

**FORMULASI TEPUNG JAGUNG (*Zea mays L*) TEPUNG LABU
KUNING (*Cucurbita moschata*) DAN TEPUNG KEDELAI
(*Glycine max*) TERHADAP OPTIMASI KARAKTERISTIK
*TORTILLA CHIPS***

TUGAS AKHIR

**Karya Tulis sebagai salah satu syarat
Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan**

**Oleh
Deswita Ramadiani Nasio
21.302.0080**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

ABSTRAK

FORMULASI TEPUNG JAGUNG (*Zea mays* L) TEPUNG LABU KUNING (*Cucurbita moschata*) DAN TEPUNG KEDELAI (*Glycine max*) TERHADAP OPTIMASI KARAKTERISTIK TORTILLA CHIPS

Oleh
Deswita Ramadiani Nasio
NPM: 213020080
(Program Studi Teknologi Pangan)

Tortilla chips merupakan produk makanan ringan berbasis tepung jagung yang memiliki potensi untuk ditingkatkan nilai gizinya melalui penambahan tepung labu kuning dan tepung kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan formulasi tortilla chips berbahan dasar tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensoris menggunakan Design Expert versi 13 dengan metode Mixture D-Optimal. Variabel bebas meliputi tepung jagung (20,00-50,00%), tepung labu kuning (25,00-50,00%), dan tepung kedelai (20,00-40,00%). Program Design Expert menghasilkan 14 formulasi percobaan yang dianalisis terhadap kadar air, protein, serat kasar, β -karoten, daya kembang, dan organoleptik (aroma, rasa, warna, tekstur). Hasil penelitian menunjukkan formula optimal adalah tepung jagung 25,443%, tepung labu kuning 25,00%, dan tepung kedelai 20,807% dengan nilai desirability 0,732. Formula optimal menghasilkan tortilla chips dengan kadar air 4,54%, protein 25,00%, serat 6,17%, β -karoten 6,24 ppm, daya kembang 300%, dan penerimaan sensoris yang baik. Produk memenuhi standar SNI 2886-2015 dan berpotensi sebagai pangan fungsional.

Kata kunci: tortilla chips, tepung jagung, tepung labu kuning, tepung kedelai, optimasi formulasi, Design Expert, Mixture D-Optimal

ABSTRACT

FORMULATION OF CORN FLOUR (*Zea mays L*), PUMPKIN FLOUR (*Cucurbita moschata*) AND SOYBEAN FLOUR (*Glycine max*) FOR OPTIMIZATION OF TORTILLA CHIPS CHARACTERISTICS

By

Deswita Ramadiani Nasio

213020080

(Departement of Food Technology)

Tortilla chips are corn flour-based snack products that have potential for nutritional enhancement through the addition of pumpkin flour and soybean flour. This study aimed to optimize the formulation of tortilla chips based on corn flour, pumpkin flour, and soybean flour in terms of physical, chemical, and sensory characteristics using Design Expert version 13 with Mixture D-Optimal method. Independent variables included corn flour (20.00-50.00%), pumpkin flour (25.00-50.00%), and soybean flour (20.00-40.00%). The Design Expert program generated 14 experimental formulations analyzed for moisture content, protein content, crude fiber content, β -carotene content, expansion ratio, and organoleptic properties (aroma, taste, color, texture). Results showed the optimal formula was corn flour 25.443%, pumpkin flour 25.00%, and soybean flour 20.807% with a desirability value of 0.732. The optimal formula produced tortilla chips with moisture content 4.54%, protein content 25.00%, fiber content 6.17%, β -carotene content 6.24 ppm, expansion ratio 300%, and good sensory acceptance. The product met SNI 2886-2015 standards and has potential as functional food.

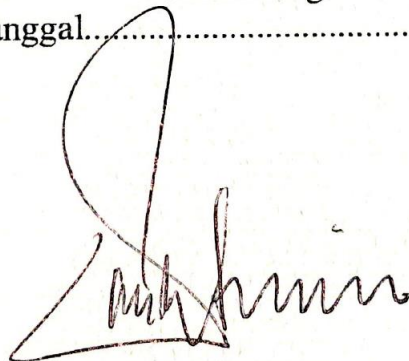
Keywords: tortilla chips, corn flour, pumpkin flour, soybean flour, formulation optimization, Design Expert, Mixture D-Optimal

**FORMULASI TEPUNG JAGUNG (*Zea mays* L) TEPUNG LABU
KUNING (*Cucurbita moschata*) DAN TEPUNG KEDELAI
(*Glycine max*) TERHADAP OPTIMASI KARAKTERISTIK
TORTILLA CHIPS**

Oleh
Deswita Ramadiani Nasio
NPM: 213020080
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui,
Pembimbing
Tanggal.....



Prof. Dr. Ir. Asep Dedi Sutrisno. MP.

**FORMULASI TEPUNG JAGUNG (*Zea mays* L) TEPUNG LABU
KUNING (*Cucurbita moschata*) DAN TEPUNG KEDELAI
(*Glycine max*) TERHADAP OPTIMASI KARAKTERISTIK
TORTILLA CHIPS**

Oleh
Deswita Ramadiani Nasio
NPM: 213020080
(Program Studi Teknologi Pangan)

Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Menyetujui,
Koordinator Pembelajaran, Kemahasiswaan, Kerja Praktek dan Tugas Akhir
Tanggal.....**20-10-25**.....

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a horizontal line and a small loop.

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

PEDOMAN PENGGUNAAN 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 keputusan 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 dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Nasio, D. R. (2025). *Formulasi Tepung Jagung (**Zea mays L**) Tepung Labu Kuning (*Cucurbita moschata*) dan Tepung Kedelai (*Glycine max*) Terhadap Optimasi Karakteristik Tortilla Chips*, Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan. Dibimbing oleh: Prof. Dr.Ir. Asep Dedy Sutrisno. M.P.

dan dalam bahasa inggris sebagai berikut:

Nasio, D. R. (2025). *Formulation of Corn Flour (*Zea mays L*), Pumpkin Flour (*Cucurbita moschata*), and Soybean Flour (*Glycine max*) for the Optimization of Tortilla Chips Characteristics*, Bachelor's Thesis, Universitas Pasundan. Suvervised by: Prof. Dr.Ir. Asep Dedy Sutrisno. M.P.

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

*Dipersembahkan kepada ayah, ibu, adik, serta keluarga besarku tercinta
yang senantiasa mendukung lahir dan batin*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena atas segala limpahan karunia dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“FORMULASI TEPUNG JAGUNG (*Zea mays*) LABU KUNING (*Cucurbita moschata*) DAN TEPUNG KEDELAI (*Glycine max*) TERHADAP OPTIMASI KARAKTER *TORTILLA CHIPS*.”** Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kurikulum program studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung. Shalawat serta salam tidak lupa selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para keluarganya, sahabatnya hingga kita yang insyaAllah menjadi pengikutnya hingga akhir zaman nanti, Aamiin yaa rabbal ‘alamin.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari kata sempurna. Laporan tugas akhir ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan, dorongan, bimbingan, pengarahan serta masukan dari berbagai pihak. Maka dengan kesempatan ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini. Sebagai ungkapan penghormatan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Asep Dedy Sutrisno, M.P. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan perhatian, bimbingan dan pengarahan selama penulis melakukan laporan tugas akhir.
2. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 yang telah memberikan saran, arahan serta ilmu dalam penyusunan laporan tugas akhir.

3. Dr.Ir. Yusep Ikrawan, M.Sc. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan saran, arahan serta ilmu dalam penyusunan laporan tugas akhir
4. Koordinator Pembelajaran dan Kemahasiswaan Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Bapak Rizal Maulana Ghaffar, S.T.,M.T.
5. Ketua Program Studi Teknologi Universitas Pasundan Bandung. Bapak Jaka Rukmana S.T., M.T. dan Sekretaris Program Studi Teknologi Pangan Universitas Pasundan, Ibu Dr. Ira Endah Rohima, ST., M.S.i
6. Endang Nasio dan Enung Nurhayati selaku orang tua, Najwa Nurjafirah selaku adik kandung, Fiddlin Nurani selaku sepupu saya dan keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, dan mendukung penulis menyelesaikan laporan ini, serta kasih sayang yang tak pernah terbalaskan.
7. Annisa Tabina, Apriani, Cindy, Riska, Shakila, dan Nur Dwi Oktaviani, Mega, Putri Agustine, Tata, Mahda, dan teman PMTP yang selalu memberikan bantuan, semangat, saran, dan menemani penulis dalam perkuliahan sampai menyusun laporan ini
8. Kepada semua pihak terkait yang sudah membantu dalam informasi serta membantu dalam mengerjakan Laporan Usulan Penelitian ini

Pada akhir kata, penulis berharap semoga dengan Laporan Usulan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak serta penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka Pemikiran	5
1.6 Hipotesis Penelitian	10
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Tortilla Chips	11
2.2 Tepung Jagung.....	13
2.3 Tepung Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>).....	16
2.4 Tepung Kedelai.....	18
2.5 Bahan Tambahan	21
2.5.1 Air	21
2.5.2 Baking Powder	23
2.5.3 Garam dan Merica.....	24
2.5.4 Bawang Putih Bubuk.....	27
2.6 Design Expert	29
BAB III METODELOGI PENELITIAN	31
3.1 Bahan dan Alat	31
3.1.1 Bahan	31
3.1.2 Alat.....	31
3.2 Metode Penelitian	32

3.2.1 Rancangan Analisis.....	32
3.2.2 Rancangan Respon.....	42
3.3 Prosedur Penelitian.....	43
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	50
3.4.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Jagung Kuning Tua .	50
3.4.2 Diagram Alir Tepung Labu Kuning Porang.....	51
3.4.3 Diagram Alir Tepung Kedelai Kuning.....	52
3.4.4 Diagram Alir Tortilla Chips	53
3.4.5 Diagram Alir Aplikasi Design Expert.....	54
3.5 Jadwal Penelitian	55
BAB IV PEMBAHASAN	55
4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan	56
4.1.2. Kadar Air pada Tepung.....	56
4.2 Hasil Penelitian Utama	59
4.2.2. Respon Kadar Air.....	62
4.2.3. Respon Fisik Daya Kembang.....	68
4.2.4. Kadar Protein	71
4.2.5. Kadar Serat.....	75
4.2.6. Kadar Beta Karoten.....	79
4.2.7. Analisis Organoleptik (Aroma).....	83
4.2.8. Analisis Organoleptik (Rasa)	87
4.2.9. Analisis Organoleptik (Warna)	91
4.2.10..... Analisis	
Organoleptik (Tekstur)	96
4.3. Penentuan Formula Optimal dengan Program Design Expert 13.....	102
4.3.1 Verifikasi Formula Optimal	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	111
5.1 Kesimpulan.....	111
5.2 Saran	112
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN	118

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan Mutu <i>Tortilla Chips</i>	12
2. Syarat Mutu Tepung Jagung.....	15
3. Syarat Mutu Tepung Terigu	17
4. Kandungan Gizi Labu Kuning.....	18
5. Syarat Mutu Tepung Kedelai (SNI 7612:2011).....	20
6. Syarat Mutu Air Mineral	23
7. Kualitas Garam Beriodium	25
8. Syarat Mutu Lada Putih.....	27
9. Kandungan Gizi Umbi Bawang Putih per 100 gram	28
10. Variabel Tetap dalam Pembuatan <i>Tortilla Chips</i>	33
11. Variabel Bebas dalam Pembuatan <i>Tortilla Chips</i>	34
12. Total Keseluruhan Variabel.....	34
13. Formulasi <i>Tortilla Chips</i> Tepung Jagung, Tepung Kedelai dan Tepung Labu Kuning (%).....	37
14. Kriteria Skala Hedonik	42
15. Jadwal Penelitian	55
16. Hasil Analisis Kadar Air Tepung Jagung, Labu Kuning, dan Kedelai.....	56
17. Hasil Analisis Kimia dari <i>tortilla chips</i>	59
18. Hasil Analisis Organoleptik Uji Hedonik	60
19. Model Ordo Terpilih dan Persamaan Polinomial Variabel Respon	61
20. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Kadar Air	63
21. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Daya Kembang	68
22. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Kadar protein	71
23. Penentuan Model Sistematis Terhadap Respon Kadar Serat.....	75
24. Penentuan Model Matematis pada Respon Beta Karoten	79
25. Penentuan model matematis terhadap respon organoleptik Aroma	83
26. Penentuan Model Matematis terhadap respon organoleptik rasa	87
27. Penentuan Model Matematis Terhadap Respon Organoleptik Warna	92
28. Penentuan Model Sistematis Terhadap Respon Organoleptik Warna	97
29. Goals, Target Bata dan Importance pada Komponen dan Respon	103
30. Solusi Formula Setelah Tahap Optimasi	106
31. Hasil Tahapan Verifikasi Serta Prediksi Tiap Respon	108
32. Perhitungan Kadar Air Tepung dan Produk <i>Tortilla Chips</i>	127
33. Perhitungan Daya Kembang <i>Tortilla Chips</i>	128
34. Perhitungan Kadar Serat Kasar <i>Tortilla Chips</i>	130
35. Perhitungan Beta Karoten <i>Tortilla Chips</i>	131
36. Perhitungan Protein %N	132
37. Perhitungan %Protein	134
38. Hasil Prediksi Formulasi <i>Tortilla Chips</i>	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Tortilla Chips</i>	11
2. Tepung Jagung	14
3. Tepung Labu Kuning.....	16
4. Tepung Kedelai	19
5. Air.....	22
6. Baking Powder	24
7. Garam.....	24
8. Merica.....	26
9. Bawang Putih Bubuk	27
10. Batasan Variabel Bebas	35
11. Laporan Input Data (<i>Tortilla Chips</i>).....	35
12. Jenis Respon yang digunakan pada Penelitian	36
13. Rancangan Formulasi dan Respon <i>Tortilla Chips</i>	36
14. Diagram Alir Pembuatan Tepung Jagung Kuning Tua	50
15. Diagram Alir Pembuatan Tepung Labu Kuning Parang	51
16. Diagram Alir Tepung Kedelai	52
17. Diagram Alir Pembuatan <i>Tortilla Chips</i>	53
18. Diagram Alir Aplikasi Design Expert	54
19. Grafik 3D <i>Surface</i> Berdasarkan Respon Kadar Air.....	65
20. Grafik Normal Plot of Residuals Respon Kadar Air	67
21. Grafik 3D <i>Surface</i> Berdasarkan Respon Daya Kembang.....	69
22. Grafik Predicted vs Actual berdasarkan respon Daya Kembang.....	70
23. Grafik 3D <i>Surface</i> Pada Respon Kadar Protein.....	73
24. Grafik Predicted pada Respon Kadar Protein.....	74
25. Grafik 3D <i>Surface</i> Pada Respon Kadar Serat	77
26. Grafik Predicted vs Actual pada Respon Kadar Protein.....	78
27. Grafik 3D <i>Surface</i> Terhadap Respon Beta Karoten	81
28. Grafik Predicted vs Actual terhadap respon Beta Karoten.....	82
29. Grafik 3D <i>Surface</i> terhadap respon Organoleptik Aroma	85
30. Grafik Predicted vs Actual	86
31. Grafik 3D <i>Surface</i> Terhadap Respon Organoleptik Rasa.....	90
32. Grafik Predicted vs Actual Terhadap respon organoleptik Rasa.....	90
33. Grafik 3D <i>Surface</i> Pada Respon Organoleptik Warna	94
34. Grafik Predicted vs Actual Terhadap Respon Organoleptik Warna.....	95
35. Grafik Predicted vs Actual Terhadap Respon Organoleptik Tekstur	100
36. Grafik 3D <i>Surface</i> Nilai Desirability	110
37. Hasil Data Anava Respon Kadar Air.....	143
38. Hasil Data Fit Statistics	143
39. Data Anava Respon Kadar Protein.....	143
40. Data Fit Statistics Kadar Protein.....	144

41. Data Anava Respon Kadar Serat	144
42. Data Fit Statistics.....	144
43. Data Anava Respon Beta Karoten	144
44. Data Fit Statistics.....	145
45. Data Anava Respon Daya Kembang	145
46. Data Fit Statistics Daya Kembang.....	145
47. Data Anava Organoleptik Rasa	146
48. Fit Statistics	146
49. Data ANAVA Respon Organoleptik (Aroma)	147
50. Data Fit Statistics Organoleptik (Aroma).....	147
51. Data Anava Organoleptik (Warna).....	147
52. Data Fit Statistics Organoleptik Warna	148
53. Respon Organoleptik Tesktur	148
54. Fit Statistic Organoleptik Tekstur.....	148
55. Proses Dektruksi	153
56. Hasil Proses Dektruksi	153
57. Proses Destilasi.....	153
58. Persiapan Titrasi	153
59. Hasil Titrasi	153
60. Proses Ekstraksi	154
61. Hasil dari Ekstraksi.....	154
62. Analisis Beta Karoten.....	154
63. Pembacaan Spektorofotometri.....	154
64. Analisis Kadar Serat	154
65. Proses Analisis Kadar Serat.....	154
66. Analisis Fisik Daya Kembang	155
67. Daya Kembang Setelah di Oven.....	155
68. Analisis Kadar Air	155
69. Analisis Organoleptik	155
70. Pembuatan Tepung Labu Kuning.....	156
71. Pembuatan Tepung Jagung.....	156
72. Pembuatan Tepung Kedelai.....	156
73. Tortilla Chips.....	156
74. Pemanggangan Tortilla.....	156
75. Formulasi Terbaik.....	156

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rincian Perhitungan Bahan Baku dan Biaya Penelitian	118
Lampiran 2. Prosedur Analisis Fisik Daya Kembang	119
Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar Air Dengan Metode Gravimetri	120
Lampiran 4. Prosedur Analisis Kadar Serat Kasar Metode Gravimetri	121
Lampiran 5. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode Kjeldahl	122
Lampiran 6. Prosedur Analisis Kadar Total Karoten Metode Spektrofotometri ..	124
Lampiran 7. Formulir Pengujian Organoleptik Uji Hedonik.....	125
Lampiran 8. Hasil Penelitian Pendahuluan dan Penelitian Utama	127
Lampiran 9. Uji Organoleptik Hedonik pada Tortilla Chips.....	135
Lampiran 10. Data ANAVA Respon Pengaplikasian Design Expert.....	143

BAB 1 PENDAHULUAN

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

1.1 Latar Belakang Masalah

Gaya hidup sehat kini semakin menjadi perhatian masyarakat, termasuk dalam pemilihan makanan ringan. Tren konsumsi pangan berbasis nabati mendorong meningkatnya minat terhadap snack sehat dan vegetarian yang rendah lemak jenuh, bebas kolesterol, serta kaya akan serat. Konsumen kini lebih sadar akan pentingnya memilih makanan yang tidak hanya lezat, tetapi juga memiliki manfaat kesehatan dan bernutrisi tinggi.

Tortilla chips merupakan makanan ringan berbasis tepung jagung yang memiliki tekstur renyah dan cita rasa khas. Produk ini semakin populer karena dapat dikonsumsi sebagai camilan sehat maupun pelengkap hidangan lainnya. Tortilla chips dikenal sebagai sumber energi, vitamin B, protein, dan kalsium, namun kandungan proteinnya masih tergolong rendah (Winarno, 2004). Oleh karena itu, perlu dikembangkan alternatif dengan penambahan bahan tambahan seperti tepung kedelai dan tepung labu kuning untuk meningkatkan nilai gizi produk.

Indonesia merupakan negara agraris dengan potensi produksi bahan pangan yang melimpah, seperti jagung, kedelai, dan labu kuning. Pada tahun 2024, produksi jagung pipilan kering di Indonesia mencapai 15,14 juta ton, meningkat 2,47% dibandingkan tahun sebelumnya. Produksi kedelai dan labu kuning pada tahun 2022 masing-masing mencapai 301,52 ribu ton dan 461.804 ton. Pemanfaatan ketiga bahan tersebut dalam pengembangan produk tortilla chips sehat dinilai strategis karena dapat meningkatkan nilai gizi sekaligus mendukung diversifikasi pangan dan pemanfaatan potensi komoditas dalam negeri.

Jagung kuning tua dipilih sebagai bahan dasar karena memiliki karakteristik unggul untuk pembuatan tortilla chips. Jagung kuning tua mengandung karbohidrat tinggi (72% dari berat kering) dengan kandungan amilosa optimal (25-30%) yang memberikan struktur renyah setelah dipanggang. Selain itu, jagung kuning tua memiliki kandungan β -karoten yang lebih tinggi dibandingkan jagung putih, sehingga memberikan warna kuning emas yang menarik dan nilai nutrisi yang lebih baik sebagai sumber provitamin A. Tepung labu kuning (*Cucurbita moschata*) varietas porang ditambahkan karena memiliki kandungan β -karoten yang sangat tinggi (150-200 $\mu\text{g}/100\text{g}$) sebagai sumber antioksidan dan provitamin A. Penambahan tepung labu kuning tidak hanya meningkatkan nilai nutrisi, tetapi juga memberikan warna oranye alami yang menarik dan menambah kandungan serat pangan pada produk akhir. Tepung kedelai kuning dipilih sebagai sumber protein nabati

tertinggi dengan kandungan protein sekitar 42%. Kedelai kuning mengandung asam amino esensial yang lengkap, terutama lisin yang mencapai 154% dari persyaratan FAO, jauh lebih tinggi dibandingkan beras dan gandum.

Kombinasi ketiga bahan ini diharapkan dapat menghasilkan tortilla chips dengan karakteristik yang optimal. Jagung memberikan struktur dasar yang renyah dan energi, labu kuning meningkatkan kandungan antioksidan dan serat sambil memberikan warna menarik, sedangkan kedelai meningkatkan kandungan protein dan memberikan sifat pengikat yang baik untuk tekstur. Penelitian Syafutri (2014) menunjukkan bahwa kombinasi labu kuning dan kedelai dalam bentuk bubur menghasilkan tortilla yang diterima baik secara sensoris, namun teksturnya kurang renyah. Penggunaan tepung diharapkan dapat mengatasi masalah tersebut dan menghasilkan produk yang lebih renyah dengan nilai gizi yang tinggi.

Untuk menentukan komposisi bahan yang optimal serta waktu pemanggangan yang tepat, diperlukan pendekatan optimasi menggunakan Design Expert dengan metode Mixture Design. Optimasi ini bertujuan memaksimalkan hasil dan efisiensi proses untuk memperoleh tortilla chips dengan karakteristik fisik, kimia, dan sensoris terbaik. (Bas dan Boyaci, 2007).

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang di kemukakan di atas maka dapat diidentifikasi masalah yaitu apakah kombinasi formulasi tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai, dapat menghasilkan karakteristik tortilla chips yang optimal?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian menunjukkan pada apa yang akan dikerjakan dalam penelitian untuk menjawab masalah-masalah. Maksud dilakukan penelitian ini adalah untuk mengembangkan produk tortilla chips berbasis tepung jagung yang lebih bergizi dan bernilai fungsional melalui pemanfaatan bahan lokal seperti tepung labu kuning dan tepung kedelai, serta menentukan proses pengolahan yang optimal.

Tujuan penelitian menunjukkan pada apa yang akan diperoleh atau dicapai oleh maksud penelitian itu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan formulasi tortilla chips berbahan dasar tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensoris, dengan bantuan perangkat lunak Design Expert versi 13 menggunakan metode Mixture D-Optimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini ialah:

1. Memberikan alternatif formulasi tortilla chips yang lebih bergizi dan sesuai untuk konsumen dengan gaya hidup sehat, termasuk vegetarian.
2. Mendorong pemanfaatan bahan pangan lokal seperti labu kuning dan kedelai dalam industri makanan ringan
3. Memberikan informasi kepada pelaku usaha maupun pengembang produk tentang komposisi bahan dan proses pengeringan yang optimal dalam pembuatan tortilla chips berbasis nabati.

1.5 Kerangka Pemikiran

Tortilla merupakan produk olahan berbasis jagung yang berasal dari Amerika Tengah dan telah berkembang menjadi berbagai varian seperti tortilla chips. Produk ini memiliki tekstur renyah dan rasa khas yang digemari oleh konsumen. Meskipun demikian, kandungan gizi tortilla chips, terutama kandungan protein dan seratnya, masih dapat ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi masyarakat yang semakin sadar akan pangan sehat.

Menurut Okfrianti (2013), kadar air maksimum tortilla chips adalah 6%, sedangkan Winarno (2002) menyebutkan bahwa kadar air optimal bahan pangan kering berkisar antara 3–7%. Kadar air yang rendah penting untuk menjaga kerenyahan dan umur simpan produk. Syaiful (2022) menambahkan bahwa karakteristik tortilla chips yang baik meliputi tekstur renyah, warna cerah, dan kandungan gizi yang tinggi seperti protein dan serat. Kadar air

dalam tortilla chips dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu komposisi bahan baku dimana tepung jagung memiliki kadar air 10-14%, labu kuning 3-15%, dan kedelai 8-10%. Selain itu, kondisi dan lama pemanggangan, ketebalan adonan saat dipipihkan, serta kondisi penyimpanan produk juga berpengaruh terhadap kadar air akhir produk

Kandungan protein dalam tortilla chips berasal dari tepung jagung yang mengandung protein 8-12% dan dapat ditingkatkan dengan penambahan kedelai yang mengandung protein tinggi 35-40%. Protein berperan dalam pembentukan struktur produk dan meningkatkan nilai gizi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan protein meliputi proporsi kedelai dalam formulasi, proses denaturasi protein selama pemanggangan, kualitas protein bahan baku, dan interaksi protein dengan komponen lain dalam adonan. Kandungan serat dalam tortilla chips dapat ditingkatkan dengan penambahan labu kuning yang mengandung serat 2-4%. Serat berperan dalam meningkatkan nilai fungsional produk untuk kesehatan pencernaan. Kandungan serat dipengaruhi oleh proporsi labu kuning dalam formulasi, pengolahan bahan baku seperti tingkat penghalusan, dan stabilitas serat selama proses pemanggangan.

Beta-karoten merupakan antioksidan alami yang terdapat dalam labu kuning dengan kandungan 3000-7000 $\mu\text{g}/100\text{g}$. Senyawa ini berperan sebagai provitamin A dan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan. Kandungan beta-karoten dipengaruhi oleh proporsi labu kuning dalam formulasi, stabilitas beta-karoten terhadap panas selama pemanggangan, kondisi penyimpanan

bahan baku, dan interaksi dengan komponen lain dalam adonan. Oleh karena itu, optimasi formulasi perlu mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk memaksimalkan retensi beta-karoten dalam produk akhir.

Penambahan bahan pangan lokal seperti labu kuning (*Cucurbita moschata*) dan kedelai (*Glycine max*) menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas nutrisi tortilla chips. Tepung jagung sebagai bahan utama mengandung karbohidrat 70-80%, protein 8-12%, serat 2-4%, dan lemak 3-4%. Keunggulan yang ditonjolkan dari tepung jagung adalah sebagai base struktural utama tortilla chips, sumber karbohidrat kompleks, pemberi tekstur renyah karakteristik, dan kandungan pati yang tinggi untuk pembentukan struktur. Labu kuning mengandung beta-karoten 3000-7000 µg/100g, serat 2-4%, vitamin A, C, dan mineral. Keunggulan yang ditonjolkan dari labu kuning meliputi sumber beta-karoten dan antioksidan alami, pewarna alami yang memberikan warna kuning-oranye menarik, meningkatkan kandungan serat untuk kesehatan pencernaan, menambah nilai fungsional produk, serta sumber vitamin dan mineral penting.

Kedelai mengandung protein 35-40%, lemak 18-20%, serat 4-6%, dan isoflavon. Keunggulan yang ditonjolkan dari kedelai adalah sebagai sumber protein nabati berkualitas tinggi, mengandung asam amino esensial lengkap, sumber isoflavon untuk kesehatan, memberikan rasa gurih (umami) alami, dan meningkatkan nilai biologis protein produk. Menurut Ihrami (2022), kombinasi tepung jagung, labu kuning, dan tempe terbukti memengaruhi sifat kimia dan

sensoris tortilla. Syaiful (2022) juga menunjukkan bahwa kombinasi tepung jagung dan kedelai 60:30 memberikan peningkatan pada warna, kadar air, protein, dan tekstur.

Daya kembang merupakan parameter uji fisik yang penting dalam pembuatan tortilla chips. Daya kembang adalah kemampuan adonan untuk mengembang selama proses pemanggangan, yang diukur berdasarkan perubahan volume atau ketebalan produk. Parameter ini penting karena menentukan tekstur akhir produk (renyah vs padat), mempengaruhi porositas dan kerenyahan, serta berkaitan dengan penerimaan konsumen terhadap tekstur. Faktor yang mempengaruhi daya kembang meliputi kandungan protein yang membentuk jaringan untuk menahan gas selama pemanggangan, kandungan air yang berubah menjadi uap penyebab pengembangan adonan, kandungan lemak yang mempengaruhi pembentukan struktur dan pengembangan, suhu dan waktu pemanggangan yang menentukan pembentukan uap optimal, serta ketebalan adonan yang mempengaruhi distribusi panas dan pembentukan uap.

Berdasarkan penelitian terdahulu, Maripattu (2016) menunjukkan bahwa penambahan 20% tepung labu kuning pada tortilla chips jagung 80% memberikan hasil optimal dari kadar air 3,40%, kadar abu 9,63% lemak 21,36% serta diterima dengan baik oleh panelis. Penelitian Syarifah dan Amrih (2021) menunjukkan formulasi keripik tortilla dengan berbagai perbandingan tepung jagung dan tepung bayam merah/bit merah (90:10, 75:25, 50:50)

memberikan karakteristik yang berbeda formulasi keripik tortilla terdiri dari gula halus 5 g, garam 1 g, bawang putih 0,5 g, merica bubuk 0,25g, dan penyedap rasa 1 g. Pada formulasi 1 perbandingan tepung jagung dan tepung bayam merah/tepung bit merah yaitu 90:10 sebanyak 45 g dan 5 g.

Penelitian Rohmayanti (2019) menggunakan baking powder 1 g dalam formulasi pembuatan tortilla chips dengan penambahan tepung ampas kecap.

Menurut Kumalaningsih dkk. (2015), pembuatan tortilla chips dalam industri kecil meliputi beberapa proses yaitu setelah adonan tercampur rata, kemudian dipipihkan dalam keadaan hangat, lalu dipanggang dalam oven dengan suhu 175°C selama 10 menit. Kondisi pemanggangan ini berpengaruh terhadap penguapan air untuk mencapai kadar air optimal (3-6%), pembentukan tekstur renyah melalui gelatinisasi pati, retensi beta-karoten yang memerlukan optimasi untuk meminimalkan degradasi, dan denaturasi protein untuk meningkatkan daya cerna. Metode pemanggangan menjadi alternatif yang baik untuk menjaga kualitas sensoris produk sekaligus mengurangi kadar lemak dibandingkan dengan penggorengan (Kaur dan Aggarwal, 2017).

Untuk mengatasi kompleksitas dalam menentukan formulasi yang optimal, digunakan metode Design Expert dengan pendekatan Mixture Design D-Optimal. Metode ini mampu mengevaluasi berbagai kombinasi bahan dan memprediksi respon terbaik berdasarkan parameter yang diamati. D-Optimal dikenal efisien dalam penggunaan bahan, biaya, dan waktu, serta menyediakan

prediksi formulasi yang akurat untuk mencapai karakteristik produk yang diinginkan (Borhan et al., 2014).

1.6 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah dan didukung oleh kerangka pemikiran dapat diduga bahwa, kombinasi tepung jagung, tepung kedelai dan labu kuning dapat menghasilkan karakteristik tortilla chips yang optimal secara fisik, kimia, dan organoleptik

1.7 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan, Universitas Pasundan yang beralamat di Jl. Dr. Setiabudhi No. 191, Kota Bandung, Jawa Barat. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2025 sampai dengan selesai.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1)Tortilla Chips, (2.2) Tepung Jagung, (2.3) Tepung Labu Kuning (2,4) Tepung Kedelai dan (2.5) Bahan Tambahan

2.1 Tortilla Chips

Tortilla adalah salah satu produk dari Meksiko yang diolah dengan menggunakan bahan dasar jagung dan dibuat melalui proses pemasakan, penggilingan, pengeringan dan penggorengan. Adapun karakteristik tortila yaitu memiliki berbagai macam bentuk, antara lain bentuk segitiga dan persegi panjang dengan ketebalan yang berbeda, oleh karena itu tidak ada standar khusus bagi Tortilla. (Nurhayati, 2021).



Gambar 1. *Tortilla Chips*

(Sumber: iherb,2021)

Tortilla

Chips mempunyai

tekstur yang renyah dan diolah secara sederhana tanpa bahan pewarna, bahan pengawet, sehingga terjaga keamanannya. Pembuatan *tortilla chips* dilakukan dengan perendaman, penggilingan jagung yang ditambahkan dengan bumbu dilanjutkan dengan pencetakan adonan lalu digoreng atau dipanggang dalam oven (Budiman, dan Haryanto. 2015) Keunggulan dari produk tortilla chips

yaitu harganya yang terjangkau, memiliki umur simpan yang lama (Satjaya dkk, 2017). Tortilla dapat dibuat dari berbagai bahan terutama yang mengandung pati atau bahan tidak berpati dengan penambahan tepung pati. Kualitas Tortilla ditentukan oleh proses gelatinasi pati pada saat pemasakan seperti penggorengan produk yang di hasilkan renyah. Gelatinasi pati adalah perubahan granula pati yang membengkak atau mengembang, tetapi tidak dapat kembali lagi pada kondisi yang semula. Granula-granula pati yang tergelatinisasi sempurna akan mengakibatkan pemecahan sel-sel pati lebih baik selama penggorengan (Siaw, 1985) Terdapat mutu *tortilla chips* yang dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Makanan Ekstrudat Menurut SNI 2886-2015

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan	-	Normal
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	-	Normal
1.4	Tekstur	-	Normal
2.	Kadar Air	Fraksi massa, %	Maks. 4
3	Kadar Lemak		
3.1	Proses Penggorengan	Fraksi massa, %	Maks. 38
3.2	Tanpa proses Penggorengan	Fraksi massa, %	Maks. 30
4	Kadar Garam (dihitung sebagai NaCl)	Fraksi massa, %	Maks. 2,5
5	Bilangan Asam	Mg KOH/g minyak	Maks. 2
No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
6	Bilangan Peroksida	Peroksida/ 1000 g	Maks. 10

7	Kadar abu tidak larut dalam asam	Fraksi massa, %	Maks. 0,1
8	Cemaran Logam		
8.1	Timbal (Pb)		Maks. 0,25
8.2	Kadmium (Cd)	Mg/kg	Maks. 0,2
8.3	Timah (Sn)	Mg/kg	Maks. 0,25
8.4	Merkuri (Hg)	Mg/kg	Maks. 1x10 ⁴
9	Cemaran Arsen (As)	Mg/kg	<3
10	Cemaran Mikroba		
10.1	Angka lempang total	Kolori/g	Maks. 1x10 ⁴
10.2	<i>Escherichia coli</i>	APM/g	<3
10.3	<i>Salmonella sp</i>	-	Negative/25 g
10.4	<i>Staphylococcus aureus</i>	Koloni/g	Maks. 1x10 ²

(Sumber: BSN,2015).

2.2 Tepung Jagung

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan sumber karbohidrat utama kedua setelah beras dan memiliki peran penting dalam sistem pertanian serta ketahanan pangan di Indonesia. Di beberapa wilayah, jagung bahkan digunakan sebagai makanan pokok pengganti beras. Selain sebagai pangan manusia, jagung juga dimanfaatkan secara luas sebagai pakan ternak dan bahan baku industri pangan maupun non-pangan (Basir, 2004). Secara nutrisi, jagung memiliki potensi sebagai bahan pangan fungsional karena mengandung berbagai zat gizi penting, seperti karbohidrat, protein, serat pangan (sekitar 2,4% serat kasar), asam lemak esensial, isoflavon, serta mineral seperti kalsium (Ca), kalium (K), natrium (Na), magnesium (Mg), fosfor (P), dan zat besi (Fe). Jagung juga mengandung senyawa bioaktif

seperti antosianin dan β -karoten (provitamin A), serta komposisi asam amino esensial yang mendukung nilai gizi protein nabatinya (Suarni, 2009).



Gambar 2. Tepung Jagung

(Sumber: Kompas)

Komponen kimia utama dalam jagung adalah karbohidrat, yang mencakup sekitar 72% dari berat kering biji, dengan sebagian besar dalam bentuk pati. Kandungan pati dalam jagung tersusun atas amilosa (sekitar 25–30%) dan amilopektin, yang memengaruhi sifat fungsional dan tekstur produk olahan berbasis jagung (Adinda, 2017). Jagung kuning tua memiliki karakteristik khusus dengan kandungan β -karoten yang lebih tinggi dibandingkan jagung putih atau jagung muda, sehingga memberikan warna kuning yang lebih intens dan nilai nutrisi yang lebih baik sebagai sumber provitamin A. Jagung kuning tua dipilih untuk pembuatan tepung karena memiliki kandungan pati yang lebih stabil, kadar air yang lebih rendah, dan tekstur yang lebih keras sehingga menghasilkan tepung dengan kualitas yang lebih baik dan daya simpan yang lebih lama (Purwanto dan Wahyuni, 2013). Tepung jagung adalah hasil pengolahan biji jagung kering melalui proses penggilingan atau

penepungan yang banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk olahan, baik tradisional maupun modern, seperti kue, roti, bubur, dan camilan seperti tortilla chips.

Tabel 2. Syarat Mutu Tepung Jagung

No	Karakteristik Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan		
	1.1 Bau	-	Normal
	1.2 Rasa	-	Normal
	1.3 Warna	-	Normal
2.	Benda benda asing		Tidak Boleh ada
3.	Serangga dalam bentuk stadis dan potong potongan		Tidak Boleh ada
4.	Jenis pati lain selain pati jagung		Tidak boleh ada
5.	Kehalusan		
	5.1 Lolos Ayakan mesh 80	%	Min 70
	5.2 Lolos ayakan 60 mesh	%	Min 99
6.	Air	% b/b	Min. 70
7.	Abu	% b/b	Min. 99
8.	Silikat	% b/b	Maks 10
9.	Serat kasar	% b/b	Maks. 1,5
10.	Derajat asam	mL.N NaOH/100g	Maks 4.0
No	Karakteristik Uji	Satuan	Persyaratan
11.	Cemaran Logam: 11.1 Timbal (Pb) 11.2 Tembaga (Cu) 11.3 Seng (Zn) 11.4 Raksa (Hg)	Mg/kg Mg/kg Mg/kg Mg/kg	Maks 1.0 Maks. 10.0 Maks 40.0 Maks 0,05
12.	Cemaran arsen (As)		Maks. 0,5
13.	Cemaran Mikroba 13.1 Angka Lempeng Total 13.2 E.coli 13.3 Kapang	Koloni/g Koloni/g Koloni/g	Maks. 10 ⁶ Maks.10 ⁶ Maks 10 ⁴

(Sumber: Standar Nasional Indonesia, 372-2020)

2.3 Tepung Labu Kuning (*Cucurbita moschata*)

Labu kuning termasuk salah satu jenis pangan yang mengandung 78,77% karbohidrat, 3,74% protein, 1,34% lemak dan 2,90% serat kasar (Hidayah, 2010). diperkaya dengan serat. Sebagai salah satu komoditas hortikultura yang tergolong famili *Cucurbitaceae*, labu kuning memiliki warna oranye yang menandakan bahwa labu mengandung antioksidan penting yaitu β -karoten. Bahan ini dikonversi menjadi vitamin A di dalam tubuh. Karoten merupakan salah satu pigmen karotenoid di mana senyawa tersebut berhubungan erat dengan aktivitas antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh.



Gambar 3. Tepung Labu Kuning
(Sumber: Pribadi,2025)

Cucurbita moschata varietas labu kuning porang merupakan spesies labu kuning yang banyak dibudidayakan di Indonesia dengan karakteristik kandungan pati tinggi (35-40% dari berat kering) dan kandungan air relatif

rendah (85-88%) sehingga cocok untuk diolah menjadi tepung (Setyowati dan Hanarida, 2012). Tepung labu kuning memiliki potensi yang baik untuk aplikasi pembuatan tortilla chips karena kandungan karbohidrat kompleks yang tinggi memberikan kemampuan pembentukan struktur yang baik saat dipanaskan, kandungan amilosa 18-22% memberikan tekstur renyah yang diinginkan, serta kandungan β -karoten (150-200 $\mu\text{g}/100\text{g}$) yang memberikan warna oranye menarik dan meningkatkan nilai nutrisi sebagai sumber provitamin A (Widodo *dkk.*, 2019 Rahayu dan Sari, 2017). Tepung labu kuning berpotensi sebagai pendamping tepung terigu. berikut syarat mutu tepung terigu menurut SNI 3751-2018 syarat mutu tepung terigu dan yang telah diatur dapat dilihat pada Tabel 3 dan pada Tabel 4 terdapat kandungan labu kuning.

Tabel 3. Syarat Mutu Tepung Terigu

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan:		
a. Bentuk	-	Serbuk
b. Bau	-	Normal (bebas dari bau asing)
c. Warna	-	Putih, khas terigu
Benda Asing	-	Tidak ada
Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Serangga dalam semua bentuk stadia dan potongan-potongannya yang tampak	-	Tidak ada
Kehalusan, lolos ayakan 212 μm (mesh No.70) (b/b)	%	Min 95
Kadar Air (b/b)	%	Maks. 14,5
Kadar Abu (b/b)	%	Maks. 0,70
Kadar Protein (b/b)	%	Min. 7.0
Keasaman	mg KOH/ 100 g	Maks 50
<i>Falling number</i> (atas dasar kadar air 14%)	Detik	Min. 300
Besi (Fe)	mg/kg	Min. 50

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
Seng (Zn)	mg/kg	Min.30
Vitamin B1 (tiamin)	mg/kg	Min. 2,5
Vitamin B2 (riboflavin)	mg/kg	Min. 2
Asam folat	mg/kg	Maks. 0,50
Cemaran Mikroba:		
a. angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 1×10^6
b. E. coli	APM/g	Maks. 10
c. Kapang	koloni/g	Maks. 1×10^4
d. <i>Bacillus cereus</i>	koloni/g	Maks 1×10^4

(Sumber: Standar Nasional Indonesia,2018)

Tabel 4. Kandungan Gizi Labu Kuning

No	Kandungan gizi	Kadar
1.	Energi (kal)	2,9
2.	Protein (g)	1,1
3.	Lemak (g)	0,3
4.	Karbohidrat/pati (g)	6,6
5.	Kalsium (mg)	4,5
6.	Fosfor (mg)	64,0
7.	Zat besi (mg)	1,4
8.	Vitamin A (SI)	180,0
9.	Vitamin B (mg)	0,9
10.	Vitamin C (mg)	52,0
11.	Air (%)	91,20
12.	BDD (%)	77,0

Sumber: (Sudarto,2000 :16)

2.4 Tepung Kedelai

Kacang kedelai merupakan jenis kacang-kacangan yang dikenal dan banyak dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat sebagai sumber gizi utama dan sumber komponen pangan fungsional khususnya protein. Kacang kedelai dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi pada pembuatan produk makanan, baik secara langsung ataupun dalam bentuk tepung (Kanetro, 2017). Protein kedelai merupakan satu-satunya leguminosa yang mengandung semua asam amino esensial yaitu isoleucine, leusin, lisin, methionin,

phenylalanin, threonin, tryptophane, valine, sistein, dan tirosin, kecuali asam amino bersulfur. Selain mengandung asam amino yang relatif lengkap, kedelai juga mengandung asam lemak tidak jenuh tinggi yang dapat menurunkan total kolesterol dalam darah (Cahyadi, 2007). Kedelai memiliki asam amino essensial lisin yang tinggi dan melebihi persyaratan Food and Agriculture Organization (FAO) yaitu 154%, sedangkan pada beras dan gandum hanya mencapai masing-masing 94% dan 67% (Widaningrum *et al.* 2005).



Gambar 4. Tepung Kedelai

Sumber: (Markaindo,2022)

Kedelai

kuning

memiliki karakteristik khusus dengan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan varietas kedelai lainnya dan memberikan warna kuning alami yang menarik pada produk olahan (Astawan, 2009). Tepung kedelai adalah tepung yang terbuat dari kedelai dengan cara dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak sampai didapatkan tepung kedelai yang halus. Tepung kedelai mengandung sekitar 42% protein, dapat dikatakan sebagai produk putih telur nabati yang tertinggi, serta mengandung karbohidrat, lemak,

kalsium, Vitamin A, Vitamin B1 dan Vitamin C (Cahyadi, 2007; Graaff, 2005). Dibandingkan dengan produk turunan kedelai lain seperti tahu dan tempe, tepung kedelai lebih mudah dibuat, mudah penggunaannya, dan dapat disimpan lama. Tepung kedelai kuning cocok untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan tortilla chips karena kandungan proteinnya yang tinggi dapat meningkatkan nilai gizi produk, memberikan warna kuning yang menarik, serta memiliki sifat pengikat yang baik untuk meningkatkan tekstur renyah produk akhir (Koswara, 1992).

Tabel 5. Syarat Mutu Tepung Kedelai (SNI 7612:2011)

Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan	-	
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Warna	-	Normal
Benda Asing	-	Tidak boleh
Serangga	-	Tidak Boleh
Kehalusan	%(b/b)	Maks 2,5
Lolos 60 mesh	%(b/b)	Min. 95
Lolos 40 mesh	%(b/b)	100
Kadar Air	%(b/b)	Maks. 10,0
Kadar Abu	%(b/b)	Min. 6,0
Kadar Lemak	%(b/b)	Min. 17,0
Kadar Protein	(N × 6,25) (b/b)	Maks. 30,0
Serat kasar	%(b/b)	Maks. 3,0
Derajat asam	ml N NaOH/100gr	Maks. 2,0
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0
Tembaga (C)	mg/kg	Maks. 10
Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
Cemaran arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5
Angka lempeng total	Koloni/gr	Maks. 10 ⁶
E-coli	APM/gr	Maks. 10
Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Kapang	Koloni/gr	Maks. 10 ⁴

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 2011).

2.5 Bahan Tambahan

2.5.1 Air

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan karena hampir semua jenis makanan mengandung air dengan proporsi yang berbeda-beda. Kandungan air dalam bahan makanan ini dapat menentukan mutu, tingkat penerimaan (acceptability) dan daya awet bahan makanan yang bersangkutan. Perlu diingat bahwa air akan digunakan harus mempunyai syarat-syarat seperti tidak berwarna, tidak berbau, jernih, tidak mempunyai rasa, tidak mengandung besi (Fe) dan mangan (Mn), tidak mengganggu kesehatan dan tidak menyebabkan kebusukan bahan pangan yang diolah (Suryani,2022).

Jumlah air yang digunakan dalam adonan tortilla akan mempengaruhi tingkat adonan tortilla, penyerapan minyak dan kerenyahan produk akhir. Bila jumlah air kurang, tidak terjadi gelatinisasi sempurna selama pengukusan sehingga tortilla tidak dapat mengembang lembek sehingga adonan sulit dibentuk dan tortilla sulit dirilis (Mohamed, 1988 dalam suryani 2022).

Fungsi air dalam adonan tortilla adalah untuk melarutkan garam, dan bumbu-bumbu, juga untuk menyebarkan bahan-bahan secara merata. Perbandingan air tepung untuk mendapatkan adonan yang baik adalah 1:3 (Lavlinesia,1995)



Gambar 5. Air
(Sumber: Detik,2025)

Tabel 6.Syarat Mutu Air Mineral

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan		
Bau	-	Tidak berbau
Rasa	-	Normal
Warna	Unit Pt-Co	Maks 5
pH	-	6,0-8,5/m in.4,0*
Kekeruhan	NTU	Maks 1,5
Zat yang terlarut	Mg/L	Maks 500
Zat organik (angka KMnO ₄)	Mg/L	Maks 0,1
Nitrat (NO ₃)	Mg/L	Maks 0,15
Nitrit (NO ₂)	Mg/L	Maks 200
Amonium (NH ₄)	Mg/L	Maks 250
Sulfat (SO ₄)	Mg/L	Maks 1,0
Klorida (Cl ⁻)	Mg/L	Maks 0,05
Flourida (F)	Mg/L	Maks 0,1
Sianida (CN)	Mg/L	Maks 0,05
Mangan (MN)	Mg/L	Maks 0,7
Klor bebas (Cl ²)	Mg/L	Maks 2,4
Kromium (Ba)	Mg/L	Maks 0,01
Barium (Ba)	Mg/L	Maks 0,7
Boron (B)	Mg/L	Maks 2,4
Selenium (Se)	Mg/L	Maks 0.01

2.5.2 Baking Powder

Baking powder merupakan bahan pengembang atau zat anorganik yang ditambahkan kedalam adonan (bisa tunggal atau campuran) untuk

menghasilakngas CO₂ membentuk inti untuk perkembangan tekstur. Fungsi Baking powderyaitu dapat melepaskan gas hingga jenuh dengan gas CO₂ lalu dengan teraturmelepaskan gas selama pemanggangan agar adonan mengembang sempurna menjaga pengusutan, dan untuk menyergamkan remah. (Setyowati,2014)



Gambar 6. Baking Powder
(Sumber: detikcom,2024)

2.5.3 Garam dan Merica



Gambar 7. Garam
(Sumber: halodoc,2023)

Garam merupakan salah satu bahan kimia yang banyak diperlukan di dalam industri kimia, farmasi, pangan dan kebutuhan sehari – hari. Garam adalah senyawa kimia yang komponen utamanya mengandung natrium

klorida (NaCl), senyawa air, ion magnesium, ion kalsium dan ion sulfat. Garam diperlukan untuk kebutuhan rumah tangga, juga merupakan komoditas strategis karena banyak diperlukan sebagai bahan baku di berbagai industri kimia terutama untuk produksi gas klor (Cl_2), asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH), natrium sulfat (Na_2SO_4), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium bikarbonat (NaHCO_3). Dalam pembuatan tortilla chips konsentrasi garam pada tortilla jagung ini berfungsi sebagai menambah rasa, memperkuat tekstur, meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas pasta, serta mengikat air. Peristiwa hidrasi ion garam akan menarik sejumlah molekul air. Penambahan konsentrasi garam yang semakin banyak maka semakin banyak ion hidrat dan molekul air yang tertarik sehingga menyebabkan penurunan aktivitas air (a_w) bahan pangan (winarno,2004). Kualitas garam beriodium mengacu kepada standar nasional indonesia SNI

Tabel 7. Kualitas Garam Beriodium

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Kadar air	%b/b basah)	Maks. 7%
Kadar NaCl di hitung dari jumlah klorida	% (adbk kering)	Min 94 %
Bagian tidak larut dalam air	% (adbk)	Maks. 0,5%
Iodium Dihitung sebagai kalium iodrat (KI0_3)	mg/kg	Min 30 mg/kg
Cemaran logam: Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,5 mg/kg
Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan

Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 10
Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,1
Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1

Keterangan : b/b = bobot/bobot

Adbk = atas dasar berat kering

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 3556:2024



Gambar 8. Merica

(Sumber: Tirtoid,2021)

Lada putih atau merica (*piper nigrum L.*) merupakan salah satu tanaman rempah-rempah yang biasanya digunakan sebagai penyedap rasa makanan, biji lada biasanya juga digunakan sebagai obat herbal dan anti bakteri. Lada juga banyak diminati oleh bangsa-bangsa di Eropa, kebutuhan lada di dunia mencapai angka 350.000 ton/tahun. Kontribusi Indonesia sebagai pengeksport lada mencapai 29% dari kebutuhan dunia, terbesar kedua

setelah Vietnam. Produksi lada tahun 2014 mencapai 91.941 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014).

Tabel 8. Syarat Mutu Lada Putih

Kriteria Uji	Satuan	Mutu I	Mutu II
Kerapatan	g/l	≥ 600	≥ 600
Kadar Air	% (b/canvb)	$\leq 13,0 \%$	$\leq 15,0 \%$
Kadar biji enteng	% (b/b)	$\leq 1,0\%$	$\leq 2,0 \%$
Kadar benda asing	% (b/b)	$\leq 1,0\%$	$\leq 2,0 \%$
Kadar lada berwarna kehitam	% (b/b)	$\leq 1,0\%$	$\leq 2,0 \%$
Kadar cemaran kapang	% (b/b)	$\leq 1,0\%$	$\leq 2,0 \%$
Salmonella	Deteksi/25 g	Negatif	Negatif
E. coli	MPN/g	< 3	< 3

Sumber : (SNI,0004:2013)

2.5.4 Bawang Putih Bubuk



Gambar 9. Bawang Putih Bubuk

(sumber: astro,2021)

Bawang putih merupakan salah satu bahan makanan yang sudah umum digunakan oleh masyarakat, baik untuk bahan masakan, pemberi aroma, maupun tindakan pencegahan dan penyembuhan berbagai penyakit (Amagase, 2006). Bawang putih berfungsi sebagai penambah aroma dan untuk meningkatkan cita rasa produk yang dihasilkan.

Bawang putih memiliki bau yang khas yaitu aroma pedas dan harum. Hal tersebut disebabkan karena adanya kandungan senyawa methylallyl disulfide yang membuat masakan lebih terasa enak. Oleh karena itu, bawang putih selalu menjadi bumbu utama pada setiap masakan (Budi, 2004). Tetapi bawang putih harus digunakan dengan hati-hati karena adanya bau yang kuat dan rasa yang kurang disukai bila digunakan secara berlebihan (Anandika, 2011) Nilai gizi bawang putih bervariasi berdasarkan jenis dan bagian bawang yang dimakan. Nilai gizi bawang putih juga ditentukan oleh kondisi pertumbuhan, waktu panen dan cara pengolahannya. Menurut Direktorat Gizi,Depkes RI, kandungan gizi umbi bawang putih terdiri dari zat organik berupa protein, lemak.

Tabel 9.Kandungan Gizi Umbi Bawang Putih per 100 gram

Kandungan Gizi	Bawang putih
Protein	4,50 gr
Lemak	0,02 gr
Karbohidrat	23.20 gr
Kalsium	42,00 gr
Fosfor	134,00 gr
Besi	1,00 gr
Vitamin B1	0,22 gr
Vitamin C	15,00 gr

Air	71.00 gr
Kalori	95,00 gr

Keterangan: Bagian yang dapat dimakan 88%

(Sumber: Direktorat Gizi Dep Kes RI. 1992)

2.6 Design Expert

Design expert ialah salah satu software yang melakukan optimasi perancangan produk dan proses. *Design expert* menyediakan beberapa program, diantaranya:

1. Factorial design, berfungsi untuk memberikan peningkatan produk dengan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi dan pembuatan produk.
2. *Response surface*, berfungsi untuk memilih proses yang paling optimal.
3. *Mixture design*, berfungsi untuk memilih formulasi yang paling optimal.
4. *Combined design*, berfungsi untuk memilih perlakuan proses dan formulasi pada pembuatan produk (Zulkarnain, 2019).

Design Expert memiliki program Mixture Design yang digunakan untuk menentukan formulasi yang optimal. Dalam percobaannya, faktor-faktor independen memiliki proporsi komponen yang berbeda dari suatu campuran. Metode D-Optimal dalam *Mixture Design* merupakan pilihan desain dari mixture yang bersifat fleksibel, yang digunakan dalam konsentrasi variabel berubah yang berbeda. Cara kerjanya sama seperti RSM. Titik desain yang dipilih untuk meminimalkan varian terkait dengan perkiraan koefisien dalam model yang ditentukan. Ruang desain ditentukan oleh kendala tingkat rendah dan tingkat tinggi untuk setiap faktor dan kendala multifaktorial, yang

dirancang untuk mengabaikan variabel tetap dan menentukan kombinasi variabel berubah. Rentang variabel berubah dimasukkan kedalam *Mixture Design D-Optimal* (Ali,2017)

Persama *D-Optimal* bisa didapatkan dari tiga proses yaitu berdasarkan *sequential model sum of square [type I]* untuk model yang mempunyai nilai “*Prob > F*” lebih kecil atau sama dengan 0,05 (signifikan), *lack of fit test* untuk model yang mempunyai nilai “*prob > F*” lebih besar atau sama dengan 0,05 (*not significant*), dan model summary statistic. Model terbaik dapat ditentukan dengan parameter *adjusted R-Square* dan *Predicted R-Squared* maksimum. Program *Design Expert* menggunakan kolom summary untuk memilih model terbaik (Zulkarnaian,2019)

Analisis ragam dan penyusunan model matematika dilanjutkan dengan tahap optimasi respon. Respon ditargetkan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Masing masing respon diberikan bobot *importance* yang dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5(+++++) tergantung kriteria yang diinginkan, semakin tinggi tanda positif yang diberikan menunjukkan tingkat kepentingan variabel respon semakin tinggi (Ali,2017)

BAB III METODELOGI PENELITIAN

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

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses pembuatan tepung jagung, tepung kedelai dan tepung labu kuning yaitu, jagung kuning tua yang berasal dari globalstore bandung, labu kuning porang berasal dari Pasar Cihapit dan kedelai berasal dari Pasar Gegerkalong tengah.

Bahan dalam proses pembuatan tortilla chips yaitu dari tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai, garam, gula halus, bawang putih, merica, air hangat dan baking powder (Syarifah dan Dewi, 2021).

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu untuk pengujian serat kasar terdapat Asam Sulfat (H_2SO_4) dan Natrium Hidrokida ($NaOH$), untuk analisis beta-karoten bahan kimia yang digunakan antara lain etanol, $NaOH$, petroleum, eter, aquadest, Na_2SO_4 dan untuk pengujian protein yaitu aquadest, H_2SO_4 , $NaOH$, dan Na_2SO_4

3.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai yaitu pisau, baskom, slicer, neraca digital, saringan, tray, cabinet dryer, miller, plastik tahan panas, dan kuas.

Alat yang digunakan dalam pembuatan tortilla chips yaitu baskom, pisau, sendok, spatula, pencetak tortilla chips berbentuk segitiga, neraca digital, roller pin, oven, loyang, kertas roti

Alat yang digunakan untuk analisis dalam penelitian yaitu timbangan neraca digital, alu dan mortar, botol timbang, spatula, corong, botol aquadest, batang pengaduk, pipet tetes, gelas kimia, labu ukur, labu erlenmayer, alat UV-vis, eksikator, botol timbang, kabu kjedahl, labu takar, dan timbangan digital.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Rancangan Analisis

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan menentukan variabel tetap dan variabel berubah yang akan diformulasikan pada Design Expert D-Optimal dan dilakukan pembuatan tepung labu kuning, tepung kedelai, dan tepung jagung.

2. Penelitian Utama

Penelitian utama yang dilakukan yaitu penggunaan Design Expert versi 13 metode Mixture D-Optimal untuk membuat formula tortilla chips yang optimal. Prosedur penelitian utama adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pembuatan Formulasi dan Respon

Tahap pembuatan perancangan formulasi dan respon dilakukan dengan program Design Expert untuk menentukan variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap adalah variabel yang nilai dibuat sama dalam tiap perlakuan karena dianggap tidak mempengaruhi respon. Sedangkan variabel bebas diperoleh berdasarkan kajian penelitian sebelumnya dan dilakukan trial and error untuk menentukan batas minimum dan maksimum. Lalu menentukan respon yang akan diukur yang mempunyai fungsi dari komponen-komponen penyusun produk. (Siti Nurmiah, dkk 2013).

Tabel 10. Variabel Tetap dalam Pembuatan Tortilla Chips

No.	Nama Bahan	Jumlah (%)
1.	Gula Halus	5,00
2.	Garam	1,00
3.	Penyedap Rasa	1,00
4.	Bawang Putih Bubuk	0,50
5.	Merica Bubuk	0,25
6.	Baking Powder	1,00
7.	Air Hangat	20,00 (ml)
Total Variabel Tetap		28,75

Sumber: (Syarifan dan Amrih ,2021)

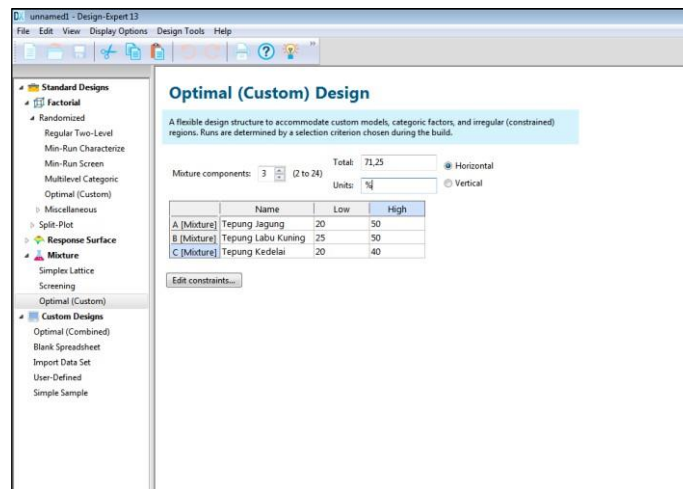
Tabel 11. Variabel Bebas dalam Pembuatan Tortilla Chips

No	Nama Bahan	Batas Bawah (Low) (%)	Batas Atas (High) (%)
1	Tepung Jagung	20,00	50,00
2	Tepung Labu Kuning	25,00	50,00
3	Tepung Kedelai	20,00	40,00
Total Variabel Bebas		71,25%	

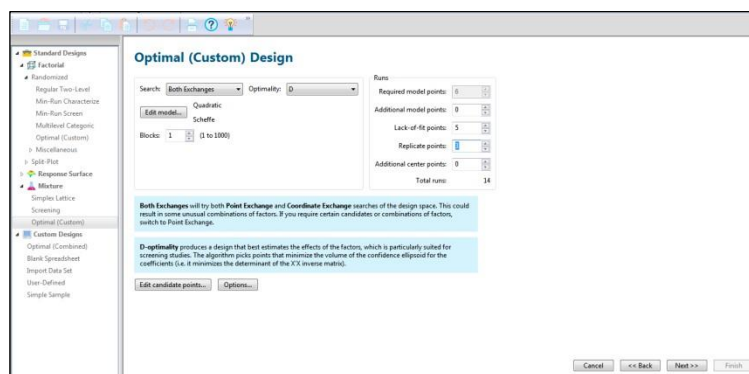
Tabel 12. Total Keseluruhan Variabel

Total Variabel Tetap	28,75%
Total Variabel Bebas	71,25%
Total Keseluruhan	100%

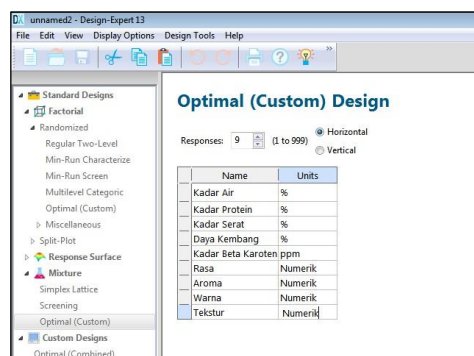
Penentuan formulasi dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan trial and error yang didukung oleh kajian literatur dan laporan penelitian sebelumnya. Komposisi bahan utama seperti tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai ditentukan berdasarkan referensi terdahulu yang relevan, kemudian disesuaikan dengan kebutuhan karakteristik produk tortilla chips yang diinginkan. Sementara itu, penggunaan bahan tambahan seperti baking powder, gula halus, garam, penyedap rasa, bawang putih bubuk, dan merica bubuk mengacu pada formulasi dari penelitian Syarifah dan Dewi (2021) yang kemudian dimodifikasi guna memperoleh komposisi yang sesuai untuk produk tortilla chips yang diharapkan.



Gambar 10. Batasan Variabel Bebas

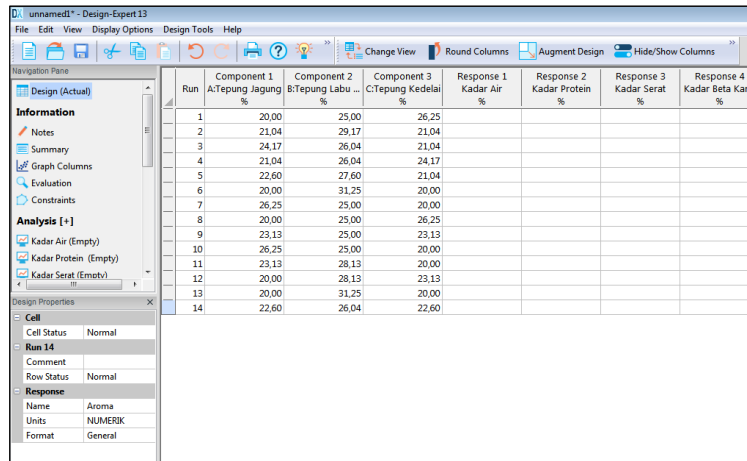


Gambar 11. Laporan Input Data (Tortilla Chips)



Gambar 12. Jenis Respon yang digunakan pada Penelitian

Respon yang akan digunakan antara lain respon kimia (Kadar air, Protein, Beta Karoten, dan Kadar Serat Kasar) dan respon organoleptik (warna, rasa, aroma dan tekstur).



The screenshot shows the Design-Expert 13 interface. The main table displays 14 runs of a fractional factorial design. The columns are: Run, Component 1 (A:Tepung Jagung %), Component 2 (B:Tepung Labu ... %), Component 3 (C:Tepung Kedelai %), Response 1 (Kadar Air %), Response 2 (Kadar Protein %), Response 3 (Kadar Serat %), and Response 4 (Kadar Beta Kar...). The data for the 14 runs is as follows:

Run	Component 1 A:Tepung Jagung %	Component 2 B:Tepung Labu ... %	Component 3 C:Tepung Kedelai %	Response 1 Kadar Air %	Response 2 Kadar Protein %	Response 3 Kadar Serat %	Response 4 Kadar Beta Kar...
1	20,00	25,00	26,25				
2	21,04	29,17	21,04				
3	24,17	26,04	21,04				
4	21,04	26,04	24,17				
5	22,60	27,60	21,04				
6	20,00	31,25	20,00				
7	26,25	25,00	20,00				
8	20,00	25,00	26,25				
9	23,13	25,00	23,13				
10	26,25	25,00	20,00				
11	23,13	28,13	20,00				
12	20,00	28,13	23,13				
13	20,00	31,25	20,00				
14	22,60	26,04	22,60				

The left sidebar shows the 'Design (Actual)' tab with options like Notes, Summary, Graph Columns, Evaluation, Constraints, and Analysis (+). The 'Analysis (+)' section lists 'Kadar Air (Empty)', 'Kadar Protein (Empty)', and 'Kadar Serat (Empty)'. The 'Design Properties' window at the bottom shows 'Cell Status' as Normal, 'Run 14' with a comment, and 'Response' with Name: Aroma, Units: NUMERIK, and Format: General.

Gambar 13. Rancangan Formulasi dan Respon *Tortilla Chips*.

Berdasarkan hasil data yang diuraikan langkah diatas, dihasilkan sebanyak 13 formulasi dengan 3 variabel bebas yaitu tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai dan 7 respon yaitu respon kimia (kadar serat, protein, dan beta karoten) dan respon organoleptik (warna, rasa, aroma dan tekstur)

Tabel 13. Formulasi Tortilla Chips Tepung Jagung, Tepung Kedelai dan Tepung Labu Kuning (%)

No (%)	Tepung Jagung (%)	Tepung Labu Kuning (%)	Tepung Kedelai (%)	Gula (%)	Garam (%)	Penyedap Rasa (%)	Bawang Putih Bubuk (%)	Merica (%)	Baking Powder (%)	Air Hangat (%)
1	20,00	25,00	26,25	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
2	21,04	29,17	21,04	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
3	24,17	26,04	21,04	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
4	21,04	26,04	24,17	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
5	22,60	27,60	21,04	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
6	20,00	31,25	20,00	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
7	26,25	25,00	20,00	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
8	20,00	25,00	26,25	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
9	23,13	25,00	23,13	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
10	26,25	25,00	20,00	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
11	23,13	28,13	20,00	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
12	20,00	28,13	23,13	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
13	20,00	31,25	20,00	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00
14.	22,60	26,04	22,60	5,00	1,00	1,00	0,50	0,25	1,00	20,00

2. Tahap Formulasi

Tahap formulasi adalah proses penyusunan dan pembuatan tortilla chips berdasarkan kombinasi tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai, serta bahan tambahan yang digunakan secara konstan. Formulasi disusun mengacu pada metode Mixture D-Optimal menggunakan perangkat lunak Design Expert, dan digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi terhadap karakteristik produk.

3. Tahap Analisis Respon

Tahap analisis respon, setiap variabel respon kemudian dianalisa ANOVA satu persatu. Model Anova yang digunakan dapat dipilih sesuai yang disarankan oleh program yaitu model yang memiliki tingkat tertinggi

pada design ini adalah *Linear, Quadratic, Special Cubic, dan Cubic*. Model yang memberikan signifikan pada ANOVA dan tidak signifikan pada *lack of fit* dipilih untuk menganalisis variabel. Selain itu, program Design Expert juga memberikan fasilitas plot kenormalan residual (*normal plot of residual*) yang mengindikasikan apakah residual (selisih antara respon aktual dengan nilai respon yang diprediksikan) mengikuti garis kenormalan (garis lurus). Titik-Titik data yang semakin mendekati garis kenormalan menunjukkan data yang menyebar normal, yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksikan oleh program design expert (Sitti Nurmiyah, dkk., 2013). Selain program plot kenormalan, program Design Expert juga dapat menyelesaikan persamaan polinomial dimana persamaan tersebut dapat ditampilkan dalam suatu *contour plot* yang berupa gambar dua dimensi (2-D) maupun grafik tiga dimensi (3-D) sehingga dapat menggambarkan bagaimana kombinasi antar komponen saling mempengaruhi nilai respon (Nurul, 2018).

4. Tahap Optimasi

Pada tahap optimasi, setiap respon penelitian ditentukan tujuan (goal) optimasinya terlebih dahulu di dalam program Design Expert. Program ini kemudian melakukan proses optimasi berdasarkan data variabel formulasi (komposisi bahan) dan data hasil pengukuran respon (seperti kadar air, kadar protein, kadar serat, warna, dan tekstur) yang telah dimasukkan sebelumnya. Hasil dari tahap optimasi berupa rekomendasi beberapa kombinasi formulasi baru yang dianggap paling optimal oleh sistem. Dari hasil tersebut, formula

dengan nilai desirability tertinggi dipilih sebagai formulasi terbaik. Nilai desirability merupakan fungsi tujuan optimasi (objective function) yang menggambarkan tingkat kemampuan model dalam memenuhi kriteria yang diinginkan pada produk akhir. Nilai ini berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai yang semakin mendekati 1,0 menunjukkan bahwa hasil optimasi semakin sesuai dengan kriteria produk yang diharapkan. Meskipun demikian, tujuan dari proses optimasi bukan semata-mata untuk memperoleh nilai desirability sebesar 1,0, melainkan untuk menemukan kondisi terbaik yang mampu menyeimbangkan seluruh fungsi tujuan (respon) yang dioptimalkan secara bersamaan (Siti Nurmiah dkk., 2013) Penentuan goal dan tingkat kepentingan (importance) pada proses optimasi formulasi tortilla chips berbasis tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai dilakukan menggunakan software Design Expert 13 dengan metode Mixture Design D-Optimal. Tujuan penetapan goal dan importance ini adalah untuk mengarahkan program dalam menentukan kombinasi formulasi yang paling optimal berdasarkan kriteria mutu fisik, kimia, dan sensoris yang diinginkan.

Tabel 14. Goal dan Importance Tahapan Formulasi Optimal

Variabel/Respon	Goals	Importance	Remaks (Alasan)
Tepung Jagung	Maximize	3 (+++)	Bahan dasar utama pembentuk struktur dan kerenyahan
Tepung Labu Kuning	Maximize	5 (+++++)	Sumber beta-karoten memberi warna dan nilai gizi tinggi
Tepung Kedelai	Maximize	4 (++++)	Sumber protein nabati meningkatkannilai gizi dan kerenyahan

Kadar Air	Minimize	4 (++++)	Menjaga kerenyahan dan umur simpan sesuai SNI
Kadar Serat	Maximize	3 (+++)	Meningkatkan nilai fungsional, namun berlebih mempengaruhi tekstur
Kadar Protein	Maximize	3 (+++)	Menambah nilai gizi dan kualitas produk.

Kadar Beta Karoten	Maximize	3(+++)	Antioksidan alami, meningkatkan nilai fungsional
Daya Kembang	Minimize	3 (+++)	Terlalu tinggi menurunkan kerenyahan
Rasa	Maximize	5 (+++++)	Atribut utama penerimaan konsumen
Aroma	Maximize	5 (+++++)	Menentukan daya tarik, tanpa aroma langu
Warna	Maximize	5 (+++++)	Indikator mutu visual, warna kuning menarik
Tekstur	Maximize	5 (+++++)	Kerenyahan tinggi meningkatkan kesukaan konsumen

5. Tahap Verifikasi

Kondisi formulasi yang paling optimal kemudian diverifikasi untuk memastikan kesesuaian antara hasil prediksi model dengan hasil aktual di laboratorium. Tahapan verifikasi bertujuan untuk menguji validitas model matematis yang diperoleh dari proses optimasi menggunakan Design Expert metode D-Optimal. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan ulang sampel tortilla chips sesuai dengan kombinasi formulasi terbaik yang dihasilkan oleh program optimasi. Proses verifikasi dilakukan sebanyak dua kali ulangan (duplo) untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan dapat dipercaya. Nilai respon hasil pengujian aktual kemudian dibandingkan dengan nilai prediksi yang diberikan oleh perangkat lunak Design Expert. Perbandingan ini digunakan untuk melihat apakah hasil aktual berada dalam kisaran 95% Confidence Interval (CI) dan 95% Prediction Interval (PI) yang dihasilkan oleh model. Apabila nilai aktual masih berada dalam rentang prediksi

tersebut, maka model dapat dinyatakan valid dan mampu menggambarkan kondisi eksperimen secara akurat (Syahrul dkk., 2017; Siti Nurmiah dkk., 2013).

3.2.2 Rancangan Respon

Rancangan keseluruhan respon yang akan dilakukan pada penelitian utama *tortilla chips* meliputi:

1. Respon Kimia

Respon kimia yang akan dilakukan yaitu Protein metode kjedahl, Kadar Serat dan Kadar Air metode gravimetri dan beta karoten metode Spektrofotometri UV-vis

2. Respon Organoleptik

Respon organoleptik akan dilakukan terhadap warna, rasa, aroma dan tesktur dari *tortilla chips*, yang diujikan kepada panelis untuk dinilai dari masing-masing perlakuan. Respon organoleptik dilakukan berdasarkan tingkat kesukaan panelis dengan menggunakan uji hedonik (soekarto,2002).

Tabel 15. Kriteria 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, 2002)

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan tortilla chips terdiri dari dua tahap, yaitu prosedur penelitian pendahuluan dan prosedur penelitian utama.

1. Prosedur Penelitian Pendahuluan Tepung Labu Kuning Porang

Pembuatan tepung labu kuning, adapun tahapannya sebagai berikut:

1) *Trimming*

Trimming bertujuan untuk memisahkan bagian buah yang tidak terpakai seperti kulit, dan biji . proses trimming dilakukan dengan menggunakan pisau.

2) Penimbangan

Proses ini bertujuan untuk menimbang labu kuning yang akan digunakan untuk diolah menjadi tepung

3) Pencucian

Pencucian bertujuan untuk membersihkan, labu kuning dari kotoran yang menempel.

4) Penirisan

Penirisan dilakukan untuk menghilangkan air sisa pencucian pada jagung, labu kuning dan kedelai.

5) Pemotongan Ketebalan 1 mm

bertujuan untuk mengecilkan ukuran labu kuning mempercepat dan menyamakan waktu pengeringan. luas permukaan besar air mudah keluar.

6) Penyusunan di Tray

Menyusun irisan labu secara merata agar udara panas mengalir optimal selama pengeringan

7) Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk mengurangi sebagian kadar air labu kuning. Proses pengeringan berlangsung pada suhu 60 C. Proses pengeringan ini dilakukan menggunakan *cabinet dryer*.

8) Penggilingan

Penggilingan bertujuan untuk mengecilkan labu kuning yang sudah dilakukan pengeringan untuk mendapatkan tepung. Proses penggilingan ini dilakukan menggunakan *chopper*.

9) Pengayakan

Pengayakan dilakukan menggunakan *vibratory screen* ukuran 80 mesh, bertujuan untuk mendapatkan hasil tepung yang seragam.

2. Prosedur Pembuatan Tepung Jagung

1) Sortasi

Memisahkan biji jagung yang afkir (hitam, berjamur, pecah, atau rusak). Meningkatkan kualitas dan keamanan produk akhir.

2) Penimbangan

Menentukan jumlah bahan yang akan diolah. Digunakan untuk menghitung rendemen dan efisiensi proses.

3) Pencucian

Membersihkan jagung dari debu, kotoran, dan mikroba yang menempel di permukaan. Air bersih digunakan agar hasil tepung lebih higienis dan bebas cemaran.

4) Penirisan

Menghilangkan air setelah pencucian agar tidak menghambat proses pengeringan. Air berlebih bisa menyebabkan proses pengeringan lebih lama dan pembusukan.

5) Penyusunan di Tray

Pipilan disusun tipis dan merata di tray untuk memastikan aliran udara panas maksimal saat pengeringan.

6) Pengeringan

Menurunkan kadar air biji jagung hingga $<14\%$ agar aman digiling dan disimpan. Suhu 60°C cukup untuk menguapkan air tanpa merusak nutrisi dan warna alami jagung. Meningkatkan umur simpan dan mencegah tumbuhnya mikroorganisme.

7) Penggilingan

Mengubah jagung kering menjadi bentuk tepung. Alat yang digunakan bisa berupa disk mill, hammer mill, atau blender kering.

3. Prosedur Tepung Kedelai

1) Sortasi

Memisahkan kulit kedelai yang afkir (hitam, berjamur, pecah, atau rusak). Meningkatkan kualitas dan keamanan produk akhir.

2) Perendaman

Merendam biji kedelai dengan air bersih untuk, melunakkan biji, mempermudah pengupasan kulit, mengurangi senyawa antinutrisi (seperti tripsin inhibitor, saponin).

3) Pengupasan Kulit

Menghilangkan kulit ari yang sulit dicerna dan bisa menyebabkan rasa langu. Kulit dapat dibuang sebagai limbah organik

4) Pencucian

Menghilangkan sisa kotoran, kulit, atau kontaminan mikroba

5) Penirisan

Mengurangi air berlebih setelah pencucian dan supaya proses pengukusan dan pengeringan lebih efisien

6) Pengukusan

Menghilangkan bau langu, dan membantu inaktivasi enzim

7) Pendinginan Suhu

Menurunkan suhu biji kedelai setelah dikukus agar tidak merusak nutrisi selama pengeringan berikutnya penting untuk menjaga stabilitas bahan.

8) Pengeringan

Mengurangi kadar air menjadi $\pm 10\%$ agar tepung awet disimpan. Suhu 60°C cukup aman untuk mempertahankan kandungan protein dan mencegah reaksi Maillard berlebihan

9) .Penggilingan

Mengubah kedelai kering menjadi bubuk/tepung menggunakan grinder, harus dalam keadaan kering agar proses efisien.

10) Pengayakan

Menyaring tepung agar ukuran partikel halus dan seragam.

4. Prosedur Penelitian Utama Pembuatan Tortilla Chips

a. Proses pembuatan tortilla chips meliputi:

1) Persiapan Bahan

Bahan-bahan terdiri dari tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai. Gula halus, garam, penyedap rasa, bawang putih bubuk, baking powder serta air hangat.

2) Pencampuran

Proses pencampuran dilakukan dengan mencampurkan bahan-bahan yang telah disiapkan sesuai dengan formulasi, dan ditambahkan air hangat untuk menguleni adonan. Proses pencampuran bertujuan untuk mendapatkan bahan yang tercampur secara homogen dan dilakukan secara manual.

3) Pemipihan

Adonan yang telah kalis dan homogen dibentuk lembaran dalam rolling pin pada ketebalan + 1mm.

4) Pencetakakkan

Adonan yang telah pipih kemudian dicetak sesuai bentuk yang diinginkan yaitu segitiga.

5) Pendiaman Suhu Ruang

Adonan yang telah dilakukan pencetakakkan, disimpan, pada suhu ruang agar adonan tidak retak setelah pengeringan.

6) Pemanggangan

Adonan yang telah dicetak kemudian dilakukan pemanggangandengan menggunakan oven agar tekstur renyah pada suhu 175° C selama 15 menit hingga diperoleh tekstur yang diinginkan.

7) Analisis

Analisis kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah protein, beta karoten dan kadar serat. Analisis prganoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap warna, rasa, aroma dan tesktur. Diagram alir pembuatan tortilla chips dapat dilihat pada Gambar

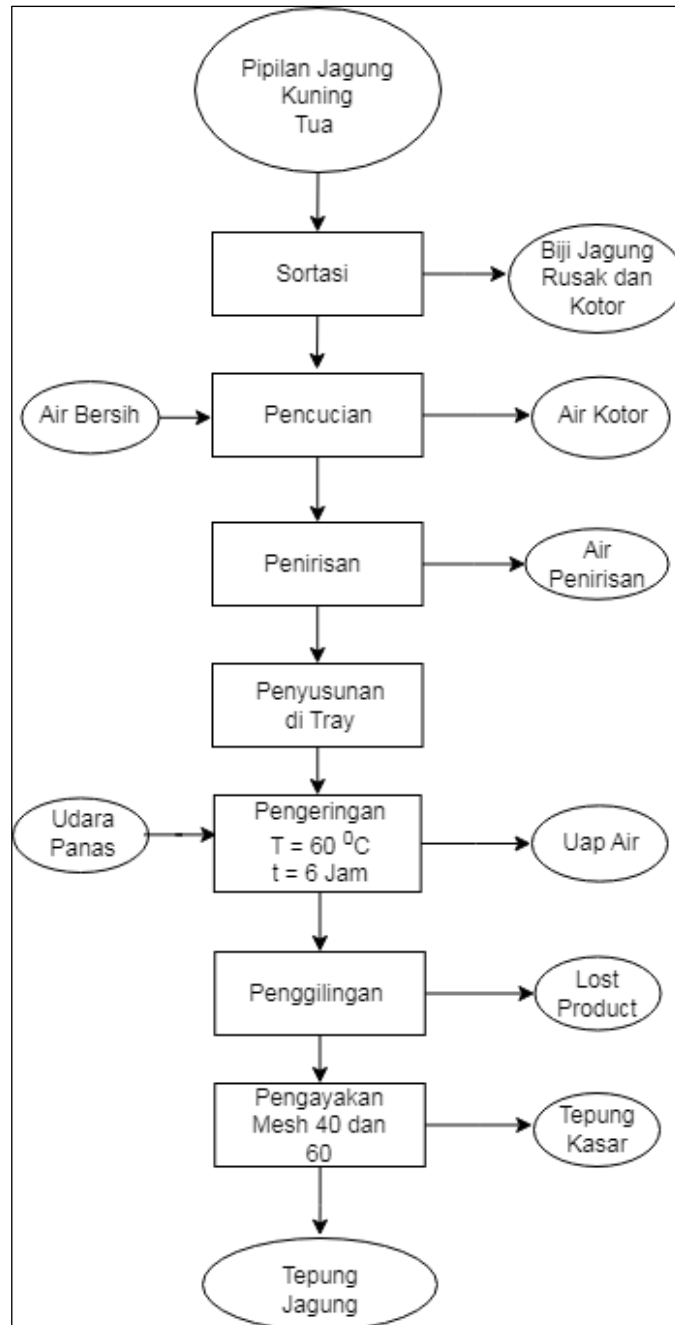
b. Aplikasi *Design Expert D-Optimal*

Penelitian ini bertujuan mencari optimasi formula perbandingan antara tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung

kedelai menggunakan design expert 13 metode D-Optimal dengan respon kimia dan respon organoleptik. Diagram alir aplikasi Design Expert D-Optimal dapat dilihat pada Gambar 17.

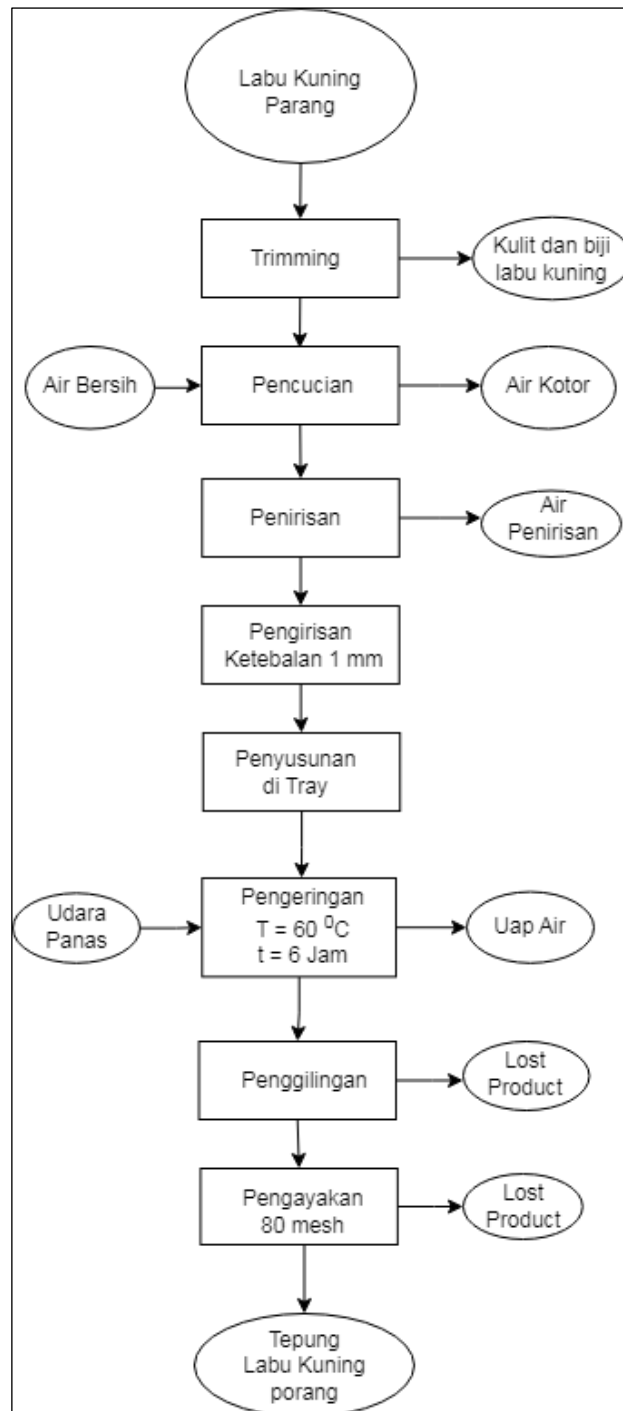
3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Jagung Kuning Tua



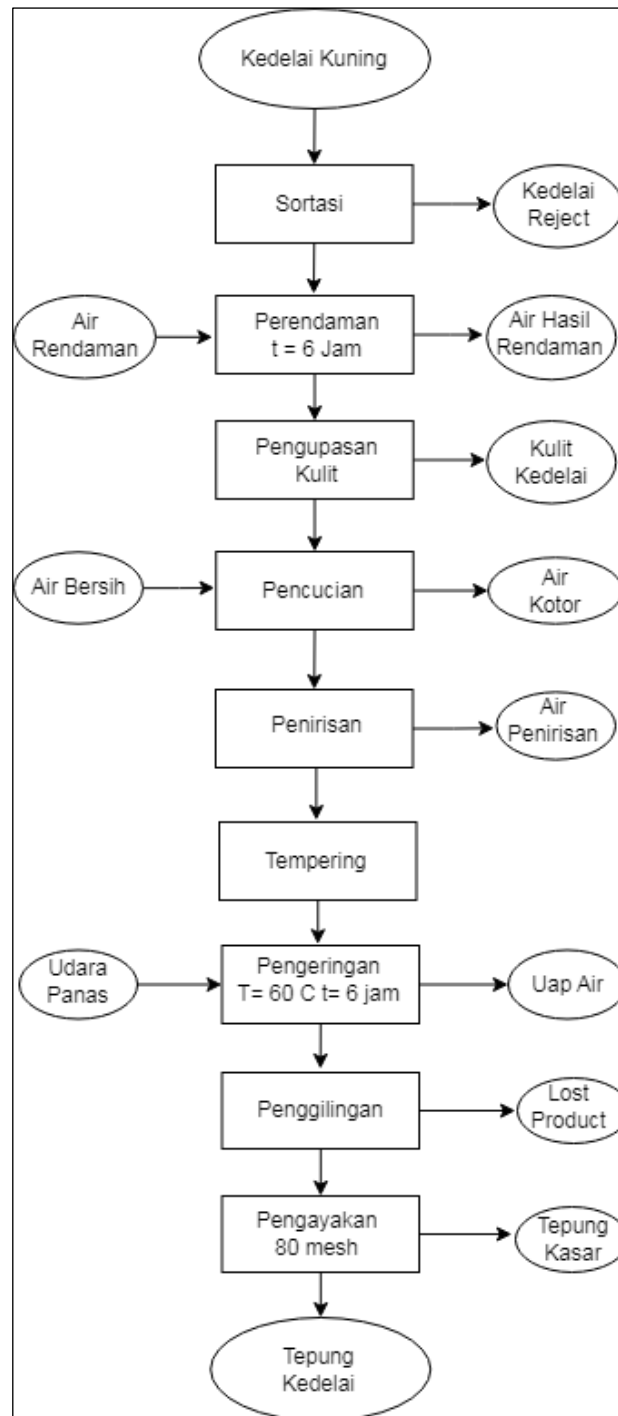
Gambar 14. Diagram Alir Pembuatan Tepung Jagung Kuning Tua
(sumber: Modifikasi Diagram Alir Widiastuti,2019)

3.4.2 Diagram Alir Tepung Labu Kuning Porang



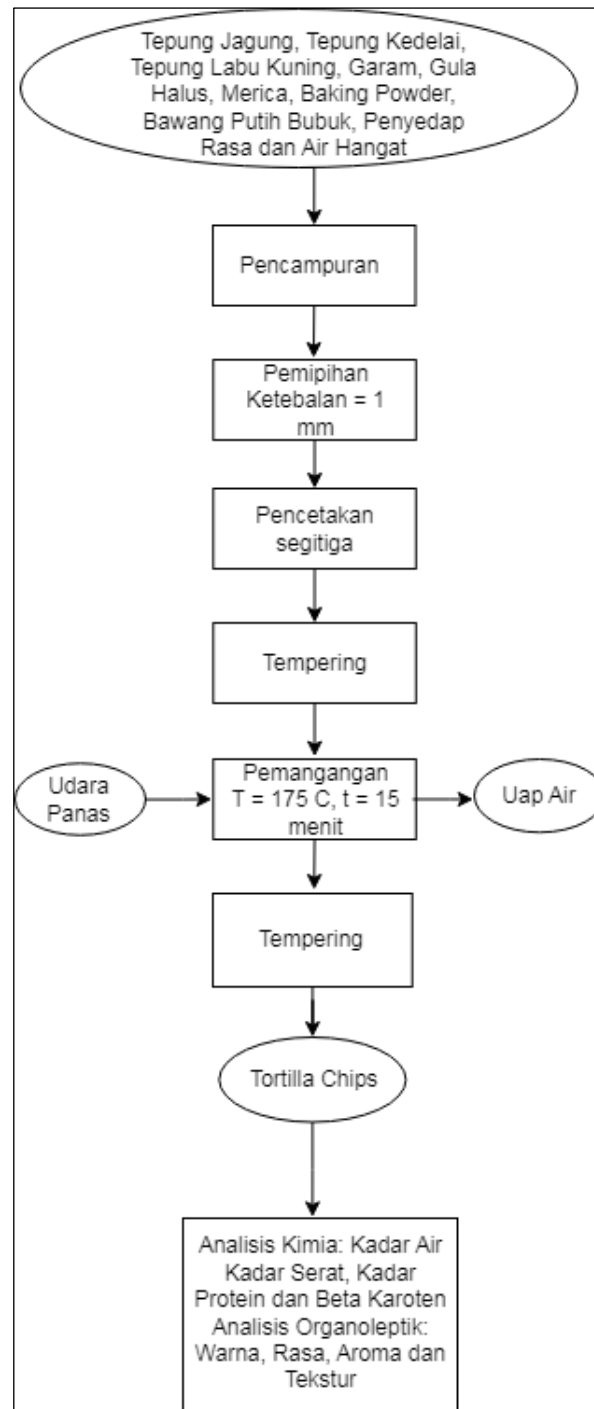
Gambar 15. Diagram Alir Pembuatan Tepung Labu Kuning Porang
(Sumber: Modifikasi Diagram Alir Wijayanti. N, 2020)

3.4.3 Diagram Alir Tepung Kedelai Kuning



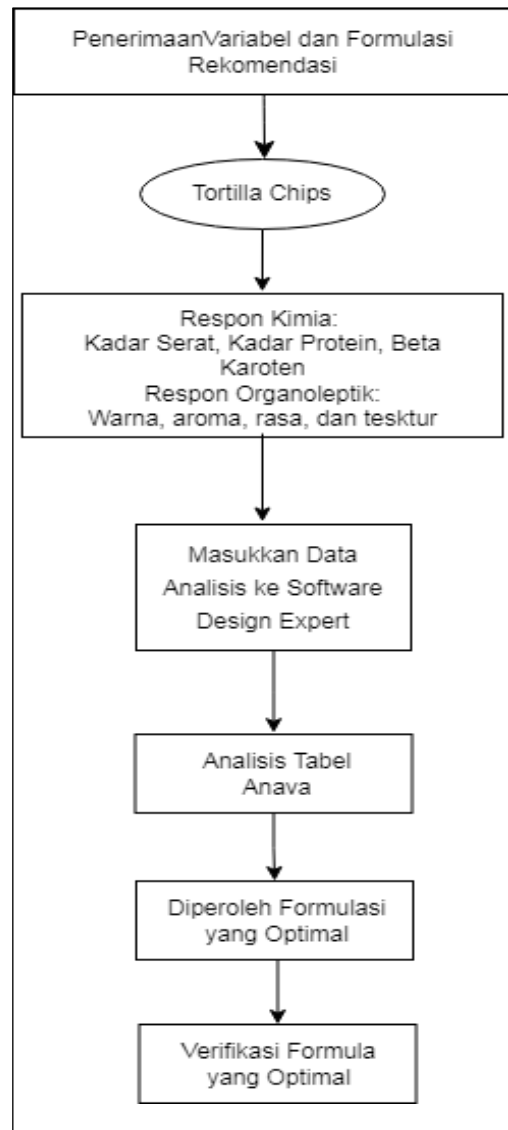
Gambar 16. Diagram Alir Tepung Kedelai
(Sumber:Modifikasi Diagram Alir Rahmawati. L, 2019)

3.4.4 Diagram Alir Tortilla Chips



Gambar 17. Diagram Alir Pembuatan Tortilla Chips
(Sumber: Modifikasi Diagram Alir Adinda,2021)

3.4.5 Diagram Alir Aplikasi Design Expert



Gambar 18. Diagram Alir Aplikasi Design Expert
(Sumber: Modifikasi Diagram Alir Al Kahfi, 2020)

3.5 Jadwal Penelitian

Tabel 16. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan							
		Maret 2025	April 2025	Mei 2025	Juni 2025	Juli 2025	Agustus 2025	September 2025	Oktober 2025
1	Penyerahan SK Kepada Pembimbing								
2	Penentuan topik penelitian dan konsep penelitian								
3	Penyusunan proposal penelitian								
4	Trial and error								
5	Pendaftaran SUP								
6.	Pelaksanaan SUP								
6	Revisi SUP								
7	Organoleptik								
8.	Analisis								
9.	Pengolahan Data								
10.	Pendaftaran Sidang Tugas Akhir								
11.	Pelaksanaan Sidang Tugas Akhir								
12.	Revisi Laporan Tugas Akhir								

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai: (4.1) Hasil Penelitian Pendahuluan dan (2) Hasil Penelitian Utama.

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian Pendahuluan ini terdiri dari pembuatan tepung jagung, tepung kedelai dan tepung beta karoten serta menganalisis kandungan kadar air, protein, serat dan beta karoten

4.1.1. Kadar Air pada Tepung

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung pada suatu produk atau bahan pangan. Kadar air merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas dan umur simpan bahan pangan. Hasil uji kadar air pada bahan baku dapat dilihat pada tabel 16.

Tabel 17. Hasil Analisis Kadar Air Tepung Jagung, Labu Kuning, dan Kedelai

Sampel	Kadar Air
Tepung Jagung	10,58%
Tepung Labu Kuning	3,01%
Tepung Kedelai	7,13%

Berdasarkan hasil analisis kadar air, menunjukkan bahwa kadar air dalam tepung jagung sebesar 10,58%, tepung labu kuning sebesar 8,05% dan tepung kedelai sebesar 7,13%. Untuk kadar air tepung jagung dalam penelitian Syafutri (2021) kadar air tepung jagung lebih tinggi daripada tepung yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 10,58%, sedangkan dalam penelitian Syirril (2022) kadar air tepung jagung lebih rendah yaitu sebesar 9,65%. Untuk tepung labu kuning adalah sebesar 3,01% yang

menunjukkan bahwa tepung labu kuning memiliki kadar air rendah. Menurut El-Demery (2011) tepung labu kuning memiliki kadar air sebesar 10,64%. Menurut hasil penelitian Iriani (2011) kadar air yaitu 10,96% dan kadar air yang lebih tinggi yaitu 11,88%. Untuk kadar air tepung kedelai diperoleh 7,13%. Nilai ini masih memenuhi persyaratan SNI 01-3751-2009 yang menetapkan kadar air maksimal tepung kedelai yaitu 10%.

4.1.2 Kadar Serat Pada Tepung Jagung

Sampel	Kadar Serat
Tepung Jagung	5,24%

Hasil analisis menunjukkan kadar serat tepung jagung sebesar 5,24%. Nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan syarat mutu SNI 3727:2020 tentang Tepung Jagung, yang menetapkan kadar serat kasar maksimal 1,5% (BSN, 2020). Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh metode penggilingan yang tidak sepenuhnya menghilangkan perikar (kulit biji jagung), yang merupakan sumber utama serat (Widowati et al., 2010). Selain itu, varietas jagung dan kondisi pascapanen juga berpengaruh terhadap kandungan serat (Nafisah et al., 2019).

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian lain, seperti Wahyudi et al. (2018), kadar serat tepung jagung kering dapat mencapai 3,4–4,5%, sehingga hasil penelitian ini masih dalam kisaran literatur, meskipun tidak sesuai standar SNI. Kandungan serat yang tinggi meskipun menurunkan kesesuaian standar industri, justru memberi nilai tambah dari aspek gizi karena serat

pangan diketahui berperan dalam menjaga kesehatan pencernaan serta menurunkan risiko penyakit degeneratif (Astawan, 2009).

4.1.3 Kadar Beta Karoten Pada Tepung Labu Kuning

Sampel	Kadar Beta Karoten
Tepung Labu Kuning	7,78

Kadar β -karoten tepung labu kuning yang diperoleh sebesar 7,78 mg/100 g. Hingga saat ini belum ada SNI yang menetapkan standar mutu β -karoten pada tepung labu kuning. Oleh karena itu, pembahasan didasarkan pada literatur. Widowati et al. (2020) kadar β -karoten tepung labu kuning berkisar antara 6–9 mg/100 g, sehingga hasil penelitian ini berada dalam rentang yang sama.

β -karoten berperan penting sebagai provitamin A dan antioksidan alami yang bermanfaat untuk menjaga kesehatan mata, meningkatkan sistem imun, serta menangkal radikal bebas (Astawan, 2016). Nilai β -karoten yang tinggi pada tepung labu kuning dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa bahan baku tersebut berkontribusi nyata terhadap peningkatan nilai fungsional tortilla chips yang dihasilkan.

4.1.4 Kadar Protein Pada Tepung Kedelai

Sampel	Kadar Protein
Tepung Kedelai	37,50

Kadar protein tepung kedelai pada penelitian ini sebesar 37,50%. Nilai ini telah memenuhi syarat mutu SNI 01-3929-1995 tentang Tepung Kedelai, yang mensyaratkan kadar protein minimal 35% (BSN, 1995). Penelitian

Herlina et al. (2019) juga melaporkan bahwa kadar protein kedelai berkisar antara 36–40%, sehingga hasil penelitian ini konsisten dengan literatur.

Tingginya kadar protein pada tepung kedelai memberikan kontribusi terhadap peningkatan kandungan gizi tortilla chips, khususnya sebagai sumber asam amino esensial. Selain itu, protein juga berperan dalam sifat fungsional adonan, seperti pengikatan air dan pembentukan tekstur, yang dapat memengaruhi daya kembang dan kerenyahan produk (Winarno, 2008).

4.2 Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama merupakan penelitian lanjutan dari penelitian pendahuluan yang diawali dengan pembuatan *tortilla chips* berbasis tepung jagung, kedelai dan labu kuning dengan 14 formulasi yang diberikan oleh program Design expert metode mixture d-optimal untuk optimasi masing-masing respon kimia dan respon organoleptik. Program ini akan melakukan optimasi sesuai data variabel dan data pengukuran respon yang dimasukkan. Keluaran dari tahap optimasi adalah rekomendasi formula baru yang optimal menurut program. Formula yang optimal menurut program. Formula dengan nilai *desirability* paling tinggi yaitu satu.

Tabel 18. Hasil Analisis Kimia dari *tortilla chips*

Formulasi	Kadar Air (%)	Daya Kembang (%)	Kadar protein(%)	Kadar Beta Karoten (%)	Kadar Serat (%)
F1	9,88	2	25	2,52	16,3
F2	2,69	1	25	4	16,02

Formulasi	Kadar Air (%)	Daya Kembang (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Beta Karoten (%)	Kadar Serat(%)
F3	3,74	3	25	4	16,13
F4	8,55	3	18,75	4,07	16,45
F5	6,68	2,5	25	3,61	15,21
F6	4,69	3	21,88	3,29	20,53
F7	4,52	2,5	21,88	3,25	20,2
F8	6,85	2	25	2,94	14,26
F9	3,79	2	21,88	2,52	22,45
F10	4,03	2,5	18,75	4,12	15,09
F11	4,44	2	25	4,99	17,96
F12	6,34	1	21,88	3,26	21,42
F13	3,42	2	21,88	5,03	19,9
F14	4,3	3	21,88	2,66	18,23

Tabel 19. Hasil Analisis Organoleptik Uji Hedonik

Formulasi	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur
F1	3,87	3,53	3,4	3,47
F2	4,03	3,63	3,53	3,5
F3	3,37	4	3,4	3,4
F4	3,9	3,47	4,07	3,67
F5	3,97	3,63	3,3	3,53
F36	3,4	3,67	4,03	3,67
F7	3,53	3,23	3,67	4,5

Formulasi	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur
F8	3,8	3,4	3,1	3,93
F9	3,7	3,57	4,07	3,9
F10	3,47	3,4	3,8	4,27
F11	3,7	3,83	2,93	4
F12	3,63	3,17	3,53	4,37
F13	3,4	3,6	3,8	3,5
F14	3,93	3,57	3,7	3,47

Tabel 20. Model Ordo Terpilih dan Persamaan Polinomial Variabel Respon

Variabel Respon	Model Ordo	Persamaan Polinomial (Real Component)
Kadar Air	<i>Linear</i>	$Y = (A) 3,75 + (B) 4,01 + (C) 8,16$
Daya Kembang	<i>Cubic</i>	$Y = (A) 2,50 + (B) 2,50 + (C) 2,00 - (AB) 1,91 - (AC) 109 - (BC) 500 + (ABC) 36,13 + AB(A-B) - AC(A-C) 15,74$
Kadar Serat	<i>Special Cubic</i>	$Y = (A) 17,60 + (B) 20,08 + (C) 15,23 - (AB) 4,86 + (AC) 25,13 + (BC) 13,18$
Kadar Protein	<i>Cubic</i>	$Y = (A) 20,32 + (B) 21,88 + (C) 25,00 + (AB) 15,61 - (AC) 3,10 - (BC) 6,16$
Kadar Beta Karoten	<i>Linear</i>	$Y = (A) 3,75 + (B) 4,35 + (C) 2,67$
Respon Aroma	<i>Cubic</i>	$Y = (A) 3,49 + (B) 3,40 + (C) 3,83 + (AB) 0,9811 + (AC) 0,1416 - (BC) 0,0293 + (ABC) 8,75$
Respon Rasa	<i>Quadratic</i>	$Y = (A) 3,36 + (B) 3,63 + (C) 3,45 + (AB) 1,64 + (AC) 0,09974 - (BC) 1,45$
Respon Warna	<i>Quadratic</i>	$Y = (A) 3,70 + (B) 3,91 + (C) 3,30 - (AB) 3,58 + (AC) 2,51 + (BC) 0,3197$
Respon Tekstur	<i>Special Cubic</i>	$Y = (A) 4,35 + (B) 3,58 + (C) 3,72 - 9 - (AB) 0,0659 - (AC) 0,6112 + (BC) 2,91$

4.2.1 Respon Kadar Air

Kadar air pada bahan pangan mempengaruhi kesegaran dan tekstur pada pangan tersebut. Pada produk tortilla chips, kadar air yang makin tinggi dapat menyebabkan tesktur pada tortilla akan makin lembek dan tidak renyah. Selain itu, kadar air yang tinggi juga rentan terhadap adanya kontaminasi mikroorganisme. Mikroorganisme dapat tumbuh pada bahan pangan dengan kadar air tinggi. Adanya mikroorganisme tersebut mempengaruhi masa simpan dan tesktur dari makanan (Winarno,2004). Makin rendah kadar air maka mikroorganisme yang dapat tumbuh pada makanan akan semakin sedikit sehingga masa simpan makanan lebih lama dan teskturnya tidak berubah.

Design expert 13 memiliki beberapa jenis model matematis antara lain: *linier*, *quadratic*, *spesicial cubic* dan *cubic*. Penentuan jenis model matematis yang nantinya akan digunakan pada model respon bergantung dari evaluasi dari model yang nantinya akan diujikan nilai p (p -value) pada tiap tiap model sehingga dapat ditentukan model yang akan disarankan (*suggested*) atau model yang tidak disarankan (*aliased*). Terdapat tiga macam pengujian model matematis pada *Design Expert* 13, yakni Sequential Sum of Summary (uraian jumlah kuadrat), *Lack of Fit Test* (Uji ketidaktepatan model), dan yang terakhir adalah model *Summary Statistics* (ringkasan model statistik)

Tabel 21. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Kadar Air

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,0119	0,4475	0,4723	0,3147	Suggested
	Quadratic	0,5799	0,3775	0,4247	0,1365	
	Special Cubic	0,5966	0,3209	0,3702	0,0409	
	Cubic	0,3163	0,3097	0,4436	-5,0548	Aliased

Berdasarkan uji Sequential *Sum of Summary*, menyatakan bahwa model dapat diterima jika nilai p (p-value) memiliki nilai dibawah 5% (0.05) yang menunjukkan nilai tersebut memiliki pengaruh nyata terhadap respon, sedangkan nilai p (p-value) memiliki nilai lebih dari 5% maka model tersebut memiliki ketidaktepatan atau error dan dianggap tidak akurat terhadap respon. Berdasarkan data pada tabel 19, untuk *Sequential Sum Of Summary* pada model **linear** mendapatkan nilai p sebesar <0,0119 (1,19%)

Pemilihan model menurut Lack of Fit Test didasarkan pada nilai p yang memiliki nilai lebih dari 5% (0,05), maka akan dianggap model tersebut tidak berpengaruh nyata dan sudah sesuai dengan respon. Berdasarkan data pada Tabel 19, untuk *Lack of Fit Test* pada model linear mendapatkan nilai p sebesar 0,4475 (4,475%)

Pengujian Model Summary Statistics parameter yang digunakan dalam memilih model yang tepat adalah *adjusted R-square* tertinggi dan *Predicted R-square* tertinggi. *R-square* merupakan koefisien determinasi yang menunjukkan proporsi atau presentase variasi total dalam variable terikat yang dijelaskan oleh variable bebas dari persamaan regresi. nilai *R-square* terletak diantara 0 hingga 1. Semakin kecil nilai *R-square* menunjukkan

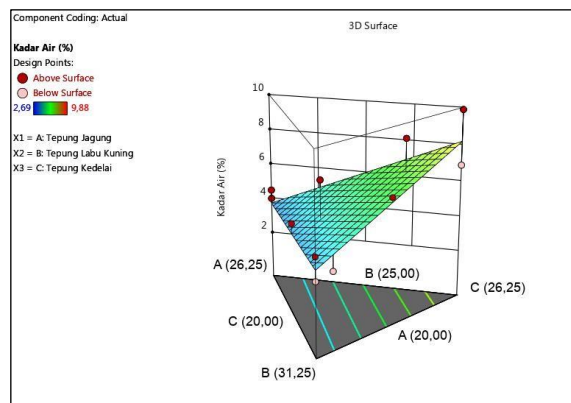
hubungan antara variabel juga semakin rendah begitupun sebaliknya semakin besar R-square (mendekati 1) maka hubungan variabel semakin besar. Pada pengujian R-square model yang baik adalah model yang memiliki R-square mendekati 1. Berdasarkan data pada tabel 18, untuk *Summary Statistics* pada model special cubic mendapatkan nilai Adjusted R-square tertinggi yaitu 0,4723 dan Predicted 0,3147.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terdapat pada tabel 16. Dapat diketahui kadar air *tortilla chips* berbasis tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai sesuai dengan SNI 2886-2015 (maks.4%). Untuk beberapa formulasi, namun terdapat beberapa formulasi yang melebihi batas maksimum seperti pada Formulasi F1 (9,88%), F4 (8,55%), F5 (6,68%), F8 (6,85%), dan F12 (6,34%).

Persamaan polinomial untuk kadar air dapat dilihat pada Tabel 18. Persamaan menggambarkan bahwa respon kadar air dipengaruhi oleh interaksi antara tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai, berdasarkan persamaan Model polinomial yang direkomendasikan Design Expert untuk respon kadar serat adalah model Linear. Hasil Anova menunjukkan pada taraf 5% model yang direkomendasikan yaitu Linear adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu $< 0,0001$. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 1,51.

$$Y = (A) 3,75 + (B) 4,01 + (C) 8,16$$

dapat diketahui bahwa tepung kedelai memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar air dengan koefisien 8,16 diikuti oleh tepung labu kuning (4,01) dan tepung jagung (3,75). Hasil Analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (linear) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0,4475 dengan *f-value* sebesar 1,33. Nilai *lack of fit* dari respon kadar air tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon kadar air dengan model. Data hasil ANOVA respon kadar serat dapat dilihat pada Lampiran 10

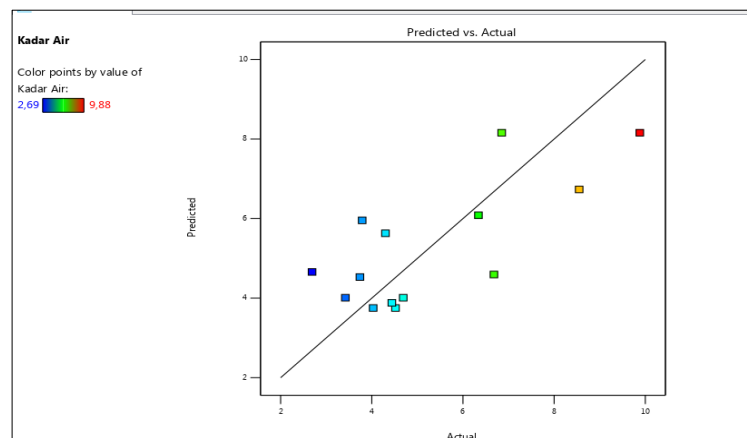


Gambar 19. Grafik 3D Surface Berdasarkan Respon Kadar Air

Grafik 3D *surface* pada Gambar 19. Menunjukkan respon kadar air (%) terhadap variasi formulasi tepung jagung (A), Tepung labu kuning (B), dan tepung kedelai (C). Berdasarkan gradasi warna, kadar air terendah ditunjukkan oleh area biru dengan nilai sekitar 2,69%, sedangkan kadar air tertinggi ditunjukkan oleh area hijau kekuningan dengan nilai 9,88%. Area

berwarna biru cenderung berada pada kombinasi dengan proporsi tepung jagung (A) lebih tinggi, sedangkan area berwarna hijau-kuning muncul pada kombinasi dengan proporsi tepung labu kuning (B) lebih dominan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan penggunaan tepung labu kuning berpengaruh nyata dalam meningkatkan kadar air, sedangkan tepung jagung cenderung menurunkan kadar air produk. Tepung kedelai (C) memberikan efek sedang, dimana kenaikan kadarnya tidak terlalu signifikan menaikkan kadar air dibandingkan labu kuning.

Secara umum, hasil ini konsisten dengan sifat bahan baku. Tepung labu kuning memiliki kadar air awal yang relatif lebih tinggi dan kandungan serat larut yang dapat mengikat air, sehingga meningkatkan kadar air, sehingga meningkatkan kadar air akhir produk (Andarwulan,2011). Sebaliknya, tepung jagung lebih dominan pati dengan kadar air rendah sehingga menekan nilai kadar air pada formulasi tortilla chips (Astawan,2008).



Gambar 20. Grafik Normal Plot of Residuals Respon Kadar Air

Grafik plot residual (Gambar 20) memperlihatkan sebaran titik antara nilai aktual dan nilai prediksi kadar air. Titik-titik berwarna biru tua hingga merah menggambarkan kadar air aktual dari 2,69% (terendah) hingga 9,88% (tertinggi). Sebagian besar titik menyebar dekat dengan garis diagonal, yang menunjukkan bahwa model matematis yang digunakan memiliki akurasi prediksi yang baik dan residual yang relatif kecil.

Perbedaan warna pada titik biru, hijau, kuning dan merah memperlihatkan variasi kadar air antar formulasi. Warna biru menandai sampel dengan kadar air rendah (dominan jagung), sedangkan merah menandai sampel dengan kadar air tinggi (dominan labu kuning). Titik yang masih berada diagonal menunjukkan model mampu menggambarkan hubungan aktual dan prediksi dengan baik, meskipun terdapat beberapa penyimpangan kecil pada titik berwarna merah (nilai kadar air tinggi).

4.2.2 Respon Fisik Daya Kembang

Daya kembang merupakan salah satu parameter penting pada produk *tortilla chips* karena menentukan tingkat porositas, kerapuhan, dan tekstur akhir produk. Semakin tinggi daya kembang, *tortilla chips* cenderung memiliki pori lebih banyak sehingga teksturnya lebih nyerah, sedangkan daya kembang yang rendah menghasilkan tekstur lebih padat dan keras (Nurhadi, 2018).

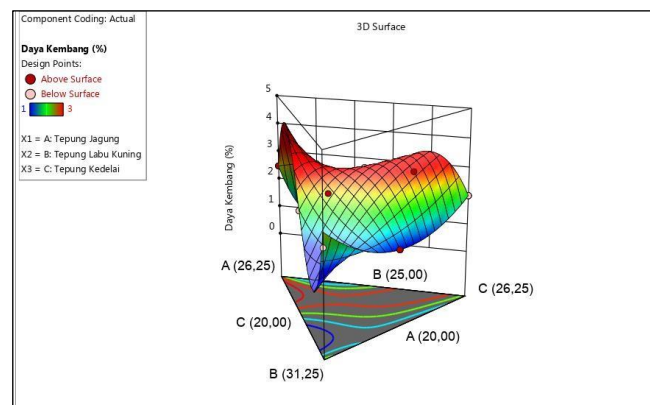
Tabel 22. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Daya Kembang

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
Linear	0,4965	0,1652	-0,0406	-0,3417	
Quadratic	0,5190	0,1355	-0,0947	-1,4316	
Special Cubic	0,1201	0,1740	0,1356	-2,8770	
Cubic	0,0150	0,9701	0,7742	0,5761	Aliased
Sp Quartic vs Quadratic	0,0483	0,4013	0,5933	-7,7665	Suggested

Berdasarkan hasil analisis fit summary pada Tabel 21. Model matematis yang disarankan untuk respon daya kembang adalah spesial quartic dengan nilai sequential p-value sebesar 0,0483 ($<0,05$) yang menunjukkan bahwa model signifikan. Nilai adjusted R² sebesar 0,5933 menandakan model cukup baik menjelaskan keragaman data meskipun prediksi model masih terbatas karena nilai predicted R² negatif (-7,7665). Hal ini menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara data aktual dengan nilai prediksi, namun model tetap dapat digunakan sebagai pendekatan untuk menjelaskan pengaruh komposisi terhadap respon daya kembang.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terdapat pada tabel 17. Dapat diketahui daya kembang *tortilla chips* berbasis tepung jagung, tepung labu

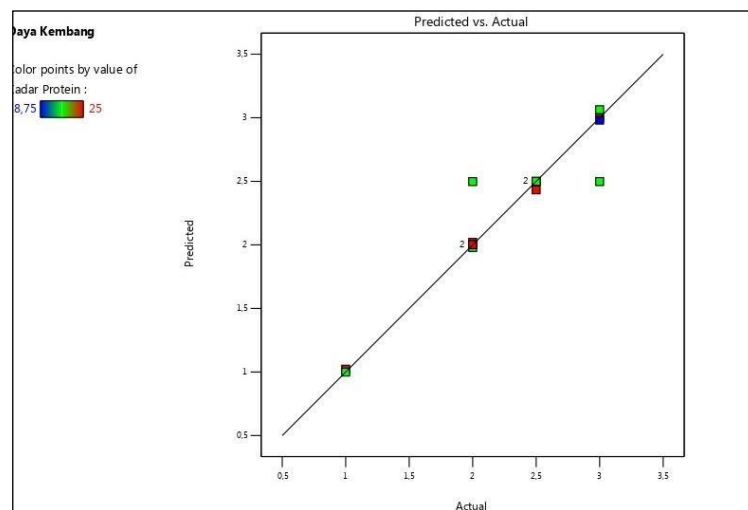
kuning dan tepung kedelai berkisar antara 100-300%. Nilai daya kembang tertinggi diperoleh pada formulasi F3, F4, F6, F10 dan F14 (300%) sedangkan nilai terendah pada formulasi F2 dan F12 (100%).



Gambar 21. Grafik 3D *Surface* Berdasarkan Respon Daya Kembang

Grafik 3D surface respon daya kembang dengan rentang nilai antara 1,00-3,00%. Warna biru menunjukkan area dengan nilai daya kembang terendah, sedangkan warna merah menunjukkan area dengan nilai daya kembang tertinggi. Dari grafik terlihat bahwa kombinasi tepung jagung (A) yang tinggi cenderung menghasilkan daya kembang yang tinggi cenderung menghasilkan daya kembang yang tinggi warna merah kuning, sementara penggunaan tepung labu kuning (B) pada konsentrasi tinggi menghasilkan daya kembang yang lebih rendah (warna biru). Tepung kedelai (C) memiliki pengaruh sedang terhadap daya kembang, di aman kenaikan konsentrasinya tidak memberikan peningkatan yang terlalu besar dibandingkan tepung jagung. Hasil ini dapat dijelaskan berdasarkan kandungan pati pada jagung yang lebih tinggi, sehingga mampu membentuk stuktur pori ketika

mengalami pemanasan, sementara tepung labu kuning memiliki kandungan serat pangan yang tinggi yang dapat menghambat pengembangan adonan karena serat menyerap air tetapi tidak berperan dalam pembentukan struktur pori (Winarno,2004; Astuti et al.,2020). Tepung kedelai berperan melalui kandungan protein yang cukup tinggi, yang dapat membentuk struktur melalui denaturasi saat dipanaskan, tetapi sifat pengembangan terbatas karena tidak membentuk gel yang elastis seperti pati (Hidayat et al,2019).



Gambar 22. Grafik Predicted vs Actual berdasarkan respon Daya Kembang

Pada grafik Predicted vs Actual (Gambar 22). Sebagian besar titik data menyebar di sekitar garis diagonal, menandakan model memiliki kemampuan prediksi yang cukup baik, meskipun terdapat beberapa titik yang menyimpang dari garis. Hal ini sesuai dengan nilai R^2 yang sedang. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, daya kembang tortilla berbasis jagung umumnya berkisar 2–4% tergantung formulasi (Garcia et al., 2015). Nilai daya kembang pada penelitian ini (1–3%) masih berada dalam kisaran

yang dapat diterima. Namun, menurut SNI untuk produk sejenis seperti keripik singkong, parameter daya kembang tidak ditentukan secara spesifik, sehingga hasil ini lebih relevan dibandingkan dengan studi literatur dan preferensi konsumen.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa tepung jagung memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan daya kembang tortilla chips, sedangkan tepung labu kuning menurunkan daya kembang karena kandungan seratnya, dan tepung kedelai berperan sedang melalui kandungan protein.

4.2.3 Kadar Protein

Protein merupakan zat gizi makro yang penting dalam bahan pangan karena berperan dalam pertumbuhan, perbaikan jaringan tubuh, dan sebagai sumber energi alternatif. Dalam produk tortilla chips, kandungan protein dapat ditingkatkan melalui penambahan tepung kedelai yang memiliki kandungan protein tinggi. Protein juga berperan dalam pembentukan struktur produk dan mempengaruhi tekstur akhir tortilla chips.

Tabel 23. Penentuan Jenis Model Matematis Respon Kadar protein

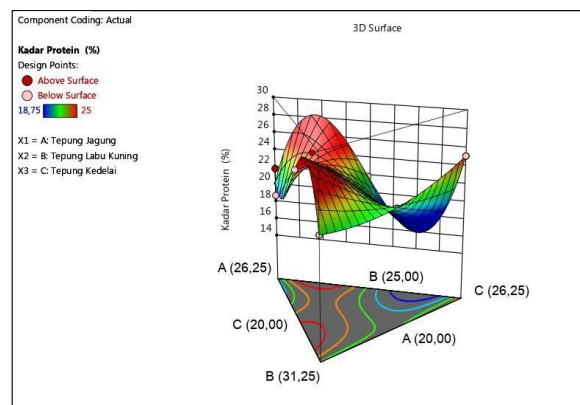
	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,7237	0,1232	-0,1143	-0,4856	
	Quadratic	0,0969	0,1935	0,2754	-0,2195	
	Special Cubic	0,9831	0,1500	0,1720	-3,0425	
	Cubic	0,0110	0,9945	0,8090	0,6968	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0,0652	0,4927	0,6949	-4,5622	Suggested

Berdasarkan hasil analisis model matematis dengan Design Expert 13, respon kadar protein mengikuti model, lack of fit test, dan summary statistics. model special quartic vs quadratic mendapatkan nilai p sebesar 0,0652 pada sequential sum of summary dan nilai p sebesar 0,4927 pada lack of fit test. karena memiliki nilai p-value Sequential di bawah 0,05, sehingga model signifikan. Nilai Lack of Fit lebih dari 0,05 menunjukkan model tidak berbeda nyata dengan error, sehingga dapat diterima. Model yang dipilih memiliki nilai adjusted R-square sebesar 0,6949 dan Predicted R-square sebesar -4,562. (selisih $< 0,2$) menandakan bahwa model mampu menjelaskan variabilitas data dengan baik dan dapat digunakan untuk memprediksi respon kadar protein. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 0,9916

Berdasarkan hasil pengukuran yang terdapat pada tabel 16, dapat diketahui kadar protein tortilla chips, berbasis tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai berkisar antara 18,75%-25,00%. Nilai kadar protein tertinggi diperoleh pada formulasi yang mengandung tepung kedelai lebih tinggi seperti pada formulasi F1,F2,F3,F5,F8 dan F11 (25,00%), Sedangkan nilai terendah pada formulasi F4 dan F10 (18,75%). Hasil Analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai lack of fit lebih besar dari 0,05 yaitu 0,9945 dengan f-value sebesar 0,055. Nilai lack of fit dari respon kadar protein tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai lack of fit yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang

baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon kadar protein dengan model. Data hasil ANOVA respon kadar protein dapat dilihat pada Lampiran 10.

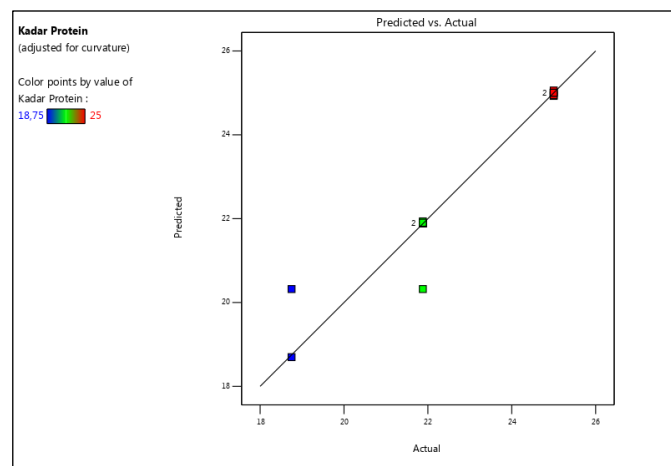
Berdasarkan persamaan polinomial dari tabel 18. Dapat diketahui bahwa tepung kedelai (C) memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kadar protein dengan koefisien 25,00, diikuti oleh tepung labu kuning (B) dengan koefisien 21,88, dan tepung jagung (A) dengan koefisien 20,32. Hal ini sesuai dengan karakteristik tepung kedelai yang memiliki kandungan protein tinggi sekitar 35-40%



Gambar 23. Grafik 3D Surface Pada Respon Kadar Protein Berdasarkan Gambar 23, grafik 3D surface plot menunjukkan respon

kadar protein pada tortilla chips yang dihasilkan dari variasi komposisi tepung jagung (A), tepung labu kuning (B), dan tepung kedelai (C). Rentang kadar protein yang terbentuk yaitu 14,26%–25%. Area dengan warna biru tua hingga hijau menunjukkan kadar protein terendah (sekitar 14–18%), sedangkan area kuning hingga merah menandakan kadar protein lebih tinggi (20–25%). Pola distribusi warna pada grafik memperlihatkan bahwa kadar

protein meningkat seiring dengan meningkatnya proporsi tepung kedelai (C). Sebaliknya, kombinasi dengan dominasi tepung jagung (A) dan tepung labu kuning (B) cenderung menghasilkan kadar protein lebih rendah, sebagaimana ditunjukkan pada area biru–hijau. Dengan demikian, grafik ini memperjelas bahwa tepung kedelai (C) merupakan faktor paling berpengaruh dalam peningkatan kadar protein produk, sementara tepung jagung (A) dan tepung labu kuning (B) memberikan pengaruh yang lebih kecil.



Gambar 24. Grafik Predicted pada Respom Kadar Protein

Grafik predicted vs actual menunjukkan bahwa model dapat memprediksi kadar protein dengan cukup baik untuk sebagian besar formulasi, meskipun terdapat beberapa titik yang sedikit menyimpang dari garis diagonal. Titik-titik data yang berdekatan dengan garis diagonal menunjukkan akurasi prediksi yang baik antara nilai aktual dan prediksi model.

4.2.4 Kadar Serat

Serat pangan merupakan salah satu komponen gizi penting dalam produk pangan karena memiliki manfaat fisiologis, seperti memperlancar pencernaan, menurunkan resiko penyakit degeneratif, serta memberikan efek kenyang lebih lama (Astawan&wresdiyati,2024). Pada penelitian ini, kadar serat tortilla chips dipengaruhi oleh variasi fomulasi tepung jagung (A), tepung labu kuning (B), dan tepung kedelai (C)

Tabel 24. Penentuan Model Sistematis Terhadap Respon Kadar Serat

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,5563	0,3851	-0,0623	-0,4033	
	Quadratic	0,2459	0,4366	0,1057	-2,2167	
	Special Cubic	0,0169	0,8912	0,5724	-0,1167	Suggested
	Cubic	0,9488	0,6672	0,4138	-2,1906	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0,1691	0,7045	0,4346	-5,5000	

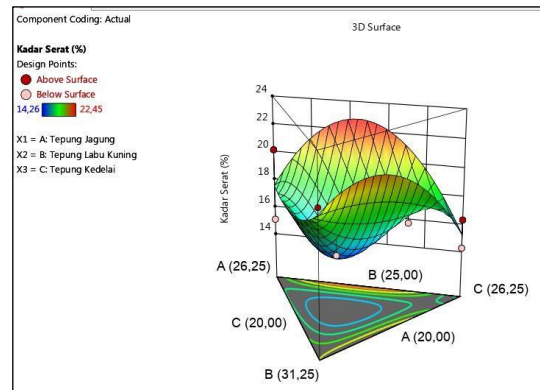
Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 22. Penentuan model matematis terbaik untuk respon kadar serat menggunakan evaluasi sequential Sum of Summary, Lack of Fit Test, dan Summary Statistics. Model Special cubic mendapatkan nilai p sebesar 0,0169 pada *Sequemential Sum of Summary* yang menunjukkan model signifikan, dan nilai p sebesar 0,08912 pada Lack of Fit Test yang menunjukkan model tidak signifikan terhadap pure error (Model baik). Model sprecial cubic memiliki nilai Adjusted R-square sebesar 0,5724 dan Predicted R-square sebesar -0,1167, yang menunjukkan model ini cukup baik dalam menjelaskan variabilitas data kadar serat dengan kemampuan prediksi yang moderat.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terdapat pada tabel 16. Dapat diketahui kadar serat tortilla chips berbasis tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai berkisar antara 14,26-22,45%. Nilai kadar serat tertinggi diperoleh pada formulasi F9 (22,45%), diikuti oleh F12 (21,42%) dan F6 (20,53%), sedangkan nilai terendah pada formulasi F8 (14,26%). Model polinomial yang direkomendasikan Design Expert untuk respon kadar serat adalah model Linear. Hasil Anova menunjukkan pada taraf 5% model yang direkomendasikan yaitu Linear adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu < 0,0001. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 1,71.

$$Y = (A)17,60 + (B)20,08 + (C)15,23 - (AB)4,86 + (AC)25,13 + (BC)13,18$$

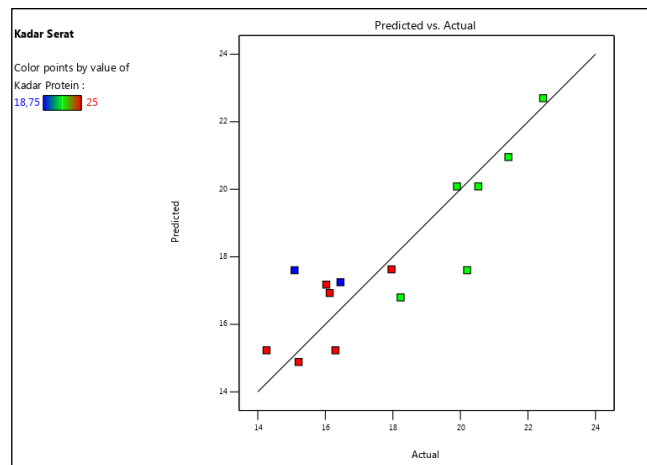
Dapat diketahui bahwa tepung labu kuning (B) memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kadar serat dengan koefisien 20,08, diikuti oleh tepung jagung (A) dengan koefisien 17,60 dan tepung kedelai (C) dengan koefisien 15,23. Hal ini sesuai dengan karakteristik tepung labu kuning yang kaya akan serat pangan. Hasil Analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (linear) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0,8912 dengan f-value sebesar 0,586. Nilai *lack of fit* dari respon kadar serat total tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya

kesesuaian data respon kadar serat dengan model. Data hasil ANOVA respon kadar serat dapat dilihat pada Lampiran 10.



Gambar 25. Grafik 3D Surface Pada Respon Kadar Serat

Grafik 3D surface (Gambar 25). Memperlihatkan bahwa daerah dengan warna biru tua (14%-16%) muncul ketika proporsi tepung jagung (A) tinggi dan tepung labu kuning (B) rendah. Hal ini menandakan bahwa tepung jagung memiliki kontribusi yang rendah terhadap peningkatan kadar serat, karena sebagian besar serat pangan berasal dari (labu kuning). Warna hijau hingga kuning (16%-20%) terlihat pada kombinasi seimbang antara tepung labu kuning (B) dan tepung kedelai (C), menunjukkan adanya pengaruh dari keduanya namun belum maksimal. Sedangkan warna merah (21%-22,45%) mendominasi area dengan proporsi tepung labu kuning yang tinggi mendekati 31,25% disertai kontribusi kedelai pada taraf menengah hingga tinggi. Hal ini menegaskan bahwa tepung labu kuning memberikan pengaruh paling besar terhadap peningkatan kadar serat pada *tortilla chips*, sedangkan kedelai berperan sedang dan jagung relatif tidak signifikan.



Gambar 26. Grafik Predicted vs Actual pada Respon Kadar Protein

Grafik Predicted vs Actual (Gambar 26). Memperlihatkan bahwa titik-titik data hasil pengujian (aktual) tersebar di sekitar garis diagonal, dengan sebaran antara 14% hingga 24%. Sebagian besar titik mendekati garis diagonal, menunjukkan bahwa model prediksi sesuai dengan aktual. Meskipun terdapat 15%-17%, warna titik pada grafik juga mendukung hasil grafik 3D, di mana titik biru (serat rendah) muncul pada proporsi jagung tinggi, sedangkan titik merah (serat tinggi) muncul pada proporsi labu kuning tinggi.

Hasil ini sejalan dengan literatur bahwa tepung labu kuning mengandung serat pangan cukup tinggi, terutama serat larut dan tidak larut, sehingga penggunaannya dalam formulasi dapat meningkatkan kadar serat produk akhir (Putri, 2020). Tepung kedelai diketahui memiliki kontribusi serat, meskipun lebih kecil dibandingkan labu kuning (Astawan, 2009). Sementara itu, jagung cenderung lebih dominan sebagai sumber pati dibandingkan serat, sehingga tidak berperan signifikan dalam peningkatan

kadar serat *tortilla chips* berbasis campuran tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai.

4.2.5 Kadar Beta Karoten

Beta karoten merupakan salah satu pigmen karotenoid yang berperan sebagai provitamin A, yaitu prekursor vitamin A yang penting untuk kesehatan mata, sistem imun, serta sebagai antioksidan alami yang mampu menangkal radikal bebas (Winarno, 2004). Dalam produk pangan, kadar beta karoten berpengaruh terhadap nilai gizi serta penampakan warna, di mana konsentrasi beta karoten yang tinggi akan memberikan warna kuning-oranye yang lebih intens pada produk akhir.

Tabel 25. Penentuan Model Matematis pada Respon Beta Karoten

Fit Summary						
Response 4: Kadar Beta Karoten						
Mixture Component Coding is L_Pseudo.						
	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,0435	0,8187	0,3316	0,0027	Suggested
	Quadratic	0,5719	0,7784	0,2746	-0,4638	
	Special Cubic	0,9607	0,6899	0,1713	-2,0951	
	Cubic	0,4506	0,6677	0,1566	-3,5764	Aliased

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 23. Penentuan model matematis terbaik untuk respon kadar beta karoten menggunakan evaluasi Sequential Sum of Summary, Lack of Fit Test, dan Summary Statistics. Model linear mendapatkan nilai p sebesar 0,6435 pada Sequential Sum of Summary dan nilai p sebesar 0,8187 pada lack of fit test, yang menunjukkan model tidak signifikan namun memiliki lack of fit yang tidak signifikan (Model cukup sesuai) Model linear yang disarankan (Suggested) memiliki nilai adjusted R-square sebesar 0,3316 dan Predicted R-square sebesar 0,0027, yang

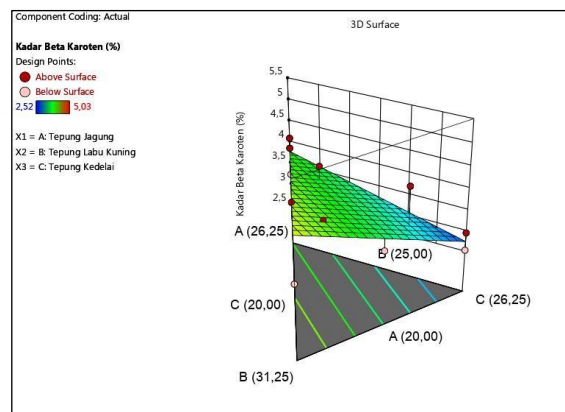
menunjukkan kemampuan model dalam menjelaskan variabilitas data beta karoten relatif rendah. Meskipun demikian, model linear tetap dipilih karena memiliki struktur yang sederhana dan sesuai dengan pola distribusi beta karoten.

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 16. Dapat diketahui kadar beta karoten tortilla chips berbasis tepung jagung, tepung abu kuning dan tepung kedelai berkisar antara 2,52-5,03 ppm. Nilai kadar beta karoten tertinggi diperoleh pada formulasi F-13 (5,03 ppm), diikuti oleh F11 (4,99 ppm), sedangkan nilai terendah pada formulasi F1 dan F9 (2,52 ppm). Model polinomial yang direkomendasikan Design Expert untuk respon kadar beta karoten adalah model Linear. Hasil Anova menunjukkan pada taraf 5% model yang direkomendasikan yaitu Linear adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu < 0,0001. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 0,641

$$Y = (A)3,75+(B)4,35+(C)2,67$$

Berdasarkan persamaan polinomial linear dari Tabel 18. Dapat diketahui bahwa tepung labu kuning (B) memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kadar beta karoten dengan koefisien 4,35, diikuti oleh tepung jagung (A) dengan koefisien 3,75, dan tepung kedelai (C) dengan koefisien 2,67. Hal ini sesuai dengan karakteristik tepung labu kuning yang memiliki kandungan beta karoten tinggi sebagai sumber provitamin A alami.

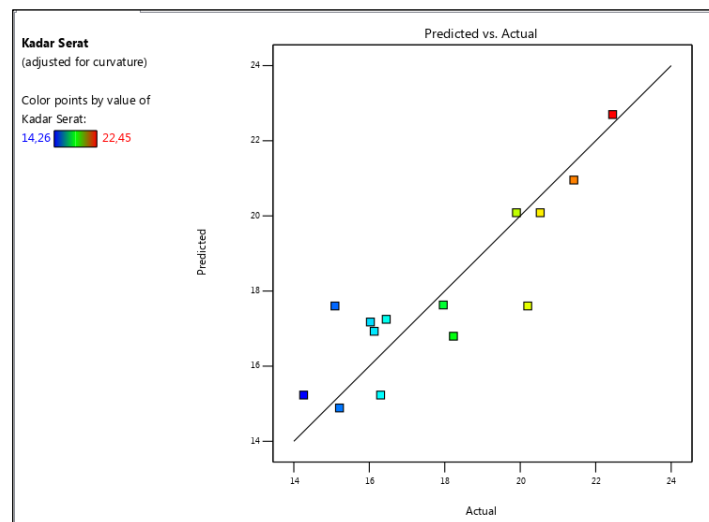
Hasil Analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (linear) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0,05 yaitu 0,8187 dengan *f-value* sebesar 0,2542. Nilai *lack of fit* dari respon kadar sebeta karoten tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon kadar beta karoten dengan model. Data hasil ANOVA respon kadar kadar beta karoten dapat dilihat pada Lampiran 10.



Gambar 27. Grafik 3D Surface Terhadap Respon Beta Karoten

Pada grafik 3D (gambar 27). Rentang kadar beta karoten yang diperoleh pada tortilla chips adalah 2,52% hingga 5,03%. Grafik 3D surface menunjukkan gradasi warna dari biru ke hijau (Rendah, 2,5%-3,5%) hingga kuning-merah (tinggi, sekiatr 4,5-5,0%). Area berwarna biru muncul pada formulasi dengan proporsi tepung jagung (A) dan Kedelai (C) dominan, menandakan rendahnya kandungan beta karoten pada kedua bahan tersebut. Sebaliknya, area kuning hingga merah terlihat jelas pada sisi dengan proporsi tepung labu kuning (B) tinggi, yang menegaskan bahwa labu kuning (B)

tinggi, yang menegaskan bahwa labu kuning adalah faktor paling dominan dalam meningkatkan kadar beta karoten produk.



Gambar 28. Grafik Predicted vs Actual terhadap respon Beta Karoten

Grafik predicted vs Actual pada gambar grafik 27. Menunjukkan sebaran titik data yang berdekatan dengan garis diagonal. Titik-titik berwarna biru (nilai rendah) berada pada area dominan jagung dan kedelai, sedangkan titik merah (nilai tinggi) berada pada area dominan labu kuning. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi model cukup akurat dan konsisten dengan hasil aktual percobaan.

Hal ini sejalan dengan literatur (Yuwono&Susanto,2018) yang menyatakan bahwa labu kuning mengandung beta karoten cukup tinggi yakni sekitar 2.100-3.000, sehingga peningkatan proporsi labu kuning dalam formulasi akan meningkatkan kadar beta karoten produk. Hasil penelitian ini juga konsisten dengan (Wahyuni,2019) yang melaporkan bahwa penambahan tepung labu kuning pada produk pangan menyebabkan peningkatan kadar

beta karoten dan intensitas warna orange produk. Sementara itu, kontribusi tepung jagung dan kedelai terhadap beta karoten relatif rendah.

4.2.6 Analisis Organoleptik (Aroma)

Aroma merupakan salah satu faktor penting dalam penilaian organoleptik karena dapat mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap produk pangan. Aroma tortilla chips dipengaruhi oleh kandungan bahan penyusunannya, reaksi selama proses pemanggangan dan interaksi komponen yang terbentuk. Kombinasi proporsi tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai mempengaruhi intensitas aroma yang dihasilkan

Tabel 26. Penentuan model matematis terhadap respon organoleptik Aroma

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,2036	0,0048	0,1152	-0,1156	
	Quadratic	0,1944	0,0058	0,3030	-0,5369	
	Special Cubic	0,2434	0,0058	0,3533	-1,6880	
	Cubic	0,0029	0,0790	0,9128	-0,3040	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0.0278	0.0217	0.7939	-8.3502	Suggested

Berdasarkan hasil analisis pada gambar yang disediakan, penentuan model matematis terbaik untuk respon organoleptik aroma menggunakan evaluasi Sequential Sum of Summary, Lack of Fit Test, dan Summary Statistics. Model Special Quartic vs Quadratic mendapatkan nilai p sebesar 0,0278 pada Sequential Sum of Summary yang menunjukkan model signifikan, dan nilai p sebesar 0,0217 pada Lack of Fit Test.

Model Special Quartic vs Quadratic yang disarankan (Suggested) memiliki nilai Adjusted R-square sebesar 0,7939 dan Predicted R-square

sebesar -8,3502. Meskipun nilai predicted R-square negatif menunjukkan kemampuan prediksi yang terbatas, nilai adjusted R-square yang tinggi (0,7939) menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan hampir 80% variabilitas data aroma dengan baik.

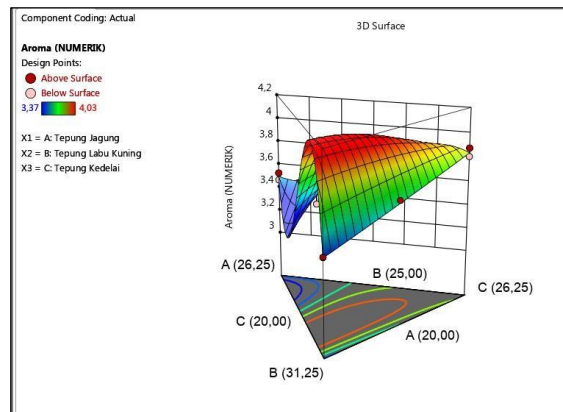
Berdasarkan hasil pengujian organoleptik yang terdapat pada Tabel 17, dapat diketahui nilai kesukaan aroma tortilla chips berbasis tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai berkisar antara 3,37-4,03 (skala 1-6). Nilai tertinggi diperoleh pada formulasi F2 (4,03), diikuti oleh F5 (3,97) dan F14 (3,93), sedangkan nilai terendah pada formulasi F3 (3,37). Nilai ini cukup tinggi dan mendekati tortilla komersial. Produk industri biasanya menggunakan bahan tambahan perisa maupun minyak goreng yang memberikan aroma khas gorengan yang lebih kuat (Riaz & Rokey, 2012). Sebaliknya, aroma pada produk penelitian lebih alami, dengan dominasi aroma khas kedelai dan sedikit aroma karamelisasi labu kuning akibat proses pemanggangan. Hal ini bisa menjadi keunggulan karena memberikan kesan produk sehat tanpa aroma sintetis yang berlebihan.

Berdasarkan persamaan polinomial cubic dari Tabel 18:

$$Y=(A)3,49+(B)3,40+(C)3,83+(AB)0,9811+(AC)0,1416(BC)0,0293+(ABC)8,75$$

Dapat diketahui bahwa tepung kedelai (C) memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kesukaan aroma dengan koefisien 3,83, diikuti oleh tepung jagung (A) dengan koefisien 3,49, dan tepung labu kuning (B)

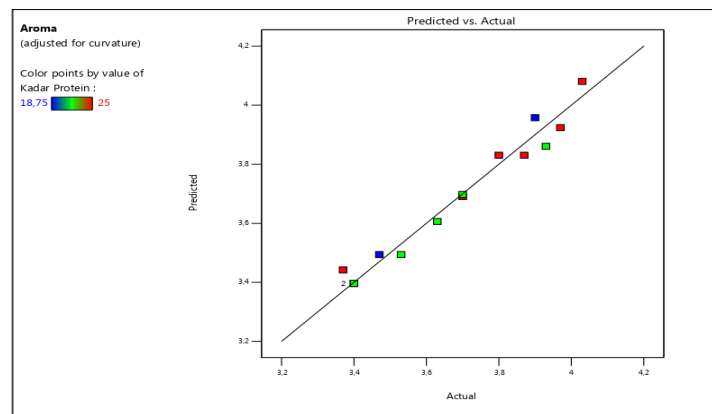
dengan koefisien 3,40. Interaksi kompleks antar komponen (ABC: +8,75) menunjukkan adanya efek sinergis yang signifikan dalam pembentukan aroma yang disukai konsumen.



Gambar 29. Grafik 3D *Surface* terhadap respon Organoleptik Aroma Berdasarkan Gambar 24, grafik 3D surface plot menunjukkan pengaruh variasi komposisi tepung jagung (A), tepung labu kuning (B), dan tepung kedelai (C) terhadap nilai organoleptik aroma tortilla chips. Rentang skor panelis berada pada kisaran 3,37–4,03 (skala hedonik).

Pola warna pada grafik memperlihatkan bahwa area biru menandakan nilai aroma terendah (sekitar 3,3–3,5), sedangkan area kuning hingga merah menunjukkan nilai yang lebih tinggi (mendekati 4,0). Dari distribusi permukaan, terlihat bahwa peningkatan proporsi tepung labu kuning (B) dan tepung kedelai (C) cenderung meningkatkan penerimaan aroma oleh panelis, sedangkan dominasi tepung jagung (A) pada proporsi tinggi menghasilkan skor aroma yang relatif lebih rendah.

Hal ini menunjukkan bahwa komponen labu kuning yang kaya senyawa volatil alami serta kedelai dengan karakter aroma khas mampu memberikan kontribusi positif terhadap aroma produk. Sementara itu, penggunaan jagung dalam proporsi besar tidak memberikan peningkatan aroma yang signifikan, sehingga kombinasi optimal antara B dan C diperlukan untuk memperoleh aroma tortilla chips yang lebih disukai.



Gambar 30. Grafik Predicted vs Actual

Grafik predicted vs actual pada gambar 29 menunjukkan bahwa model dapat memprediksi kesukaan aroma dengan akurasi yang cukup baik, dengan sebagian besar titik data berada di sekitar garis diagonal. Rentang prediksi yang sempit (3,2-4,2) mencerminkan homogenitas relatif dalam penilaian aroma oleh panelis, yang menunjukkan bahwa semua formulasi menghasilkan aroma yang dapat diterima konsumen.

Interaksi positif yang dominan antar komponen menunjukkan bahwa kombinasi tepung jagung, labu kuning, dan kedelai dapat saling melengkapi dalam menghasilkan profil aroma yang disukai. Hal ini kemungkinan

disebabkan oleh kontribusi senyawa volatil dari masing-masing tepung yang berpadu dengan bumbu-bumbu tambahan menghasilkan aroma tortilla chips yang karakteristik dan dapat diterima konsumen.

4.2.7 Analisis Organoleptik (Rasa)

Rasa merupakan parameter organoleptik yang penting dalam menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk pangan. Rasa tortilla chips dipengaruhi oleh kombinasi komponen penyusun formulasi seperti tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai, serta bahan tambahan seperti garam, penyedap rasa, dan bumbu-bumbu lainnya

Tabel 27. Penentuan Model Matematis terhadap respon organoleptik rasa

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,2036	0,0048	0,1152	-0,1156	
	Quadratic	0,1944	0,0058	0,3030	-0,5369	
	Special Cubic	0,2434	0,0058	0,3533	-1,6880	
	Cubic	0,0029	0,0790	0,9128	-0,3040	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0,0278	0,0217	0,7939	-8,3502	Suggested

Berdasarkan hasil Sequential Sum of Summary pada Tabel 25, model quadratic menunjukkan nilai p sebesar 0,0182 (1,82%) yang lebih kecil dari 0,05, menandakan model ini signifikan dan dapat diterima. Evaluasi Lack of Fit Test menunjukkan nilai p sebesar 0,1753 (17,53%) yang lebih besar dari 0,05, mengindikasikan model tidak memiliki ketidaksesuaian yang signifikan terhadap data aktual. Berdasarkan Model Summary Statistics, model quadratic memberikan nilai Adjusted R-square sebesar 0,5574 dan Predicted

R-square sebesar 0,2723, yang menunjukkan model ini dapat menjelaskan sekitar 55,74% variabilitas data rasa.

Berdasarkan hasil pengukuran yang terdapat pada Tabel 17, nilai rasa tortilla chips berkisar antara 3,17-4,00 pada skala hedonik 1-6. Nilai tertinggi diperoleh pada formulasi F3 (4,00) dengan komposisi tepung jagung 24,17%, tepung labu kuning 26,04%, dan tepung kedelai 21,04%. Nilai terendah diperoleh pada formulasi F12 (3,17) dengan komposisi tepung jagung 20,00%, tepung labu kuning 28,13%, dan tepung kedelai 23,13%. Rasa tortilla chips hasil penelitian memperoleh skor 3,73 (aktual) dengan prediksi 4,03. Nilai ini menunjukkan kategori “suka” namun masih lebih rendah dibandingkan tortilla komersial yang umumnya memiliki citarasa gurih dan asin yang lebih kuat karena penambahan penyedap dan penguat rasa (Nurhayati et al., 2019). Rasa pada tortilla hasil penelitian cenderung alami dan sedikit manis, yang berasal dari tepung labu kuning, serta ada sensasi kacang dari tepung kedelai. Hal ini membuat produk lebih sehat, tetapi mungkin kurang sesuai dengan preferensi sebagian konsumen yang terbiasa dengan rasa gurih-asin dominan pada tortilla komersial.

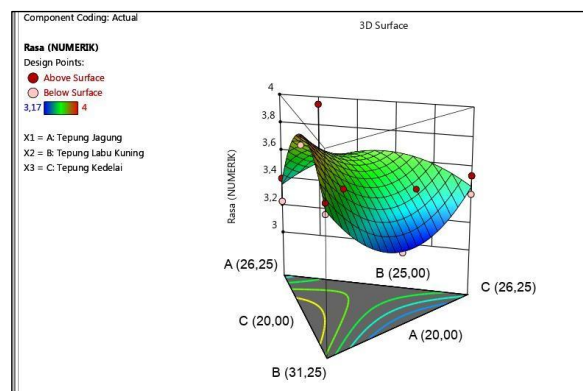
Hasil ANOVA menunjukan pada taraf 5% model direkomendasikan yaitu Quadratic adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu < 0,0001. Model tersebut memiliki nilai deviasi 0,144

Model polinomial quadratic yang diperoleh adalah :

$$Y=(A)3,36+(B)3,63+(C)3,45+(AB)1,64+(AC)0,09974-(BC)1,45$$

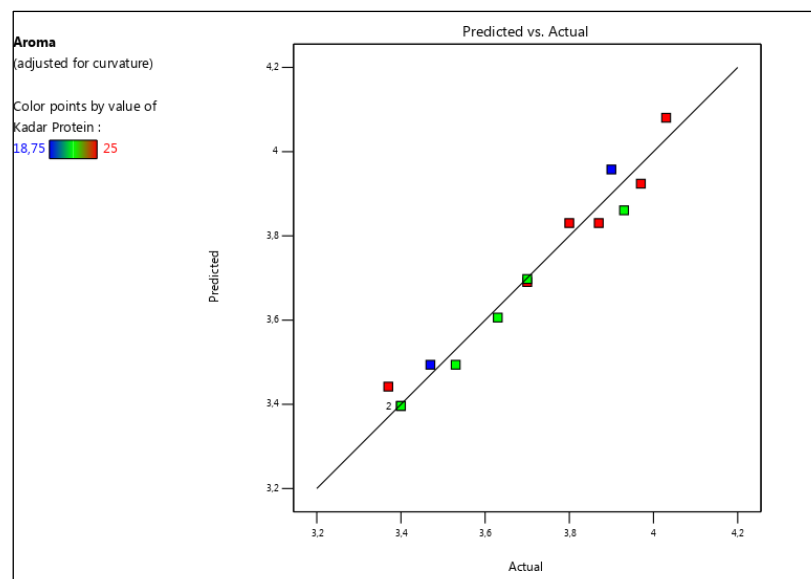
Persamaan ini menunjukkan bahwa tepung labu kuning (B) memberikan kontribusi tertinggi terhadap rasa (koefisien 3,63), diikuti tepung kedelai (C) dengan koefisien 3,45, dan tepung jagung (A) dengan koefisien 3,36. Interaksi positif antara tepung jagung dan labu kuning (AB) dengan koefisien 1,64 menunjukkan sinergi yang baik dalam pembentukan cita rasa. Sebaliknya, interaksi negatif antara tepung labu kuning dan kedelai (BC) dengan koefisien -1,45 mengindikasikan adanya antagonisme yang dapat menurunkan penerimaan rasa

Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukan bahwa lack of fit dari model yang dihasilkan (Quadratic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukan dari nilai lack of fit lebih besar dari 0,05 yaitu 0,217 dengan f-value sebesar 3,33. Nilai lack of fit dari respon tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai lack of fit yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukan adanya kesesuaian data respon dengan model. Data hasil ANOVA respon rasa dapat dilihat pada lampiran 10.



Gambar 31. Grafik 3D *Surface* Terhadap Respon Organoleptik Rasa

Grafik 3D *Surface* pada Gambar 31. Memperlihatkan gradasi warna dari biru (nilai terendah 3,2) hingga merah (nilai tertinggi 4). Daerah berwarna biru terlihat pada area dengan proporsi labu kuning (B) rendah dan kedelai (C) tinggi, yang menandakan kombinasi tersebut kurang disukai panelis karena menghasilkan rasa dominan gurih. Daerah hijau-kuning (nilai sedang 3,4-3,7) terlihat pada kombinasi jagung (A) tinggi dengan kedelai sedang. Sementara daerah merah (nilai tertinggi 4) terlihat pada area dengan proporsi labu kuning (B) cukup tinggi dan seimbang dengan jagung (A), menandakan rasa manis alami labu kuning mampu meningkatkan penerimaan panelis ketika dipadukan dengan jagung.



Gambar 32. Grafik Predictedvs Actual Terhadap respon organoleptik Rasa

Grafik predicted vs actual pada Gambar 32. menunjukkan kemampuan model dalam memprediksi nilai rasa aktual. Titik-titik data yang tersebar di sekitar garis diagonal menandakan model cukup akurat dalam prediksi,

meskipun terdapat beberapa titik yang menyimpang, khususnya pada nilai rasa tinggi. Hal ini mengindikasikan adanya faktor lain selain komposisi tepung yang mempengaruhi rasa, seperti proses pemanggangan dan interaksi antar komponen selama pengolahan. Penambahan tepung labu kuning memberikan kontribusi positif terhadap rasa karena kandungan gula alami dan senyawa volatil yang memberikan rasa manis dan aroma khas. Menurut Sudarto (2000), labu kuning mengandung gula alami yang dapat meningkatkan palatabilitas produk. Tepung kedelai memberikan rasa gurih (umami) alami yang berasal dari kandungan asam amino glutamat. Namun, proporsi kedelai yang terlalu tinggi dapat menimbulkan rasa langu yang kurang disukai konsumen (Cahyadi, 2007). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Syarifah dan Amrih (2021) yang menunjukkan bahwa formulasi tortilla dengan perbandingan tepung yang seimbang menghasilkan penerimaan rasa yang lebih baik dibandingkan formulasi dengan dominasi satu komponen. Penelitian Ihrami (2022) bahwa kombinasi tepung jagung dengan bahan tambahan nabati lainnya dapat meningkatkan kompleksitas rasa dan penerimaan konsumen. Berdasarkan analisis ini, formulasi optimal untuk parameter rasa adalah kombinasi yang memberikan keseimbangan antara rasa manis alami dari labu.

4.2.8 Analisis Organoleptik (Warna)

Warna merupakan parameter organoleptik pertama yang diamati konsumen dan sangat mempengaruhi keputusan pembelian serta tingkat

penerimaan produk. Warna tortilla chips dipengaruhi oleh pigmen alami yang terdapat dalam bahan baku, terutama beta karoten dari tepung labu kuning yang memberikan warna kuning-oranye, serta pigmen dari tepung jagung dan kedelai yang berkontribusi pada pembentukan warna akhir produk.

Tabel 28. Penentuan Model Matematis Terhadap Respon Organoleptik Warna

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,8985	0,0687	-0,1590	-0,5202	
	Quadratic	0,0030	0,3631	0,6972	0,3295	Suggested
	Special Cubic	0,6224	0,3056	0,6666	-0,4705	
	Cubic	0,0987	0,5885	0,8151	-0,2051	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0,1891	0,5191	0,7990	-2,4839	

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 26. penentuan model matematis terbaik untuk respon organoleptik warna menggunakan evaluasi Sequential Sum of Summery, Lack of Fit Test, dan Summary Statistics. Model **Quadratic** mendapatkan nilai p sebesar 0,0030 pada Sequential Sum of Summery yang menunjukkan model signifikan, dan nilai p sebesar 0,3631 pada Lack of Fit Test yang menunjukkan model tidak signifikan terhadap pure error (model baik). Model Quadratic yang disarankan (Suggested) memiliki nilai Adjusted R-square sebesar 0,6972 dan Predicted R-square sebesar 0,3295. Nilai adjusted R-square yang cukup tinggi (hampir 70%) menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan sebagian besar variabilitas data warna dengan baik, sementara predicted R-square yang moderat menunjukkan kemampuan prediksi yang cukup memadai.

Berdasarkan hasil pengujian organoleptik yang terdapat pada Tabel 17, dapat diketahui nilai kesukaan warna tortilla chips berbasis tepung jagung, tepung labu kuning dan tepung kedelai berkisar antara 2,93-4,07 (skala 1-6). Nilai tertinggi diperoleh pada formulasi F4 dan F9 (4,07), diikuti oleh F6 (4,03), sedangkan nilai terendah pada formulasi F11 (2,93). Hasil uji warna menunjukkan skor aktual 3,87 dengan prediksi 3,69. Warna tortilla chips hasil penelitian cenderung lebih kuning-oranye karena kontribusi β -karoten dari labu kuning. Produk komersial umumnya berwarna kuning pucat hingga keemasan karena dominasi tepung jagung dan proses penggorengan. Warna oranye alami pada produk penelitian justru dapat menjadi daya tarik visual sekaligus nilai tambah fungsional karena berkaitan dengan kandungan provitamin A (Widowati et al., 2020).

Hasil ANOVA menunjukkan pada taraf 5% model direkomendasikan yaitu Quadratic adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu $< 0,0001$. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 0,193.

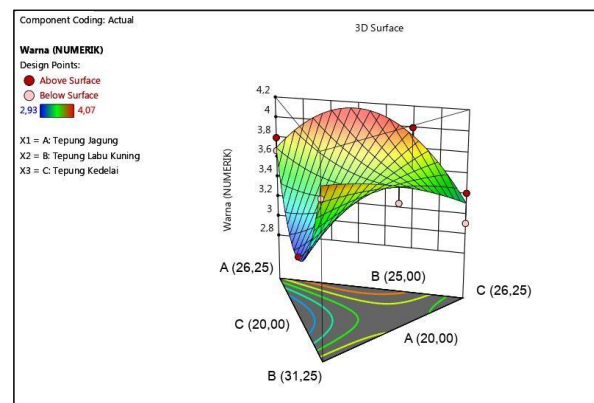
Berdasarkan persamaan polinomial quadratic dari Tabel 18:

$$Y=(A)3,70+(B)3,91+(C)3,30-(AB)3,58+(AC)2,51+(BC)0,3197$$

Dapat diketahui bahwa tepung labu kuning (B) memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan kesukaan warna dengan koefisien 3,91, diikuti oleh tepung jagung (A) dengan koefisien 3,70, dan tepung kedelai (C) dengan koefisien 3,30. Interaksi negatif antara tepung jagung dan

labu kuning (AB: -3,58) menunjukkan bahwa kombinasi keduanya dalam proporsi tinggi dapat menurunkan kesukaan warna.

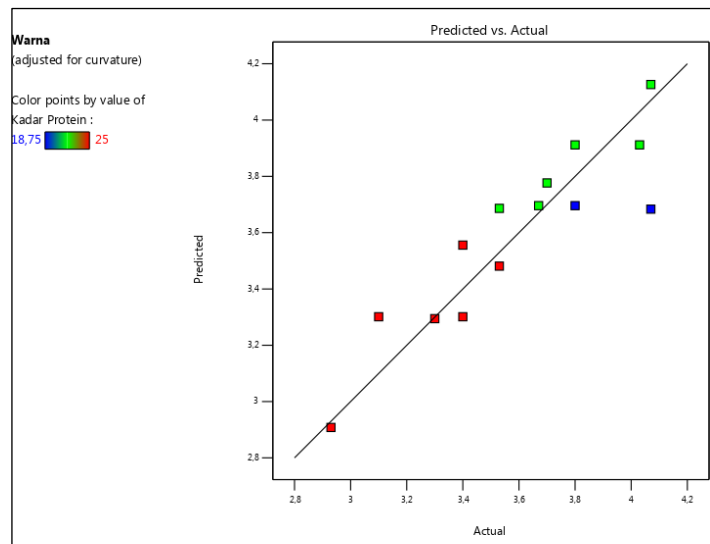
Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukkan bahwa lack of fit dari model yang dihasilkan (Quadratic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai lack of fit lebih besar dari 0,05 yaitu 0,361 dengan f-value sebesar 1,64. Nilai lack of fit dari respon tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai lack of fit yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon dengan model. Data hasil ANOVA respon rasa dapat dilihat pada lampiran 10.



Gambar 33. Grafik 3D *Surface* Pada Respon Organoleptik Warna

Grafik 3D surface (Gambar 33). memperlihatkan gradasi warna dari biru (nilai terendah, 3,2) hingga merah (nilai tertinggi, 4,0). Daerah berwarna biru terlihat pada area dengan proporsi labu kuning (B) rendah dan kedelai (C) tinggi, yang menandakan kombinasi tersebut kurang disukai panelis karena menghasilkan rasa dominan gurih kedelai yang agak langu. Daerah hijau-kuning (nilai sedang, 3,4–3,7) terlihat pada kombinasi jagung (A) tinggi dengan kedelai sedang. Sementara daerah merah (nilai tertinggi, 4,0)

terlihat pada area dengan proporsi labu kuning (B) cukup tinggi dan seimbang dengan jagung (A), menandakan rasa manis alami labu kuning mampu meningkatkan penerimaan panelis ketika dipadukan dengan jagung.



Gambar 34. Grafik Predictual vs Actual Terhadap Respon Organoleptik Warna

Grafik Predicted vs Actual (Gambar 34). Menunjukkan bahwa titik-titik data hasil uji panelis tersebar cukup dekat dengan garis diagonal. Titik biru mewakili nilai rasa rendah (3,2–3,3), titik hijau–kuning mewakili nilai sedang (3,4–3,7), dan titik merah mewakili nilai tertinggi (4,0). Penyebaran ini menunjukkan bahwa model quadratic mampu menggambarkan hubungan prediksi dengan nilai aktual cukup baik, meskipun terdapat beberapa titik yang sedikit menyimpang dari garis diagonal.

Hasil penelitian ini sesuai dengan literatur, di mana keseimbangan bahan nabati dalam formulasi menghasilkan cita rasa yang lebih baik dibanding dominasi salah satu komponen (Syarifah & Amrih, 2021).

Penelitian Ihrami (2022) juga menyatakan bahwa penambahan bahan sumber protein nabati seperti kedelai dapat meningkatkan kompleksitas rasa, namun perlu dikombinasikan dengan bahan lain untuk mengurangi rasa langu khas kedelai. Oleh karena itu, formulasi dengan komposisi labu kuning cukup tinggi yang dipadukan dengan jagung mampu menghasilkan rasa yang lebih disukai panelis.

4.2.9 Analisis Organoleptik (Tekstur)

Tekstur merupakan parameter organoleptik yang sangat penting dalam produk tortilla chips karena menentukan sensasi mulut (mouthfeel) dan kepuasan konsumen saat mengonsumsi produk. Tekstur yang diharapkan dari tortilla chips adalah renyah (crispy) dan tidak keras, sehingga memberikan sensasi yang menyenangkan saat dimakan. Tekstur dipengaruhi oleh komposisi bahan, terutama kandungan protein, lemak, dan karbohidrat, serta proses pemanggangan yang mempengaruhi pembentukan struktur renyah.

Tabel 29. Penentuan Model Sistematis Terhadap Respon Organoleptik Tekstur

	Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²	
	Linear	0,5524	0,2117	-0,0609	-0,3564	
	Quadratic	0,2490	0,2354	0,1037	-2,1305	
	Special Cubic	0,0067	0,7239	0,6656	0,3570	Suggested
	Cubic	0,6958	0,5537	0,5951	-1,7927	Aliased
	Sp Quartic vs Quadratic	0,0920	0,4948	0,5636	-7,4799	
	Quartic vs Cubic	0,5537		0,5450		Aliased
	Quartic vs Sp Quartic	0,4948		0,5450		Aliased

Berdasarkan hasil analisis pada gambar yang disediakan, penentuan model matematis terbaik untuk respon organoleptik tekstur menggunakan evaluasi Sequential Sum of Summary, Lack of Fit Test, dan Summary Statistics. Model **Special Cubic** mendapatkan nilai p sebesar 0,0067 pada Sequential Sum of Summary yang menunjukkan model signifikan, dan nilai p sebesar 0,7239 pada Lack of Fit Test yang menunjukkan model tidak signifikan terhadap pure error (model baik). Model Special Cubic yang disarankan (Suggested) memiliki nilai Adjusted R-square sebesar 0,6656 dan Predicted R-square sebesar 0,3870. Nilai adjusted R-square sekitar 67% menunjukkan bahwa model dapat menjelaskan sebagian besar variabilitas data tekstur dengan baik, sementara predicted R-square yang moderat menunjukkan kemampuan prediksi yang cukup memadai untuk optimasi formulasi.

Berdasarkan hasil uji organoleptik, skor hedonik tekstur torilla chips berkisar antara 3,08% hingga 3,88% pada skala 1-6. Nilai tertinggi terdapat pada F7 (3,88), sedangkan nilai terendah pada F12 (3,08). Hal ini

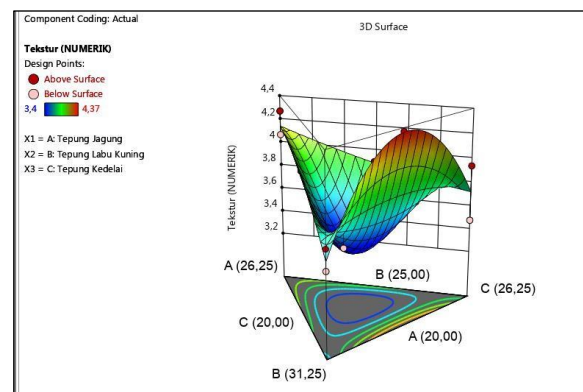
menunjukkan adanya perbedaan preferensi panelis terhadap tekstur yang dihasilkan dari tiap formulasi. Tekstur tortilla chips hasil penelitian memperoleh skor aktual 4,03 dengan prediksi 3,45. Nilai ini menunjukkan tingkat penerimaan panelis terhadap kerenyahan produk berada pada kategori “suka”. Namun, jika dibandingkan tortilla komersial, produk penelitian lebih tebal dan agak padat. Hal ini diduga akibat metode pemanggangan oven yang digunakan, berbeda dengan proses industri yang menggunakan teknik deep frying sehingga menghasilkan tortilla tipis dan sangat renyah (Chavez et al., 2015). Meskipun demikian, tortilla penelitian memiliki keunggulan karena lebih rendah minyak dan lebih sehat.

Hasil ANOVA menunjukan pada taraf 5% model direkomendasikan yaitu special cubic adalah signifikan, dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0,05 yaitu < 0,0001. Model tersebut memiliki nilai standar deviasi sebesar 0,1853. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5% menunjukan bahwa lack of fit dari model yang dihasilkan (Special Cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukan dari nilai lack of fit lebih besar dari 0,05 yaitu 0,7239 dengan f-value sebesar 0,536. Nilai lack of fit dari respon tidak signifikan relatif terhadap pure error. Nilai lack of fit yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukan adanya kesesuaian data respon dengan model. Data hasil ANOVA respon rasa dapat dilihat pada lampiran 10.

Persamaan polinomial tekstur adalah:

$$Y = (A)4,35 + (B)3,58 + (C)3,72 - 9 - (AB)0,0659 - (AC)0,6112 + (BC)2,91$$

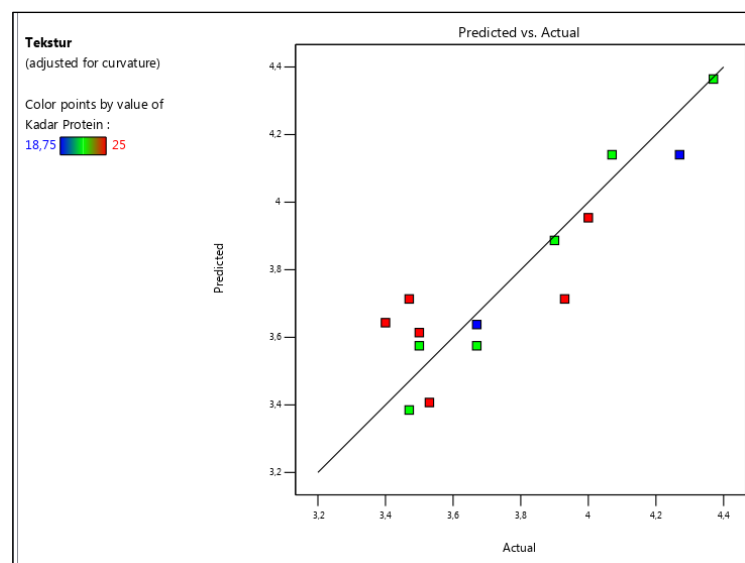
Menunjukkan bahwa ketiga bahan berkontribusi dalam meningkatkan skor tekstur. Interaksi positif terbesar terdapat pada kombinasi labu–kedelai ($BC = +2,91$) yang memberikan efek sinergis dalam meningkatkan kerenyahan, sedangkan interaksi negatif antara jagung–kedelai ($AC = -0,6112$) menandakan jika keduanya digunakan bersamaan dalam proporsi tinggi, tekstur cenderung padat dan kurang renyah. Interaksi antara jagung–labu ($AB = -0,0659$) relatif kecil dan kurang berpengaruh signifikan.



Gambar 28. Grafik 3D *Surface* Terhadap Respon Organoleptik Tekstur

Grafik 3D surface (Gambar 28). memperlihatkan distribusi skor hedonik tekstur dengan gradasi warna dari biru (rendah 3,1–3,2), hijau (sedang, 3,3–3,5), kuning (cukup tinggi, 3,6–3,7), hingga merah (tinggi, 3,8–3,9). Daerah biru terlihat pada kombinasi dengan proporsi jagung (A) tinggi dan kedelai (C) tinggi, yang menghasilkan skor rendah karena interaksi AC bernilai negatif ($-0,6112$). Tekstur yang dihasilkan cenderung lebih padat dan kurang renyah, sehingga panelis menurunkan skornya. Daerah hijau–kuning muncul pada formulasi dengan proporsi jagung (A) sedang–tinggi dan labu kuning (B) sedang, di mana tekstur dinilai cukup renyah tetapi belum

mencapai tingkat penerimaan tertinggi. Sementara itu, daerah merah terlihat jelas pada kombinasi dengan labu kuning (B) tinggi dan kedelai (C) sedang–tinggi, sesuai dengan interaksi positif BC (+2,91). Hal ini menandakan bahwa perpaduan labu kuning dan kedelai dapat menghasilkan tekstur lebih renyah, berpori, dan disukai panelis. Dengan demikian, kontribusi terbesar terhadap peningkatan skor tekstur berasal dari interaksi kedua bahan ini.



Gambar 35. Grafik Predicted vs Actual Terhadap Respon Organoleptik Tekstur

Grafik Predicted vs Actual (Gambar.35) menunjukkan hubungan antara nilai aktual hasil uji organoleptik tekstur dengan nilai prediksi model Special Cubic. Titik-titik data tersebar relatif dekat dengan garis diagonal, menandakan bahwa model dapat menggambarkan kecenderungan data dengan cukup baik. Pada grafik terlihat bahwa titik dengan skor rendah (3,1–3,3, berwarna biru–hijau) sebagian besar berasal dari formulasi dengan proporsi jagung (A) tinggi dan kedelai (C) tinggi, sesuai dengan interaksi

negatif AC ($-0,6112$) yang menurunkan penerimaan tekstur. Hal ini menunjukkan bahwa panelis cenderung memberikan skor rendah pada kombinasi yang menghasilkan tekstur lebih padat dan kurang renyah.

Sebaliknya, titik dengan skor tinggi (3,7–3,9, berwarna kuning–merah) berada di sekitar garis diagonal bagian atas. Titik-titik ini mewakili formulasi dengan proporsi labu kuning (B) tinggi dan kedelai (C) sedang–tinggi, yang konsisten dengan koefisien interaksi positif BC ($+2,91$). Hal ini memperlihatkan bahwa kombinasi labu dan kedelai mampu menghasilkan tekstur lebih renyah dan berpori sehingga lebih disukai panelis. Walaupun terdapat beberapa titik yang sedikit menyimpang dari garis diagonal, penyimpangan tersebut tidak terlalu besar sehingga model Special Cubic tetap dapat dianggap layak untuk digunakan dalam menjelaskan hubungan antara formulasi bahan dengan skor organoleptik tekstur.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Syarifah dan Amrih (2021) yang menunjukkan bahwa tekstur tortilla chips dipengaruhi oleh kombinasi tepung yang digunakan. Penelitian tersebut juga menemukan bahwa formulasi dengan proporsi tepung jagung yang dominan cenderung menghasilkan tekstur yang lebih renyah dan disukai konsumen. Menurut SNI 2886-2015 tentang tortilla chips, karakteristik tekstur yang baik adalah renyah dan tidak keras. Nilai kesukaan tekstur dalam penelitian ini (3,40–4,37) menunjukkan bahwa semua formulasi menghasilkan tekstur yang dapat

diterima konsumen, dengan beberapa formulasi mencapai tingkat kesukaan yang tinggi ($>4,0$).

Penelitian Maripattu (2016) juga menunjukkan bahwa penambahan tepung labu kuning hingga 20% masih dapat mempertahankan tekstur renyah yang diinginkan, yang mendukung temuan dalam penelitian ini bahwa kombinasi tepung labu kuning dan kedelai dapat memberikan kontribusi positif terhadap tekstur. Interaksi sinergis antara protein kedelai dan serat labu kuning kemungkinan berperan dalam pembentukan struktur yang memberikan sensasi renyah yang disukai konsumen.

4.3. Penentuan Formula Optimal dengan Program Design Expert 13

Setelah analisis respon, tahapan selanjutnya yaitu proses optimasi formula yang dilakukan dengan program Design Expert 13. Proses optimasi formula dilakukan untuk mendapatkan formula dengan respon yang paling optimal. Respon yang paling optimal diperoleh dengan nilai *desirability* mendekati 1. Dilakukan pembobotan kepentingan pada setiap komponen untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pembobotan ini disebut *importance*, yang terdapat pilihan tanda positif 1 (+) hingga tanda positif (+++++). Semakin tinggi tingkat kepentingan dari komponen dan respon yang diukur, maka semakin banyak tanda positif yang diberikan (wulandari,2007). Nilai target optimasi yang dapat dicapai dikenal dengan nilai istilah nilai *desirability* . nilai ini besarnya nol sampai dengan satu. Nilai *desirability* mendekati satu menandakan formula produk telah mencapai formula optimal

sesuai dengan variabel respon yang dihendaki, sedangkan jika nilai desirability mendekati nol menandakan bahwa formula sulit mencapai titik optimal berdasarkan variabel responnya (Wahyudi,2012). Komponen yang dioptimasi, nilai target, batas, dan importance pada tahap optimasi formula dengan menggunakan program Design Expert 13 dapat dilihat pada tabel

Tabel 30. Goals, Target Bata dan Importance pada Komponen dan Respon

	Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
	A:Tepung Jagung	is in range	20	26,25	1	1	3
	B:Tepung Labu Kuning	is in range	25	31,25	1	1	3
	C:Tepung Kedelai	is in range	20	26,25	1	1	3
	Kadar Air	is in range	2,69	9,88	1	1	3
	Kadar Protein	maximize	18,75	25	1	1	5
	Kadar Serat	maximize	14,26	22,45	1	1	3
	Kadar Beta Karoten	maximize	2,52	5,03	1	1	3
	Daya Kembang	minimize	1	3	1	1	5
	Rasa	maximize	3,17	4	1	1	3
	Aroma	maximize	3,37	4,03	1	1	5
	Warna	maximize	2,93	4,07	1	1	3
	Tekstur	maximize	3,4	4,37	1	1	3

Komponen tepung jagung dengan kisaran 20,00%-26,25%, Tepung labu kuning %25-31,25% tepung kedelai dengan 20,00%-26,25%, dioptimalkan dengan target in range dan tingkat importance 3, respon kadar air dengan kisaran 2,69-9,88%, respon daya kembang kisaran 1-3% dioptimalkan dengan target minimize. Kadar serat 14,26-22,43% dan beta karoten 2,52-5,03 dan kadar protein kisaran 18,75-25% dioptimalkan sebagai maximeze. Sementara untuk aroma kisaran 3,37 dan 4,03 % rasa kisaran 3,17 dan 4% tesktur kisaran 3,4-4,7% dan warna 2,93%-4,07% dioptimalkan maximeze.

Optimasi formulasi tortilla chips berbasis tepung jagung, labu kuning, dan kedelai dilakukan dengan menggunakan Design Expert 13. Setiap variabel respon ditentukan target (goal) dan tingkat kepentingan (importance) sesuai dengan kriteria mutu pangan serta pertimbangan fungsional dan sensoris.

Bahan baku (tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai) ditetapkan dalam batas rentang (is in range) dengan nilai batas bawah (20–25%) dan batas atas (26,25–31,25%) serta tingkat kepentingan importance 3 (+++), karena komposisi bahan harus seimbang dan fleksibel untuk menghasilkan formulasi optimal.

Respon kadar air memiliki target is in range dengan kisaran 2,69–9,88% dan tingkat kepentingan importance 3 (+++). Penetapan ini sesuai dengan SNI 2886-2015 yang mensyaratkan kadar air pada produk ekstrudat maksimal 4% (BSN, 2015). Kadar air yang terlalu tinggi dapat menurunkan kerenyahan dan mempercepat pertumbuhan mikroba (Winarno, 2004).

Respon kadar protein ditetapkan dengan target maximize dan tingkat kepentingan importance 5 (++++), karena protein merupakan salah satu zat gizi makro penting yang menentukan nilai gizi tortilla chips. Menurut Astawan (2008), peningkatan kadar protein pada produk pangan berbasis sereal dapat memperbaiki mutu gizi dan menjadi daya tarik tambahan bagi konsumen yang membutuhkan asupan protein.

Respon kadar serat juga memiliki target maximize dengan tingkat kepentingan importance 3 (+++). Serat pangan penting dalam mendukung kesehatan pencernaan, menurunkan risiko penyakit degeneratif, serta menjadi salah satu klaim fungsional pangan (Almatsier, 2009). Penetapan target maksimal diharapkan dapat meningkatkan nilai fungsional tortilla chips.

Respon kadar β -karoten ditetapkan dengan target maximize dan tingkat kepentingan importance 3 (+++). β -karoten berperan sebagai provitamin A dan antioksidan alami yang bermanfaat bagi kesehatan mata dan sistem imun (Murkovic et al., 2000). Dengan demikian, semakin tinggi kadar β -karoten pada tortilla chips, semakin baik nilai tambah fungsionalnya.

Respon daya kembang memiliki target minimize dengan tingkat kepentingan importance 5 (+++++). Hal ini karena daya kembang yang terlalu tinggi dapat menghasilkan struktur berongga yang rapuh dan tidak seragam, sehingga menurunkan mutu tekstur produk. Tekstur yang kompak namun tetap renyah lebih diinginkan oleh konsumen (Kurniawan, 2021).

Respon organoleptik meliputi rasa, aroma, warna, dan tekstur. Respon rasa ditetapkan dengan target maximize pada rentang skor 3,17–4,00 dengan importance 3 (+++), karena rasa menjadi salah satu faktor utama penerimaan konsumen. Respon aroma juga ditetapkan maximize dengan importance 5 (+++++), karena aroma memiliki pengaruh besar terhadap daya tarik produk dan dapat memengaruhi keputusan pembelian. Respon warna ditetapkan maximize dengan importance 3 (+++), karena warna berhubungan dengan

daya tarik visual produk. Respon tekstur ditetapkan maximize dengan importance 3 (+++), karena kerenyahan adalah salah satu karakteristik khas tortilla chips yang sangat menentukan penerimaan konsumen.

Tabel 31. Solusi Formula Setelah Tahap Optimasi

Tepung jagung	Tepung Labu Kuning	Tepung Kedelai	Desirability
25,443	25,00	20,807	0,732*

*formulasi Optimum

Solusi formula yang terpilih ada satu, formula optimum yang terdiri dari 25,443 Tepung Jagung, 25,00 tepung labu kuning dan 20,807 tepung kedelai. Formula ini memiliki nilai desirability sebesar 0,732 yang artinya formula ini menghasilkan produk yang memiliki karakteristik sesuai dengan target optimasi sebesar 73,2%. Formula ini diprediksikan akan memiliki nilai kadar air 3,97%, kadar beta karoten 4,2%, kadar protein 26,05% kadar serat 19,1%, daya kembang dan nilai organoleptik meliputi Rasa 3,78%, aroma 4,03%, warna 3,45%, dan tekstur 3,69%

Nilai *desirability* yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kompleksitas komponen, kisaran yang digunakan dalam komponen, jumlah komponen dan respon, serta target yang ingin dicapai untuk memperoleh formula optimum. Kompleksitas jumlah komponen dapat dilihat pada persyaratan jumlah bahan baku yang dianggap penting dan berpengaruh terhadap produk untuk menentukan formulasi. Jumlah komponen dan respon juga turut berpengaruh terhadap nilai desirability formula optimum. Semakin banyak jumlah komponen dan respon, akan semakin sulit untuk mencapai

keadaan optimum. Sehingga nilai desirability yang akan tercapai kemungkinan akan rendah. Nilai importance yang besar menunjukkan adanya keinginan untuk mencapai produk optimum yang ideal. Semakin besar nilai importance yang ditetapkan maka akan semakin sulit untuk mendapatkan hasil dengan nilai desirability yang tinggi (Wulandhari,2007).

4.3.1 Verifikasi Formula Optimal

Formula optimum yang dihasilkan selanjutnya digunakan dalam pembuatan *tortilla chips* berbasis tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai untuk dilakukan analisis kembali menggunakan respon yang sama dengan respon pada pembuatan formula. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai aktual dari formula optimum sehingga dapat dibandingkan dengan prediksi yang diberikan oleh program Design Expert 13.

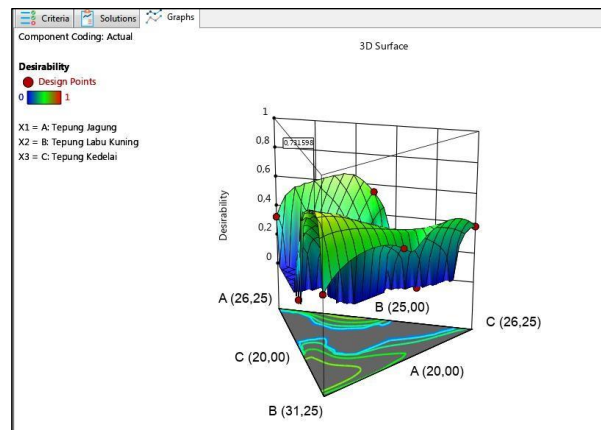
Hasil tahapan verifikasi beserta prediksi dari setiap respon dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 32. Hasil Tahapan Verifikasi Serta Prediksi Tiap Respon

Respon	Hasil		95% CI Low	95% CI High	95% PI Low	95% PI High
	Prediksi	Aktual				
Kadar Air%	3,97%	4,54%	2,33	5,61	0,26	7,68
Kadar Serat	19,16%	6,17	16,65	21,66	14,40	23,91
Kadar Beta karoten	4,27 ppm	6,24 ppm	3,58	4,96	2,70	5,84
Kadar Protein	26,50%	25,00	23,07	29,93	22,23	30,77
Daya Kembang	306%	300	-0,79	1,41	-1,06	1,68
Respon Rasa	4,03	3,73	3,59	3,97	3,40	4,16
Respon Aroma	3,78	3,90	3,79	4,26	3,73	4,32
Respon Warna	3,69	3,87	3,19	3,70	2,94	3,96
Respon Tekstur	3,45	4,03	3,42	3,97	3,18	4,21

Berdasarkan hasil verifikasi pada Tabel 30, kombinasi formulasi tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai menghasilkan nilai respon aktual yang masih sesuai dengan kisaran prediksi model. Nilai kadar air aktual diperoleh sebesar 4,54%, mendekati nilai prediksi sebesar 3,97%, serta masih berada pada kisaran 95% Confidence Interval (2,33–5,61) dan 95% Prediction Interval (0,26–7,68). Hal ini menunjukkan bahwa model mampu memprediksi kadar air dengan baik dan sesuai dengan acuan SNI 2886-2015 mengenai batas kadar air pada produk ekstrudat. Kadar serat aktual sebesar 6,17% dengan prediksi sebesar 19,16%, meskipun terdapat selisih cukup besar, namun nilai aktual masih berada dalam kisaran 95% CI (16,65–21,66) dan 95% PI (14,40–23,91). Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh variasi alami bahan baku terutama kandungan serat yang berbeda pada

tepung kedelai dan labu kuning. Respon kadar β -karoten menunjukkan nilai aktual 6,24% dan prediksi 4,27%, dengan kisaran CI (3,58–4,96) dan PI (2,70–5,84). Kadar aktual yang lebih tinggi dari prediksi memperkuat peran labu kuning sebagai sumber utama β -karoten, sebagaimana dijelaskan Murkovic et al. (2000) bahwa labu kuning kaya akan pigmen karotenoid. Kadar protein aktual sebesar 25,00%, mendekati nilai prediksi 26,50%, dengan kisaran CI (23,07–29,93) dan PI (22,23–30,77). Kedekatan nilai prediksi dan aktual ini menandakan bahwa model cubic yang digunakan dapat merepresentasikan kandungan protein dengan baik. Respon daya kembang aktual tercatat 300% dengan prediksi 306%, menunjukkan kesesuaian yang sangat baik dan berada dalam kisaran interval prediksi. Hal ini memperlihatkan bahwa model valid dalam memperkirakan karakteristik fisik tortilla chips. Respon organoleptik juga memperlihatkan konsistensi antara nilai aktual dan prediksi. Respon rasa aktual 3,73 (prediksi 4,03), aroma aktual 3,90 (prediksi 3,78), warna aktual 3,87 (prediksi 3,69), dan tekstur aktual 4,03 (prediksi 3,45). Seluruh nilai aktual masih berada pada kisaran 95% CI dan PI masing-masing, sehingga model dapat dikatakan valid dalam memprediksi respon sensoris.



Gambar 36. Grafik 3D Surface Nilai Desirability

Gambar 3D surface desirability memperlihatkan nilai desirability sebesar 0,73, yang menunjukkan tingkat kesesuaian model optimasi tergolong baik. Menurut Montgomery (2017), nilai desirability di atas 0,7 dapat dianggap layak karena kombinasi formulasi sudah memenuhi sebagian besar kriteria respon yang ditetapkan, baik dari segi fisik, kimia, maupun organoleptik. Dengan demikian, model optimasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk menentukan formulasi terbaik tortilla chips berbasis tepung jagung, labu kuning, dan kedelai.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Kesimpulan dan (2) Saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian formulasi tepung jagung (*Zea mays L.*), tepung labu kuning (*Cucurbita moschata*) dan tepung kedelai (*Glycine max*) terhadap optimasi karakteristik tortilla chips menggunakan Design Expert 13 dengan metode Mixture D-Optimal, dapat disimpulkan:

1. Hipotesis dalam penelitian ini sebagian diterima, karena kombinasi tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai mampu menghasilkan karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik yang mendekati optimal, namun tekstur produk belum sepenuhnya memenuhi karakteristik tortilla chips ideal yang seharusnya renyah dan rapuh.
2. Formula optimal yang diperoleh dari hasil optimasi menggunakan Design Expert metode Mixture D-Optimal adalah tepung jagung 25,443%, tepung labu kuning 25,00%, dan tepung kedelai 20,807%, dengan nilai desirability sebesar 0,732. Formula ini menghasilkan tortilla chips dengan kadar air 4,54%, kadar protein 25,00%, kadar serat 6,17%, kadar β -karoten 6,24 ppm, daya kembang 300%, serta penilaian organoleptik meliputi aroma 3,90, rasa 3,73, warna 3,87, dan tekstur 4,03.

3. Tekstur tortilla chips pada formulasi optimal menunjukkan tingkat kerapuhan yang rendah dan kekerasan yang tinggi, sehingga secara sensoris terasa padat atau agak alot. Kondisi ini diduga disebabkan oleh tingginya kandungan protein kedelai yang membentuk struktur padat dan mengurangi porositas produk, sehingga kerenyahan berkurang (Rosenthal, 2010).
4. Validitas model optimasi telah teruji melalui hasil verifikasi yang menunjukkan bahwa nilai aktual berada dalam kisaran 95% Confidence Interval (CI) dan 95% Prediction Interval (PI), yang berarti model dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik tortilla chips dengan baik..

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemui, disarankan:

1. Penelitian Lanjutan: Melakukan analisis tekstur instrumental menggunakan texture analyzer dan uji umur simpan (shelf life) untuk menentukan stabilitas produk selama penyimpanan, serta mengkaji optimasi parameter proses pemanggangan (suhu dan waktu) untuk meningkatkan kualitas produk.
2. Pengembangan Produk: Mengembangkan varian rasa tortilla chips dengan penambahan bumbu alami lainnya, melakukan fortifikasi dengan mikronutrien untuk meningkatkan nilai gizi fungsional.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, R. (2017). Karakteristik kimia dan fisik tepung jagung. *Jurnal Teknologi Pangan*, 15(2), 45-52.
- Ali, M. (2017). Optimasi formulasi produk pangan dengan Design Expert. *Jurnal Teknologi Pangan*, 8(2), 45-52.
- Almatsier, S. (2009). *Prinsip dasar ilmu gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Amagase, H. (2006). Clarifying the real bioactive constituents of garlic. *The Journal of Nutrition*, 136(3), 716S-725S.
- Anandika, F. (2011). Pengaruh konsentrasi bawang putih terhadap mutu sensoris kerupuk. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(2), 78-84.
- Andarwulan, N. (2011). *Analisis pangan*. Dian Rakyat.
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis* (16th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Astawan, M. (2008). *Sehat dengan hidangan kacang dan biji-bijian*. Penebar Swadaya.
- Astawan, M. (2009). *Kedelai sumber protein berkualitas tinggi*. Penebar Swadaya.
- Astawan, M. (2016). *Pangan fungsional untuk kesehatan yang optimal*. Gramedia Pustaka Utama.
- Astawan, M., & Wresdiyati, T. (2024). *Serat pangan dalam kesehatan*. IPB Press.
- Astuti, R. M., Sari, P., & Hidayat, N. (2020). Pengaruh penambahan tepung labu kuning terhadap sifat fisikokimia keripik. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(2), 89-96.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). *SNI 01-3929-1995: Tepung kedelai*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 7612:2011: Tepung kedelai*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2886-2015: Makanan ekstrudat*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 3751-2018: Tepung terigu*. BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 3727-2020: Tepung jagung*. BSN.

- Badan Standardisasi Nasional. (2024). *SNI 3556-2024: Garam beriodium*. BSN.
- Bas, D., & Boyaci, I. H. (2007). Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 836-845.
- Basir, M. (2004). *Teknologi pengolahan jagung*. Pustaka Sinar Harapan.
- Borhan, M. Z., Ahmad, R., Rusop, M., & Abdullah, S. (2014). Response surface methodology (RSM) application in optimization. In *Advanced materials research* (Vol. 832, pp. 342-347). Trans Tech Publications.
- Budi, S. (2004). *Bawang putih: Tanaman obat ajaib*. Penebar Swadaya.
- Budiman, A., & Haryanto, B. (2015). Proses pembuatan tortilla chips berbasis jagung. *Jurnal Teknologi Pangan*, 10(1), 21-28.
- Cahyadi, W. (2007). *Kedelai dan produk olahannya sebagai pangan fungsional*. Penebar Swadaya.
- Chavez, M., Rodriguez, L., & Martinez, P. (2015). Industrial processing of tortilla chips. *Food Processing International*, 18(4), 234-241.
- Departemen Kesehatan RI. (1992). *Daftar komposisi bahan makanan*. Direktorat Gizi.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Statistik perkebunan Indonesia: Lada 2013-2015*. Kementerian Pertanian.
- El-Demery, M. E. (2011). Evaluation of physico-chemical properties of flour prepared from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(2), 158-164.
- Garcia, M., Rodriguez, A., & Martinez, L. (2015). Expansion properties of corn-based tortilla chips. *Food Science International*, 28(3), 156-163.
- Garnida, Y. (2020). *Evaluasi sensori pangan*. Widya Padjadjaran.
- Herlina, N., Sari, D. K., & Rahman, T. (2019). Karakteristik fisikokimia tepung kedelai lokal. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(2), 89-95.
- Hidayah, N. (2010). Karakteristik kimia dan fungsional tepung labu kuning. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(1), 22-28.
- Hidayat, B., Purwanto, S., & Sari, M. (2019). Peran protein dalam pembentukan struktur produk ekstrudat. *Jurnal Ilmu Pangan*, 11(4), 234-241.

- Ihrami, S., Rahayu, D., & Kusuma, A. (2022). Formulasi tortilla jagung dengan penambahan labu kuning dan tempe. *Pro Food: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 8(2), 97-106.
- Iriani, D. (2011). Karakterisasi tepung labu kuning sebagai bahan substitusi terigu. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(3), 127-133.
- Kanetro, B. (2017). *Pengolahan kedelai dan produk turunannya*. Andi.
- Kaur, S., & Aggarwal, P. (2017). Effect of baking on nutritional and sensory properties of snack foods. *International Journal of Food Science*, 2017, Article ID 7842360.
- Koswara, S. (1992). *Teknologi pengolahan kedelai*. Pustaka Sinar Harapan.
- Kumalaningsih, S., Suprayogi, A., & Wulandari, N. (2015). Pembuatan tortilla chips di industri rumah tangga. *Jurnal Pangan Tradisional*, 3(1), 55-61.
- Kurniawan, A. (2021). *Teknologi pengolahan pangan ekstrak*. Gadjah Mada University Press.
- Marippatu, S. (2016). Karakteristik tortilla chips jagung dengan penambahan tepung labu kuning. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 9(2), 78-86.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Murkovic, M., Mulleder, U., & Neunteufl, H. (2000). Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(4), 369-377.
- Nafisah, D., Widowati, S., & Suarni. (2019). Karakteristik serat pangan tepung jagung dari berbagai varietas. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 38(2), 89-97.
- Nurhadi, B. (2018). *Teknologi pengolahan snack food*. IPB Press.
- Nurhayati, D. (2021). Pembuatan tortilla jagung di skala UKM. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 9(2), 34-41.
- Nurhayati, S., Rahman, A., & Sari, P. (2019). Evaluasi karakteristik tortilla komersial di Indonesia. *Jurnal Teknologi Pangan*, 13(2), 145-152.
- Okfrianti, H. (2013). Pengaruh lama pengeringan terhadap mutu tortilla. *Jurnal Teknologi Pangan*, 4(2), 11-18.

- Pertiwi, S., Handayani, L., & Kurniawan, B. (2017). Analisis kadar protein dengan metode Kjeldahl pada produk pangan. *Jurnal Analisis Pangan*, 2(3), 156-163.
- Purwanto, H., & Wahyuni, S. (2013). Karakteristik jagung kuning tua sebagai bahan baku tepung. *Jurnal Penelitian Pertanian*, 32(1), 23-30.
- Putri, S. A. (2020). Kandungan serat pangan pada tepung labu kuning dan aplikasinya. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 15(3), 178-185.
- Rahayu, P., & Sari, N. (2017). Kandungan beta-karoten tepung labu kuning varietas lokal. *Jurnal Hortikultura*, 27(2), 145-152.
- Riaz, M. N., & Rokey, G. J. (2012). *Extrusion problems solved: Food, pet food and feed*. Woodhead Publishing.
- Rohmayanti, H. (2019). Pemanfaatan tepung ampas kecap dalam pembuatan tortilla chips. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(1), 67-74.
- Satjaya, I., Budiman, A., & Haryanto, B. (2017). Kajian umur simpan dan nilai gizi tortilla chips. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 5(3), 66-72.
- Setyowati, A., & Hanarida, I. (2012). Karakteristik labu kuning *Cucurbita moschata* varietas lokal Indonesia. *Jurnal Hortikultura*, 22(4), 412-420.
- Setyowati, I. (2014). Baking powder dan perannya dalam pengembangan adonan. *Jurnal Pangan*, 6(1), 44-49.
- Soekarto, S. T. (2002). *Penilaian organoleptik untuk industri pangan dan hasil pertanian*. Bhratara Karya Aksara.
- Suarni, S. (2009). Prospek pemanfaatan tepung jagung untuk kue kering (cookies). *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 28(2), 63-71.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1997). *Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian*. Liberty.
- Sudarto, S. (2000). *Labu-labuan*. Kanisius.
- Suryani, D. (2022). Peran air dalam adonan pangan. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 14(2), 99-108.
- Syafutri, M. I. (2014). Formulasi tortilla berbahan dasar tepung jagung, tepung mocaf, dan tepung ubi jalar ungu dengan penambahan CMC. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 25(1), 60-70.

- Syaiful, M. (2022). Pengaruh tepung kedelai terhadap karakteristik tortilla. *Jurnal Ilmiah Pangan*, 4(2), 102-110.
- Syarifah, A., & Amrih, P. (2021). Formulasi keripik tortilla dari tepung jagung dan bit merah. *Jurnal Pangan Fungsional*, 3(2), 67-74.
- Wahyudi, A., Sari, N., & Rahman, T. (2018). Kandungan serat kasar pada tepung jagung hasil penggilingan tradisional. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(3), 187-194.
- Wahyuni, R. (2019). Pengaruh penambahan tepung labu kuning terhadap beta-karoten produk pangan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 12(1), 56-63.
- Widaningrum, L., Widowati, S., & Soekarto, S. T. (2005). Pengayaan tepung terigu dengan protein kedelai dan kacang tunggak. *Penelitian Tanaman Pangan*, 24(1), 18-24.
- Widodo, A., Susanto, B., & Hartini, S. (2019). Potensi labu kuning sebagai sumber pangan fungsional. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 7(3), 89-97.
- Widowati, S., Misgiyarta, & Utomo, J. S. (2020). Diversifikasi dan karakterisasi tepung labu kuning. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(1), 27-36.
- Widowati, S., Santosa, B. A. S., & Komar, N. (2010). Pengaruh varietas dan cara pengeringan jagung terhadap rendemen dan mutu tepung jagung. *Jurnal Pascapanen*, 7(2), 67-75.
- Winarno, F. G. (2002). *Kimia pangan dan gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia pangan dan gizi*. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2008). *Kimia pangan dan gizi* (edisi terbaru). M-Brio Press.
- Yuwono, S. S., & Susanto, T. (2018). *Pengujian fisik pangan*. Universitas Brawijaya Press.
- Zulkarnain, A. (2019). *Aplikasi Design Expert untuk optimasi formulasi produk pangan*. Pustaka Agro.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Rincian Perhitungan Bahan Baku dan Biaya Penelitian

1. Rincian Biaya Bahan Baku Untuk Penelitian Pendahuluan

NO	Bahan Baku	Bahan Mentah	Kebutuhan tepung	Harga (kg)	Total
1.	Labu Kuning	2000 gram	266,71 gram	Rp.15.000	Rp. 33.000
2.	Pipilan Jagung Kuning Tua Kering	700 gram	429,18 gram	Rp.5.000	Rp. 5.000
3.	Kedelai	500 gram	219,84 gram	Rp.7000	Rp. 7.000
4.	Total	3.328,9 gram	1.015 gram	Rp. 27.000	Rp. 49.500
Total Keseluruhan					99.000

2. Rincian Biaya Bahan Penunjang

No	Nama Bahan Penunjang	Harga
1.	Air	Rp. 21.500
2.	Gula Halus	Rp. 12.000
3.	Garam Dapur	Rp. 7.000
4.	Penyedap Rasa	Rp. 20.300
5.	Bawang Putih Bubuk	Rp. 10.000
6.	Merica bubuk	Rp. 10.000
No.	Nama Bahan Penunjang	Harga
7.	Baking	Rp. 7.000

	powder	
TOTAL		Rp. 107.800

3. Rincian Biaya Analisis Penelitian Pendahuluan

No.	Analisis	Sampel	Harga	Total
1.	Kadar Air	18	3.000	Rp. 54.000
2.	Kadar Protein	16	55.000	Rp. 880.000
3.	Kadar Serat	16	20.000	Rp. 320.000
4.	Kadar Beta Karoten	16	50.000	Rp. 800.000
5.	Daya kembang	14	3.000	Rp. 45.000
Total				Rp. 2.349.000

Lampiran 2. Prosedur Analisis Fisik Daya Kembang

Mengetahui selisih volume *tortilla chips* sebelum dipanggang dan setelah dipanggang, akan diketahui berapa persen peningkatan volume yang dihasilkan. peningkatan volume yang perhitungan dari tepung jagung, tepung labu kuning, dan tepung kedelai terhadap volume *tortilla chips*.

Pengembangan adonan produk *tortilla chips* dinyatakan sebagai volume pengembangan dan dihitung berdasarkan volume adonan mula-mula (sebelum pemanggangan) dengan volume *tortilla chips* sesudah pemanggangan dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Volume Pemanggangan} = \frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\%$$

V₁= Volume Tortilla Chips sebelum pemanggangan

V₂= Volume Tortilla Chips sesudah pemanggangan

Lampiran 3. Prosedur Analisis Kadar Air Dengan Metode Gravimetri

Prosedur Analisis Kadar Air dengan Metode Gravimetri (Sudarmadji,1996)

Prinsip dari metode ini adalah berdasarkan penguapan air yang ada dalam bahan dengan pemanasan, kemudian ditimbang sampai berat konstan. Pengurangan bobot yang terjadi merupakan kandungan air yang terdapat dalam bahan.

Tujuan analisis kadar air ini adalah untuk mengetahui kadar air yang tergantung dalam *tortilla chips* berbasis tepung jagung, kedelai dan labu kuning.

Cara kerja metode ini, yaitu cawan kosong dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 30 menit. Setelah itu, diamkan pada suhu kamar selama 5 menit dan masukkan kedalam eksikator selama 10 menit, lalu ditimbang. Lakukan berulang-ulang hingga mencapai berat konstan (W_0). Kemudian sampel sebanyak 2 gram dimasukan pada cawan yang telah diketahui bobotnya, lalu ditimbang (W_1). Setelah itu, dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Selanjutnya, diamkan pada suhu kamar selama 5 menit dan masukkan kedalam eksikator selama 10 menit, lalu ditimbang kembali. Lakukan berulang-ulang hingga mencapai berat konstan (W_2). Rumus kadar air yaitu:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_1 - W_0)} \times 100$$

Dimana: W_0 = cawan kering konstan

W_1 = cawan konstan dan sampel

W_2 = cawan dan sampel konstan

Lampiran 4. Prosedur Analisis Kadar Serat Kasar Metode Gravimetri (AOAC,1995)

Sampel sebanyak 2 gram dimasukkan kedalam labu erlenmayer 500 ml kemudian ditambahkan dengan H_2SO_4 0,3 N 100 ml dan 2 tetes $CHCl_3$, lalu dipanaskan 30 menit. Kemudian disaring dengan kertas saring dan cuci residu dengan aquadest panas sampai bebas asam (lakmus biru tetap biru). Selanjutnya, residu dipindahkan ke erlenmayer lain, lalu dibilas dengan NaOH 0,3 N hingga 100 mL dan ditambah 2 tetes $CHCl_3$, dipanaskan kembali 30 menit. Ambil kertas saring lain yang sudah konstan. Serat kasar dihitung dengan rumus:

Perhitungan:

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = \frac{(W_{\text{kertas serat}} - W_{\text{kertas}})}{W_s} \times 100$$

W kertas + serat = Berat kertas saring setelah ada residu serat

W kertas = Kertas saring konstan sebelum terdapat serat

W S = Berat sampel

Lampiran 5. Prosedur Analisis Kadar Protein Metode Kjeldahl (Pertiwi dkk, 2017)

Tujuan:

Untuk mengetahui adanya protein dalam tortilla chips dengan menentukan kadar nitrogen total sebagai protein dalam bahan.

Prinsip:

Berdasarkan perubahan nitrogen organik menjadi gram amonium dengan cara destruksi di destilasi dalam suasana basa kuat, gas amonia yang terbentuk dalam destilat ditampung dalam suasana asam baku yang berlebih, kelebihan asam dititrasi dengan larutan basa baku dengan menggunakan indikator yang sesuai.

Prosedur:

1. Tahap Dekstruksi

- a. Sampel dihaluskan dan ditimbang seberat 2-5 gram kemudian dimasukan ke dalam labu kjeldahl.
- b. Labu kjeldahl diletakan pada statif dengan kemiringan 45° kemudian ditambahkan 25 ml H_2SO_4 pekat melalui dinding labu.
- c. Kemudian dipanaskan menggunakan api kecil dalam ruang hingga larutan menjadi jernih
- d. Labu kjeldahl yang sudah dipanaskan kemudian dimasukan ke dalam air untuk menurunkan suhu labu
- e. 25 ml aquadest ditambahkan ke dalam labu ukur 100 ml hingga tunda batas dihomogenkan

2. Tahap Destilasi

- 25 ml larutan sampel hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu destilasi dan ditambahkan 20 ml NaOH 30% dan granula Zn.
- Distilat hasil destilasi ditampung dalam labu erlenmayer yang berisi 25 ml HCl 0,1 N dan dalam kondisi adaptor terendam larutan HCl.
- Jika indikator berwarna merah maka menunjukkan distilat telah berubah menjadi ada ketika proses destilasi.

3. Tahap Titrasi

Distilat hasil destilasi ditambkan 3 tetes indikator Phenolphthalein (PP) kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan standar NaOH 0,1 N hingga TAT akhir berwarna merah.

Rumus:

$$\% N = \frac{(V_b - V_s) \times N_{NaOH} \times FP \times BAN}{W \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\% P = \% N \times \text{Faktor Konversi}$$

Keterangan:

N = Normalitas NaOH standar yang digunakan

V_b = ml HCl untuk titrasi blanko

V_s = ml HCl untuk titrasi sampel

FP = Faktor pengenceran yang digunakan

BAN = Berat atom nitrogen (14,008)

W_s = Berat sampel dalam gram

$\%N$ = Kadar Nitrogen (%) FK = Faktor Korelasi

Lampiran 6. Prosedur Analisis Kadar Total Karoten Metode Spektrofotometri

Prosedur:

Diambil 1 mL sampel dengan menggunakan pipet, ditambahkan dengan 8 mL aquadest, dihomogenkan dengan cara dikocok dengan vortex, kemudian diambil 2 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 2 mL alkohol 96% dan 10 mL petroleum eter (PE). Setelah itu dikocok selama 2 menit menggunakan vortex kemudian disentrifuse selama 3-5 menit, diambil lapisan PE yang terbentuk dan diberi tanda lapisan 1, sisanya ditambahkan lagi PE 10 mL homogenkan kembali dengan sentrifuse selama 3-5 menit, diambil lapisan PE yang terbentuk diberi tanda lapisan 2, digabungkan lapisan 1 dengan lapisan 2. Hasil penggabungan diambil 2 mL kemudian dilakukan pembacaan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 452 nm.

PERHITUNGAN :

$$\text{Karoten (ppm)} = 2,3 \times \frac{A}{B \times K} Fp$$

Keterangan:

A = Absorbansi (optic density)

B = Tebal sel (1 cm)

K = 0,16632 untuk karotenoid yaitu pada 435,8 nm dalam n-butanol dengan menggunakan sel berdiameter 1cm

Lampiran 7. Formulir Pengujian Organoleptik Uji Hedonik
(GARNIDA,2020)

FORMULIR PENGUJIAN ORGANOLEPTIK
UJI HEDONIK

Tanggal Pengujian :

Nama Panelis :

Nama Produk :

Intruksi Pengujian :

Buatlah urutan penilaian pada produk Tortilla chips tepung labu kuning, kedelai dan jagung terhadap rasa, aroma, warna, dan tesktur dengan memberikan no 1-6 pada setiap kode sampel berdasarkan tingkat kesukaan. Penilaian terhadap sampel tidak boleh membandingkan dengan sampel lain. Sebelum dan sesudah penilaian, panelis diharapkan menetralkan indera perasa dengan air kontrol yang telah disediakan.

Keterangan:

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

Sumber: (Garnida,2020)

Lampiran 8. Hasil Penelitian Pendahuluan dan Penelitian Utama

8.1 Kadar Air Tepung dan Tortilla Chips

Contoh Perhitungan:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{(W1-W2)}{(W1-W0)} \times 100\%$$

Keterangan:

W₀ = cawan kering konstan

W₁ = cawan konstan dan sampel

W₂ = cawan dan sampel konstan

Tabel 33. Perhitungan Kadar Air Tepung dan Produk *Tortilla Chips*

Nama Sampel	W0 (g)	W1(g)	W2 (g)	Kadar Air (%)	Rata-Rata Kadar Air (%)
Tepung Jagung	22.199	24.240	24.030	10,29	10,58
	29.972	31.987	31.768	10,87	
Tepung Labu Kuning	22.614	25.657	25.510	4,83	3,01
	22.365	24.389	24.365	1,19	
Tepung Kedelai	23.201	25.241	25.095	7,16	7,13
	22.471	24.510	24.365	7,11	
F1	20.325	22.359	22.158	9,88	9,88
	20.125	22.159	21.958	9,88	
F2	22.365	23.368	23.341	2,69	2,69
	22.565	23.568	23.541	2,69	
F3	24.372	25.372	25.331	4,10	3,74
	24.625	25.632	25.598	3,38	
F4	23.062	25.101	24.898	9,96	8,55
	22.062	24.901	24.698	7,15	
F5	20.295	22.328	22.125	9,99	6,68
	24.625	25.632	25.598	3,38	
F6	24.372	25.376	25.327	4,88	4,69
	24.172	25.172	25.127	4,50	
F7	23.206	24.213	24.170	4,27	4,52
	24.375	25.380	25.332	4,78	
F8	19.992	22.021	21.877	7,10	6,85
	19.692	21.721	21.587	6,60	

F9	23.254	22.880	22.892	3,21	3,79
	25.254	24.980	24.992	4,38	
F10	21.228	23.261	23.152	5,36	4,03
	22.365	23.368	23.341	2,69	
F11	20.088	22.012	21.890	6,34	4,44
	20.188	22.112	22.063	2,55	
F12	21.220	23.258	23.087	8,39	6,34
	23.202	24.205	24.162	4,29	
F13	24.623	25.630	25.595	3,48	3,42
	24.623	25.631	25.597	3,37	
F14	20.796	22.827	22.703	6,11	4,30
	31.087	32.092	32.067	2,49	

8.2 Daya Kembang Tortilla Chips

Contoh Perhitungan:

$$\text{Volume Pemanggang} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} \times 100\%$$

Keterangan:

V_1 = Volume Tortilla Chips sebelum pemanggang

V_2 = Volume Tortilla Chips sesudah pemanggang

Tabel 34. Perhitungan Daya Kembang *Tortilla Chips*

Nama Sampel	V1	V2	DAYA KEMBANG
F1	0,10	0,30	200
F2	0,10	0,20	100
F3	0,10	0,40	300
F4	0,10	0,40	300
F5	0,10	0,35	250
F6	0,10	0,40	300
F7	0,10	0,35	250
F8	0,10	0,30	200
F9	0,10	0,30	200
F10	0,10	0,35	250
F11	0,10	0,30	200
F12	0,10	0,20	100
F13	0,10	0,30	200

F14	0,10	0,40	300
-----	------	------	-----

8.3 Kadar Serat Kasar

Contoh Perhitungan:

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = \frac{(W \text{ Residu} - W \text{ kertas Konstan})}{W_s} \times 100$$

Keterangan:

W kertas + serat = Berat kertas saring setelah ada residu serat

W kertas = Kertas saring konstan sebelum terdapat serat

W S = Berat sampel

Tabel 35. Perhitungan Kadar Serat Kasar Tortilla Chips

Nama Sampel	W Sampel	W Kertas Konstan	W Residu	Kadar Serat	Rata2
F1	1.013	1.058	1.313	25,17	16,30
	1.011	1.043	1.118	7,42	
F2	1.010	1.058	1.220	16,04	16,03
	1.018	1.073	1.236	16,01	
F3	1.009	1.045	1.231	18,43	16,13
	1.012	1.044	1.184	13,83	
F4	1.008	1.023	1.291	26,59	16,45
	1.013	1.043	1.107	6,32	
F5	1.008	1.023	1.189	16,47	15,21
	1.010	1.010	1.151	13,96	
F6	1.007	1.019	1.177	15,69	20,53
	1.005	1.024	1.279	25,37	
F7	1.006	1.018	1.280	26,04	20,20
	1.010	1.035	1.180	14,36	
F8	1.009	1.025	1.251	22,40	14,26
	1.012	1.009	1.071	6,13	
F9	1.005	1.042	1.379	33,53	22,45
	1.011	1.023	1.138	11,37	
F10	1.015	1.034	1.198	16,16	15,09
	1.013	1.045	1.187	14,02	
F11	1.011	1.035	1.321	28,29	17,96
	1.008	1.054	1.131	7,64	
F12	1.017	1087	1.386	29,40	21,42
	1.012	1074	1.210	13,44	
F13	1.014	1.057	1.331	27,02	19,90

	1.009	1.078	1.207	12,78	
F14	1.005	1.056	1.256	19,90	18,23
	1.008	1.067	1.234	16,57	
Tepung Jagung	1.018	1.045	1.649	59,33	40,60
	1.011	1.034	1.255	21,86	

8.4 Kadar Beta Karoten

Contoh Perhitungan:

$$\text{Karoten (ppm)} = 2,3 \times \frac{A}{B \times K} Fp$$

Keterangan:

A = Absorbansi (optic density)

B = Tebal sel (1 cm)

K = 0,16632 untuk karotenoid yaitu pada 435,8 nm dalam n-butanol dengan menggunakan sel berdiameter 1cm

Tabel 36. Perhitungan Beta Karoten Tortilla Chips

Sampel	Konstan	A	B	K	FP	Gram	ppm=mg/L
F1	2,3	0,264	1	0,16632	25	91,27	2,52
F2	2,3	0,418	1	0,16632	25	144,51	4,00
F3	2,3	0,418	1	0,16632	25	144,51	4,00
F4	2,3	0,426	1	0,16632	25	147,28	4,07
F5	2,3	0,378	1	0,16632	25	130,68	3,61
F6	2,3	0,344	1	0,16632	25	118,93	3,29
F7	2,3	0,34	1	0,16632	25	117,54	3,25
F8	2,3	0,307	1	0,16632	25	106,14	2,94
F9	2,3	0,264	1	0,16632	25	91,27	2,52
F10	2,3	0,431	1	0,16632	25	149,00	4,12
F11	2,3	0,512	1	0,16632	25	177,01	4,90
F12	2,3	0,341	1	0,16632	25	117,89	3,26
F13	2,3	0,526	1	0,16632	25	181,85	5,03
F14	2,3	0,341	1	0,16632	25	117,89	3,26
F15	2,3	0,653	1	0,16632	25	225,75	6,24

8.5 Protein Tortilla Chips dan Tepung Kedelai

Contoh Perhitungan:

$$\% N = \frac{(V_b - V_s) \times N_{NaOH} \times FP \times BAN}{W \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$\% P = \% N \times \text{Faktor Konversi}$$

$$\% P = \% N \times \text{Faktor Konversi}$$

Keterangan:

N = Normalitas NaOH standar yang digunakan

V_b = ml HCl untuk titrasi blanko

V_s = ml HCl untuk titrasi sampel

FP = Faktor pengenceran yang digunakan

BAN = Berat atom nitrogen (14,008)

W_s = Berat sampel dalam gram

%N = Kadar Nitrogen (%) FK = Faktor Korelasi

Tabel 37. Perhitungan Protein %N

Nama Sampel	W _s	V HCl Sampel (Titrasi)	V blanko	N NaOH	BM N	FP	%N
384	2016	20,6	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2018	20,4	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
762	2.016	20,5	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2.018	20,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
105	2013	21,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2015	20,7	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
918	2013	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
	2016	22,5	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
437	2018	19,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,05
	2014	22,1	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
650	2010	21	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2018	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
231	2016	22,5	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
	2020	20,7	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
597	2010	19,1	26,5	0,0973	14,008	10	0,05
	2013	22,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
843	2009	20,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,04

	2010	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
129	2018	21,4	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
	2020	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
306	2007	19,4	26,5	0,0973	14,008	10	0,05
	2005	21,5	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
711	2011	21,1	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2013	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
564	2014	21	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2018	20,7	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
873	2015	20,1	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2013	22	26,5	0,0973	14,008	10	0,03
Tepung Kedelai	2020	18	26,5	0,0973	14,008	10	0,06

Tabel 38. Perhitungan %Protein

SAMPEL	%N	FK	%Protein	RATA RATA
384	0,04	6,25	25,00	25,00
	0,04	6,25	25,00	
762	0,04	6,25	25,00	25,00
	0,04	6,25	25,00	
105	0,04	6,25	25	25,00
	0,04	6,25	25	
918	0,03	6,25	18,75	18,75
	0,03	6,25	18,75	
437	0,05	6,25	31,25	25,00
	0,03	6,25	18,75	
650	0,04	6,25	25,00	21,88
	0,03	6,25	18,75	
231	0,03	6,25	18,75	21,88
	0,04	6,25	25,00	
597	0,05	6,25	31,25	25,00
	0,03	6,25	18,75	
843	0,04	6,25	25,00	21,88
	0,03	6,25	18,75	
129	0,03	6,25	18,75	18,75
	0,03	6,25	18,75	
306	0,05	6,25	31,25	25,00
	0,03	6,25	18,75	
711	0,04	6,25	25,00	21,88
	0,03	6,25	18,75	
564	0,03	6,25	18,75	21,88
	0,04	6,25	25,00	
873	0,04	6,25	25,00	21,88
	0,03	6,25	18,75	
Tepung Kedelai	0,06	6,25	37,5	37,50

Lampiran 9. Uji Organoleptik Hedonik pada Tortilla Chips

1. Data Hedonik Aroma

PANELIS	382	762	105	918	437	650	231	597	843	129	306	711	564	573
	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
1	3	3	4	3	4	5	4	5	4	4	5	4	4	2
2	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4
3	6	5	4	5	5	5	3	4	3	4	5	5	4	4
4	5	3	3	5	5	2	3	3	4	4	3	5	4	4
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	3	2	3	5	3	5	4	4	5	3	4	4	4	4
7	4	4	3	3	4	3	3	2	4	4	2	4	3	3
8	4	3	4	4	5	4	5	4	3	4	3	4	3	5
9	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	4
10	4	5	3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	3	5	4	4	3	4	2	2	4	3	2	2	2	2
13	5	5	3	6	6	3	4	3	4	3	5	6	4	3
14	5	4	3	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5
15	3	5	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3	3	5
16	4	4	3	3	5	1	3	3	3	4	2	3	4	3
17	2	4	2	4	4	5	3	5	2	3	2	3	3	3
18	3	5	3	4	3	2	2	5	2	3	3	3	4	3
19	5	4	3	5	4	2	3	5	4	3	4	4	3	5

20	4	2	5	5	2	2	3	5	3	5	5	3	3	5
21	2	5	3	5	4	3	4	5	4	3	4	3	3	3
22	4	4	2	4	4	3	3	3	4	3	5	3	2	4
23	3	2	3	2	3	3	4	5	5	3	5	3	3	5
24	4	5	3	3	3	3	5	5	3	3	4	4	3	5
25	4	5	4	4	4	3	5	5	5	3	4	3	3	5
26	3	3	3	3	5	2	4	3	3	3	3	3	3	3
27	5	5	4	3	5	3	4	3	5	3	4	3	3	5
28	5	4	5	2	4	5	4	3	3	5	5	3	4	3
29	5	5	3	5	5	3	3	3	5	4	5	3	3	5
30	5	4	3	5	5	4	4	3	5	2	2	5	4	5
Jumlah	117	121	101	117	119	102	106	114	111	104	111	109	102	116
Rata-Rata	3,90	4,03	3,37	3,90	3,97	3,40	3,53	3,80	3,70	3,47	3,70	3,63	3,40	3,93

2. Data Hedonik Rasa

PANELIS	382	762	105	918	437	650	231	597	843	129	306	711	564	573
	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
1	5	4	6	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	2
2	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	3	5	3	3
3	4	5	5	4	5	4	4	3	4	5	4	4	4	4
4	4	4	4	3	5	3	2	3	4	5	3	5	4	5
5	4	3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	3	4	4
6	3	4	4	2	3	4	3	3	5	3	4	4	4	4
7	4	4	4	2	4	4	3	1	4	4	2	3	4	3
8	3	4	5	4	5	5	4	4	3	5	3	4	3	5
9	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4
10	3	4	5	3	4	3	3	4	3	4	2	3	4	4
11	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4
12	2	2	2	4	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2
13	4	4	6	5	4	5	3	5	3	4	5	5	4	5
14	4	5	5	3	4	3	3	5	3	4	5	5	5	4
15	2	3	1	2	2	3	2	3	2	3	2	5	3	3
16	4	4	5	4	4	2	3	3	4	3	2	3	3	2
17	2	3	3	2	4	4	1	4	3	3	3	3	4	5
18	4	4	2	2	3	3	4	2	2	5	1	3	3	2
19	3	4	4	3	3	2	3	5	2	5	2	2	3	3
20	2	4	3	3	3	2	3	3	2	4	2	3	3	4
21	5	2	6	3	1	4	3	2	2	5	2	5	4	1
22	3	2	3	3	2	5	3	2	4	4	4	4	3	4

23	3	2	3	2	3	4	3	5	4	5	3	4	3	3
24	2	2	4	4	4	5	3	5	5	3	4	4	4	4
25	5	5	3	4	4	4	5	5	5	3	4	5	5	4
26	3	3	3	4	4	3	4	3	4	2	3	4	3	4
27	5	3	5	4	3	3	3	5	5	3	4	4	3	3
28	5	4	2	5	3	5	3	2	5	4	3	4	5	4
29	4	4	5	5	4	5	3	3	5	4	4	4	4	4
30	4	5	5	3	5	5	4	1	5	2	4	5	4	4
Jumlah	106	109	120	104	109	110	97	102	110	95	95	115	108	107
Rata- Rata	3,53	3,63	4,00	3,47	3,63	3,67	3,23	3,40	3,67	3,83	3,17	3,83	3,60	3,57

3 Data Hedonik Warna

PANELIS	382	762	105	918	437	650	231	597	843	129	306	711	564	573
	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
1	4	3	4	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	2
2	3	5	4	5	5	5	5	4	5	5	3	5	5	4
3	6	4	4	5	5	6	2	3	4	4	4	6	6	4
4	3	2	3	4	2	2	4	1	4	5	3	3	4	3
5	4	4	5	4	3	4	5	3	5	5	3	3	5	3
6	4	3	3	4	4	4	4	2	6	3	3	3	3	5
7	2	5	2	4	4	5	3	2	4	3	5	4	3	4
8	4	3	4	4	3	5	3	5	3	4	3	3	3	4
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	4	3	3	3	3	4	5	2	5	4	2	3	5	4
11	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3
12	1	2	2	3	2	5	2	2	4	3	1	4	2	1
13	5	5	4	6	4	6	4	6	6	3	4	3	4	3
14	4	2	4	5	3	4	4	2	4	4	4	3	5	4
15	2	2	1	2	2	2	2	2	2	5	1	2	5	3
16	2	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3
17	3	3	3	4	2	5	2	3	3	2	2	4	4	5
18	3	5	3	4	4	3	2	1	3	3	1	3	4	5
19	3	2	3	4	3	4	3	3	4	3	3	2	4	5
20	2	3	2	4	2	4	3	4	4	5	2	4	2	3
21	3	6	4	5	3	5	6	1	4	3	1	2	1	3

22	2	4	2	4	2	4	2	1	4	4	3	1	2	3
23	2	2	2	2	3	3	2	4	2	3	2	3	3	3
24	3	2	4	3	3	2	4	3	4	4	4	4	4	4
25	5	5	5	4	5	4	4	6	5	4	3	5	4	5
26	3	4	3	3	4	2	4	4	4	3	3	4	4	4
27	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5
28	2	4	4	5	2	2	3	4	4	4	2	2	4	5
29	5	3	4	5	5	5	5	3	4	4	3	4	4	3
30	5	4	5	5	1	4	4	2	2	2	2	5	3	3
Jumlah	102	106	102	122	99	121	110	93	122	114	88	106	114	111
Rata-Rata	3,40	3,53	3,40	4,07	3,30	4,03	3,67	3,10	4,07	3,80	2,93	3,53	3,80	3,70

4. Data Hedonik Tekstur

PANELIS	382	762	105	918	437	650	231	597	843	129	306	711	564	573
----------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA	DA
1	4	4	5	4	3	5	4	5	3	4	5	4	4	2
2	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	4	4	3
3	4	4	2	3	4	5	3	3	4	4	3	6	3	5
4	3	3	4	5	4	3	3	2	3	3	2	4	3	5
5	4	4	5	4	4	4	5	5	4	5	5	3	5	4
6	4	3	2	4	4	3	4	3	5	3	4	5	4	4
7	4	3	2	4	5	5	5	4	4	3	5	4	3	4
8	4	4	4	4	3	5	3	5	3	4	3	3	3	4
9	4	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	5	5	4
10	3	4	3	3	4	4	5	4	3	5	5	4	4	4
11	4	4	4	4	3	3	5	5	4	5	4	4	3	4
12	1	2	2	2	4	2	2	5	5	5	1	3	2	2
13	3	5	5	6	3	4	3	4	5	5	4	3	5	4
14	2	3	3	2	3	5	3	5	3	5	1	5	2	3
15	5	3	4	4	5	2	5	3	5	5	4	3	2	2
16	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	2	2	3	4
17	3	2	2	3	4	2	3	2	3	5	3	5	2	6
18	4	2	1	2	5	2	3	4	3	5	5	5	5	3
19	3	4	2	3	3	4	5	5	3	5	5	5	3	3
20	3	2	2	2	3	3	5	5	2	3	5	5	2	2
21	4	1	3	2	2	3	5	3	6	5	5	6	4	4
22	1	3	1	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	1
23	4	3	4	4	3	4	4	5	5	5	4	5	4	4

24	3	4	5	3	3	3	3	5	4	5	5	5	2	5
25	4	4	5	4	3	4	5	3	5	6	5	4	2	4
26	2	3	3	5	5	3	5	3	5	5	5	5	3	4
27	4	4	3	5	3	3	3	3	4	3	5	4	4	5
28	5	5	5	4	3	5	3	3	2	3	5	5	4	2
29	3	4	4	5	3	3	5	3	2	4	3	5	5	4
30	5	3	5	5	3	5	6	3	5	2	5	5	5	4
Jumlah	104	102	102	110	106	110	122	118	117	128	120	131	105	109
Rata-Rata	3,47	3,50	3,40	3,67	3,53	3,67	4,07	3,93	3,90	4,27	4,00	4,37	3,50	3,63

Lampiran 10. Data ANAVA Respon Pengaplikasian Design Expert

10.1 Data ANAVA Respon Kadar Air

ANOVA for Linear model						
Response 1: Kadar Air						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	31,17	2	15,59	6,82	0,0119	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	31,17	2	15,59	6,82	0,0119	
Residual	25,14	11	2,29			
Lack of Fit	19,63	8	2,45	1,33	0,4475	not significant
Pure Error	5,52	3	1,84			
Cor Total	56,32	13				

Gambar 37. Hasil Data Anava Respon Kadar Air

Fit Statistics				
Std. Dev.	1,51		R²	0,5535
Mean	5,28		Adjusted R²	0,4723
C.V. %	28,63		Predicted R²	0,3147
			Adeq Precision	6,2948

Gambar 38. Hasil Data Fit Statistics

10.2 Data ANAVA Respon Kadar Protein

ANOVA for Cubic model (Aliased)						
Response 2: Kadar Protein						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	61,99	8	7,75	7,88	0,0180	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	3,82	2	1,91	1,94	0,2375	
AB	12,64	1	12,64	12,86	0,0158	
AC	0,5000	1	0,5000	0,5085	0,5077	
BC	1,93	1	1,93	1,96	0,2200	
ABC	0,0144	1	0,0144	0,0147	0,9084	
AB(A-B)	4,84	1	4,84	4,92	0,0773	
AC(A-C)	24,84	1	24,84	25,26	0,0040	
BC(B-C)	0,0000	0				
Residual	4,92	5	0,9833			
Lack of Fit	0,0180	2	0,0090	0,0055	0,9945	not significant
Pure Error	4,90	3	1,63			
Cor Total	66,91	13				

Gambar 39. Data Anava Respon Kadar Protein

Fit Statistics					
Std. Dev.	0,9916		R ²		0,9265
Mean	22,77		Adjusted R ²		0,8090
C.V. %	4,35		Predicted R ²		0,6968
			Adeq Precision		8,0010

Gambar 40. Data Fit Statistics Kadar Protein

10.3 Data ANAVA Respon Kadar Serat

ANOVA for Special Cubic model							
Response 3: Kadar Serat							
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	68,58	6	11,43	3,90	0,0491	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	8,99	2	4,50	1,53	0,2805	
	AB	1,28	1	1,28	0,4371	0,5297	
	AC	34,21	1	34,21	11,66	0,0112	
	BC	9,13	1	9,13	3,11	0,1210	
	ABC	28,53	1	28,53	9,72	0,0169	
	Residual	20,53	7	2,93			
	Lack of Fit	5,20	4	1,30	0,2542	0,8905	not significant
	Pure Error	15,34	3	5,11			
	Cor Total	89,11	13				

Gambar 41. Data Anava Respon Kadar Serat

Fit Statistics					
Std. Dev.	1,71		R ²		0,7696
Mean	17,87		Adjusted R ²		0,5721
C.V. %	9,59		Predicted R ²		-0,1195
			Adeq Precision		6,4523

Gambar 42. Data Fit Statistics

10.4 Data ANAVA Respon Beta Karoten

ANOVA for Linear model							
Response 4: Kadar Beta Karoten							
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	3,70	2	1,85	4,01	0,0493	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	3,70	2	1,85	4,01	0,0493	
	Residual	5,08	11	0,4614			
	Lack of Fit	3,10	8	0,3869	0,5860	0,7575	not significant
	Pure Error	1,98	3	0,6602			
	Cor Total	8,77	13				

Gambar 43. Data Anava Respon Beta Karoten

Fit Statistics					
Std. Dev.	0,6793		R ²		0,4215
Mean	3,59		Adjusted R ²		0,3163
C.V. %	18,92		Predicted R ²		0,0163
			Adeq Precision		5,3335

Gambar 44. Data Fit Statistics

10.5 Data ANAVA Respon Daya Kembang

ANOVA for Cubic model (Aliased)							
Response 5: Daya Kembang							
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
	Model	5,36	8	0,6706	6,57	0,0265	significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0,7022	2	0,3511	3,44	0,1149	
	AB	0,1901	1	0,1901	1,86	0,2305	
	AC	0,0611	1	0,0611	0,5992	0,4739	
	BC	1,27	1	1,27	12,47	0,0167	
	ABC	1,16	1	1,16	11,38	0,0198	
	AB(A-B)	2,11	1	2,11	20,68	0,0061	
	AC(A-C)	1,01	1	1,01	9,90	0,0255	
	BC(B-C)	0,0000	0				
	Residual	0,5102	5	0,1020			
	Lack of Fit	0,0102	2	0,0051	0,0306	0,9701	not significant
	Pure Error	0,5000	3	0,1667			
	Cor Total	5,88	13				

Gambar 45. Data Anava Respon Daya Kembang

Fit Statistics					
Std. Dev.	0,3194		R ²		0,9132
Mean	2,25		Adjusted R ²		0,7742
C.V. %	14,20		Predicted R ²		0,5761
			Adeq Precision		8,0592

Gambar 46. Data Fit Statistics Daya Kembang

10.6 Data ANAVA Respon Organoleptik (Rasa)

ANOVA for Quadratic model						
Response 6: Rasa						
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
	Model	0,4439	5	0,0888	4,27	0,0344
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0,0626	2	0,0313	1,51	0,2785
	AB	0,1938	1	0,1938	9,33	0,0157
	AC	0,0719	1	0,0719	3,46	0,0997
	BC	0,1279	1	0,1279	6,16	0,0380
	Residual	0,1661	8	0,0208		
	Lack of Fit	0,1408	5	0,0282	3,33	0,1753
	Pure Error	0,0253	3	0,0084		
	Cor Total	0,6100	13			

Gambar 47. Data Anava Organoleptik Rasa

Fit Statistics				
	Std. Dev.	0,1441	R²	0,7276
	Mean	3,55	Adjusted R²	0,5574
	C.V. %	4,06	Predicted R²	0,3723
			Adeq Precision	7,6589

Gambar 48. Fit Statistics

10.7 Data ANAVA Respon Organoleptik (Aroma)

ANOVA for Cubic model (Aliased)						
Response 7: Aroma						
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
	Model	0,6654	8	0,0832	18,02	0,0028 significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0,1730	2	0,0865	18,74	0,0048
	AB	0,0499	1	0,0499	10,82	0,0217
	AC	0,0010	1	0,0010	0,2254	0,6549
	BC	0,0000	1	0,0000	0,0095	0,9262
	ABC	0,0682	1	0,0682	14,77	0,0121
	AB(A-B)	0,1385	1	0,1385	30,01	0,0028
	AC(A-C)	0,0038	1	0,0038	0,8313	0,4037
	BC(B-C)	0,0000	0			
	Residual	0,0231	5	0,0046		
	Lack of Fit	0,0188	2	0,0094	6,65	0,0790 not significant
	Pure Error	0,0042	3	0,0014		
	Cor Total	0,6885	13			

Gambar 49. Data ANAVA Respon Organoleptik (Aroma)

Fit Statistics			
Std. Dev.	0,0679	R²	0,9665
Mean	3,69	Adjusted R²	0,9128
C.V. %	1,84	Predicted R²	-0,3040
		Adeq Precision	12,5623

Gambar 50. Data Fit Statistics Organoleptik (Aroma)

10.8 Data ANAVA Respon Organoleptik (Warna)

ANOVA for Quadratic model						
Response 8: Warna						
	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
	Model	1,30	5	0,2604	6,99	0,0085 significant
	⁽¹⁾ Linear Mixture	0,0308	2	0,0154	0,4138	0,6745
	AB	0,9286	1	0,9286	24,92	0,0011
	AC	0,4558	1	0,4558	12,23	0,0081
	BC	0,0062	1	0,0062	0,1667	0,6937
	Residual	0,2981	8	0,0373		
	Lack of Fit	0,2182	5	0,0436	1,64	0,3631 not significant
	Pure Error	0,0799	3	0,0266		
	Cor Total	1,60	13			

Gambar 51. Data Anava Organoleptik (Warna)

Fit Statistics				
Std. Dev.	0,1930		R ²	0,8137
Mean	3,60		Adjusted R ²	0,6972
C.V. %	5,37		Predicted R ²	0,3295
			Adeq Precision	9,6397

Gambar 52. Data Fit Statistics Organoleptik Warna

10.9 Data ANAVA Respon Organoleptik (Tekstur)

ANOVA for Special Cubic model						
Response 9: Tekstur						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	1,10	6	0,1825	5,31	0,0227	significant
⁽¹⁾ Linear Mixture	0,1366	2	0,0683	1,99	0,2071	
AB	0,0080	1	0,0080	0,2333	0,6439	
AC	0,0014	1	0,0014	0,0408	0,8457	
BC	0,4361	1	0,4361	12,69	0,0092	
ABC	0,4962	1	0,4962	14,45	0,0067	
Residual	0,2405	7	0,0344			
Lack of Fit	0,1002	4	0,0251	0,5360	0,7239	not significant
Pure Error	0,1402	3	0,0467			
Cor Total	1,34	13				

Gambar 53. Respon Organoleptik Tekstur

Fit Statistics				
Std. Dev.	0,1853		R ²	0,8200
Mean	3,77		Adjusted R ²	0,6656
C.V. %	4,92		Predicted R ²	0,3570
			Adeq Precision	7,4736

Gambar 54. Fit Statistic Organoleptik Tekstur

Tabel 39. Hasil Prediksi Formulasi Tortilla Chips

Nama Sampel	Tepung Jagung	Tepung Kedelai	Tepung Labu kuning	Kadar air	Daya Kembang	Kadar Serat	Kadar Protein	Kadar beta karoten	Rasa	Warna	Aroma	Tekstur	Nilai desirability
Formulasi Verifikasi Terbaik	25,443	25,00	20,807	4,323	1,000	20,123	27,089	3,666	3,480	3,927	3,472	4,067	0,732

Lampiran 11. Hasil Analisis Formulasi Verifikasi

11.1 Kadar Air

Nama Sampel	W0 (g)	W1(g)	W2 (g)	Kadar Air (%)	Rata-Rata Kadar Air (%)
Formulasi Verifikasi	24.372	25.376	25.327	4,88	4,54
	24.172	25.172	25.130	4,20	

11.2 Daya Kembang

Nama Sampel	V1	V2	DAYA KEMBANG
Formulasi Verifikasi	0,10	0,40	300

11.3 Kadar Serat

Nama Sampel	W Sampel	W Kertas Konstan	W Residu	Kadar Serat	Rata2
Formulasi Verifikasi	1.012	1.028	1.098	6,92	6,17
	1.015	1.025	1.080	5,42	

11.4 Kadar Beta Karoten

Nama Sampel	Konstan	Absorbansi	B	K	FP	ppm=mg/L
Formulasi Verifikasi	2,3	0,653	1	0,16632	25	6,24

11.5 Kadar Protein

Nama Sampel	Ws	V HCl Sampel (Titrasi)	V blanko	N NaOH	BM N	FP	%N
Formulasi Verifikasi	2010	20,5	26,5	0,0973	14,008	10	0,04
	2008	20,2	26,5	0,0973	14,008	10	0,04

Nama Sampel	%N	FK	%Protein	RATA RATA
-------------	----	----	----------	-----------

Formulasi Verifikasi	0,04	6,25	25,00	25,00
	0,04	6,25	25,00	

11.6 Organolpetik Uji Hedonik Formulasi Terbaik

NO	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur
1	5	2	5	3
2	5	3	5	3
3	3	5	5	5
4	5	5	4	3
5	5	4	3	5
6	4	3	3	4
7	3	5	3	5
8	5	4	3	5
9	4	4	2	5
10	3	3	3	5
11	2	3	5	3
12	5	2	2	5
13	4	2	5	4
14	3	2	5	3
15	5	5	5	3
16	5	5	3	5
No	Aroma	Rasa	Warna	Tekstur

17	4	5	4	5
18	4	4	4	4
19	3	3	4	3
20	3	3	4	3
21	3	4	4	4
22	5	4	5	3
23	3	3	5	5
24	4	5	2	3
25	5	5	5	5
26	4	5	3	3
27	3	3	5	5
28	4	3	4	4
29	3	4	3	5
30	3	4	3	3
Jumlah	117	112	116	121
Rata-Rata	3,90	3,73	3,87	4,03

Lampiran 12 Gambar Analisis Kimia dan Organoleptik Uji Hedonik



Gambar 55. Proses Dektruksi



Gambar 56. Hasil Proses Dektruksi



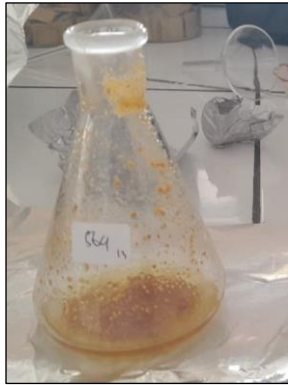
Gambar 57. Proses Destilasi



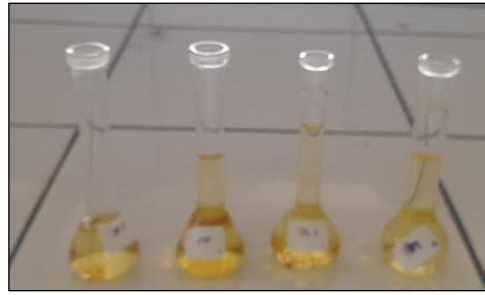
Gambar 58. Persiapan Titrasi



Gambar 59. Hasil Titrasi



Gambar 60. Proses Ekstraksi



Gambar 61. Hasil dari Ekstraksi



Gambar 62. Analisis Beta Karoten



Gambar 63. Pembacaan
Spektrofotometri



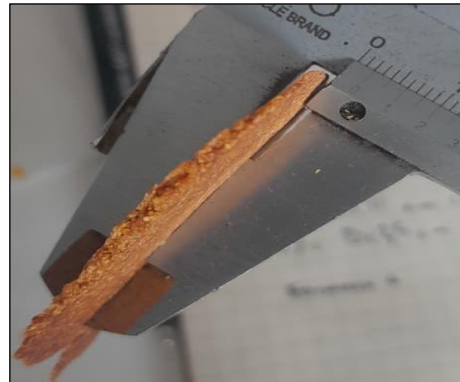
Gambar 64. Analisis Kadar Serat



Gambar 65. Proses Analisis Kadar
Serat



Gambar 66. Analisis Fisik Daya Kembang



Gambar 67. Daya Kembang Setelah di Oven



Gambar 68. Analisis Kadar Air



Gambar 69. Analisis Organoleptik

Lampiran 13 Proses Pembuatan Tepung dan Produk Tortilla Chips



Gambar 70 Pembuatan Tepung Labu Kuning



Gambar 71. Pembuatan Tepung Jagung



Gambar 72 Pembuatan Tepung Kedelai



Gambar 73. Tortilla Chips



Gambar 74. Pemanggangan Tortilla



Gambar 75. Formulasi Terbaik