

OPTIMASI FORMULASI *FOOD BAR* TEPUNG UBI JALAR UNGU, TEPUNG TEMPE, TEPUNG BAYAM HIJAU, DAN SALAK KERING TERHADAP KADAR PROTEIN, ZAT BESI, DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

Optimization of Food bar Formula From Purple Sweet Potato Flour, Tempeh Flour, Green Spinach Flour, and Dried Salak on Protein Content, Iron Content, and Antioxidant Activity

Clara Margaretha Aruan*, Tri Dewanti Widyangingsih

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran - Malang 65145

*email: claramrgh@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Anemia merupakan permasalahan kesehatan yang banyak terjadi di Indonesia. Kondisi umumnya disebabkan oleh kurangnya zat besi yang berperan dalam pembentukan hemoglobin. Selain anemia, paparan radikal bebas yang dapat menyebabkan stress oksidatif juga menjadi isu kesehatan yang berkaitan dengan penyakit degeneratif. Salah satu upaya yang dilakukan adalah pengembangan pangan fungsional, salah satunya food bar. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan formulasi optimal food bar berbahan tepung ubi jalar ungu, tepung tempe, tepung bayam hijau, dan salak kering terhadap kadar protein, zat besi, dan aktivitas antioksidan. Metode yang digunakan Mixture Design D-Optimal dengan bantuan software Design Expert 13, parameter yang diamati meliputi analisis proksimat, total kalori serta analisis fisik menggunakan *texture profile analyzer* dan warna menggunakan *color reader*. Formula terbaik yang diperoleh dari hasil optimasi kemudian dilakukan verifikasi dan dibandingkan dengan produk komersial SoyJoy Mochachoco Cashew. Hasil penelitian menunjukkan formulasi food bar optimal memiliki kadar air sebesar 15,81%, kadar abu 3,55%, kadar lemak 23,88%, kadar karbohidrat 34,00%, kadar protein sebesar 22,76%, kadar mineral besi 5,21 mg/100 g dengan aktivitas antioksidan sebesar 423,61 ppm.

Kata kunci: Food bar, aktivitas antioksidan, kadar protein, kadar zat besi, tepung bayam hijau

ABSTRACT

Anemia prevalent public health problem in Indonesia, primarily caused by iron deficiency, which plays a crucial role in hemoglobin formation. In addition to anemia, exposure to free radicals that induce oxidative stress is also associated with various degenerative diseases. One approach to addressing these issues is the development of functional foods, such as food bars. This study aimed to obtain the optimal formulation of a food bar made from purple sweet potato flour, tempeh flour, green spinach flour, and dried salak, with response to protein content, iron content, and antioxidant activity. The research employed a D-Optimal Mixture Design method using Design Expert 13. The observed parameters included proximate composition, total caloric value, as well as physical analysis using a texture profile analyzer and color measurement using a color reader. The optimal formulation obtained from the optimization process was then verified and compared with a commercial product, SoyJoy Mochachoco Cashew. The results showed that the optimal food bar formulation had a moisture content of 15.81%, ash content of 3.55%, fat content of 23.88%, carbohydrate content of 34.00%, protein content of 22.76%, iron content of 5.21 mg/100 g, and antioxidant activity of 423.61 ppm.

Keyword: Food bar, antioxidant activity, protein content, iron content, green spinach flour.

PENDAHULUAN

Menurut data *World Health Organization* (WHO) prevalensi global anemia pada perempuan usia 15-49 tahun mencapai hampir 29,9% pada tahun 2021, hampir satu dari tiga perempuan usia produktif menderita anemia. Tidak hanya itu, WHO juga mencatat pada tahun 2023 menyatakan bahwa prevalensi global meningkat mencapai 30,7% dengan angka yang lebih tinggi pada ibu hamil, yaitu 35,5%. Data dari Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) pada tahun 2018 menyebutkan bahwa di Indonesia prevalensi anemia pada remaja usia 15-24 tahun mencapai angka 32%. Namun, data terbaru pada tahun 2023 dari Riskedas menunjukkan terdapat penurunan angka prevalensi anemia menjadi 15,5% akibat dari adanya program konsumsi tablet tambah darah dengan kepatuhan yang sangat rendah. Di sisi lain, kondisi kekurangan gizi ini sering disertai dengan peningkatan stress oksidatif akibat paparan radikal bebas. Stress oksidatif yang tidak terkendali akan berkaitan dengan munculnya penyakit degeneratif seperti jantung, diabetes, kanker, dan penuaan dini. Oleh karena itu, tubuh juga membutuhkan asupan antioksidan untuk menetralkan radikal bebas (Ameliana, 2023).

Anemia terjadi ketika tubuh kekurangan hemoglobin yang menyebabkan kemampuan darah dalam mengangkut oksigen keseluruh tubuh menjadi menurun.

Oleh karena itu anemia menjadi tanda bahwa seseorang mengalami kekurangan zat gizi seperti protein dan juga zat besi (Noradina, 2025).

Salah satu pendekatan potensial dalam menangani permasalahan gizi ini, yaitu melalui pengembangan pangan fungsional. Salah satu bentuk pangan fungsional yang praktis adalah *food bar*. *Food bar* dibuat dari campuran berbagai bahan pangan yang kaya akan nutrisi. Berdasarkan standar gizi, kebutuhan kalori yang harus dipenuhi *food bar*, yaitu 210 - 250 kkal per 50 gram produk dengan komposisi zat gizi berupa karbohidrat 40-50%, protein 10-15% dan lemak 35-45% (Gozali et al., 2022).

Bahan yang berpotensi mendukung peningkatan sumber protein, zat besi, dan juga antioksidan, yaitu tepung ubi jalar ungu sebagai sumber energi dan antioksidan, tepung tempe sebagai sumber protein, tepung bayam hijau dan salak sebagai sumber zat besi. Tepung tempe merupakan sumber protein nabati yang baik dengan kandungan protein sebesar 48,11 dan dapat menjadi alternatif bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan protein harian (Ratnayani et al., 2025). Menurut Anggraeni (2025) pada ubi jalar ungu segar terdapat kandungan karbohidrat sebesar 20,15% sedangkan pada bentuk tepung kandungannya meningkat menjadi 88,54% sehingga cocok sebagai penyumbang energi

dan aktivitas antioksidan. Sedangkan pemenuhan mineral esensial seperti zat besi dalam *food bar* ini yang menjadi fokus utama diperoleh dari bayam hijau. Bayam hijau merupakan salah satu bahan pangan lokal yang kaya akan zat besi sekitar 3,9 mg/100 gram (Wijozun et al., 2024). Lalu, penambahan salak kering juga berkontribusi terhadap kenaikan total kalori karena kandungan gula sederhananya yang tinggi (Ismail & Abu Bakar, 2018).

Berdasarkan potensi gizi dan peran fungsional dari masing-masing bahan, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan formulasi *food bar* berbasis tepung ubi jalar ungu, tepung tempe, tepung bayam hijau, dan salak kering. Menggunakan metode *Mixture Design D-Optimal* untuk mendapatkan formulasi optimal terhadap sifat fisikokimia, kadar zat besi serta aktivitas antioksidan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa kategori, yaitu alat untuk proses pembuatan *food bar* meliputi, baskom, oven listrik (Kirin KBO-190), *Automatic Cabinet Dryer*, loyang cetakan *food bar*, pisau, timbangan analitik, timbangan digital, blender, talenan, ayakan, kuas, mangkok plastik, sendok, baking paper. Alat yang digunakan dalam analisis respon kadar zat besi, protein, dan aktivitas

antioksidan meliputi, AAS (Shimadzu), *deggestion kjeldahl* (Buchi), *distilation unit* (Buchi), pemanas listrik, erlenmeyer, pipet tetes, vortex, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu). Alat yang digunakan untuk uji proksimat, warna, dan fisik meliputi, timbangan analitik (Ohaus Pioner), sendok besi, wadah aluminium foil, desikator, gelas ukur, labu ukur, pengaduk kaca, erlenmeyer, tabung rekasi, rak tabung reaksi, pipet ukur, pipet tetes, spatula, *color reader* (Minolta CR-10 Japan), *Texture Profile Analyzer*, dan bom kalorimeter.

Bahan

Penelitian ini pada pembuatan *food bar* menggunakan empat jenis bahan baku utama, yaitu tepung ubi jalar ungu instant, tempe (Sayur Segar Malang), bayam hijau (Sayur Segar Malang) dan buah salak (Kalpataru *fresh* Malang). Bahan tambahan yang dibutuhkan berupa susu skim (NZMP), margarin (Blueband), telur, dan gula pasir (Gulaku). Kemudian untuk bahan kimia yang digunakan dalam pengujian antara lain : Pengujian kadar zat besi : HCl 5M, aquades, HNO₃ 3N (asam nitrat). Pengujian kadar protein : K₂SO₄, CuSO₄, larutan H₂SO₄, aquades, NaOH 30%, larutan asam borat H₃BO₃ 4%, indikator BCG-MR, larutan asam klorida HCl 0,01N, tablet kjeldahl, kapas, dan kertas saring. Pengujian aktivitas antioksidan : larutan DPPH, metanol.

Desain Penelitian

Formulasi *food bar* menggunakan metode *Mixture Design D-Optimal* menggunakan aplikasi *Design Expert 13* dengan variabel bebas tepung ubi jalar ungu, tepung tempe, tepung bayam hijau, dan salak kering. Tepung ubi ungu di atur dengan batas atas 50% dan batas bawah 30%. Tepung tempe diatur memiliki batas atas 40% dan batas bawah 25%. Tepung bayam hijau diatur dengan batas atas 25% dan batas bawah 15% serta salak kering memiliki batas atas 15% dan batas bawah 5%. Rancangan ini menghasilkan 18 *runs* dengan *respons* kadar protein, kadar zat besi, dan aktivitas antioksidan.

Pembuatan Tepung Tempe

Tempe dipotong dengan ukuran kurang lebih 15 x 10 cm, kemudian dilakukan pengukusan menggunakan suhu 100^o C selama 5-10 menit. Lalu tempe, dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* suhu 60^oC selama 8 jam . Tempe kering kemudian digiling menggunakan *grinder* hingga terbentuk butiran halus dan tahap akhir dilakukan pengayakan menggunakan ayakan 80 mesh agar diperoleh ukuran partikel yang seragam (Talitha et al., 2025).

Pembuatan Tepung Bayam Hijau

Bayam dibersihkan dipisahkan dari batangnya lalu dicuci hingga bersih. Kemudian dilakukan proses *blanching* menggunakan air mendidih selama 5 menit . Lalu daun bayam dikeringkan menggunakan

cabinet dryer pada suhu 60^o C selama 6 jam. Daun bayam yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan menggunakan *grinder* hingga menjadi bubuk. Dilanjutkan dengan pengayakan menggunakan ayakan 80 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam (Ariyanti et al., 2022).

Pembuatan Salak Kering

Buah salak dibersihkan dari kulit dan bijinya, kemudian daging buah dipotong dengan ketebalan sekitar 0,2 cm dengan ukuran kurang lebih 1-2 cm. Selanjutnya, potongan salak dikeringkan menggunakan *food dehydrator* pada suhu 60^o C selama 8 jam (Mangumbas et al., 2021).

Pembuatan Food Bar

Bahan utama ditimbang sesuai formulasi menggunakan timbangan analitik. Lalu margarin, gula pasir, dan telur dicampurkan kedalam baskom dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya, bahan kering ditambahkan sedikit-sedikit ke dalam adonan basah. Salak kering kemudian ditambahkan ke dalam adonan dan adonan dituangkan ke dalam loyang 10 x 5 x 4 yang telah dilapisi *baking paper*. Proses pemanggangan dilakukan sebanyak 2 tahap, tahap pertama adonan dipanggang selama 25 menit menggunakan suhu 120^oC. Setelah itu, adonan dipanggang kembali selama 5 menit *food bar* yang telah matang kemudian didinginkan dan disimpan dalam wadah tertutup (Cornellia et al., 2023).

Analisis Kadar Protein

Analisis kadar protein dilakukan menggunakan metode Kjeldahl. Pertama sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam tabung Kjeldahl berukuran 100 mL. Ke dalam tabung ditambahkan satu tabel Kjeldahl, 20mL asam sulfat (H_2SO_4), serta $\frac{1}{2}$ tablet kjeldahl. Labu kjeldahl dipanaskan didalam lemari asam hingga larutan menjadi jernih. Setelah selesai, tabung dikeluarkan dan didinginkan selama 15-30 menit untuk selanjutnya ditambahkan 25 mL aquades sebelum dilakukan destilasi. Pada tahap destilasi, digunakan erlenmeyer 250 mL yang berisi 50 mL larutan H_3BO_3 3% serta 4 tetes indikator Kjeldahl. Sampel kemudian didistilasi hingga mendidih selama 3 menit dan filtrat yang dihasilkan ditampung hingga mencapai volume sekitar 75 mL. Selanjutnya filtrat tersebut dititrasi menggunakan larutan HCl 0,1 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi ungu. Hasil titrasi digunakan untuk menghitung kadar nitrogen (%N) dan selanjutnya kadar protein ditentukan dengan mengalikan nilai %N dengan faktot konversi (Afkar et al., 2020).

Analisis Kadar Zat Besi

Analisis kadar zat besi dilakukan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Pertama-tama sampel ditimbang sebanyak 3 gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselen lalu diarangkan diatas kompor hingga warna berubah menjadi

hitam keabuan. Setelah diarangkan, dilakukan pengabuan menggunakan tanur pada suhu $500^{\circ}C$ selama 6 hingga terbentuk abu. Abu yang dihasilkan kemudian dicampurkan asam nitrat (HNO_3) dan aquades hingga larut. Larutan yang sudah jernih dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan Tambahkan aquades hingga tepat tanda batas (100 mL) dan siap untuk diukur dengan panjang gelombang yang digunakan untuk Fe 248,3 nm (Alyaa et al., 2021).

Analisis Aktivitas Antioksidan

Sampel ditimbang sebanyak 0,1 gram dan dilarutkan dengan metanol dalam labu ukur 10 mL lalu diperoleh larutan induk 10000 ppm. Larutan blanko dibuat dengan mencampurkan 2 mL metanol dengan 2 mL larutan DPPPh 0,2 mM, dan dihomogenkan lalu di inkubasi pada ruangan gelap selama 30 menit. Perlakuan sama juga dilakukan pada sampel dengan menambahkan 2 ml larutan induk yang dicampurkan dengan 2 ml DPPH 0,2 mM, dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit. Absorbansi, diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 517 nm dan aktivitas antioksidan dihitung berdasarkan persentase inhibisi (Hastuti et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran respons *food bar* dengan 18 runs (Tabel) menunjukkan rentang nilai respon yang cukup luas. Kadar protein berkisar antara 19,26% hingga

30,64%, kadar zat besi berkisar pada rentang 44,35 hingga 73,50 ppm dan aktivitas antioksidan yang berkisar antara 43,66% hingga 55,92%. Hasil ANOVA seluruh respons dicantumkan pada Tabel. Menurut hasil *analysis of variance* (ANOVA) model terpilih untuk kadar protein adalah *quadratic*,

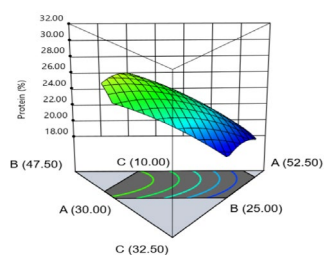
kadar zat besi adalah linear, dan aktivitas antioksidan *special cubic*. Model memiliki *p-value* kurang dari 0,05 yang menunjukkan model memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar respons dengan probabilitas error kurang dari 5%.

Tabel 1. Nilai Respon Kadar Protein, Zat Besi, Aktivitas Antioksidan

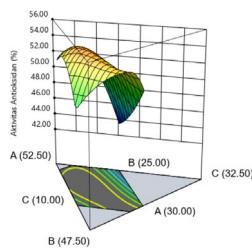
Run	A: Tepung Ubi Jalar Ungu (%)	B: Tepung Tempe (%)	C: Tepung Bayam Hijau (%)	D: Salak Kering (%)	Response 1 Protein (%)	Response 2 Kadar Zat Besi (ppm)	Response 3 Aktivitas Antioksidan (%)
1	45.00	29.00	11.00	15.00	21.89	66.54	45.33
2	40.00	37.00	13.00	10.00	30.64	59.71	47.95
3	40.00	32.00	15.00	13.00	24.51	70.22	50.07
4	44.00	27.00	19.00	10.00	20.14	72.18	43.66
5	31.00	38.00	16.00	15.00	26.63	56.59	49.42
6	50.00	25.00	13.00	12.00	19.26	73.50	52.31
7	48.00	32.00	10.00	10.00	24.51	51.73	47.45
8	35.00	40.00	15.00	10.00	30.64	53.44	49.84
9	40.00	25.00	20.00	15.00	21.89	61.15	46.54
10	44.00	25.00	16.00	15.00	21.89	51.66	46.21
11	40.00	32.00	15.00	13.00	22.76	52.51	53.62
12	31.00	37.00	20.00	12.00	24.51	59.99	52.96
13	42.00	33.00	10.00	15.00	22.76	45.82	52.63
14	37.00	40.00	10.00	13.00	25.39	44.35	53.21
15	37.00	33.00	20.00	10.00	27.14	64.01	55.92
16	40.00	32.00	15.00	13.00	23.64	54.43	53.29
17	40.00	32.00	15.00	13.00	22.76	52.10	52.30
18	36.00	35.00	14.00	15.00	25.39	47.35	49.26

Tabel 2. ANOVA respons food bar

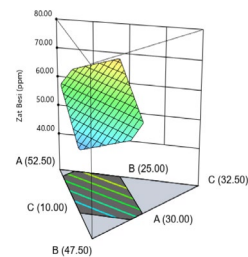
Sumber	Respons		
	Kadar Protein	Kadar Zat Besi	Aktivitas Antioksidan
Model	Quadratic	Linear	Special Cubic
Persamaan	Kadar protein = -	Kadar Zat Besi =	Aktivitas Antioksidan = -
n	5.92998A +122.32728B- 377.49054C+2531.4845 9D+159.46242AB+516.7 5782AC- 3097.84385AD+585.659 45BC-3874.36594BD- 2203.92098CD	+99.06107A+5.51422B+ 165.12838C-65.08900D	551.225775A- 4624.05827B- 9869.65835C- 19148.91609D+7216.490 02AB+8996.96194AC+3 2125.72627BC+55486.7 3541BD+85275.25136C D-8447.33763ABC- 45755.29459ABD- 38973.28561ACD- 2.11428E+05BCD
Lack Of Fit	0,2986 ($p > 0,05$)	0,7644 ($p > 0,05$)	0,7826 ($p > 0,05$)
STD	1,07	7,21	1,41
R²	0,9439	0,4584	0,9594
Adjusted R²	0,8808	0,3423	0,8275
Pred R²	0,4038	0,1179	-84,7315



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Grafik 3D respons (a) kadar protein, (b) kadar zat besi, (c) aktivitas antioksidan

Kadar Protein

Model yang sesuai untuk menggambarkan hubungan antara komposisi bahan dengan respon kadar protein adalah model *Quadratic* dengan nilai p -value 0,0150

(Assalam et al, 2022). Model quadratic memiliki nilai ANOVA dengan p -value sebesar 0,004 ($p < 0,05$). Selain itu hasil analisis juga menunjukkan bahwa adanya interaksi antar proporsi bahan terhadap kadar

protein, yaitu interaksi antara AD (tepung ubi ungu dan salak kering), BC (tepung tempe dan bayam), BD (tepung tempe dan salak kering), dan CD (tepung bayam dan salak kering). Interaksi ditunjukkan dengan nilai $p\text{-value} < 0,05$. Koefisien linear pada tepung tempe (B) dinyatakan dengan tanda positif yang menunjukkan bahwa peningkatan proporsi tepung tempe cenderung meningkatkan kadar protein, karena tepung tempe juga memiliki kandungan protein yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan bahan lain yang digunakan dalam formulasi (Satifa et al., 2023). Interaksi dengan koefisien positif menandakan adanya efek sinergis yang dapat meningkatkan kadar protein sedangkan interaksi yang berkoefisien negatif menunjukkan adanya pengaruh yang dapat menurunkan kadar protein. Berdasarkan persamaan regresi, tepung tempe (B) menunjukkan pengaruh positif sebagai sumber protein ditunjukkan dengan koefisien positif. Sebaliknya pada tepung ubi ungu (A) dan tepung bayam hijau (C) cenderung memberikan pengaruh negatif karena kandungan proteinnya yang rendah sehingga peningkatan proporsi dapat menurunkan kadar protein total. Tidak hanya itu, kombinasi yang melibatkan salak kering juga cenderung menurunkan kadar protein, hal ini dikarenakan kandungan proteinnya lebih rendah dibandingkan dengan bahan dominan tinggi protein lainnya. Dengan demikian, kadar protein dalam formulasi tidak

hanya dipengaruhi oleh bahan tunggal tetapi juga interaksi antar bahan dalam ca

Berdasarkan grafik tiga dimensi respon kadar protein formulasi dipengaruhi oleh perbandingan ubi ungu (A), tempe (B), dan bayam hijau (C) dan komponen D yang tetap dijaga 12,5%. Berdasarkan gambar grafik, area dengan nilai protein tertinggi ditunjukkan oleh area dengan gradasi warna hijau hingga kuning. Berdasarkan posisi, area tersebut cenderung mendekati komponen B (tepung tempe) sehingga diinterpretasikan bahwa peningkatan proporsi tepung tempe memberikan kontribusi terhadap peningkatan kadar protein, hal ini juga dipengaruhi oleh interaksi antar bahan tidak hanya bahan tunggal. Sedangkan warna biru hingga hijau muda menunjukkan kadar protein yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah tepung tempe memberikan kontribusi terhadap peningkatan kadar protein *food bar* (Panjaitan et al., 2022). Hal ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan tepung tempe dalam formulasi *food bar* dapat meningkatkan kandungan protein. Penelitian yang dilakukan oleh Talitha et al., (2025) menunjukkan bahwa formulasi dengan penggunaan tepung tempe 100% menghasilkan kadar protein sebesar 16,26%. Temuan lainnya oleh Crisan et al., (2022) melaporkan bahwa *snack bar* dengan kombinasi tepung tempe dan tepung pisang pada rasio 70:30 menghasilkan kadar

protein sebesar 12,10%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam formulasi, penggunaan tepung tempe berperan dalam meningkatkan kandungan protein yang dihasilkan.

Kadar Zat Besi

Model yang sesuai untuk menggambarkan hubungan antara komposisi bahan dengan respon kadar zat besi adalah model *Linear* dengan nilai p-value 0,0311 ($p < 0,05$). Persamaan regresi diatas menunjukkan bahwa koefisien dengan nilai positif mengindikasikan bahwa peningkatan proporsi ketiga bahan cenderung meningkatkan kadar zat besi dalam formulasi. Nilai koefisien terbesar terdapat pada tepung bayam hijau (C) yang menunjukkan bahwa bayam hijau memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan kadar zat besi. Hal ini dapat dijelaskan karena bayam hijau merupakan salah satu sumber mineral, terutama zat besi sehingga penambahannya pada produk pangan dapat meningkatkan kandungan zat besi (Akram et al., 2023). Sedangkan diketahui pada persamaan regresi salak kering, didapatkan nilai negatif. Faktor penyebab yang dapat mempengaruhi hal ini salah satunya adalah proses pematangan buah salak. Selama proses pematangan buah, kadar air dalam buah dapat meningkat sehingga konsentrasi mineral dalam buah dapat menurun (Kassa et al., 2025).

Berdasarkan ditampilkan grafik 3D surface yang menunjukkan bahwa variasi

proporsi tepung ubi ungu (A), tepung tempe (B), tepung bayam hijau (C) dengan komponen salak kering (D) memberikan pengaruh terhadap kadar zat besi pada formulasi *food bar*. Kadar zat besi yang semakin rendah ditunjukkan oleh area berwarna biru hingga hijau muda sedangkan kadar zat besi tertinggi ditunjukkan dengan area berwarna kuning yang semakin mendekati proporsi bayam hijau. Perubahan warna dari biru hingga kekuningan menunjukkan peningkatan kadar zat besi dari sekitar 44 ppm hingga 73 ppm. Berdasarkan grafik tersebut, area dengan kadar zat besi yang lebih tinggi cenderung berada pada daerah dengan proporsi tepung bayam hijau yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena bayam hijau merupakan salah satu sumber mineral utama, terutama zat besi yang cukup tinggi dengan kandungan sekitar 3,9 mg/100 gram (Wijrozun et al., 2024). Selain bayam hijau, tepung ubi ungu juga dapat memberikan kontribusi terhadap kadar zat besi, diketahui bahwa kandungan zat besi pada ubi ungu sebesar 6.7 mg/kg (Fitri, Hotmauli, Nurmaliza, Iballa, & Herlina, 2023). Tepung tempe juga memberikan kontribusi terhadap kadar zat besi. Hal ini sejalan dengan penelitian Bilqis et al., (2022) yaitu kadar zat besi bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah substitusi tempe pada sosis ikan teri.

Aktivitas Antioksidan

Model yang sesuai untuk menggambarkan hubungan antara komposisi bahan dengan respon aktivitas antioksidan adalah model *special cubic*, dengan nilai p-value sebesar 0,0274 ($p < 0,05$). Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) yang ditunjukkan model *special cubic* memiliki nilai p-value sebesar 0,0346 ($p < 0,05$) sehingga model dinyatakan signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan dalam formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap respon aktivitas antioksidan. Hasil analisis juga menunjukkan adanya pengaruh interaksi bahan. Pada interaksi dua komponen juga ditunjukkan pengaruh signifikan antara interaksi tepung ubi ungu dan salak kering (AD), tepung tempe dan tepung bayam (BC), tepung tempe dan salak kering (BD), dan tepung bayam dan salak kering (CD). Sementara itu, pada interaksi tiga komponen juga terdapat interaksi signifikan antara tepung bayam, tepung tempe, dan salak kering (BCD). Secara keseluruhan, hasil ANOVA menunjukkan bahwa respon aktivitas antioksidan dipengaruhi secara signifikan oleh interaksi antara tiap bahan.

Persamaan regresi diatas menunjukkan bahwa koefisien linear yang bernilai negatif menunjukkan bahwa peningkatan proporsi bahan secara tunggal cenderung menurunkan aktivitas antioksidan. Sebaliknya koefisien interaksi dua komponen

bernilai positif mengindikasikan adanya efek sinergis yang meningkatkan aktivitas antioksidan. Sementara itu, interaksi tiga komponen yang bernilai negatif menunjukkan efek antagonis yang menurunkan respon aktivitas antioksidan. Oleh karena itu aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh kombinasi antar bahan bukan hanya satu bahan. Semua bahan secara individu menunjukkan koefisien negatif yang menunjukkan bahwa kontribusi antioksidan tidak optimal jika bahan berdiri secara tunggal. Sedangkan kombinasi dua bahan cenderung meningkatkan aktivitas antioksidan karena adanya efek sinergis, hal ini dikarenakan ke-empat bahan mengandung senyawa yang dapat meningkatkan aktivitas antioksidan seperti tepung ubi ungu yang kaya akan antosianin (Im et al., 2021). Sementara itu, tepung tempe juga mengandung senyawa fenolik terutama isoflavon yang terbentuk selama proses fermentasi dan diketahui memiliki aktivitas antioksidan (Lo et al., 2022) juga salak dengan kandungan fenolik dan vitamin C. Namun, dalam persamaan regresi yang menunjukkan tiga kombinasi lebih kompleks didapatkan efek antagonis. Adanya kompetisi senyawa untuk menangkap radikal bebas seperti antosianin pada ubi ungu, isoflavon pada tempe, fenolik pada bayam dan salak. Menurut (Feng et al., 2023) saat ditemukan banyak polifenol bercampur dapat menyebabkan molekul terhalang mengikat

radikal bebas dan menurunkan nilai aktivitas antioksidan.

Penentuan Formulasi Optimum

Pada tabel dibawah, ditunjukkan 3 solusi formula optimal oleh *Design Expert 13*. Solusi formula optimal terpilih dinyatakan dengan keterangan "*selected*" yang juga ditentukan berdasarkan nilai *desirability*. Nilai *desirability* sebesar 0,775 menunjukkan

bahwa solusi yang diperoleh mendekati optimal. Nilai 77,5% menandakan bahwa dari seluruh kriteria optimasi yang ditetapkan respon akan dicapai. Berdasarkan hasil ini diketahui bahwa semakin tinggi nilai *desirability* (mendekati 1,0) maka semakin optimal formulasi yang diperoleh (Assalam et al, 2022).

Tabel 3. Solusi Formula Terbaik Oleh *Design Expert 13*

Variabel				Prediksi Respon			Desirability
Tepung Ubi Ungu (%)	Tepung Tempe (%)	Tepung Bayam Hijau (%)	Salak Kering (%)	Protein (%)	Zat Besi (ppm)	Aktivitas Antioksidan (%)	
34.331	37.214	18.455	10.000	29.099	60.027	61.177	0.775
41.111	33.333	15.556	10.000	27.248	61.741	57.173	0.748
41.641	25.000	18.359	15.000	22.040	63.181	46.803	0.343

Verifikasi Formula Optimum

Tabel 4. Verifikasi Respon Formula Terbaik

	Protein (%)	Zat Besi (ppm)	Aktivitas Antioksidan (%)
Prediksi	29.099	60.027	61.177
Verifikasi	30.643	61.055	61.432
P-Value	0.092	0.105	0.067

Hasil optimasi formulasi menghasilkan proporsi bahan baku yang terdiri atas 34,33% tepung ubi ungu, 37,21% tepung tempe, 18,45% tepung bayam dan 10% salak kering. Selanjutnya, dilakukan tahap verifikasi untuk memastikan bahwa nilai respon yang diprediksi oleh *software* sesuai dengan pengujian langsung di laboratorium. Tahap ini dilakukan untuk membandingkan nilai kadar protein, kadar zat besi, dan

aktivitas antioksidan hasil prediksi dengan hasil percobaan. Verifikasi dilakukan menggunakan *paired t-test*. Apabila diperoleh nilai *p-value* > 0,05 maka tidak terdapat perbedaan signifikan antara nilai prediksi dan verifikasi sehingga solusi yang diberikan *software* dapat direkomendasikan sedangkan apabila nilai *p-value* < 0,05 maka terdapat perbedaan perbedaan yang

signifikan antara nilai prediksi dan verifikasi sehingga solusi belum direkomendasikan.

Karakteristik Kimia Formula Optimal

Tabel 5. Karakteristik Kimia Food Bar

Kandungan Kimia	Food Bar Optimal
Kadar Karbohidrat (%)	34.00 ± 2.30
Kadar Lemak (%)	23.88 ± 0.63
Kadar Abu (%)	3.55 ± 0.09
Kadar Air (%)	15.81 ± 1.92
Kadar Protein (%)	22.76 ± 0.88
Kadar Mineral Besi (ppm)	52.08 ± 4.44
Aktivitas Antioksidan (ppm)	423.61 ± 0.06
Total Kalori	364.86 kkal

Data hasil analisis adalah nilai rata-rata dari 3 kali ulangan angka± merupakan standar deviasi

Berdasarkan **Tabel 5** diperoleh bahwa kadar air *food bar* optimal sebesar 15,81%. Kadar air *food bar* formula optimal ini menunjukkan nilai yang relatif tinggi. Tingginya kadar air dapat dipengaruhi oleh penggunaan tepung tempe yang berkontribusi pada peningkatan kadar air (Panjaitan et al., 2022). Tepung tempe memiliki daya serap air atau (*water absorption capacity*) yang tinggi akibat adanya kandungan protein (Bellissent-Funel et al., 2016). Penggunaan tepung ubi ungu juga berkontribusi terhadap meningkatnya kadar air akibat adanya kandungan pati yang tersusun atas amilosa dan amilopektin yang mampu menyerap air selama proses gelatinisasi (Syarfaini, Fais Satrianegara, & Alam, 2017).

Kadar abu merupakan salah satu komponen penting pada *food bar*, kadar abu merupakan jumlah residu anorganik yang tersisa setelah bahan pangan dibakar pada

suhu tinggi hingga seluruh komponen organiknya habis terurai. Residu yang tertinggal ini merepresentasikan kandungan mineral pada produk (Fajri et al., 2013). Berdasarkan **Tabel 5** diketahui bahwa kadar abu dalam *food bar* optimal sebesar 3,55%. Nilai ini menunjukkan adanya kontribusi mineral dari bahan-bahan yang digunakan. Salah satu bahan yang berperan cukup besar dalam peningkatan kadar abu adalah tepung bayam hijau. Tepung bayam hijau diketahui kaya akan mineral seperti zat besi, kalsium, dan magnesium. Adanya mineral-mineral ini menyebabkan peningkatan jumlah residu organik setelah proses pembakaran pada analisis kadar abu (Pratiwi, 2017).

Berdasarkan hasil analisis, kadar lemak pada *food bar* optimal diketahui sebesar 23,88%. Nilai ini tergolong cukup tinggi dan menunjukkan bahwa produk mengandung lemak yang relatif tinggi. Tingginya kadar lemak pada *food bar* ini

dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan dalam formulasi terutama tempe. Tempe diketahui mengandung lemak nabati yang cukup tinggi. Oleh karena itu, semakin besar proporsi tempe yang digunakan dalam formulasi, maka akan semakin besar pula kontribusinya terhadap peningkatan kandungan lemak pada produk (Panjaitan et al., 2022). Selain itu, berasal dari bahan utama, kadar lemak pada *food bar* juga dipengaruhi oleh penggunaan bahan tambahan seperti margarin. Kandungan lemak yang tinggi pada margarin juga turut berkontribusi terhadap peningkatan kadar lemak pada produk (Arifanti et al., 2024).

Kadar protein pada *food bar* formula optimal diketahui bernilai sebesar 22,76%. Menurut Susanto, Kartika, Fertiasari, & Sari (2023) diketahui bahwa kadar protein pada *food bar* adalah 10-15%. Tingginya kadar protein ini dipengaruhi oleh penggunaan tepung tempe sebagai sumber protein nabati sehingga semakin besar proporsinya maka semakin meningkat pula kandungan proteinnya. Namun, kadar protein pada produk *food bar* optimal mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kadar protein sebelum dilakukan pemanggangan. Penurunan ini diduga terjadi akibat adanya proses pengolahan penggunaan suhu tinggi yang menyebabkan reaksi mailard (Panjaitan et al., 2022).

Kadar mineral zat besi pada *food bar* formula optimal diketahui memiliki nilai

sebesar 52,08 ppm setara dengan 5,21 mg per 100 gram. Kandungan zat besi yang dihasilkan terutama dipengaruhi oleh penggunaan bahan baku berupa tepung bayam hijau sebagai sumber utama zat besi dengan kandungan sekitar 3,9 mg/100 gram (Wijozun et al, 2024). Tidak hanya itu, kadar zat besi juga didukung dari tepung tempe. Menurut penelitian mengenai *snack bar* dengan substitusi 30% tepung tempe dan tambahan kurma diketahui didapatkan kandungan zat besi sebesar 4,62 mg per 100 gram produk dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan *snack bar* berbahan dasar tepung kedelai biasa (Satifa et al., 2023).

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa aktivitas antikosidan pada *food bar* formula optimal memiliki nilai IC₅₀ 423,61. Hasil ini menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan tergolong sangat lemah (Zaddana, Nurmala, & Oktaviyanti, 2021). Aktivitas antioksidan ini dipengaruhi oleh bahan seperti tepung ubi ungu yang mengandung antosianin, adanya tepung bayam hijau yang mengandung senyawa fenolik serta hasil fermentasi dari tepung tempe yang mengandung isofflavan, senyawa-senyawa bioaktif ini diketahui memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas (Santoso, 2021). Namun, rendahnya aktivitas antioksidan pada produk dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti adanya proses pengolahan

menggunakan suhu tinggi yang dapat menyebabkan degradasi senyawa antioksidan (Wang et al., 2024). Tidak hanya itu, adanya interaksi antara mineral besi dengan senyawa fenolik serta antosianin menyebabkan terjadinya penurunan aktivitas antioksidan. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya kompleks *metalloanthocyanin* yang menyebabkan berkurangnya jumlah gugus aktif yang berkontribusi untuk menangkap radikal bebas (Sadowska et al, 2024).

Karbohidrat merupakan salah satu makronutrien utama yang berperan sebagai energi. Karbohidrat menjadi penyumbang kalori terbesar. Pada *food bar* formula optimal karbohidrat dihitung menggunakan analisis

karbohidrat *by difference*, dengan melakukan pengurangan total kadar air, abu, protein, dan lemak. Berdasarkan **Tabel 5**, diketahui bahwa kadar karbohidrat pada *food bar* formula optimal sebesar 34,00%. Kontribusi peningkatan karbohidrat tidak hanya berasal dari ubi ungu dengan kandungan karbohidrat yang didominasi oleh pati tetapi juga adanya kontribusi salak. Salak diketahui mengandung gula sederhana yang dapat meningkatkan karbohidrat total (Siregar et al.,2024).

Karakteristik Fisik Formula Optimal

Analisis Tekstur dilakukan menggunakan *Texture Profile Analyzer* (TPA)

Tabel 6. Karakteristik Food Bar

Parameter	Food Bar Optimal
<i>Cohesiveness</i>	0.14 ± 0.04
<i>Adhesiveness</i>	1.48 ± 0.39
<i>Chewiness</i>	6.19 ± 0.26
L	37.16 ± 0.54
A	-0.33 ± 0.12
B	6.90 ± 0.42

Data hasil analisis adalah nilai rata-rata dari 3 kali ulangan angka± merupakan standar deviasi

Berdasarkan hasil analisis TPA diketahui bahwa nilai *cohesiveness food bar* formula optimal adalah 0,14 ± 0,04. Nilai yang rendah ini menunjukkan bahwa produk memiliki struktur yang kurang kompak atau produk mudah hancur (Rosenthal et al., 2021). Hal ini disebabkan karena adanya penggunaan tepung bayam hijau dengan kandungan serat yang akan mempengaruhi

struktur menjadi lebih keras dan mudah rapuh (Ariyanti, Dwiyaniti, & Prasetyo, 2022b). Faktor lainnya, yang juga mempengaruhi nilai *cohesiveness* pada *food bar* adalah kadar air. Kadar air yang relatif rendah pada *food bar* formula optimal juga menyebabkan struktur produk menjadi mudah rapuh dan kurang kompak (Barakat et al., 2023).

Nilai *adhesiveness food bar* formula optimal diketahui sebesar $1,48 \pm 0,39$. Hal ini menunjukkan bahwa produk memiliki tingkat kelengketan yang relatif sedang. Tingkat *adhesiveness* yang tidak terlalu tinggi disebabkan karena adanya penambahan lemak seperti margarin. Adanya lemak dapat mengganggu interaksi antar komponen penyusun matriks seperti pati dan protein sehingga menyebabkan terjadinya penurunan *cohesiveness* serta juga menyebabkan penurunan nilai *adhesiveness* sehingga produk menjadi tidak terlalu lengket (Sözeri et al., 2024).

Parameter lainnya yang dianalisis adalah *chewiness*, pada *food bar* formula optimal diketahui nilai *chewiness* sebesar $6,19 \pm 0,26$. Nilai ini menunjukkan bahwa produk memerlukan energi yang cukup untuk dikunyah hingga tertelan, Hal ini dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun, adanya tepung tempe sebagai sumber protein utama dan penambahan telur serta susu skim berkontribusi dalam membentuk dan memberikan struktur saat berinteraksi dengan pati. Interaksi ini meningkatkan kerapatan struktur sehingga produk membutuhkan energi saat proses mengunyah dan nilai *chewiness* yang relatif sedang (Suresh et al., 2025).

Analisis fisik juga dijelaskan berdasarkan parameter warna yang diuji menggunakan *color reader*. Parameter warna yang ada pada *color reader* terbagi menjadi

L, a^* , dan b. Hasil analisis warna *food bar* optimal menunjukkan nilai L (kecerahan) sebesar 37,16 dimana dapat dikatakan bahwa produk cenderung berwarna gelap, warna gelap ini dipengaruhi oleh kontribusi warna alami bahan baku yang digunakan pada formulasi. Data juga menyebutkan bahwa nilai a^* sebesar -0,33 yang menunjukkan bahwa produk cenderung berwarna kehijauan yang diakibatkan oleh adanya penambahan tepung bayam hijau sebanyak 20%. Nilai b^* kemudian diketahui sebesar 6,90 yang menunjukkan bahwa produk cenderung berwarna kuning. Produk akhir secara visual tampak terlihat berwarna coklat kehijauan. Adanya penambahan tepung ubi ungu yang mengandung pigmen antosianin berkontribusi dalam penurunan kecerahan produk (Safira, Yanti, Manikharda, & Triwitono, 2024). Selama proses pemanggangan, antosianin yang sensitif terhadap panas dapat mengalami degradasi dari bentuk aglikon menjadi kalkon dan menjadi senyawa keton. Perubahan ini menyebabkan adanya perubahan warna menjadi lebih kecoklatan (Budyghifari, Laga, K. Sukendar, & Muhipdah, 2022). Faktor lainnya yang mempengaruhi, menurut (Ma'rifah et al., 2023) semakin banyak penambahan bayam hijau maka cookies yang dihasilkan warnanya semakin hijau tua, maka semakin banyak penambahan bayam hijau maka akan menyebabkan penurunan kecerahan produk. Hal ini juga dikaitkan

dengan adanya pigmen alami pada bayam seperti klorofil (Waseem et al., 2021). Warna gelap pada produk tidak hanya dipengaruhi oleh warna alami bahan baku, tetapi juga akibat adanya proses pemanggangan. Suhu pemanggangan dapat mempengaruhi terjadinya reaksi mailard yang juga berkontribusi terhadap pembentukan warna cokelat dan gelap (Joanne Japira et al., 2025).

KESIMPULAN

Hasil optimasi menggunakan *Mixture Design D-Optimal* menghasilkan formulasi optimal *food bar* dengan komposisi 34,33% tepung ubi ungu, 37,21% tepung tempe, 18,46% tepung bayam hijau, dan 10% salak kering. Produk memiliki karakteristik kimia berupa kadar karbohidrat 34,00%, protein 22,76%, lemak 23,88%, abu 3,55% air 15,81%, zat besi 5,21 mg/100 g, aktivitas antioksidan 423,61 ppm dan energi 364,88 kkal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh bahan berpengaruh nyata terhadap sifat kimia dan fisik produk. Disarankan dilakukan penelitian lanjutan terkait uji kesukaan atau hedonik, penambahan bahan pengikat untuk memperbaiki tekstur, serta pengulangan percobaan guna mendapatkan nilai standar deviasi pada metode RSM.

DAFTAR PUSTAKA

Afkar, M., Nisah, K., & Sa'diah, H. (2020). Analisis Kadar Protein Pada

Tepung Jagung. *Jurnal AMINA*, 1(3), 108–113.

Anggraeni, Dona, F. (2025). Karakteristik sifat fisikokimia tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) berdasarkan varietas dan metode pengolahan. *Skripsi*. Universitas Brawijaya : Malang.

Akram, S., Ahmed, A., Afzaal, M., Saeed, F., Ikram, A., Asghar, A. Teferi Asres, D. (2023). Supplementation of chickpea flour and spinach leaves powder in Nutri bars to overcome iron deficiency in young females. *International Journal of Food Properties*, 26(2), 3390–3406.

Alyaa, N., Saini, S., Kormin, F., Alyani, N., Abidin, Z., & Akhma, N. (2021). Development Of High Iron And High Energy Snack Bar: Nutritional Content Analysis And Sensory Evaluation. *Enhanced Knowledge in Sciences and Technology*.1(2) : 201–207.
<https://doi.org/10.30880/ekst.2021.01.02.024>

Ameliana, F. (2023). Analisis Aktivitas Antioksidan Dan Kadar Serat Pangan Pada Snack Bar Substitusi Tepung Kacang Merah Dan Pedada Sebagai Alternatif Snack Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. Universitas Brawijaya : Malang.

Arifanti, A. P., Damat, D., & Siskawardani, D. D. (2024). Karakteristik Fisikokimia Snack Bar Berbasis Tepung Ubi Jalar Ungu dan Tepung Kacang Merah. *Food Technology and Halal Science Journal*, 7(2), 213–226.

Ariyanti, A. I., Dwiyantri, H., & Prasetyo, T. J. (2022). Formulation of Food Bar Based on Banana, Oat, and Spinach

- Flour as a Source Fiber Snack for DASH Diet (Dietary Approaches to Stop Hypertension). *Journal of Global Nutrition*. 1(2) : 119 -131.
- Assalam, S., & Alviani Sutisna, R. (2022). Optimasi Formula Minuman Rempah Serbuk Instan Menggunakan Design Expert Metode Mixture D-Optimal. In *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. 9(1) : 25-31.
- Ameliana, F. (2023). *Analisis Aktivitas Antioksidan Dan Kadar Serat Pangan Pada Snack Bar Substitusi Tepung Kacang Merah Dan Pedada Sebagai Alternatif Snack Penderita Diabetes Melitus TIPE 2*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Barakat, H., & Alfheaid, H. A. (2023). Date Palm Fruit (*Phoenix dactylifera*) and Its Promising Potential in Developing Functional Energy Bars: Review of Chemical, Nutritional, Functional, and Sensory Attributes. *Nutrients*, Vol. 15. MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu15092134>
- Bellissent-Funel, M. C., Hassanali, A., Havenith, M., Henchman, R., Pohl, P., Sterpone, F., Garcia, A. E. (2016). Water Determines the Structure and Dynamics of Proteins. *Chemical Reviews*, Vol. 116, pp. 7673–7697. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00664>
- Bilqis, S. S., Ilmi, I. M. B., Syah, M. N. H., & Nasrullah, N. (2022). Substitusi Tepung Tempe Sebagai Sumber Zat Besi Terhadap Karakteristik Organoleptik Sosis Ikan Teri. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 6(1), 65–79.
- <https://doi.org/10.26877/jiphp.v6i1.12473>
- Budyghifari, L., Laga, A., K. Sukendar, N., & Muhipdah. (2022). Efektivitas Lama dan Metode Blansir terhadap Kadar Antosianin dan Aktivitas Antioksidan Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 8(2), 105–112. <https://doi.org/10.29244/jmpi.2021.8.2.105>
- Cornellia Zesita Devy, B., Priyono, S., Hadari Nawawi, J. H. (2023). Food Bar Formulation Based on Local Soy Tempe Flour and Kepok Banana Flour. *Jurnal Agritech*, 16(2), 98–107. <http://agritech.unhas.ac.id/ojs/index.php/at>
- Crisan, R., Rafiony, A., Purba, J., & Mulyanita. (2022). Daya Terima dan Kandungan Gizi Snack Bar Tepung Tempe dan Tepung Pisang Ambon. *Pontianak Nutrition Journal*. 5(1) : 191–200.
- Fajri, R., & Rahadian Aji Muhammad, D. (2013). Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Food Bars Labu Kuning (*Cucurbita Máxima*) Dengan Penambahan Tepung Kedelai Dan Tepung Kacang Hijau Sebagai Alternatif Produk Pangan Darurat. In *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 6(2) : 103-110.
- Feng, Y., Jin, C., Lv, S., Zhang, H., Ren, F., & Wang, J. (2023). Molecular Mechanisms and Applications of Polyphenol-Protein Complexes with Antioxidant Properties: A Review. *Antioxidants*, Vol. 12. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

- <https://doi.org/10.3390/antiox12081577>
- Fitri, I., Hotmauli, Nurmaliza, Iballa, B. D. M., & Herlina, S. (2023). Macro and Micronutrients of Purple Sweet Potato Flour as Material Raw Complementary Feeding. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. 30(1) : 44–49. <https://doi.org/10.37934/araset.31.1.4449>
- Gozali, T., Nurminabari, I. S., Ikrawan, Y., & Zifani, S. (2022). Karakteristik Produk Foodbar Berbasis Tepung Jagung Nikstamal (Zea Mays. L.) Dan Tepung Kacang Merah (Phaseolus Vulgaris Sp.) Dengan Lama Pemanggangan Yang Berbeda. In *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. 9(2) : 62-67.
- Hastuti, A. R., Afifah, D. N., & Sudiarti, T. (2022). Analysis of Antioxidant Activities, Nutrient Content Analysis, and Organoleptic of Sesame Seed and Pumpkin Flour Snack Bar as an Alternative Snack with High Antioxidant. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Gizi*, 21(2), 144–155.
- Mangumbas, E. P., Tuju, T. D. J., & Sumual, M. F. (2021). Pengaruh Lama Perendaman Buah Salak (Salacca edulis Reinw) Dalam Larutan Kapur Sirih Terhadap Sifat Sensoris Manisan Kering. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 12(1) : 38–43.
- Im, Y. R., Kim, I., & Lee, J. (2021). Phenolic composition and antioxidant activity of purple sweet potato (Ipomoea batatas (L.) lam.): Varietal comparisons and physical distribution. *Antioxidants*, 10(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/antiox10030462>
- Ismail, N. A., & Abu Bakar, M. F. (2018). Salak—Salacca zalacca. In *Exotic Fruits Reference Guide* (pp. 383–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00051-4>
- Joanne Japira, J., Dian Puspitasari Prabowo, I., Man Lie, T., Studi Seni Kuliner, P., & Sages, A. (2025). Pengaruh Suhu Pemanggangan Terhadap Karakteristik Sensorik Cookies Gluten-Free Berbahan Tepung Singkong. *The Sages Journal*. 4(1) : 23-29. <https://jurnalsages.ac.id/index.php/sages>
- Kassa, M. G., & Teferi, D. A. (2025). Impact of ripening stages and drying techniques on the physicochemical and sensory attributes of apple mango chips. *Journal of Food Science*, 90(1) : 1-18. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17585>
- Lo, D., Romulo, A., Lin, J. Y., Wang, Y. T., Wijaya, C. H., & Wu, M. C. (2022). Effect of different fermentation conditions on antioxidant capacity and isoflavones content of soy tempeh. *AIMS Agriculture and Food*, 7(3), 567–579. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2022035>
- Ma'rifah, B., Deana, L., Suci, E., Muhlishoh, A. (2023). Cookies Substitusi Puree Bayam Hijau Dan Tepung Kacang Hijau Sebagai Camilan Tinggi Protein Dan Zat Besi Untuk Remaja

- Putri Anemia. In *Anemia*. 30(2) : 177 – 189.
- Noradina. (2025). *Anemia*. PT Nuansa Fajar Cemerlang : Jakarta.
- Panjaitan, R., Irwanto, R., Manurung, J., Cholilluloh, A. B., & Pane, Y. (2022). Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Food Bars Tepung Jahe dan Tempe. *Ghidza: Jurnal Gizi Dan Kesehatan*. 6(1) : 56–63. <https://doi.org/10.22487/ghidza.v6i1.365>
- Pratiwi, A. (2017). Studied Of Water, Ash, Protein, And Lead (Pb) Content In Vegetables From Sunter Market, North Jakarta As Source Of Food Supplement. In *Indonesia Natural Research Pharmaceutical Journal* 2(2) : 67-78
- Ratnayani, R., Iwansyah, A. C., Khasanah, T. A., Ariani, D., Herawati, E. R. N., & Adriansyah, R. C. E. (2025). Nutritional profile and potential of tempeh flour and date seed flour as mixed complementary foods for chronic malnourished children. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 10(2), 290. <https://doi.org/10.30867/action.v10i2.2381>
- Rosenthal, A. J., & Thompson, P. (2021). What is cohesiveness?—A linguistic exploration of the food texture testing literature. *Journal of Texture Studies*, 52(3), 294–302. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12586>
- Sadowska-Bartosz, I., & Bartosz, G. (2024, November 1). Antioxidant Activity of Anthocyanins and Anthocyanidins: A Critical Review. *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 25. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms252212001>
- Safira, T., Yanti, R., Manikharda, & Triwitono. (2024). Effect of The Ratio of Purple Sweet Potato Flour and Rice Crust Flour on The Physical, Chemical, and Sensory Properties of High Fiber Snack Bar. *Indonesian Food and Nutrition*, 21(1), 42–50.
- Santoso, P., Udayani, N. N. W., Putra, I. M. A. S., & Dewi, N. K. L. A. (2021). Informasi Obat Penyakit Degeneratif dan Alternatif Terapinya. *COMSERVA: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(4), 147–152
- Satifa, T. Dela, & Bahar, A. (2023). Substitution of Tempeh and Addition of Dates in The Manufacture of Snack Bar as High Protein and Iron Snack. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 4(3), 27–31. <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v4i3.157>
- Siregar, N. S., Julianti, E., Silalahi, J., & Sinaga, H. (2024). Chemical and sensory evaluations of energy bar made from purple sweet potatoes and tapioca flour with the addition of Sidempuan salak (*Salacca sumatrana* (Becc.)) fruit. *Food Research*, 8(3), 1–6. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.8\(3\).109](https://doi.org/10.26656/fr.2017.8(3).109)
- Sözeri Atik, D., Palabiyik, I., Tirpanci Sivri, G., Uzun, S., Koç, Y., & Çalışır, K. (2024). Improving Cleaning Efficiency through the Measurement of Food Fouling Adhesive Strength. *ACS Omega*, 9(20), 22156–22165. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00576>

- Suresh, M., & Hemalatha, M. S. (2025). Effect of High Protein Formulation on Rheological, Sensory and Microstructure of Cookies. *Journal of Food Engineering and Technology*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.32732/jfet.2025.14.1.1>
- Susanto, A., Kartika, K., Fertiasari, R., & Sari, D. (2023). FOOD BAR BERBASIS TEPUNG PISANG DAN MOCAP SEBAGAI EMERGENCY FOOD. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 1(2), 24–31. <https://doi.org/10.58184/jfsa.v1i2.65>
- Syarfaini, Fais Satrianegara, M., & Alam, S. (2017). ANALISIS KANDUNGAN ZAT GIZI BISKUIT UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L. Poiret) SEBAGAI ALTERNATIF PERBAIKAN GIZI DI MASYARAKAT. *Public Health Science Journal*, 9(2), 138–152.
- Talitha, Z. A., Wahyuningtyas, A., Putri, A. N., & Artikel, G. (2025). Karakteristik Kimia Snack Bar Anggur Laut dan Edamame dengan Variasi Tepung Tempe dan Mocaf. *Jurnal Teknologi Dan Mutu Pangan*, 4(1), 32–44. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v4i1.5171>
- Wang, Z., Zhang, Y., Tu, Z., Yu, C., Liu, R., Deng, Z., & Luo, T. (2024). The degradation and antioxidant capacity of anthocyanins from eggplant peels in the context of complex food system under thermal processing. *Food Bioscience*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103914>
- Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M. F., Mirani, A. A., Ali, Z., Ismail, T., ... Karrar, E. (2021). Nutritional characterization and food value addition properties of dehydrated spinach powder. *Food Science and Nutrition*, 9(2), 1213–1221. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2110>
- Wijrozun Nabila Fajriyati, & Dian Ayu Ainun Nafies. (2024). Analisis Kandungan Zat Besi, Protein dan Mutu Organoleptik Cookies Substitusi Tepung Ikan Manyung dan Tepung Bayam Hijau sebagai Selingan Remaja Anemia. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(6), 588–597. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i6.4165>
- Zaddana, C., Nurmala, S., & Oktaviyanti, T. (2021). Snack Bar Berbahan Dasar Ubi Ungu dan Kacang Merah sebagai Alternatif Selingan untuk Penderita Diabetes Mellitus Snack Bar Based on Purple Sweet Potato and Red Bean as an Alternative Snack for Diabetes Mellitus. *Amerta Nutr*, 260–275. <https://doi.org/10.20473/amnt.v5i3.2021>