. Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh nyata terhadap kadar lemak dengan sachai inchi sebagai komponen paling dominan. Model signifikan dan tidak mengalami *Lack of Fit*, sehingga kadar lemak layak digunakan sebagai parameter dalam optimasi formulasi.

4.2.3 Analisis Respon Organoleptik

4.2.3.1 Atribut Warna

Hasil analisis organoleptik atribut warna pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Analisis Organoleptik Atribut Warna

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Warna
1	54,5	25	20	4,93
2	59,5	20	20	4,73
3	54,5	25	20	4,73
4	59,5	25	15	5,07
5	59,5	25	15	5,27
6	56,1667	21,6667	21,6667	4,87
7	49,5	25	25	4,40
8	49,5	25	25	4,73
9	57,8333	18,3333	23,3333	5,07
10	54,5	20	25	4,67
11	57,8333	23,3333	18,3333	4,67
12	52,8333	23,3333	23,3333	4,80
13	59,5	15	25	4,47
14	59,5	15	25	4,73

Berdasarkan Tabel 18, nilai kesukaan panelis terhadap atribut warna berada pada kisaran 4,40-5,27 dengan rata-rata 4,80 pada skala hedonik 1-6. Kecenderungan data menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi sari sach inchi, semakin rendah nilai kesukaan warna yang dihasilkan, sedangkan semakin rendah proporsi sach inchi, semakin tinggi nilai kesukaan warnanya. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik warna masing-masing bahan baku, di mana sorgum memberikan warna putih kecokelatan dari pigmen alami biji (Narsih et al., 2012), sedangkan almond menghasilkan warna putih krem yang memberikan penampakan

lebih cerah pada produk. Sebaliknya, sari sachet inchi cenderung menghasilkan warna yang lebih kusam karena kandungan senyawa fenoliknya yang cukup tinggi dapat mengalami oksidasi selama pengolahan dan menghasilkan pigmen kecokelatan (Chirinos et al., 2013), ditambah pemanasan selama pembuatan sari nabati yang dapat memicu reaksi Maillard antara gula pereduksi dan protein sehingga warna produk menjadi sedikit lebih gelap (Winarno, 2008). Kondisi ini penting diperhatikan karena warna merupakan atribut sensori pertama yang diamati konsumen sehingga perubahannya berdampak langsung terhadap tingkat penerimaan produk (Soekarto, 1985). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19. ANOVA Analisis Organoleptik Atribut Warna

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,3269	2	0,1634	4,69	0,0337	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,3269	2	0,1634	4,69	0,0337	
Residual	0,3836	11	0,0349			
Lack of Fit	0,2554	7	0,0365	1,14	0,4777	not significant
Pure Error	0,1282	4	0,0321			
Cor Total	0,7105	13				

Hasil ANOVA pada Tabel 19 menunjukkan model *Linear Mixture* signifikan dengan nilai $F = 4,69$ dan $p = 0,0337$ ($p < 0,05$), yang berarti perubahan proporsi ketiga komponen memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan warna. Nilai *Lack of Fit* sebesar 1,14 dengan $p = 0,4777$ ($p > 0,05$) menunjukkan model sudah sesuai (Montgomery, 2017).

Tabel 20. *Fit Statistic* Analisis Organoleptik (Warna) Sari Nabati

	Std Dev	0,1868		R²	0,4601
	Mean	4,80		Adjusted R²	0,3619
	C.V. %	3,89		Predicted R²	0,0995
				Adeq Precision	5,4367

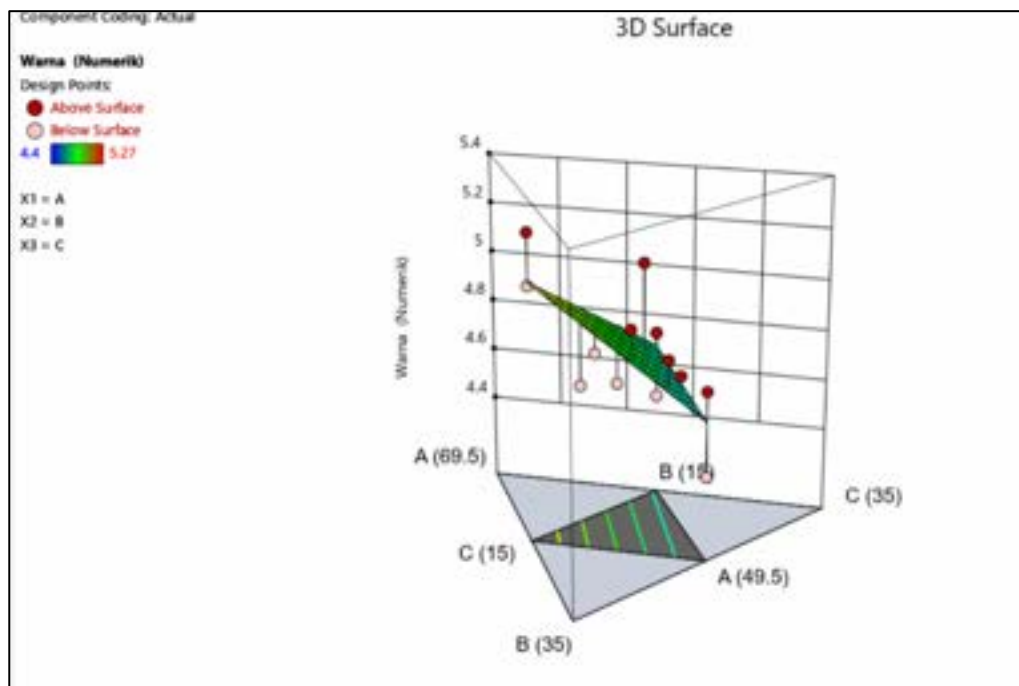
Berdasarkan Tabel 20, nilai R² sebesar 0,4601 menunjukkan model mampu menjelaskan 46,01% keragaman respon warna. Selisih Adjusted R² (0,3619) dan Predicted R² (0,0995) sebesar 0,2624 berada di atas batas toleransi 0,2, menandakan kemampuan prediksi model masih relatif rendah. Meski demikian, nilai Adeq Precision sebesar 5,4367 (> 4) menunjukkan model masih memiliki rasio sinyal terhadap noise yang memadai untuk digunakan dalam proses optimasi (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Warna} = 5,15A + 5,02B + 4,21C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sachinchi)

Selisih koefisien sorgum (5,15) dan almond (5,02) sangat kecil (0,13), sedangkan selisih keduanya terhadap sachinchi (4,21) cukup besar, menunjukkan penurunan kesukaan warna lebih ditentukan oleh peningkatan proporsi sachinchi. Hal ini diperkuat oleh analisis *Component Effects* yang menunjukkan hanya sachinchi yang berpengaruh nyata secara individual ($p = 0,0114$), sedangkan sorgum dan almond tidak signifikan ($p > 0,05$).



Gambar 15. Grafik 3D Surface Respon Atribut Warna Sari Nabati

Gambar 15 memperlihatkan nilai kesukaan warna meningkat pada daerah dengan proporsi sachai inchi lebih rendah dan menurun tajam ke arah proporsi sachai inchi tinggi, dengan permukaan relatif datar sepanjang sisi sorgum-almond, sesuai hasil *Component Effects*. Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh nyata terhadap kesukaan warna, dengan sachai inchi sebagai satu-satunya komponen yang berpengaruh signifikan secara individual dan bersifat menurunkan penerimaan. Temuan ini menjadi pertimbangan penting karena peningkatan sachai inchi yang menguntungkan bagi protein dan lemak justru merugikan bagi respon warna.

4.2.3.2 Atribut Aroma

Hasil analisis organoleptik atribut aroma pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 21.

Tabel 21. Hasil Analisis Atribut Aroma

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Aroma
1	54,5	25	20	3,93
2	59,5	20	20	3,73
3	54,5	25	20	4,07
4	59,5	25	15	4,13
5	59,5	25	15	4,27
6	56,1667	21,6667	21,6667	3,93
7	49,5	25	25	4,00
8	49,5	25	25	4,07
9	57,8333	18,3333	23,3333	3,67
10	54,5	20	25	3,87
11	57,8333	23,3333	18,3333	4,13
12	52,8333	23,3333	23,3333	3,93
13	59,5	15	25	3,47
14	59,5	15	25	3,40

Berdasarkan tabel 21, nilai kesukaan panelis terhadap atribut aroma berada pada kisaran 3,40-4,27 dengan rata-rata 3,89 pada skala hedonik 1-6. Kecenderungan data menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi sari almond, semakin tinggi pula nilai kesukaan aroma yang dihasilkan, sedangkan semakin tinggi proporsi sari sachu inchi (terutama saat proporsi almond rendah), semakin rendah nilai kesukaan aromanya. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik aroma masing-masing bahan baku, di mana almond memberikan aroma khas kacang yang lembut dan cenderung disukai panelis, sementara sachu inchi memiliki aroma khas biji-bijian yang lebih kuat akibat kandungan minyak tidak jenuh yang

tinggi (Gutiérrez et al., 2011; Wang et al., 2018), dan fase lemaknya berperan sebagai pembawa senyawa volatil dalam sistem emulsi sehingga intensitas aroma menjadi lebih tajam (Tan, 2004). Pada proporsi sorgum yang tinggi, intensitas aroma khas sachet ini diduga menjadi lebih menonjol tanpa cukup terimbangi oleh aroma lembut almond, sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis. Selain itu, proses pemanasan selama pembuatan sari nabati turut berpengaruh terhadap pembentukan aroma melalui reaksi Maillard, yang apabila berlebihan dapat menghasilkan aroma kurang disukai (Winarno, 2008), dan perlakuan pendahuluan seperti lama perendaman turut memengaruhi karakteristik aroma sari nabati yang dihasilkan (Margareta dan Maryani, 2021). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 22.

Tabel 22. ANOVA Hasil Analisis Atribut Aroma

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,7474	2	0,3737	49,29	< 0,0001	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,7474	2	0,3737	49,29	< 0,0001	
Residual	0,0834	11	0,0076			
Lack of Fit	0,0589	7	0,0084	1,37	0,3996	not significant
Pure Error	0,0245	4	0,0061			
Cor Total	0,8308	13				

Berdasarkan Tabel 22, model *Linear Mixture* signifikan ($F = 49,29$; $p < 0,0001$), yang berarti perbedaan kesukaan aroma sangat dipengaruhi oleh perbedaan proporsi bahan. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan ($p = 0,3996 > 0,05$), menunjukkan model linear sudah sesuai (Montgomery, 2017).

Tabel 23. *Fit Statistic* Analisis Organoleptik (Aroma) Sari Nabati

	Std Dev	0,0871		R²	0,8996
	Mean	3,90		Adjusted R²	0,8814
	C.V. %	2,23		Predicted R²	0,8477
				Adeq Precision	17,6262

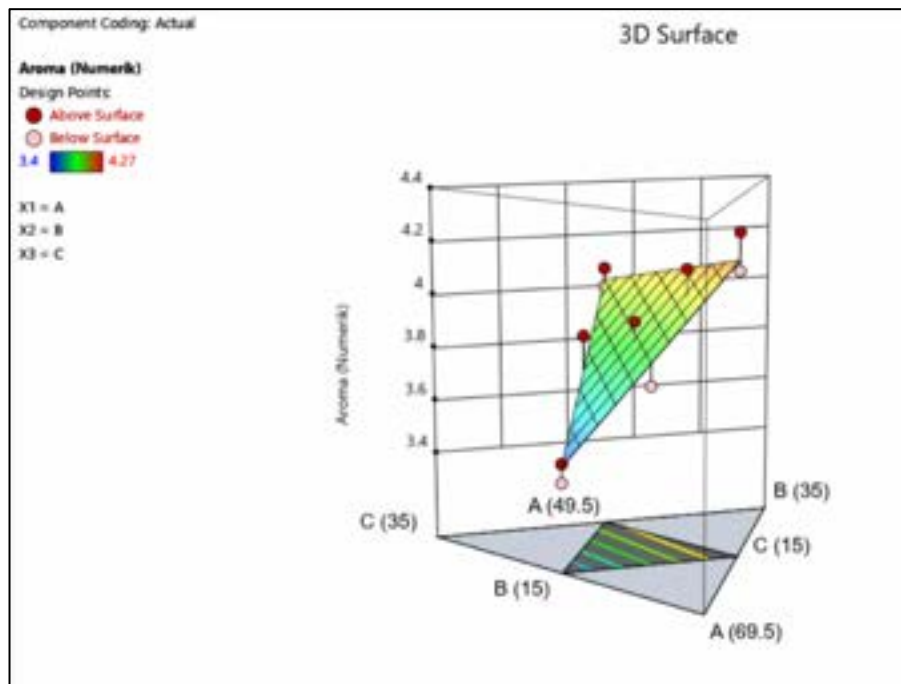
Berdasarkan Tabel 23, nilai R² sebesar 0,8996 menunjukkan model mampu menjelaskan 89,96% keragaman respon aroma tertinggi di antara seluruh respon organoleptik dengan selisih *Adjusted R²* (0,8814) dan *Predicted R²* (0,8477) hanya 0,0337, jauh di bawah batas toleransi 0,2. *Adeq Precision* sebesar 17,6262 (jauh di atas 4) menunjukkan model memiliki sinyal yang sangat kuat dan sangat layak digunakan dalam optimasi (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Aroma} = 3,60 A + 4,74 B + 3,32 C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sachu inchi)

Koefisien terbesar dimiliki almond (4,74), jauh di atas sorgum (3,60) dan sachu inchi (3,32), menunjukkan bahwa peningkatan proporsi almond memberikan kontribusi paling besar terhadap kesukaan aroma.



Gambar 16. Grafik 3D Surface Respon Atribut Aroma Sari Nabati

Gambar 16 memperlihatkan nilai kesukaan aroma meningkat tajam pada daerah dengan proporsi almond lebih tinggi dan menurun ke arah sorgum maupun sacha inchi, sejalan dengan koefisien model yang menunjukkan almond sebagai kontributor dominan. Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh sangat nyata terhadap kesukaan aroma dengan sari almond sebagai komponen paling dominan. Model signifikan, tidak mengalami *Lack of Fit*, dan memiliki kemampuan prediksi terbaik di antara seluruh respon, sehingga aroma layak digunakan sebagai parameter utama dalam optimasi formulasi.

4.2.3.3 Atribut Rasa

Hasil analisis organoleptik atribut rasa pada masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Hasil Analisis Atribut Rasa Sari Nabati

Formulasi	Sari Sorgum (%)	Sari Almond (%)	Sari Sacha Inchi (%)	Rasa
1	54,5	25	20	3,73
2	59,5	20	20	3,60
3	54,5	25	20	3,93
4	59,5	25	15	4,07
5	59,5	25	15	4,23
6	56,1667	21,6667	21,6667	3,73
7	49,5	25	25	3,83
8	49,5	25	25	3,87
9	57,8333	18,3333	23,3333	3,67
10	54,5	20	25	3,47
11	57,8333	23,3333	18,3333	3,87
12	52,8333	23,3333	23,3333	3,80
13	59,5	15	25	3,33
14	59,5	15	25	3,37

Berdasarkan Tabel 24, nilai kesukaan panelis terhadap atribut rasa berada pada kisaran 3,33-4,23 dengan rata-rata 3,75 pada skala hedonik 1-6. Kecenderungan data menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi sari almond dan semakin rendah proporsi sari sachu inchi, semakin tinggi pula nilai kesukaan rasa yang dihasilkan. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik cita rasa masing-masing bahan baku, di mana almond memiliki cita rasa yang lembut dan sedikit manis sehingga dapat meningkatkan penerimaan panelis terhadap produk, sedangkan sachu inchi memberikan karakteristik rasa agak pahit dan sedikit sepat akibat kandungan senyawa fenolik (Gutiérrez et al., 2011; Chirinos et al., 2013),

yang pada proporsi tinggi diduga menutupi rasa lembut almond sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis. Sorgum sendiri memiliki cita rasa khas sereal yang relatif hambar disertai rasa sepat dari kandungan tanin dan fitat yang masih tersisa setelah proses pengolahan (Narsih et al., 2012; Cahyadi et al., 2023), meskipun proses perendaman, pemanasan, dan penyaringan diketahui dapat mengurangi senyawa penyebab rasa langu maupun sepat tersebut, namun tidak dapat menghilangkannya secara sempurna (Narsih et al., 2012; Elkhaliifa & Bernhardt, 2005). Hasil analisis ragam disajikan pada Tabel 25.

Tabel 25. ANOVA Hasil Analisis Atribut Rasa Sari Nabati

Source	Sum of Square	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,7170	2	0,3585	34,35	< 0,0001	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,7170	2	0,3585	34,35	< 0,0001	
Residual	0,1148	11	0,0104			
Lack of Fit	0,0804	7	0,0115	1,34	0,4110	not significant
Pure Error	0,0344	4	0,0086			
Cor Total	0,8318	13				

Berdasarkan Tabel 25, model *Linear Mixture* signifikan ($F = 34,35$; $p < 0,0001$), yang berarti perbedaan kesukaan rasa sangat dipengaruhi oleh perbedaan proporsi bahan. Nilai *Lack of Fit* tidak signifikan ($p = 0,4110 > 0,05$), menunjukkan model linear sudah sesuai (Montgomery, 2017).

Tabel 26. *Fit Statistic Analisis Organoleptik (Rasa) Sari Nabati*

	Std Dev	0,1022		R²	0,8620
	Mean	3,75		Adjusted R²	0,8369
	C.V. %	2,72		Predicted R²	0,7817
				Adeq Precision	15,4652

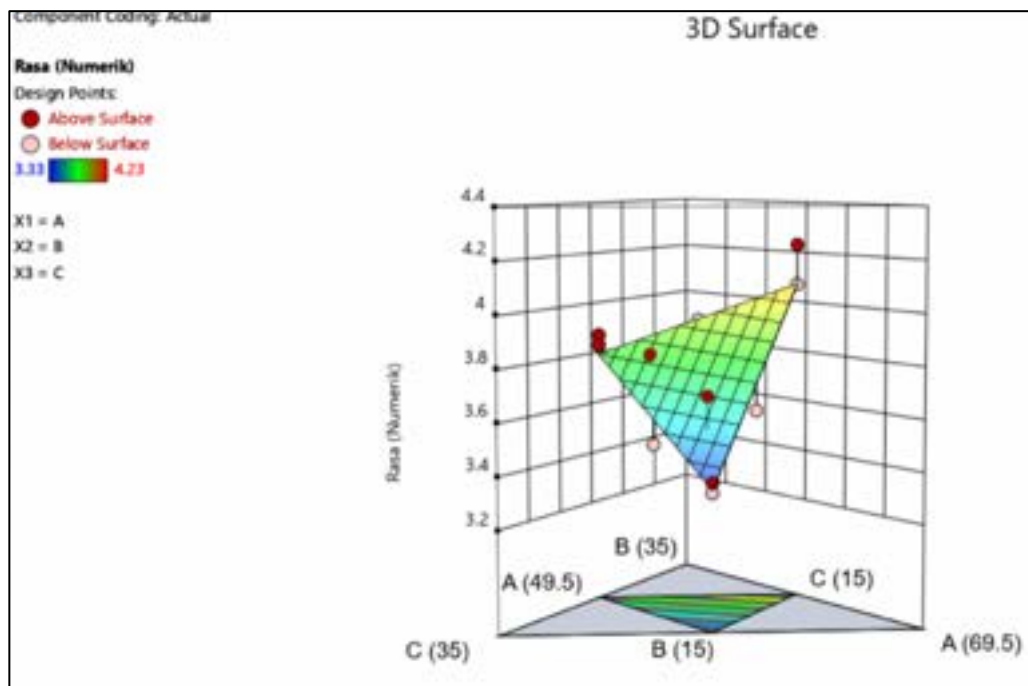
Berdasarkan Tabel 26, nilai R² sebesar 0,8620 menunjukkan model mampu menjelaskan 86,20% keragaman respon rasa, dengan selisih *Adjusted R²* (0,8369) dan *Predicted R²* (0,7817) sebesar 0,0552, jauh di bawah batas toleransi 0,2. *Adeq Precision* sebesar 15,4652 (jauh di atas 4) menunjukkan model memiliki sinyal yang sangat kuat, sehingga respon rasa memiliki kemampuan prediksi terbaik kedua setelah aroma (Hidayat et al., 2020).

Model matematis yang dihasilkan adalah:

$$\text{Rasa} = 3,62A + 4,52B + 3,06C$$

(A = Sari sorgum, B = Sari almond, C = Sari sachu inchi)

Koefisien terbesar dimiliki almond (4,52), diikuti sorgum (3,62) dan sachu inchi (3,06), menunjukkan bahwa peningkatan proporsi almond memberikan kontribusi paling besar terhadap kesukaan rasa. Sementara komponen yang paling menurunkan kesukaan rasa adalah sachu inchi, bukan sorgum, karena koefisiennya (3,06) merupakan yang terendah di antara ketiganya.



Gambar 17. Grafik 3D Surface Respon Atribut Rasa Sari Nabati

Gambar 17 memperlihatkan peningkatan nilai kesukaan pada daerah dengan proporsi almond lebih tinggi dan penurunan pada daerah dengan sacha inchi lebih dominan. Bentuk permukaan yang relatif linear menunjukkan perubahan komposisi memberikan pengaruh proporsional terhadap respon rasa, sehingga nilai kesukaan tertinggi berada pada batas proporsi almond maksimum yang diizinkan (Cornell, 2002). Berdasarkan seluruh hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa proporsi ketiga sari nabati berpengaruh sangat nyata terhadap kesukaan rasa dengan sari almond sebagai komponen paling dominan. Model signifikan, tidak mengalami *Lack of Fit*, dan memiliki kemampuan prediksi yang baik, sehingga rasa layak digunakan sebagai parameter dalam optimasi formulasi.

4.3 Formulasi Optimal

4.3.1 Penetapan *Goal* dan *Importance*

Penetapan *goal* dan *importance* merupakan langkah awal dalam proses optimasi formulasi menggunakan *Design Expert*. *Goal* menentukan arah target yang ingin dicapai untuk setiap faktor dan respon, sedangkan *importance* menunjukkan bobot kepentingan relatif masing-masing dalam membentuk nilai *desirability* keseluruhan. Semakin tinggi nilai *importance*, semakin besar pengaruh respon tersebut dalam menentukan formulasi optimum (Anderson & Whitcomb, 2017). Penetapan *goal* dan *importance* pada penelitian ini disajikan pada Tabel 27.

Tabel 27. Penetapan *Goal* Dan *Importance* Sari Nabati

Variabel/Respon	<i>Goal</i>	Batas Bawah	Batas Atas	<i>Importance</i>
Sari Sorgum	<i>in range</i>	49,5	59,5	+++++
Sari Almond	<i>in range</i>	15	25	+++++
Sari Sacha Inchi	<i>in range</i>	15	25	++++
Viskositas	<i>maximize</i>	3,54	3,80	++++
Kadar Protein	<i>maximize</i>	3,40	3,84	+++++
Kadar Lemak	<i>maximize</i>	2,64	3,37	+++++
Warna	<i>In range</i>	4,40	5,27	++++
Aroma	<i>maximize</i>	3,40	4,27	++++
Rasa	<i>maximize</i>	3,33	4,23	++++

Sari sorgum ditetapkan dengan *goal in range* dan *importance* tertinggi (+++++) karena merupakan komponen utama formulasi yang diharapkan tetap berada dalam rentang yang telah ditentukan. Sorgum berperan sebagai sumber

karbohidrat kompleks dan pati yang berkontribusi terhadap pembentukan tekstur produk serta nilai gizi sebagai bahan dasar minuman nabati (Zheng et al., 2023).

Sari almond ditetapkan dengan *goal in range* dan *importance* tertinggi (+++++) karena berperan sebagai sumber protein, lemak, dan cita rasa creamy. Penggunaan dalam rentang yang telah ditentukan diperlukan untuk menjaga keseimbangan formulasi produk.

Sari sacha inchi ditetapkan dengan *goal in range* dan *importance* (+++++) karena meskipun merupakan sumber asam lemak tak jenuh omega-3 yang bernilai fungsional tinggi, proporsi yang terlalu besar dapat menghasilkan aroma dan aftertaste khas biji-bijian yang kurang disukai panelis (Gutiérrez et al., 2011).

Respon viskositas ditetapkan *maximize* dengan *importance* (+++++) karena semakin tinggi nilai viskositas dalam rentang yang ditetapkan menunjukkan produk memiliki kekentalan yang lebih baik, sedangkan viskositas yang terlalu rendah menyebabkan produk terasa encer dan tidak stabil (McClements, 2020).

Kadar protein dan kadar lemak ditetapkan *maximize* dengan *importance* tertinggi (+++++) karena merupakan parameter gizi utama yang menjadi keunggulan produk sari nabati sekaligus faktor pembeda dibandingkan minuman nabati berbasis air biasa.

Respon warna ditetapkan *in range* dengan *importance* (+++++) karena nilai warna yang dihasilkan diharapkan berada dalam rentang yang telah ditentukan untuk memperoleh karakteristik warna yang sesuai dengan produk, dan berperan

penting sebagai atribut sensori yang pertama kali dinilai konsumen (Soekarto, 1985).

Respon aroma dan warna ditetapkan maximize dengan importance (+++++) karena merupakan salah satu atribut sensori yang berperan dalam menentukan penerimaan konsumen terhadap produk (Winarno, 2008; Soekarto, 1985).

4.3.2 Penentuan Formulasi Optimal

Design Expert menghasilkan dua solusi formulasi optimal berdasarkan fungsi *desirability* yang mempertimbangkan seluruh respon secara simultan sesuai *goal* dan *importance* yang telah ditetapkan. Formulasi terpilih adalah Solusi 1 dengan nilai *desirability* tertinggi sebesar 0,720, dengan komposisi sari sorgum 49,500 %, sari almond 25,000 %, dan sari sacha inchi 25,000 %, sebagaimana disajikan pada Tabel 28.

Tabel 28. Rekomendasi Formulasi Optimal Produk

Sari Sorgum (%)			Sari Almond (%)		Sari Sacha Inchi (%)	
49,500			25,000		25,000	
Viskositas (cP)	Protein (%)	Lemak (%)	Warna	Aroma	Rasa	<i>Desirability</i>
3,768	3,806	3,099	4,613	4,026	3,793	0,720 (Selected)

Nilai prediksi respon pada formulasi optimal meliputi viskositas sebesar 3,768 cP, kadar protein 3,806%, kadar lemak 3,099%, warna 4,613, aroma 4,026, dan rasa 3,793. Nilai *desirability* sebesar 0,720 menunjukkan tingkat kesesuaian formulasi terhadap seluruh tujuan optimasi yang telah ditetapkan. Menurut Hidayat et al. (2020), nilai *desirability* berkisar antara 0–1, dengan nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan formulasi yang semakin mendekati kondisi optimum.

Nilai *desirability* sebesar 0,720 menunjukkan bahwa formulasi yang diperoleh merupakan kondisi kompromi dari seluruh respon yang dioptimasi, karena setiap respon memiliki *goal* dan *importance* yang berbeda.

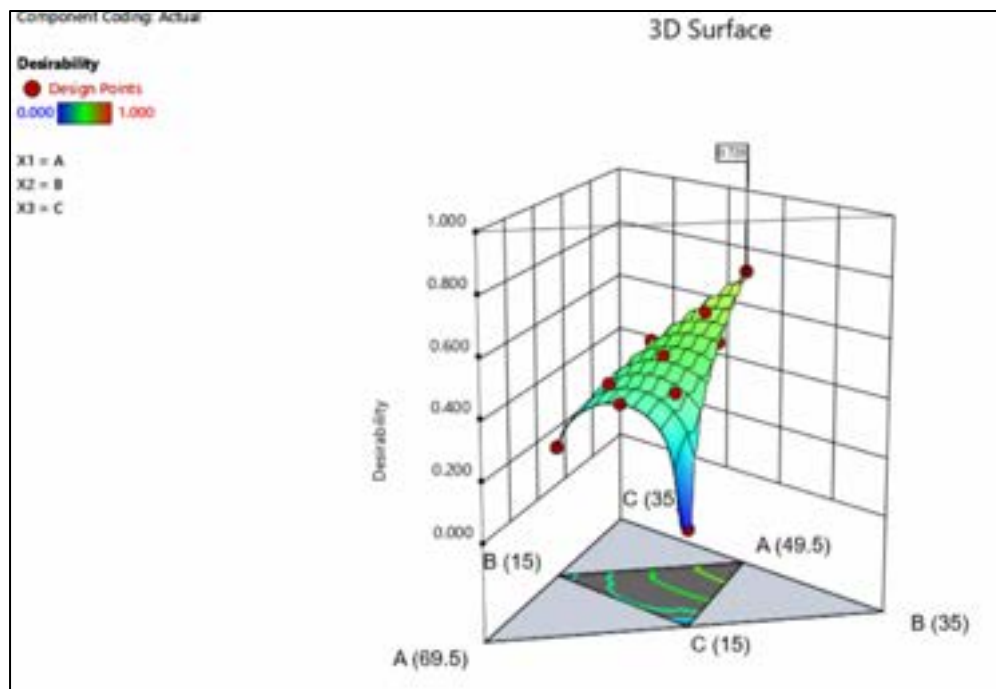
Penetapan *importance* tertinggi pada kadar protein dan lemak menyebabkan kedua respon tersebut menjadi prioritas dalam proses optimasi. Hasil optimasi menunjukkan proporsi sari sacha inchi sebesar 25,000% dan sari almond sebesar 25,000%, sedangkan sari sorgum sebesar 49,500% merupakan batas bawah yang ditetapkan dalam formulasi. Komposisi tersebut menghasilkan nilai *desirability* sebesar 0,720 dengan mempertimbangkan seluruh respon secara simultan. Dengan demikian, formulasi tersebut dipilih sebagai formulasi optimal karena menghasilkan nilai *desirability* tertinggi dibandingkan solusi lainnya.

Tabel 29. Hasil *Point Prediction* pada Produk Sari Nabati

Respon	Predicted Mean	Predicted Median	Observed	Std Dev	n	SE Pred	95% PI Low	Data Mean	95% PI High
Viskositas	3,768	3,768	3,66	0,0587	1	0,068	3,62	3,66	3,92
Kadar Protein (%)	3,806	3,806	3,80	0,1173	1	0,135	3,51	3,80	4,10
Kadar Lemak (%)	3,099	3,099	2,91	0,1712	1	0,197	2,67	2,91	3,53
Warna	4,613	4,613	4,87	0,1868	1	0,215	4,14	4,87	5,09
Aroma	4,026	4,026	4,03	0,0871	1	0,100	3,80	4,03	4,25
Rasa	3,793	3,793	3,73	0,1021	1	0,118	3,53	3,73	4,05

Tabel 29 menyajikan hasil *Point Prediction* yang memuat nilai prediksi beserta *Prediction Interval* (PI) 95% untuk setiap respon. Menurut Hidayat et al. (2020), PI merupakan rentang yang diharapkan mengandung hasil pengukuran

tunggal berikutnya pada kondisi yang sama dengan tingkat kepercayaan 95%. Rentang PI inilah yang menjadi acuan pada tahap verifikasi — hasil pengukuran aktual dinyatakan konsisten dengan prediksi apabila nilainya berada di dalam rentang PI 95%.



Gambar 18. Grafik *Desirability* Formulasi Optimal Produk

Gambar 18 menunjukkan nilai *desirability* tertinggi berada pada daerah formulasi dengan proporsi sachu inchi maksimum dan sorgum mendekati maksimum, sementara almond berada pada proporsi menengah. Puncak *desirability* tidak berada di tengah segitiga komposisi melainkan terdorong ke salah satu sisi, yang merupakan pola khas ketika model linear mendominasi dan tidak ada interaksi sinergis antar komponen yang menarik titik optimal ke bagian dalam daerah percobaan (Cornell, 2002).

4.4 Verifikasi Formulasi Optimal

Verifikasi dilakukan dengan membuat ulang formulasi optimal hasil rekomendasi *Design Expert*, yaitu sari sorgum 49,500%, sari almond 25,000%, dan sari sacha inchi 25,000%, kemudian menganalisis seluruh respon secara aktual dan membandingkannya dengan nilai prediksi program. Tujuan tahap verifikasi adalah untuk mengetahui apakah model yang dibangun dari 14 titik percobaan valid dan mampu memprediksi karakteristik produk pada titik baru yang tidak termasuk dalam data penelitian.

Design Expert menghasilkan *Confidence Interval* (CI) dan *Prediction Interval* (PI) untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5% (Hidayat et al., 2020). CI merupakan rentang kepercayaan untuk rata-rata populasi, yang semakin sempit seiring bertambahnya jumlah data yang digunakan, sedangkan PI merupakan rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya pada kondisi yang sama (Engelen, 2016). Rentang PI selalu lebih lebar dibandingkan CI karena turut mengakomodasi variabilitas individu, bukan hanya variabilitas rata-rata. Hasil pengukuran aktual dinyatakan valid apabila nilainya berada di dalam rentang PI 95%. Hasil verifikasi disajikan pada Tabel 30.

Tabel 30. Hasil Verifikasi Formulasi Optimal Produk

Respon	Prediksi	Aktual	Std. Dev	95,00% PI <i>low</i>	95,00% PI <i>high</i>
Viskositas	3,768	3,66	0,0587	3,62	3,92
Kadar Protein (%)	3,806	3,80	0,1173	3,51	4,10
Kadar Lemak (%)	3,099	2,91	0,1712	2,67	3,53
Warna	4,613	4,87	0,1868	4,14	5,09
Aroma	4,026	4,03	0,1567	3,80	4,25
Rasa	3,793	3,73	0,0906	3,53	4,05

Berdasarkan Tabel 30, seluruh nilai aktual respon berada di dalam rentang PI 95% yang dihasilkan *Design Expert*, sehingga model dinyatakan valid untuk memprediksi karakteristik produk pada formulasi optimal. Perbedaan kecil antara nilai aktual dan nilai prediksi merupakan hal yang wajar, karena variabilitas pengukuran yang telah teridentifikasi pada tahap ANOVA memang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya (Montgomery, 2017). Dengan terverifikasinya seluruh respon, formulasi optimal dengan komposisi sari sorgum 49,50%, sari almond 25,00%, dan sari sacha inchi 25,00% dinyatakan sebagai formulasi terpilih yang layak dikembangkan lebih lanjut sebagai produk sari nabati berbasis campuran tiga bahan fungsional. Selain pengujian keenam respon utama, dilakukan pula pengujian kadar gula reduksi pada formulasi optimal terpilih sebagai data pendukung karakteristik produk. Hasil analisis menggunakan metode Luff Schoorl disajikan pada Tabel 31.

Tabel 31. Hasil Analisis Kadar Gula Reduksi Formulasi Optimal

Formulasi Optimal							
WS (Mg)	Vb (mL)	Vt (mL)	N Natrium Tiosulfat	N Tio Tabel	Vol Tio	Gula Pereduksi (Mg)	Kadar Gula Reduksi (%)
2157	10,30	10,15	0,0980	0,1	0,15	0,3528	0,16

Berdasarkan Tabel 31, kadar gula reduksi pada formulasi optimal terpilih sebesar 0,16%. Berbeda dengan keenam respon sebelumnya, kadar gula reduksi tidak termasuk dalam respon yang dioptimasi menggunakan *Design Expert*, sehingga tidak tersedia nilai prediksi maupun rentang *Prediction Interval* sebagai pembandingan. Nilai ini disajikan sebagai informasi tambahan mengenai karakteristik gula sederhana pada produk sari nabati terpilih.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas mengenai, (5.1) Kesimpulan (5.2) Saran

5.1 Kesimpulan

Formulasi kombinasi sari sorgum, sari almond, dan sari sachinchi terbukti berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar protein, kadar lemak, viskositas, serta sifat sensori warna, aroma, dan rasa sari nabati. Sachinchi berperan dominan dalam meningkatkan kadar protein dan lemak, sedangkan almond lebih berpengaruh meningkatkan viskositas, aroma dan rasa.

Penelitian ini juga berhasil menentukan formulasi optimum menggunakan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*, yaitu sari sorgum 49,500%, sari almond 25,000%, dan sari sachinchi 25,000%, dengan nilai *desirability* sebesar 0,720. Hasil verifikasi formulasi optimal menunjukkan viskositas 3,66 cP, kadar protein 3,80%, kadar lemak 2,91%, serta skor organoleptik warna 4,87, aroma 4,03, dan rasa 3,73, yang seluruhnya berada dalam rentang *Prediction Interval* 95%, sehingga model dinyatakan valid dan formulasi tersebut ditetapkan sebagai formulasi terpilih pada penelitian ini.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penambahan bahan penambah rasa (flavoring), karena skor rasa pada formulasi optimal masih tergolong paling

rendah dibandingkan atribut sensori lainnya sehingga penerimaan konsumen berpotensi ditingkatkan.

2. Perlu dilakukan kajian perlakuan pendahuluan pada sachet inchi, seperti perendaman atau proses lain yang serupa dengan perlakuan pada sorgum, untuk mengurangi intensitas aroma khas biji-bijian yang kurang disukai panelis pada proporsi sachet inchi tinggi.
3. Perlu dilakukan kajian pemanfaatan ampas hasil ekstraksi sorgum, almond, dan sachet inchi, karena proses ekstraksi sari nabati menghasilkan residu padat yang masih berpotensi mengandung nilai gizi dan belum dimanfaatkan pada penelitian ini.
4. Perlu dilakukan uji umur simpan (shelf life) pada formulasi terpilih, karena penelitian ini hanya menguji karakteristik produk pada kondisi segar sehingga stabilitas produk selama penyimpanan belum diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistya, R. (2006). **Kajian nasi sorgum sebagai pangan fungsional** (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Agarwal, A., Ng, W. J., dan Liu, Y. (2011). **Principle and applications of microbubble and nanobubble technology for water treatment**. *Chemosphere*, 84 (9) : 1175–1180.
- Allan Chemical Corporation. (2025). ***How emulsifiers improve non-dairy milk stability***.
- Almodares, A., & Hadi, M. R. (2009). **Production of bioethanol from sweet sorghum: A review**. *Afr. J. of Agric. Res*, 4(9): 772–780.
- Amazing Food Made Easy. (2020). ***How to use soy lecithin: Concentration ranges for foams and emulsions***.
- Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2017). ***RSM simplified (2nd ed.)***. Productivity Press.
- AOAC. (2019). ***Official methods of analysis (21st ed.)***. Association of Official Analytical Chemists International.
- Ariyanto, N. O., Wiyanto, S. D., Hindarso, H., & Aylianawati. (2015). **Pengaruh rasio massa biji dan volume air dan suhu ekstraksi terhadap ekstraksi biji-bijian dalam pembuatan susu nabati**. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 14(1), 20–25.
- Babu, K. S., & Amamcharla, J. K. (2023). **Generation methods, stability, detection techniques, and applications of bulk nanobubbles in agro-food industries: A review and future perspective**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 9262–9281.
- Badan Pusat Statistik. (2025). ***Produksi susu segar tahun 2025***. <https://www.bps.go.id>
- BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). (2024). ***Teknologi ozon dan nanobubble tingkatkan efisiensi dan efektivitas pemrosesan bahan pertanian***.
- Cahyadi, W., Taufik, Y., & Riadi, F. (2023). ***Sorgum inovasi teknologi dan produk***. PT Dunia Pustaka Jaya.

- Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). **Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity.** *Food Chemistry*, 141(3), 1732–1739.
- Cornell, J. A. (2002). *Experiments with mixtures: Designs, models, and the analysis of mixture data* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Damayanti, D., & Murtini, E. S. (2018). **Inovasi susu almond dengan substitusi sari kecambah kedelai sebagai sumber protein nabati.** *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 6(3), 70–77.
- Dewiasty, E., Setiati, S., Agustina, R., Roosheroe, A. G., Abdullah, M., Istanti, R., & de Groot, L. C. P. G. M. (2021). **Prevalence of lactose intolerance and nutrients intake in an older population regarded as lactase non-persistent.** *Clinical Nutrition ESPEN*, 43, 317–321.
- Digitani IPB. (2025). *Sorgum: Kandungan gizi dan manfaatnya bagi kesehatan*. IPB University. <https://digitani.ipb.ac.id/sorgum-kandungan-gizi-dan-manfaatnya-bagi-kesehatan/>
- Eadmusik, S., Thongprathuang, S., & Luekhuntod, T. (2024). **Development of instant beverage powder based on sacha inchi.** *Chiang Mai Journal of Science*, 51(1), e2024017.
- Elkhalifa, A. E. O., & Bernhardt, R. (2005). **Influence of grain soaking on the functional properties of sorghum flour.** *Nahrung/Food*, 48(6), 397–401.
- Engelen, A. (2016). **Practical applications of design of experiments in food science.** *Journal of Food Science Education*.
- Erna, S. (2019). **Uji organoleptik dan kadar protein terhadap susu nabati berbahan baku kacang tanah (*Arachis hypogaea*) dengan penambahan perisa jeruk manis (*Citrus sinensis*)** (Skripsi). Universitas Sanata Dharma.
- Euromonitor International. (2022). *Plant-based dairy alternatives: Asia Pacific market report*.
- Gonzales, G. F., Gonzales, C., & Villegas, L. (2018). **Exposure of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and oil: Nutritional composition and health benefits.** *Journal of Food Composition and Analysis*, 67, 1–7.
- González-Cardozo, B. G., Rodríguez-Cortina, J., & Hernández-Carrión, M. (2021). **Production of sacha inchi oil emulsions by high-shear and high-**

intensity ultrasound emulsification: Physical properties and stability. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15865.

- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., & Jiménez, Á. (2011). **Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction.** *Grasas y Aceites*, 62(1), 76–83.
- Hamaker, B. R., Valles, C., Gilman, R., Hardmeier, R. M., Clark, D., Garcia, H. H., Gonzales, A. E., & Kohlstedt, I. (1992). **Amino acid and fatty acid profiles of the Inca peanut (*Plukenetia volubilis*).** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(9), 1496–1499.
- Hegar, B., & Widodo, A. (2015). **Lactose intolerance in Indonesian children.** *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 24(Suppl 1), S31–S40.
- Hidayat, I.R., Zuhrotun, A., dan Sopyan, I. 2021. **Design-Expert Software sebagai Alat Optimasi Formulasi Sediaan Farmasi.** *Majalah Farmasetika*, 6 (1) 2021, 99-120. Universitas Padjajaran.
- Irfan, Y. (2021). **Optimasi formula sari buah campuran murbei hitam dan campolay menggunakan Design Expert metode Mixture D-Optimal dan pendugaan umur simpannya** (Skripsi). Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
- Isnaeni, N. F. (2007). **Formulasi Produk Pure Instan Ubi Jalar (*Ipomea batatas* L. Lam) menggunakan Mixture Design D-Optimal** (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Javed, M., Matloob, A., Ettoumi, F., Sheikh, A. R., Zhang, R., Xu, Y., & Belwal, T. (2023). **Novel nanobubble technology in food science: Application and mechanism.** *Food Innovation and Advances*, 2(2), 135–144.
- Kasim, N. M., Ischak, N. I., Salimi, Y. K., Bialangi, N., Aman, L. O., & Mohamad, E. (2025). **Uji organoleptik dan karakteristik fisikokimia serta aktivitas antioksidan produk susu berbasis kacang sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.).** *Pentagon: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1), 112–130.
- Kemenkeu (Kementerian Keuangan Republik Indonesia). (2020). **Ketahanan pangan nasional.**
- Kundu, P., Dhankhar, J., & Sharma, A. (2018). **Development of non dairy milk alternative using soymilk and almond milk.** *Current Research in Nutrition and Food Science*, 6(1), 203–210.

- Kuru, C., & Tontul, İ. (2020). **Optimisation of plant-based milk formulation using hazelnut, sunflower seed and pumpkin seed by mixture design.** *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(11), 2441–2448.
- Margareta, M., & Maryani. (2021). **Pengaruh lama perendaman biji kedelai (*Glycine max* L. Merr) terhadap karakteristik organoleptik susu kedelai.** *Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*, 9–14.
- McClements, D. J. (2020). **Development of next-generation nutritionally fortified plant-based milk substitutes: Structural design principles.** *Foods*, 9(4), 421.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Mudjisihono, R., & Damardjati, D. S. (1987). **Prospek kegunaan sorgum sebagai sumber pangan dan pakan.** *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 6(1), 1–5.
- Muzdalifah, D., Lestari, L. A., & Harmayani, E. (2025). **Blending formulation of sorghum and job's tears: An innovation design of plant-based milk rich in antioxidant.** *BIO Web of Conferences*.
- Narsih, Yunianta, & Harijono. (2012). **Studi lama perendaman dan lama perkecambahan (*Sorghum bicolor* L. Moench) untuk menghasilkan tepung rendah tanin dan fitat.** *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(3), 173–180.
- National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2024). **Definition & facts for lactose intolerance.** U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/digestive-diseases/lactose-intolerance/definition-facts>
- Nugroho, A. (2012). *Pemanfaatan software dalam penelitian*. Universitas Gadjah Mada.
- NutriScan. (2025). *Sacha inchi seeds: Calories, nutrition and health benefits*.
- Öztürk, H. İ. (2025). **Determination of stabilizer concentration and process effect on the stability of milk-based cocoa beverage.** *Journal of Food Science*, 90(4), e70173.

- Pratiwi, A., & Nurhidajah. (2021). **Kajian pemanfaatan susu nabati sebagai pengganti susu hewani.** *Food Scientia Journal of Food Science and Technology*, 1(2), 103–116.
- PT Prambanan Kencana. (2025). **Aneka jenis dan bentuk kacang almond yang wajib kamu ketahui.** <https://www.prb.co.id/id/news-detail/various-types-and-shapes-of-almonds-you-must-know>
- Sathe, S. K., Kshirsagar, H. H., & Sharma, G. M. (2012). **Solubilization, fractionation, and electrophoretic characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) proteins.** *Plant Foods for Human Nutrition*, 67(3), 247–255.
- Sitoe, B. V., Moura, M. J., & Ferreira, E. (2025). **Ozone application in food processing: Safety, efficacy, and emerging applications.** *Food Reviews International*, 41(2), 110–128.
- Soekarto, S. T. (1985). **Penilaian organoleptik untuk industri pangan dan hasil pertanian.** Bharata Karya Aksara.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (2010). **Analisa bahan makanan dan pertanian.** Liberty bekerja sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada.
- Sumarno, D. S., Damardjati, M., Syam, & Hermanto. (2013). **Sorghum technology innovation and development.** Agricultural Research and Development Agency.
- Tan, C. T. (2004). **Beverage emulsions.** Dalam S. Friberg, K. Larsson, & J. Sjöblom (Eds.), *Food emulsions* (4th ed., hlm. 485–524). Marcel Dekker.
- Tiaraswara, R. A., Taufik, Y., & Afrianti, L. H. (2016). **Optimalisasi formulasi hard candy ekstrak daun mulberry (*Morus sp.*) dengan menggunakan Design Expert metode D-Optimal** (Skripsi). Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.
- KlikDokter. (2019). **Susu kedelai, nutrisi nabati yang menyehatkan.** KlikDokter.<https://www.klikdokter.com/ibu-anak/kesehatan-anak/susu-kedelai-nutrisi-nabati-yang-menyehatkan>
- Van, T. T., Nguyen, T. H., & Le, T. M. (2022). **Variation in growth and yield of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) under different ecological regions in Vietnam.** *Journal of Agricultural Science*, 14(3), 45–55.

- Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). **How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?** *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 10–20.
- Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). **Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses.** *Food Chemistry*, 265, 316–328.
- Winarno, F. G. (2008). *Kimia pangan dan gizi: Edisi terbaru*. M-Brio Press.
- Wulandari, E., Sukarminah, E., Mardawati, E., & Furi, H. L. (2019). **Profil gelatinisasi tepung sorgum putih termodifikasi α -amilase.** *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(2), 173–179
- Zhao, Y., Hu, X., & Guo, S. (2021). **Physicochemical and microstructural properties of fermentation-induced almond emulsion-filled gels with varying concentrations of protein, fat and sugar contents.** *Food Hydrocolloids*.
- Zheng, H., Dang, Y., & Sui, N. (2023). **Sorghum: A multipurpose crop.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(46), 17570–17583.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode Formol

(Sudarmadji, 2010)

Untuk mengetahui kadar protein dalam bahan pangan dengan metode formol, dengan prinsip berdasarkan reaksi protein netral dengan formalin, sehingga terbentuk dimethylol berantai, gugus amonia sudah terikat dan tidak akan terpengaruhi reaksi asam gugus hidroksi dengan basa NaOH, hingga TAT merah muda. Dengan Prosedur sebagai berikut :

Sebanyak 2 g sampel ditimbang, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Sebanyak 10 mL larutan sampel dipipet ke dalam Erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 20 mL akuades, 0,4 mL larutan oksalat jenuh, dan 3 tetes indikator PP, kemudian dihomogenkan dan didiamkan selama 2 menit. Selanjutnya, 10 mL larutan sampel dipipet ke dalam Erlenmeyer dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga terbentuk warna merah muda. Setelah itu, ditambahkan 2 mL formalin 40% dan dititrasi kembali dengan NaOH 0,1 N hingga tercapai titik akhir berwarna merah muda. Kadar protein ditentukan berdasarkan rumus.

$$Kadar\ N\ (\%) = \frac{(Vs - Vb) \times N\ NaOH \times FP \times BE\ Nitrogen}{Bobot\ Sampel\ [g] \times 1000} \times 100$$

$$Kadar\ Protein\ (\%) = Kadar\ N[\%] \times FK$$

Lampiran 2. Prosedur Analisis Kadar Lemak

Analisis kadar lemak dilakukan dengan metode *Soxhlet*. Sampel ditimbang sebanyak 3 g dan dimasukkan ke dalam kertas saring. Sampel diekstraksi menggunakan pelarut *n-heksana* dalam alat *Soxhlet* selama 6 jam. Setelah proses ekstraksi selesai, pelarut diuapkan dan labu lemak dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Labu kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (AOAC, 2019; Winarno, 2008).

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{W \text{ Lemak}}{W \text{ Sampel}} \times 100$$

Lampiran 3. Analisis Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan *Viscometer Brookfield* untuk mengetahui tingkat kekentalan sari nabati yang dihasilkan. Sampel sari nabati dimasukkan ke dalam gelas beker sebanyak 250 mL hingga *spindle* tercelup sesuai batas yang ditentukan. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) menggunakan *spindle* LV-2 dengan kecepatan 100 rpm. Alat dijalankan dengan menekan tombol *start*, kemudian dibiarkan hingga nilai viskositas pada layar stabil. Nilai viskositas yang ditampilkan dalam satuan *centipoise* (cP) dicatat sebagai hasil pengukuran.

Lampiran 4. Analisis Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan *Viscometer Brookfield* untuk mengetahui tingkat kekentalan sari nabati yang dihasilkan. Sampel sari nabati dimasukkan ke dalam gelas beker sebanyak 250 mL hingga *spindle* tercelup sesuai batas yang ditentukan. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang ($25 \pm 2^\circ\text{C}$)

menggunakan *spindle* LV-2 dengan kecepatan 100 rpm. Alat dijalankan dengan menekan tombol *start*, kemudian dibiarkan hingga nilai viskositas pada layar stabil. Nilai viskositas yang ditampilkan dalam satuan *centipoise* (cP) dicatat sebagai hasil pengukuran.

Lampiran 5. Formulir Respon Organoleptik Metode Uji Hedonik

UJI HEDONIK				
Nama/ NRP :				
Tanggal Pengujian :				
Instruksi : Berikan penilaian dengan memberikan tanda (√) pada skala hedonik yang sesuai dengan penilaian saudara				
No.	Penilaian	KODE SAMPEL		
6	Sangat Suka			
5	Suka			
4	Agak Suka			
3	Agak Tidak Suka			
2	Tidak Suka			
1	Sangat Tidak Suka			

Lampiran 6. Analisis Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan *Viscometer Brookfield* untuk mengetahui tingkat kekentalan sari nabati yang dihasilkan. Sampel sari nabati dimasukkan ke dalam gelas beker sebanyak 250 mL hingga *spindle* tercelup sesuai batas yang ditentukan. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

menggunakan *spindle* LV-2 dengan kecepatan 100 rpm. Alat dijalankan dengan menekan tombol *start*, kemudian dibiarkan hingga nilai viskositas pada layar stabil. Nilai viskositas yang ditampilkan dalam satuan *centipoise* (cP) dicatat sebagai hasil pengukuran.

Lampiran 7. Analisis Gula Reduksi Metode *Luff-Schoorl*

Penentuan gula reduksi dengan metode *Luff-Schoorl* dilakukan berdasarkan selisih hasil titrasi blanko dan sampel menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Pada titrasi blanko, kuprioksida dalam reagen akan membebaskan iod dari garam K-iodida, sedangkan pada titrasi sampel sebagian kuprioksida bereaksi dengan gula reduksi sehingga jumlah iod yang dibebaskan lebih sedikit. Iod yang terbentuk kemudian dititrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dengan indikator amilum. Titrasi dihentikan ketika warna biru berubah menjadi putih. Selisih volume titrasi blanko dan sampel menunjukkan jumlah gula reduksi yang terdapat dalam sampel. Selanjutnya, hasil tersebut dikonversikan menjadi jumlah gula reduksi berdasarkan tabel *Luff-Schoorl* yang menunjukkan hubungan antara volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan jumlah gula reduksi (Sudarmadji et al., 2010).

$$\% \text{ Kadar Gula Reduksi} = \frac{(\text{mg Gula})}{(\text{mg Sampel})} \times \text{FP} \times 100$$

Lampiran 8. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian

Tabel 32. Kebutuhan Bahan Baku Analisis Kimia

Analisis Kimia				
No.	Analisis	Kebutuhan Bahan (mL)	Perlakuan	Jumlah kebutuhan (mL)
1.	Kadar Protein	2	14	28
2.	Kadar Lemak	2	14	28
3.	Uji Viskositas	250	14	3500
4.	Gula Pereduksi (<i>Luffscrhool</i>)	2	1	2
Total				3558

Tabel 33. Kebutuhan Bahan Baku Analisis Organoleptik

Analisis Organoleptik					
No.	Analisis Organoleptik	Kebutuhan Bahan (mL)	Perlakuan	Panelis	Jumlah kebutuhan (mL)
1.	Warna, Rasa, Aroma	5	14	30	2100
Total Analisis Organoleptik					2100
Total Analisis Kimia					3558
Total Keseluruhan Analisis					5658

Berdasarkan perhitungan, total kebutuhan sampel penelitian utama sebesar 5.658 mL atau ± 404 mL per formulasi (14 formulasi).

Tabel 34. Kebutuhan Bahan Baku Penelitian Utama

Bahan	Perlakuan	Jumlah (g)
Sari Sorgum	14	788,48
Sari Almond	14	308,18
Sari Kacang Sacha Inchi	14	303,18
Lesitin	14	11,2
Gum Arab	14	16,8

Lampiran 9. Rincian Biaya Penelitian dan Analisis Utama

Tabel 35. Rincian Biaya dan Analisis Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Kebutuhan	Harga	Total
1.	Sorgum	800 g	Rp 0	Rp 0
2.	Almond	310 g	Rp 250.000 /kg	Rp 77.500
3.	Sacha Inchi	305 g	Rp 0	Rp 0
4.	Lesitin	12 g	Rp 60.000 /kg	Rp 720
5.	Gum Arab	17 g	Rp 300.000 /kg	Rp 5.100
6.	Botol Plastik 500 ml	14 pcs	Rp 3.000 /pcs	Rp 42.000
7.	Botol Plastik 1 L	5 pcs	Rp 5.000/pcs	Rp 25.000
8.	Cup 10-15 ml	450 pcs	Rp 140 /pcs	Rp 63.000
9.	Sendok Plastik	450 pcs	Rp 100/ pcs	Rp 45.000
10.	Timbangan digital	1 pcs	Rp 150.000	Rp 150.000
11.	Termometer	1 pcs	Rp 20.000	Rp 20.000
12.	Gelas takar	1 pcs	Rp 29.000	Rp 29.000
13.	Saringan	1 pcs	Rp 21.200	Rp 21.200
14.	Toples plastik	3 pcs	Rp 4.500	Rp 13.500
15.	<i>Slow Juicer</i>	1 pcs	Rp 1.700.000	Rp 1.700.000
Total				Rp 2.192.020
No.	Analisis	Jumlah Sampel	Harga	Total
1.	Kadar protein	15	Rp 15.000	Rp 225.000
2.	Kadar Lemak	15	Rp 110.000	Rp 1.650.000
3.	Viskositas	15	Rp 15.000	Rp 225.000
4.	Kadar gula pereduksi (<i>Luffscrhoel</i>)	1	Rp 25.000	Rp 25.000
Total				Rp 2.125.000
Total Keseluruhan				Rp 4.317.020

Lampiran 10. Rancangan Formula untuk Pembuatan Sari Nabati

Tabel 36. Formulasi Sari Nabati Sorgum, Almond, dan Sacha Inchi

F	Sari Sorgum		Sari Almond		Sari Sacha Inchi		Lesitin		Gum Arab		Total	
	%	ml	%	ml	%	ml	%	gram	%	gram	%	ml
1	54,5	272,5	25	125	20	100	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
2	59,5	297,5	20	100	20	100	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
3	54,5	272,5	25	125	20	100	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
4	59,5	297,5	25	125	15	75	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
5	59,5	297,5	25	125	15	75	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
6	56,17	280,83	21,67	108,33	21,67	108,33	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
7	49,5	247,5	25	125	25	125	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
8	49,5	247,5	25	125	25	125	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
9	57,83	289,17	18,33	91,67	23,33	116,67	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
10	54,5	272,5	20	100	25	125	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
11	57,83	289,17	23,33	116,67	18,33	91,67	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
12	52,83	264,17	23,33	116,67	23,33	116,67	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
13	59,5	297,5	15	75	25	125	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
14	59,5	297,5	15	75	25	125	0,2	1,0	0,3	1,5	100	500
Total	3.925,34 ml		1.533,34 ml		1.508,34 ml		14 g		21 g		7.000 ml	

Lampiran 11. Perhitungan Analisis Kadar Protein

Contoh perhitungan formula 1 :

Diketahui :

Normalitas NaOH	= 0,0973 N
Berat sampel	= 2,091 g
Faktor Pengenceran	= $100/10 = 10$
Vol. Titrasi Blanko	= 1,50 mL
Vol. Titrasi Sampel	= 2,40 mL
BE. Nitrogen	= 14,007
Faktor Konversi	= 6,25

Ditanyakan :

$$\% \text{ N} = \frac{(v_s - v_b) \times N \text{ NaOH} \times \text{BE} \times \text{FP}}{W \times 1000} \times 100$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ N} \times \text{FK}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(2,40 - 1,50) \times 0,0973 \times 14,007 \times 10}{2,091 \times 1000} \times 100 \\ &= 0,59 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 0,59 \times 6,25 \\ &= 3,6662 \approx 3,67 \% \end{aligned}$$

Tabel 37. Hasil Analisis Respon Kimia Kadar Protein

Formula	W Sampel	Vol. sampel	% Protein
R1	2,091	2,4	3,67
R2	2,066	2,35	3,55
R3	2,052	2,4	3,78
R4	2,03	2,3	3,40
R5	2,015	2,3	3,42
R6	2,02	2,35	3,63
R7	2,002	2,35	3,66
R8	2,016	2,4	3,84
R9	2,006	2,35	3,65
R10	2,016	2,4	3,84
R11	2,017	2,4	3,84
R12	2,081	2,4	3,72
R13	2,018	2,35	3,63
R14	2,028	2,4	3,82

Lampiran 12. Perhitungan Analisis Kadar Lemak**Diketahui :**W Labu Kosong (W_1) = 150,591 gW Labu + Lemak (W_2) = 150,789 gBerat sampel (W) = 6,8040 g**Ditanyakan :**

% Kadar Lemak

Jawab :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Kadar Lemak} &= \frac{(W_2 - W_1)}{W} \times 100 \\
 &= \frac{(150,789 - 150,591)}{6,8040} \times 100 \\
 &= 2,91 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 38. Hasil Analisis Respon Kimia Analisis Kadar Lemak

Formula	W Sampel	W1 Labu Kosong	W2 Labu + Lemak	W Lemak	Kadar Lemak (%)	Rata-rata (%)
R1	1,9227	97,6514	97,7047	0,0533	2,77	2,75
	1,9527	112,6359	112,6892	0,0533	2,73	
R2	1,5674	97,6524	97,6947	0,0423	2,70	2,68
	1,5526	106,7142	106,7555	0,0413	2,66	
R3	1,6842	84,5631	84,6086	0,0455	2,70	2,69
	1,6915	102,3478	102,3932	0,0454	2,68	
R4	1,7576	89,8497	89,8988	0,0491	2,79	2,78
	1,7612	112,1229	112,1716	0,0487	2,77	
R5	1,7436	93,2154	93,2619	0,0465	2,67	2,64
	1,7528	108,5632	108,6090	0,0458	2,61	
R6	1,4768	98,7636	98,8048	0,0412	2,79	2,77
	1,4812	75,2612	75,3019	0,0407	2,75	
R7	1,5360	106,7161	106,7602	0,0441	2,87	2,85
	1,5524	98,7622	98,8061	0,0439	2,83	
R8	1,6154	96,7428	96,7966	0,0538	3,33	3,31
	1,6237	87,3156	87,3690	0,0534	3,29	
R9	1,7781	89,8528	89,9078	0,0550	3,09	3,07
	1,7659	98,7642	98,8181	0,0539	3,05	
R10	2,6116	112,1186	112,2073	0,0887	3,40	3,37
	2,6041	63,8552	63,9425	0,0873	3,35	
R11	1,4124	98,7622	98,8019	0,0397	2,81	2,77
	1,4227	75,2553	75,2941	0,0388	2,73	
R12	2,2082	109,2511	109,3183	0,0672	3,04	3,10
	2,1544	63,8527	63,9207	0,0680	3,16	
R13	1,4161	75,2559	75,2987	0,0428	3,02	3,02
	1,3976	112,1228	112,1648	0,0420	3,01	
R14	1,8843	104,5826	104,6396	0,0570	3,02	3,03
	1,8725	91,6374	91,6941	0,0567	3,03	

Lampiran 13. Perhitungan Analisis Gula Reduksi

Diketahui :

Berat Sampel (W) = 2,157 gram
 Normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 0,0980 N
 Volume blanko (vb) = 10,30 mL
 Volume Sampel (vs) = 10,15 mL
 Vol Na Tabel = 0,1 N
 Faktor Pengencer = $100/10 = 10$

Ditanyakan :

% Kadar Gula Reduksi ?

Jawab :

1. Menghitung selisih volume titrasi

$$\begin{aligned}
 V &= (vb - vs) \\
 &= (10,30 - 10,15) \\
 &= 0,15 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2. Mengoreksi volume berdasarkan normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{koreksi}} &= 0,15 \times \frac{0,0980}{0,1} \\
 &= 0,147 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

3. Menentukan mg gula reduksi berdasarkan tabel Luff-Schoorl

Tabel 39. Acuan Luff Schoorl (Mg Glukosa)

mL Tio (0,1 N)	mg gula
1	2,4
2	4,8
3	7,2
4	9,7
5	12,2

Rumus interpolasi hasil

$$\begin{array}{ll} a = 0 & d = 0 \\ b = 0,147 & x = \\ c = 1 & e = 2,4 \end{array}$$

$$\begin{aligned} &= d + \frac{(b-a)}{(c-a)} \times (e-d) \\ &= 0 + \frac{(0,147-0)}{(1-0)} \times (2,4-0) \\ &= 0,3528 \end{aligned}$$

4. Menghitung kadar gula reduksi

$$\begin{aligned} \% \text{ Gula Reduksi} &= \frac{\text{mg gula reduksi} \times \text{FP}}{\text{Ws} \times 1000} \times 100 \\ &= \frac{0,3528 \times 10}{2,157 \times 1000} \times 100 \\ &= 0,16\% \end{aligned}$$

Lampiran 14. Data Analisis Organoleptik

PANELIS	KODE SAMPEL																													
	318		742		156		590		924		473		681		237		815		364		952		527		146		783			
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
2	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12
3	5	2,35	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35
4	6	2,55	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12
5	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
6	6	2,55	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
7	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
8	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
9	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35
10	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
11	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35
13	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35
14	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35
15	5	2,35	5	2,35	6	2,55	6	2,55	5	2,35	5	2,35	6	2,55	6	2,55	6	2,55	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	4	2,12	5	2,35
16	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35
17	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12
18	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35
19	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35
20	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
21	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35
22	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35
23	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12
24	6	2,55	5	2,35	4	2,12	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35
25	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	6	2,55	5	2,35	4	2,12	4	2,12	6	2,55	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35
26	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12
27	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35
28	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	6	2,55	4	2,12	6	2,55	6	2,55	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35
29	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35
30	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	6	2,55	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35
JUMLAH	148	69,95	142	68,6	142	68,6	152	70,84	158	72,07	146	69,46	132	66,31	142	68,57	152	70,72	140	68,2	140	68,17	144	69,12	134	66,79	142	68,66	142	68,66
RATA RATA	4,93	2,33	4,73	2,29	4,73	2,29	5,07	2,36	5,27	2,4	4,87	2,32	4,4	2,21	4,73	2,29	5,07	2,36	4,67	2,27	4,67	2,27	4,8	2,3	4,47	2,23	4,73	2,29	2,29	2,29

Gambar 19. Data Organoleptik Atribut Warna

PANELIS	KODE SAMPEL																													
	318		742		156		590		924		473		681		237		815		364		952		527		146		783			
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT		
1	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	2	1,58	2	1,58		
2	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87		
3	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	2	1,58	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
4	5	2,35	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87		
5	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
6	4	2,12	3	1,87	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87		
7	2	1,58	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
8	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12		
9	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87		
10	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12		
11	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
13	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87		
14	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87		
15	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87		
16	4	2,12	2	1,58	3	1,87	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	2	1,58	3	1,87	3	1,87		
17	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	2	1,58	3	1,87	3	1,87	3	1,87	2	1,58	4	2,12	2	1,58	2	1,58	2	1,58		
18	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	2	1,58	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
19	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87	2	1,58	3	1,87	2	1,58	3	1,87	3	1,87		
20	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12		
21	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87		
22	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87		
23	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12		
24	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	2	1,58	3	1,87		
25	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12		
26	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87		
27	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87		
28	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12		
29	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87		
30	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12		
JUMLAH	112	61,54	108	60,5	118	63,04	122	63,96	127	65,17	112	61,26	115	62,25	116	62,48	110	61,04	104	59,52	116	62,52	114	61,88	100	58,42	101	58,77		
RATARATA	3,73	2,05	3,6	2,02	3,93	2,1	4,07	2,13	4,23	2,17	3,73	2,04	3,83	2,08	3,87	2,08	3,67	2,03	3,47	1,98	3,87	2,08	3,8	2,06	3,33	1,95	3,37	1,96		

Gambar 20. Data Organoleptik Atribut Aroma

Gambar 21. Data Organoleptik Atribut Rasa

PANELIS	KODE SAMPEL																											
	318		742		156		590		924		473		681		237		815		364		952		527		146		783	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87
2	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12
3	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	2	1,58	2	1,58
4	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	3	1,87
5	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12
6	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87
7	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87
8	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	3	1,87	4	2,12
9	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87
10	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87
11	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87
12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
13	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87
14	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
15	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	2	1,58	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87
16	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12
17	5	2,35	3	1,87	3	1,87	5	2,35	5	2,35	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87
18	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12
19	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	5	2,35	3	1,87	5	2,35	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87
20	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12
21	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87
22	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12
23	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
24	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87
25	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	3	1,87
26	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12
27	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87
28	3	1,87	4	2,12	4	2,12	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12	3	1,87	3	1,87	4	2,12
29	4	2,12	3	1,87	5	2,35	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87
30	4	2,12	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	5	2,35	5	2,35	4	2,12	4	2,12	3	1,87	4	2,12
JUMLAH	118	62,94	112	61,54	122	63,92	124	64,44	128	65,36	118	63,04	120	63,4	122	64	110	61,04	116	62,52	124	64,44	118	63,02	104	59,56	102	59,06
RATARATA	3,93	2,1	3,73	2,05	4,07	2,13	4,13	2,15	4,27	2,18	3,93	2,1	4	2,11	4,07	2,13	3,67	2,03	3,87	2,08	4,13	2,15	3,93	2,1	3,47	1,99	3,4	1,97

Lampiran 15. Verifikasi Formula Optimal

- Hasil Verifikasi Analisis Viskositas

Tabel 40. Hasil Verifikasi Analisis Viskositas

OPTIMAL	Volume Sampel	cP
	250 mL	3,66

- Hasil Verifikasi Analisis Kadar Protein

Tabel 41. Hasil Verifikasi Analisis Kadar Protein

OPTIMAL	Berat Sampel	Vol. sampel	% Protein
	2,036	2,45	3,77

- Hasil Verifikasi Analisis Kadar Lemak

Tabel 42. Hasil Verifikasi Analisis Kadar Lemak

OPTIMAL	Labu (g)	Sampel (g)	Labu+ lemak(g)	% Lemak
	150,591	6,8040	150,789	2,91

- Hasil Verifikasi Analisis Organoleptik

PANELIS	OPTIMAL					
	Warna		Aroma		Rasa	
	101		101		101	
	DA	DT	DA	DT	DA	DT
1	6	2,55	4	2,12	4	2,12
2	4	2,12	4	2,12	4	2,12
3	4	2,12	3	1,87	4	2,12
4	5	2,35	4	2,12	3	1,87
5	5	2,35	3	1,87	4	2,12
6	6	2,55	4	2,12	3	1,87
7	5	2,35	4	2,12	4	2,12
8	5	2,35	5	2,35	5	2,35
9	6	2,55	5	2,35	3	1,87
10	5	2,35	4	2,12	4	2,12
11	5	2,35	5	2,35	4	2,12
12	5	2,35	4	2,12	3	1,87
13	4	2,12	3	1,87	4	2,12
14	5	2,35	3	1,87	3	1,87
15	5	2,35	4	2,12	4	2,12
16	4	2,12	4	2,12	4	2,12
17	5	2,35	4	2,12	3	1,87
18	4	2,12	4	2,12	4	2,12
19	5	2,35	4	2,12	3	1,87
20	4	2,12	3	1,87	4	2,12
21	5	2,35	5	2,35	4	2,12
22	4	2,12	5	2,35	3	1,87
23	5	2,35	4	2,12	4	2,12
24	6	2,55	3	1,87	3	1,87
25	5	2,35	5	2,35	4	2,12
26	5	2,35	4	2,12	4	2,12
27	5	2,35	4	2,12	4	2,12
28	5	2,35	5	2,35	4	2,12
29	4	2,12	4	2,12	4	2,12
30	5	2,35	4	2,12	4	2,12
JUMLAH	146	69,46	121	63,71	112	61,58
RATA-RATA	4,87	2,32	4,03	2,12	3,73	2,05

Gambar 22.Hasil Verifikasi Analisis Organoleptik

Lampiran 16. Hasil Analisis Menggunakan *Design Expert*

Hasil Analisis Model Viskositas							
ANOVA for Linear model							
Response 1: viskositas							
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.0609	2	0.0305	8.84	0.0051	significant
	(¹)Linear Mixture	0.0609	2	0.0305	8.84	0.0051	
	Residual	0.0379	11	0.0034			
	Lack of Fit	0.0342	7	0.0049	5.29	0.0634	not significant
	Pure Error	0.0037	4	0.0009			
	Cor Total	0.0989	13				

Fit Statistics					
	Std. Dev.	0.0587		R²	0.6163
	Mean	3.66		Adjusted R²	0.5466
	C.V. %	1.61		Predicted R²	0.4291
				Adeq Precision	7.9163

Coefficients in Terms of Coded Factors							
	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	3.42	1	0.0627	3.29	3.56	2.19
	B-Sari Almond	3.86	1	0.0599	3.72	3.99	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	3.68	1	0.0627	3.54	3.82	2.19

Gambar 23. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model Viskositas

Hasil Analisis Model Protein

ANOVA for Linear model

Response 2: Protein

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.1256	2	0.0628	4.57	0.0360	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0.1256	2	0.0628	4.57	0.0360	
	Residual	0.1513	11	0.0138			
	Lack of Fit	0.1108	7	0.0158	1.56	0.3490	not significant
	Pure Error	0.0405	4	0.0101			
	Cor Total	0.2769	13				

Fit Statistics

	Std. Dev.	0.1173	R²	0.4537
	Mean	3.68	Adjusted R²	0.3543
	C.V. %	3.19	Predicted R²	0.0887
			Adeq Precision	5.6362

Coefficients in Terms of Coded Factors

	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	3.42	1	0.1253	3.14	3.69	2.19
	B-Sari Almond	3.58	1	0.1196	3.32	3.85	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	4.03	1	0.1253	3.75	4.30	2.19

Gambar 24. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model Protein

Hasil Analisis Model Lemak

ANOVA for Linear model

Response 3: Lemak

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.3965	2	0.1982	6.77	0.0121	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0.3965	2	0.1982	6.77	0.0121	
	Residual	0.3223	11	0.0293			
	Lack of Fit	0.2048	7	0.0293	0.9965	0.5343	not significant
	Pure Error	0.1174	4	0.0294			
	Cor Total	0.7187	13				

Fit Statistics

	Std. Dev.	0.1712	R²	0.5516
	Mean	2.92	Adjusted R²	0.4701
	C.V. %	5.87	Predicted R²	0.2306
			Adeq Precision	6.3105

Coefficients in Terms of Coded Factors

	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	2.57	1	0.1828	2.16	2.97	2.19
	B-Sari Almond	2.63	1	0.1746	2.25	3.02	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	3.57	1	0.1828	3.16	3.97	2.19

Gambar 25. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model lemak

Hasil Analisis Model Organoleptik Warna

ANOVA for Linear model

Response 4: Warna

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.3269	2	0.1634	4.69	0.0337	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0.3269	2	0.1634	4.69	0.0337	
	Residual	0.3836	11	0.0349			
	Lack of Fit	0.2554	7	0.0365	1.14	0.4777	not significant
	Pure Error	0.1282	4	0.0321			
	Cor Total	0.7105	13				

Fit Statistics

	Std. Dev.	0.1868		R²	0.4601
	Mean	4.80		Adjusted R²	0.3619
	C.V. %	3.89		Predicted R²	0.0995
				Adeq Precision	5.4367

Coefficients in Terms of Coded Factors

	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	5.15	1	0.1995	4.71	5.59	2.19
	B-Sari Almond	5.02	1	0.1905	4.60	5.44	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	4.21	1	0.1995	3.77	4.65	2.19

Gambar 26. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model warna

Hasil Analisis Model Organoleptik Aroma

ANOVA for Linear model

Response 5: Aroma

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.7474	2	0.3737	49.29	< 0.0001	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0.7474	2	0.3737	49.29	< 0.0001	
	Residual	0.0834	11	0.0076			
	Lack of Fit	0.0589	7	0.0084	1.37	0.3996	not significant
	Pure Error	0.0245	4	0.0061			
	Cor Total	0.8308	13				

Fit Statistics

	Std. Dev.	0.0871	R²	0.8996
	Mean	3.90	Adjusted R²	0.8814
	C.V. %	2.23	Predicted R²	0.8477
			Adeq Precision	17.6262

Coefficients in Terms of Coded Factors

	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	3.60	1	0.0930	3.40	3.81	2.19
	B-Sari Almond	4.74	1	0.0888	4.54	4.93	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	3.32	1	0.0930	3.11	3.52	2.19

Gambar 27. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model Aroma

Hasil Analisis Model Organoleptik Rasa

ANOVA for Linear model

Response 6: Rasa

	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	0.7170	2	0.3585	34.35	< 0.0001	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0.7170	2	0.3585	34.35	< 0.0001	
	Residual	0.1148	11	0.0104			
	Lack of Fit	0.0804	7	0.0115	1.34	0.4110	not significant
	Pure Error	0.0344	4	0.0086			
	Cor Total	0.8318	13				

Fit Statistics

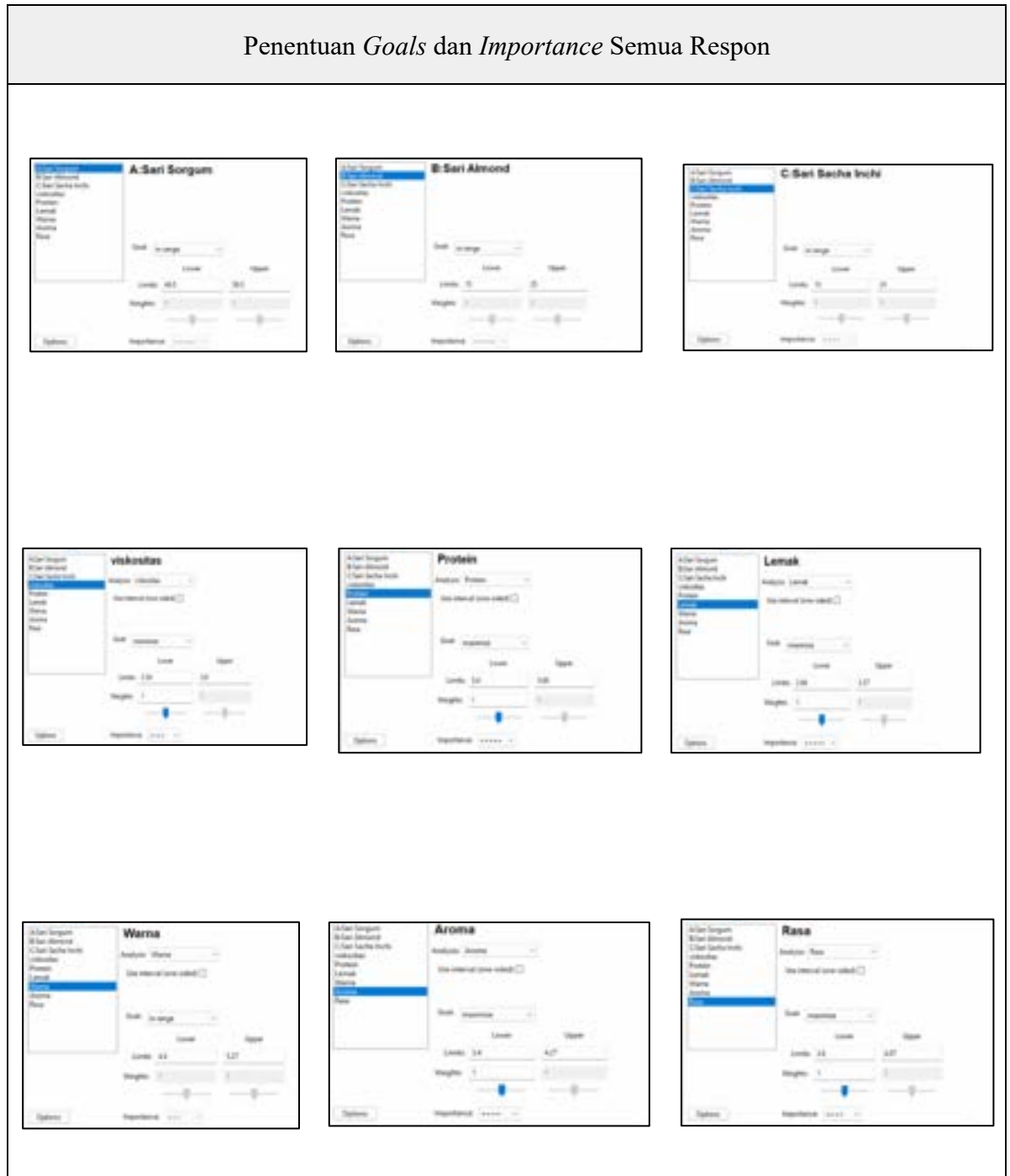
	Std. Dev.	0.1022	R²	0.8620
	Mean	3.75	Adjusted R²	0.8369
	C.V. %	2.72	Predicted R²	0.7817
			Adeq Precision	15.4652

Coefficients in Terms of Coded Factors

	Component	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High	VIF
	A-Sari Sorgum	3.62	1	0.1091	3.38	3.86	2.19
	B-Sari Almond	4.52	1	0.1042	4.30	4.75	2.20
	C-Sari Sacha Inchi	3.06	1	0.1091	2.82	3.30	2.19

Gambar 28. Hasil ANOVA, *Fit Statistic*, dan Koefisien Model Rasa

Lampiran 17. Penentuan *Goals* dan *Importance* Respon



Gambar 29. Penentuan *Goals* dan *Importance* Semua Respon

Lampiran 18. Formulasi Terpilih

Solution											
Solutions 2 Solutions found											
Number	Sari Sorgum	Sari Almond	Sari Sacha Inchi	viskositas	Protein	Lemak	Warna	Aroma	Rasa	Desirability	
1	49.500	25.000	25.000	3.768	3.806	3.099	4.613	4.026	3.793	0.720	Selected
2	54.500	20.000	25.000	3.660	3.765	3.083	4.646	3.742	3.567	0.493	

Gambar 30. *Constraints* dan Solusi Formulasi Optimal Hasil *Numerical Optimization*

Data Verifikasi						
Response data Runs: 1						
	viskositas	Protein	Lemak	Warna	Aroma	Rasa
	3.66	3.8	2.91	4.87	4.03	3.73

Gambar 31. Hasil *Confirmation* pada Formulasi Optimal Terpilih

Konfirmasi									
Confirmation Two-sided Confidence = 95%									
	Solution 1 of 2 Response	Predicted Mean	Predicted Median	Observed	Std Dev	n	SE Pred	95% PI low	95% PI high
	viskositas	3.76795	3.76795		0.0587281	1	0.0676154	3.61913	3.91677
	Protein	3.80643	3.80643		0.117284	1	0.135032	3.50923	4.10363
	Lemak	3.09901	3.09901		0.171163	1	0.197065	2.66528	3.53275
	Warna	4.61314	4.61314		0.186754	1	0.215015	4.13989	5.08638
	Aroma	4.02562	4.02562		0.0870751	1	0.100252	3.80497	4.24628
	Rasa	3.79305	3.79305		0.102164	1	0.117624	3.53416	4.05194

Gambar 32. Hasil *Confirmation* pada Formulasi Optimal Terpilih

Lampiran 19. Dokumentasi Pembuatan dan Analisis Produk Sari Nabati

Analisis Viskositas dengan *Brookfield Viscometer*



Analisis Protein Metode Formol



Analisis Lemak Metode Soxhlet



Analisis Organoleptik



Analisis Gula Reduksi Metode *Luffschrool*



Analisis Verifikasi Protein Metode Formol



Analisis Verifikasi Lemak Metode Soxhlet

