

Optimasi bubuk bunga telang, enzim transglutaminase, dan *bread improver* untuk meningkatkan fungsionalitas dan kualitas roti manis

[Optimizing the butterfly pea powder, transglutaminase enzyme, and bread improver to improve the functionality and quality of sweet bread]

Endah Wulandari^{1*}, Safri Ishmayana², Muhammad Fadhilillah², Herlina Marta¹, dan Nurisa Fadillah Isnaeni²

¹ Departemen Teknologi Industri Pangan, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jln. Raya Bandung-Sumedang km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363

² Departemen Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jln. Raya Bandung-Sumedang km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363

* Email korespondensi : endah.wulandari@unpad.ac.id

Diterima : 16 November 2021, Disetujui : 7 Agustus 2022, DOI: 10.23960/jthp.v27i2.108-117

ABSTRACT

Sweet bread with moderate functional properties can be enhanced with tertiary function by adding butterfly pea flower, a natural ingredient rich in antioxidants, natural blue in color derived from anthocyanins. In addition, bread volume enhancers, such as transglutaminase enzymes and bread improvers are also needed to improve the quality of bread. The purpose of this study was to determine the optimum formulation of butterfly pea flower sweet bread using Response Surface Method (RSM)-Central Composite Design (CCD) with butterfly pea flower powder (2-6%), transglutaminase enzyme (0.027-0.083 U/g protein), and breeding agent (3-9 U/g flour) as an independent variable and produces a response in the form of specific volume and antioxidant activity. The optimum formula was obtained with a combination of 4.71% butterfly pea flower powder formula, transglutaminase enzyme 0.055 U/g flour protein, and 5.23 U/g flour bread improver which resulted in a specific volume of 3.15 ± 0.05 cm³/g and activity antioxidant amounted to $388.372 \pm 13.11\%$. The characteristics of the optimum bread had firmness values of 629.77 ± 39.23 g.f, springiness $42.14 \pm 0.87\%$, sweet bread crumbs were dark blue, but the butterfly pea flower sweet bread's quality was not as well accepted as the control sweet bread with the exception of how the bread feels when bitten.

Keywords: Bread improver, butterfly pea flower, response surface method, sweet bread, Transglutaminase enzyme

ABSTRAK

Roti manis dengan sifat fungsional sedang dapat ditingkatkan fungsi tersiernya dengan penambahan bunga telang, bahan alami kaya antioksidan, berwarna biru natural yang berasal dari antosianin. Selain itu bahan peningkat volume roti, seperti enzim transglutaminase dan *bread improver* juga diperlukan untuk meningkatkan kualitas roti. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan formulasi optimum roti manis bunga telang menggunakan Response Surface Method (RSM)-Central Composite Design (CCD) dengan bubuk bunga telang (2-6%), enzim transglutaminase (0,027-0,083 U/g protein), dan bahan pengembang roti (3-9 U/g tepung) sebagai variabel bebas, serta menghasilkan respon berupa volume spesifik dan aktivitas antioksidan. Formula optimum didapatkan dengan kombinasi formula bubuk bunga telang 4,71%, enzim transglutaminase 0,055 U/g protein tepung, dan *bread improver* 5,23 U/g tepung yang menghasilkan volume spesifik sebesar $3,15 \pm 0,05$ cm³/g dan aktivitas antioksidan sebesar $388,372 \pm 13,11\%$. Karakteristik roti optimum memiliki nilai firmness $629,77 \pm 39,23$ g.f, springiness $42,14 \pm 0,87\%$, *crumb* roti manis berwarna biru tua, namun penerimaan mutu roti manis bunga telang belum sama dengan roti manis kontrol kecuali tekstur roti saat digigit.

Kata kunci: *Bread improver*, bunga telang, response surface method, roti manis, enzim transglutaminase

Pendahuluan

Roti merupakan salah satu makanan sumber karbohidrat yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan data konsumsi makanan dan minuman jadi, rata-rata konsumsi per kapita roti, khususnya roti manis, mengalami kenaikan signifikan yaitu dari 257.92 kg pada tahun 2014 menjadi 602.72 kg pada tahun 2019 (BPS, 2020). Roti sebagai produk pangan pada dasarnya memiliki dua fungsi dasar,

yaitu fungsi primer pangan dilihat dari aspek nutrisi roti merupakan sumber karbohidrat bagi manusia, serta fungsi sekunder pangan dilihat dari sifat sensoris yaitu roti dapat memenuhi kebutuhan sensori manusia, berupa rasa yang enak dan kenampakan yang baik. Saat ini berkembang kajian dan penelitian mengenai fungsi tersier roti yaitu fungsi yang mengarah pada aspek fisiologis pengaruh positif bagi kesehatan tubuh dengan menambahkan bahan tertentu, salah satunya adalah dengan menambahkan bahan kaya antioksidan (Chusak et al., 2018). Antioksidan menangkal radikal bebas yang secara umum timbul akibat berbagai proses biokimiawi dalam tubuh (Rahmadi & Bohari, 2018). Contoh bahan alami kaya antioksidan adalah bunga telang dengan nama ilmiah *Clitoria ternatea* yang memiliki warna biru natural dari antosianin (Kazuma et al., 2003; Purwanto et al., 2022). Keberadaan antosianin dan metabolit sekunder lain yang banyak ditemukan di *C. ternatea* membuat tanaman tersebut ideal digunakan sebagai bahan tambahan pangan alami yang dapat meningkatkan kualitas kenampakan dan nutrisi produk pangan (Pasukamonset et al., 2018).

Chusak et al. (2018) meneliti pengaruh penambahan ekstrak bunga telang 5%, 10%, dan 20% pada roti gandum, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan ekstrak bunga telang ke dalam roti gandum (w/w) maka kandungan antioksidan roti meningkat, namun menyebabkan volume dan jumlah kantong udara menurun. Interaksi antara polifenol dari ekstrak bunga telang dan protein gluten di roti gandum berhubungan dengan penurunan ikatan silang protein, sehingga menyebabkan penurunan volume roti (Huang et al, 2016). Penurunan volume dapat menurunkan kualitas penerimaan roti, sehingga dibutuhkan solusi untuk memperbaiki masalah tersebut. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya penurunan volume adalah dengan menambahkan enzim, di antaranya adalah enzim α -amilase dan transglutaminase (TGase) (Dahiya et al., 2020).

Enzim α -amilase dapat meningkatkan produksi gas hasil fermentasi dan membantu meningkatkan retensi gas dalam adonan sehingga menyebabkan peningkatan volume roti (Tebben, Shen, & Li, 2018). Enzim TGase dapat mengakibatkan *cross-linking* antara gluten dan peptida lain sehingga menciptakan jaringan protein baru yang mengakibatkan peningkatan volume, retensi gas, kekuatan dan ketinggian *crumb*, serta stabilitas adonan (Ogilvie et al., 2021). Umumnya penelitian bunga telang mengkaji keutamaan kandungan antioksidan (Kazuma et al., 2003; Pasukamonset et al., 2018; Purwanto et al., 2022) dan pada pembuatan roti belum dikombinasikan dengan penambahan enzim dan *bread improver* (Chusak et al. (2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi formula roti dengan penambahan bunga telang, enzim transglutaminase, dan *bread improver* untuk menghasilkan roti dengan aktivitas antioksidan dan volume spesifik yang optimal menggunakan *Response Surface Method-Central Composite Design* (RSM-CCD).

Bahan dan metode

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah *bread improver*® Bakerin plus, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DDPH), enzim transglutaminase (Taixing Dongseng *Food Science & Technology*), gula pasir, margarin putih, ragi roti® Fermipan, susu skim bubuk, bubuk bunga telang, dan tepung terigu. Alat yang digunakan adalah *centrifuge*, *mixer*, oven merek *Kris*, peralatan gelas umum, *software* MINITAB 19, spektrofotometer CM-5 Konica Minolta, spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S, TA.XT *express texture analyzer*, dan timbangan analitik Mettler Toledo AL-204.

Optimasi formula roti manis

Rancangan diawali dengan menentukan variabel bebas dan rentangnya. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu enzim transglutaminase (0,027 – 0,083 U/g protein), *bread improver* (3 – 9 U/g tepung), dan bubuk bunga telang (2 – 6%). Berdasarkan rentang batas atas dan batas bawah dari masing-masing variabel, kemudian dilakukan analisis menggunakan RSM-CCD yang menghasilkan 20 variasi formula.

Setiap variasi formula dilakukan analisis terhadap respon volume spesifik roti (cm^3/g) dan aktivitas antioksidan (% inhibisi). Hasil formula RSM-CCD kemudian dicampurkan dengan variabel tetap yaitu tepung terigu (300 gram), garam (5,6 gram), gula (70 gram), ragi (3,4 gram), susu skim (11,3 gram), mentega putih (11,3 gram), dan air (170 gram) untuk membuat roti manis (Ginting, 2019). Data-data respon dari hasil percobaan dianalisis dan dilihat faktor variabel bebas yang berpengaruh secara signifikan terhadap respon tersebut. Untuk menganalisis model yang paling sesuai dengan kondisi respon digunakan *Software design expert 10.0* produksi stat-ease, Minneapolis Minnesota US.

Pengukuran volume spesifik

Pengukuran volume spesifik roti dilakukan dengan modifikasi metode "*rapeseeds displacement*" (AACC 10-05.1, 1998). Modifikasi dilakukan pada penggantian rapeseed dengan biji wijen (Sandri et al., 2020). Pengukuran volume dengan metode ini, yaitu volume roti dihitung melalui selisih volume loyang kosong dengan volume loyang berisi roti. Volume spesifik (ml/g) merupakan volume roti (ml) dibagi dengan massa roti (gr).

Uji aktivitas antioksidan

Penentuan uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH yang telah dimodifikasi (Jayanthi & Lalitha, 2011). Perbandingan larutan DPPH (0,3 mM) dan larutan sampel adalah 1:3. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV Vis dengan panjang gelombang 517 nm.

Uji tekstur

Tekstur roti manis dianalisis dengan metode *Texture Profile Analysis* (TPA) menggunakan alat *Texture Analyzer* TXT 32 (AACC 74-09.01, 1998; Momchilova & Zsivanovits, 2016). Sampel *crumb* roti (tebal 25 mm) ditekan dengan probe silinder tipe P/36 R sebanyak dua kali. Kecepatan probe (*deformation speed*) diatur 1,7 mm/s dan sampel ditekan sampai 40% tinggi awalnya (*relative deformation*).

Uji warna

Warna roti diukur menggunakan skala CIE^*a^*b yang diatur oleh CIE (*Commision Internationale de l'Eclairage*) menggunakan alat spektrofotometer CM-5 dengan ketebalan roti 25 mm (Zhai et al., 2018). Adonan diukur warnanya menggunakan *media tube* dikarenakan strukturnya cenderung cair.

Uji mutu hedonik

Uji mutu hedonik dilakukan dengan metode (Setyaningsih et al., 2010) di laboratorium sensori Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran. Parameter mutu terdiri dari keseragaman pori, warna, aroma khas roti, tekstur saat ditekan, dan tekstur saat digigit. Rentang skala nilai adalah 1 - 6, dengan nilai 1 berarti memiliki mutu terbaik dan nilai 6 memiliki mutu terburuk.

Hasil dan pembahasan

Hasil respon rancangan percobaan

Rancangan formulasi komposisi roti manis dilakukan menggunakan aplikasi Minitab 19. Seluruh variabel bebas dimasukkan ke dalam rancangan sesuai dengan rentang konsentrasi masing-masing sehingga diperoleh 20 rancangan percobaan dan hasil respon pada Tabel 1. Nilai volume spesifik tertinggi terdapat pada rancangan nomor 5 yaitu sebesar $4,50 \text{ cm}^3/\text{g}$ dan aktivitas antioksidan tertinggi diperoleh oleh rancangan nomor 10 yaitu dengan persen inhibisi sebesar 728,972%. Bubuk bunga telang ditambahkan guna meningkatkan kandungan antioksidan pada roti (Pasukamonset et al., 2018). Enzim TGase dan *bread improver* ditambahkan untuk meningkatkan volume spesifik karena enzim TGase mengkatalis *cross-linking* antara gluten dan peptida lain sehingga menciptakan jaringan protein baru, serta enzim α -amilase dalam *bread improver* dapat meningkatkan produksi gas hasil fermentasi dengan

mengkatalis pemecahan pati menjadi gula sederhana (Ogilvie et al., 2021; Tebben et al., 2018). Data-data respon dari hasil percobaan dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Analisis juga dilakukan terhadap kedua hasil respon untuk mendapatkan *contour plot* antara variabel dengan respon.

Tabel 1. Hasil respon rancangan percobaan

Order	Variabel Bebas			Respon	
	Bunga Telang (%)	Enzim TGase (U/g protein)	<i>Bread Improver</i> (U/g tepung)	Volume Spesifik (cm ³ /g)	Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)
1	2	0,027	3	3,69	350,163
2	6	0,027	3	2,39	598,718
3	2	0,083	3	3,77	244,872
4	6	0,083	3	2,94	499,332
5	2	0,027	9	4,50	169,559
6	6	0,027	9	2,78	480,641
7	2	0,083	9	3,33	231,642
8	6	0,083	9	2,31	497,997
9	0,64	0,055	6	4,09	142,692
10	7,36	0,055	6	2,40	728,972
11	4	0,0079	6	3,12	396,529
12	4	0,102	6	3,34	427,236
13	4	0,055	0,95	3,33	361,516
14	4	0,055	11,05	2,56	405,874
15	4	0,055	6	3,56	341,789
16	4	0,055	6	4,03	335,113
17	4	0,055	6	3,75	405,874
18	4	0,055	6	4,10	433,333
19	4	0,055	6	3,89	418,367
20	4	0,055	6	3,93	415,309

Keterangan: jumlah bunga telang yang ditambahkan dihitung berdasarkan persentase bubuk bunga telang terhadap jumlah air yang digunakan

Pengaruh variabel terhadap respon volume spesifik

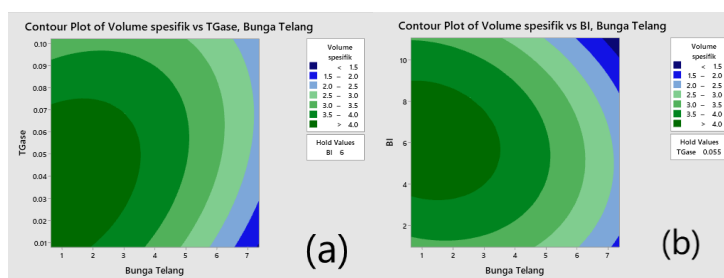
Pengaruh masing-masing variabel bebas terhadap respon volume spesifik dianalisis menggunakan ANOVA yang disajikan pada Tabel 2. Hasil ANOVA menunjukkan konsentrasi bunga telang (nilai $p = 0,00$) berpengaruh signifikan terhadap volume spesifik dikarenakan memiliki nilai $p < 0,05$, sedangkan konsentrasi enzim TGase (nilai $p = 0,513$) dan *bread improver* (nilai $p = 0,225$) tidak berpengaruh signifikan terhadap volume spesifik karena memiliki nilai $p > 0,05$. Berdasarkan hasil ANOVA juga dapat diketahui nilai p uji *lack of fit* terhadap model adalah 0,218 yaitu lebih besar dari derajat signifikansi (0,05) sehingga H_0 dapat diterima atau model regresi yang terbentuk sesuai (tidak ada *lack of fit*). Nilai koefisien determinasi (R^2) hasil ANOVA adalah 0,9261. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model persamaan kuadrat variabel bebas (X) berpengaruh terhadap data respon (Y) sebesar 92,61% dan 7,39% dipengaruhi oleh faktor-faktor pendukung lain. Nilai koefisien determinasi yang semakin mendekati angka 1 maka semakin akurat model persamaan tersebut (Farihah, 2016)

Hasil ANOVA juga disajikan dalam media contour plot (Gambar 1). Berdasarkan contour plot, semakin banyak bunga telang yang ditambahkan maka semakin kecil volume spesifik yang dihasilkan. Volume spesifik roti manis terlihat mulai menurun ketika terjadi penambahan bunga telang lebih dari kisaran 3%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Chusak et al. (2018) yang menyatakan bahwa volume spesifik roti gandum akan semakin menurun apabila ekstrak bunga telang yang ditambahkan semakin banyak. Penurunan volume spesifik disebabkan oleh reaksi bertolakbelakang antara antioksidan dari bunga telang dan reaksi oksidasi saat pembentukan ikatan disulfida dalam proses pembentukan gluten, sehingga kekuatan adonan untuk menahan udara berkurang saat fermentasi sehingga volume menurun (Huang et al., 2016)

Tabel 2. Hasil ANOVA terhadap volume spesifik

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	7,47392	0,83044	13,92	0,000
Linear	3	4,48269	1,49423	25,04	0,000
Bunga Telang	1	4,35547	4,35547	73,00	0,000
TGase	1	0,02744	0,02744	0,46	0,513
BI	1	0,09978	0,09978	1,67	0,225
Square	3	2,12763	0,70921	11,89	0,001
Bunga Telang*Bunga Telang	1	0,57115	0,57115	9,57	0,011
TGase*TGase	1	0,60382	0,60382	10,12	0,010
BI*BI	1	1,34127	1,34127	22,48	0,001
2-Way Interaction	3	0,86360	0,28787	4,82	0,025
Bunga Telang*TGase	1	0,17132	0,17132	2,87	0,121
Bunga Telang*BI	1	0,04580	0,04580	0,77	0,402
TGase*BI	1	0,64648	0,64648	10,84	0,008
Error	10	0,59663	0,05966		
Lack-of-Fit	5	0,40381	0,08076	2,09	0,218
Pure Error	5	0,19282	0,03856		
Total	19	8,07056			

Keterangan: p-value > 0,05 (tidak signifikan); H_0 lack of fit: p-value > 0,05 (tidak ada lack of fit); H_1 lack of fit: p-value < 0,05 (ada lack of fit)



Gambar 1. (a) *Contour Plot* transglutaminase dan bunga telang terhadap volume spesifik; (b) *Contour Plot bread improver* dan bunga telang terhadap volume spesifik

Pengaruh variabel bebas terhadap aktivitas antioksidan

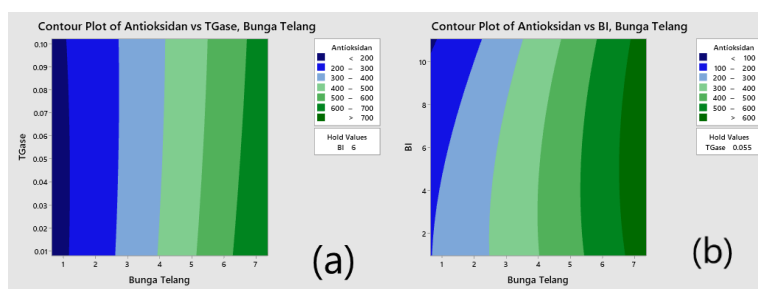
Hasil ANOVA (Tabel 3) menunjukkan bahwa konsentrasi bunga telang (nilai $p = 0,00$) berpengaruh signifikan terhadap aktivitas antioksidan dikarenakan memiliki nilai $p < 0,05$, sedangkan konsentrasi enzim TGase (nilai $p = 0,714$) dan *bread improver* (nilai $p = 0,249$) tidak berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan. Nilai p uji *lack of fit* terhadap model adalah 0,213 yaitu lebih besar dari derajat signifikansi (0,05) yang berarti model regresi tidak ada *lack of fit*. Nilai koefisien determinasi (R^2) hasil ANOVA adalah 0,9221. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model persamaan kuadrat variabel bebas (X) berpengaruh terhadap data respon (Y) sebesar 92,24% dan 7,76% dipengaruhi oleh faktor-faktor pendukung lain.

Berdasarkan contour plot pada Gambar 2, aktivitas antioksidan roti manis semakin meningkat seiring dengan bertambahnya bunga telang yang dimasukkan ke dalam adonan. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Pasukamonset et al. (2018) yang menyatakan bahwa bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak bunga telang yang digunakan dalam pembuatan kue spons, maka semakin tinggi aktivitas antioksidan pada kue. Bunga telang mengandung senyawa aktif flavonoid dan antosianin yang merupakan antioksidan dalam jumlah tinggi (Lijon, Meghla, Jahedi, Rahman, & Hossain, 2017). Berdasarkan Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa penambahan enzim transglutaminase dan bread improver ke dalam roti tidak memberikan pengaruh terhadap aktivitas antioksidan dalam roti.

Tabel 3. Hasil ANOVA terhadap aktivitas antioksidan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	330969	36774	13,20	0,000
Linear	3	317247	105749	37,97	0,000
Bunga Telang	1	312680	312680	112,28	0,000
TGase	1	397	397	0,14	0,714
BI	1	4170	4170	1,50	0,249
Square	3	2751	917	0,33	0,804
Bunga Telang*Bunga Telang	1	1391	1391	0,50	0,496
TGase*TGase	1	27	27	0,01	0,924
BI*BI	1	1068	1068	0,38	0,550
2-Way Interaction	3	10971	3657	1,31	0,324
Bunga Telang*TGase	1	188	188	0,07	0,800
Bunga Telang*BI	1	692	692	0,25	0,629
TGase*BI	1	10090	10090	3,62	0,086
Error	10	27849	2785		
Lack-of-Fit	5	18953	3791	2,13	0,213
Pure Error	5	8896	1779		
Total	19	358818			

Keterangan: p-value > 0,05 (tidak signifikan); H_0 lack of fit: p-value > 0,05 (tidak ada lack of fit); H_1 lack of fit: p-value < 0,05 (ada lack of fit)



Gambar 2. (a) *Contour Plot* transglutaminase dan bunga telang terhadap aktivitas antioksidan; (b) *Contour Plot* bread improver dan bunga telang terhadap aktivitas antioksidan

Optimasi dan validasi formula

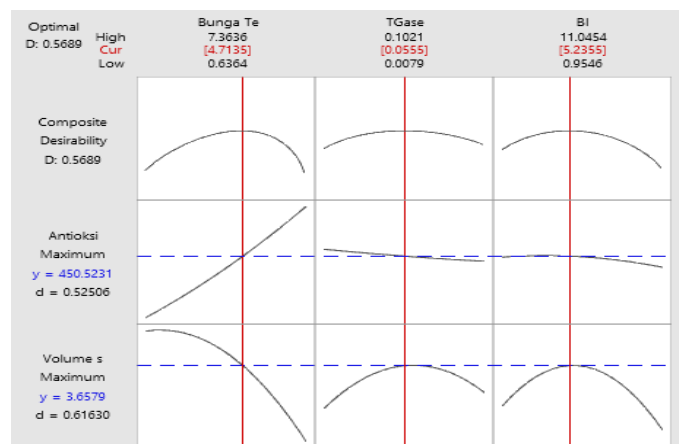
Optimasi formula roti manis dilakukan menggunakan metode RSM. Formula yang dihasilkan merupakan gabungan antara formula optimum antara dua respon, yaitu volume spesifik dan aktivitas antioksidan. Hasil optimasi formula roti manis yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil optimasi formula

Solusi	Bunga Telang (%)	Enzim TGase (U/g protein)	Bread Improver (U/g tepung)	Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)	Volume spesifik (cm ³ /g)	Composite Desirability
1	4,71	0,055	5,23	450,523	3,66	0,569
2	5,12	0,039	5,015	494,926	3,37	0,539
3	3,25	0,100	3,67	301,496	3,58	0,397

Berdasarkan hasil optimasi oleh RSM, didapatkan 3 solusi formula optimum dengan nilai composite desirability tertinggi yaitu pada solusi 1. Solusi 1 memiliki formula roti optimum dengan kandungan bunga telang sebesar 4,71%, enzim transglutaminase sebesar 0,055 U/g protein, dan bread improver sebesar 5,23 U/g tepung. Formula tersebut menghasilkan aktivitas antioksidan prediksi sebesar 450,523% inhibisi dan volume spesifik prediksi sebesar 3,66 cm³/g. Nilai composite desirability formula yaitu sebesar 0,5689. Nilai desirability yang semakin mendekati angka 1, menunjukkan bahwa formulasi optimal tersebut semakin mendekati hasil yang diharapkan. Nilai desirability formula optimum roti manis tidak mendekati angka 1 dikarenakan sifat bunga telang yang menyebabkan hasil respon antioksidan dan volume spesifik bertolak

belakang. Berdasarkan *linear plot* pada Gambar 3, semakin banyak bunga telang yang ditambahkan, maka semakin tinggi kandungan antioksidan dalam roti, namun volume spesifik roti semakin menurun. Maka dari itu, sistem RSM menghasilkan formulasi optimum dengan nilai desirability 0,5689 yang merupakan nilai tengah dari rentang *desirability* (0 - 1).



Gambar 3. Linear Plot Hasil Optimasi

Validasi roti dengan formula optimum dilakukan sebanyak 3 kali terhadap volume spesifik dan aktivitas antioksidan (Tabel 5). Hasil rata-rata validasi formulasi optimum untuk volume spesifik dan aktivitas antioksidan adalah $3,15 \pm 0,05 \text{ cm}^3/\text{g}$ dan $388,372 \pm 13,11\%$. Akurasi suatu model prediksi optimasi untuk memprediksi nilai aktual dapat diukur dengan tingkat reliabilitas dengan nilai reliabilitas > 80% memiliki arti bahwa tes secara konsisten memiliki reliabilitas yang tinggi (Montgomery, 2019). Nilai reliabilitas perbandingan data prediksi dan validasi adalah 86,07% untuk volume spesifik dan 86,29% untuk aktivitas antioksidan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa keakuratan data tinggi karena masing-masing respon memiliki nilai reliabilitas di atas 80%, sehingga dapat disimpulkan bahwa formula bunga telang 4,71%, enzim transglutaminase 0,055 U/g protein, dan *bread improver* 5,23 U/g tepung menghasilkan respon optimum.

Tabel 5. Hasil validasi formula optimum

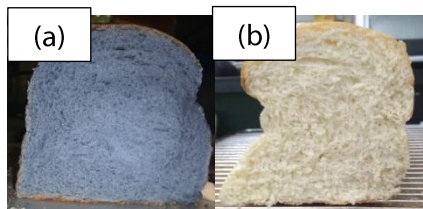
Perlakuan	Respon		Reliabilitas (%)	
	Volume spesifik (cm^3/g)	Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)	Volume spesifik (cm^3/g)	Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)
Prediksi	3,66	450,523		
Validasi	$3,15 \pm 0,05$	$388,372 \pm 13,11$	86,07	86,29

Keterangan: reliabilitas merupakan perbandingan antara hasil validasi dengan prediksi, dikali 100%

Hasil validasi optimum juga dibandingkan dengan roti kontrol untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap respon (Tabel 6). Roti kontrol merupakan roti yang tidak diberi tambahan bubuk bunga telang, enzim transglutaminase, dan *bread improver*. Berdasarkan Tabel 6, roti validasi optimum menghasilkan volume spesifik yang 19% lebih kecil daripada roti kontrol dikarenakan adanya penambahan bubuk bunga telang pada roti. Antioksidan melemahkan ikatan gluten melalui reaksi redoks pada ikatan *cross-linking* disulfida (Girard & Awika, 2020). Gluten yang lemah akan mengurangi penangkapan jumlah gas hasil fermentasi pada adonan sehingga volume roti menurun (Chusak et al., 2018). Roti validasi optimum memiliki aktivitas antioksidan yang 89% lebih besar daripada kontrol karena adanya penambahan bunga telang. Kenaikan tersebut sesuai dengan penelitian Pasukamonset et al. (2018) yang menyatakan bahwa penambahan bunga telang sebanyak 5% dan 10% dapat meningkatkan aktivitas antioksidan kue sebesar 66% dan 120%.

Tabel 6. Hasil perbandingan roti optimum dan roti kontrol

Perlakuan	Variabel Bebas			Respon	
	Bunga Telang (%)	TGase (U/g protein)	BI (U/g tepung)	Volume spesifik (cm ³ /g)	Aktivitas Antioksidan (% inhibisi)
Optimum	4,71	0,055	5,23	3,15 ± 0,05	388,372 ± 13,11
Kontrol	0	0	0	3,89 ± 0,23	42,07 ± 1,71
Selisih				19%	89%



Gambar 4. Kenampakan roti: (a) Roti Optimum dan (b) Roti Kontrol

Tekstur

Tekstur roti diuji dengan *Texture Profile Analyzer*. Semakin besar nilai *firmness* maka roti semakin keras, sedangkan semakin besar nilai *springiness* maka tekstur semakin kenyal (*springy*) (Kowalczewski et al., 2019). *Firmness* roti optimum dan *Springiness* roti optimum menunjukkan nilai *p-value* > 0,05 yang menandakan bahwa roti optimum memiliki tingkat *firmness* dan *springiness* yang sama dengan roti kontrol.

Tabel 7. Hasil tekstur roti

Parameter	Kontrol	Optimum	p-value
<i>Firmness</i> (g.f)	606,80 ± 191,33	629,77 ± 39,23	0,896
<i>Springiness</i> (%)	41,60 ± 2,54	42,14 ± 0,87	0,825

Keterangan: Data hasil pengukuran dianalisis dengan uji T-test kepercayaan 95%.

Warna

Nilai *hue* adonan lebih tinggi daripada nilai *hue* pada *crumb* dan *crust* bawah yang menandakan adonan memiliki warna biru lebih pekat daripada *crumb* dan *crust* bawah. Hal tersebut dikarenakan antosianin yang menghasilkan warna biru terdegradasi. Antosianin sensitif terhadap suhu tinggi, bunga telang pada tempat penyimpanan 60°C mengalami kerusakan glikosil pada struktur antosianin sehingga menyebabkan aglikon kurang stabil (Chu et al., 2016). Nilai *hue* pada bagian *crust* atas menunjukkan warna kuning-kecokelatan, hal tersebut dikarenakan terbentuknya senyawa melanoidin dari reaksi Maillard (Shen, Chen, & Li, 2018).

Tabel 8. Hasil uji warna

Sampel	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	Hue	Keterangan	Gambar
Adonan	44,45	-3,21	-7,25	246,12	Biru tua	
Crumb	32,66	-3,859	-5,218	233,47	Biru tua	
Crust bawah	47,11	-4,89	-2,6	207,92	Biru tua	
Crust atas	40,35	13,37	22,39	59,09	Kuning kecokelatan	

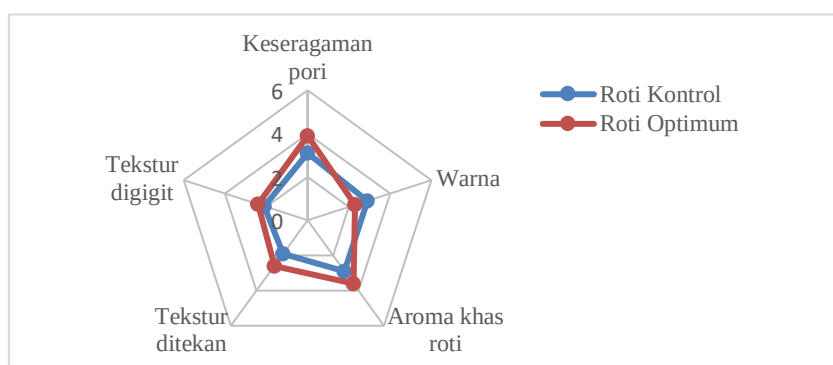
Mutu hedonik

Uji mutu hedonik dilakukan menggunakan skala 1-6 dengan nilai 1 menunjukkan mutu terbaik dan nilai 6 menunjukkan nilai terburuk (Tabel 9). Data dianalisis dengan *F-test* untuk mengetahui signifikansi perbedaan antara roti optimum dengan roti kontrol. Roti kontrol memiliki tekstur saat ditekan yang lebih lembut daripada roti optimum, hasil tersebut sesuai dengan data pengukuran tekstur dengan *Texture Analyzer* pada Tabel 7. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara skor pada

parameter keseragaman pori, aroma khas roti, tekstur ditekan dikarenakan nilai $F_{hitung} > F_{0,5}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa roti optimum belum memiliki penerimaan mutu yang sama dengan roti kontrol, namun tekstur saat digigit tidak memiliki perbedaan yang signifikan ($F_{hitung} > F_{0,5}$). Skor warna tidak dianalisis dengan *F-test* dikarenakan roti memiliki warna yang berbeda, yaitu putih untuk roti kontrol dan biru untuk roti optimum.

Tabel 9. Hasil uji mutu hedonik

Parameter	Roti Kontrol	Keterangan	Roti Optimum	Keterangan	P-value	F_{hitung}	$F_{0,5}$
Keseragaman pori	$3,1 \pm 1,03$	Seragam	$3,9 \pm 0,83$	Tidak seragam	0,028	10,5	
Warna	$2,9 \pm 0,70$	Putih	$2,3 \pm 0,96$	Biru	0,040	-	
Aroma khas roti	$2,9 \pm 1,33$	Sangat tajam khas roti	$3,6 \pm 0,73$	Kurang tajam khas roti	0,044	9,63	4,60
Tekstur ditekan	$1,9 \pm 0,64$	Sangat empuk	$2,6 \pm 0,74$	Kurang empuk	0,007	36,80	
Tekstur digigit	$2,1 \pm 0,59$	mudah digigit	$2,4 \pm 0,91$	Mudah digigit	0,246	1,78	



Gambar 5. Spider-Web Mutu Hedonik Roti

Kesimpulan

Kombinasi formula optimum untuk mendapatkan volume spesifik optimum sebesar $3,15 \pm 0,05 \text{ cm}^3/\text{g}$ dan aktivitas antioksidan optimum sebesar $388,372 \pm 13,11\%$ yaitu dengan penambahan bubuk bunga telang 4,71%, enzim transglutaminase 0,055 U/g protein, dan *bread improver* sebesar 5,23 U/g tepung. Karakteristik roti optimum yaitu memiliki *firmness* $629,77 \pm 39,23 \text{ g.f}$, *springiness* $42,14 \pm 0,87\%$, crumb berwarna biru tua. Penerimaan mutu roti optimum belum sepenuhnya sama dengan roti kontrol, tetapi memiliki karakteristik *firmness*, *springiness*, dan tekstur gigit yang sama dengan roti kontrol.

Daftar pustaka

- AACC 10-05.1. (1998). Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. *American Association of Cereal Chemists, St. Paul*.
- AACC 74-09.01. (1998). Measurement of bread firmness by universal testing machine. *AACC International Approved Method*.
- BPS. (2020). *National survey of socio economics, first quarter*. Badan Pusat Statistik, Indonesia.
- Chu, B.-S., Wilkin, J., House, M., Roleska, M., & Lemos, M. (2016). Effect of sucrose on thermal and pH stability of *clitoria ternatea* extract. *International Journal of Food Processing Technology*, 3(1), 11–17. <https://doi.org/10.15379/2408-9826.2016.03.01.02>
- Chusak, C., Henry, C. J., Chantarasinlapin, P., Techasukthavorn, V., & Adisakwattana, S. (2018). Influence of *clitoria ternatea* flower extract on the in vitro enzymatic digestibility of starch and its application in bread. *Foods*, 7(7), 102. <https://doi.org/10.3390/foods7070102>
- Dahiya, S., Bajaj, B. K., Kumar, A., Tiwari, S. K., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99, 290–306.

<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.09.002>

- Fariyah, T. (2016). Penentuan pola kelelahan fisik pada perokok aktif dengan menggunakan metode response surface methodology. *Jurnal Teknik Industri*. XI (2).
- Ginting, S. D. R. B. (2019). Optimasi formula ekstrak ubi jalar ungu, enzim transglutaminase dan α -amilase untuk meningkatkan fungsionalitas dan kualitas roti tawar dengan response surface method. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Sumedang.
- Girard, A. L., & Awika, J. M. (2020). Effects of edible plant polyphenols on gluten protein functionality and potential applications of polyphenol–gluten interactions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 2164–2199.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12572>
- Huang, G., Guo, Q., Wang, C., Ding, H. H., & Cui, S. W. (2016). Fenugreek fibre in bread: Effects on dough development and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 71, 274–280.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.040>
- Jayanthi, P., & Lalitha, L. (2011). Reducing power of the solvent extracts of Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(3), 126–128.
- Kowalczewski, P. Ł., Walkowiak, K., Masewicz, Ł., Duda, A., Poliszko, N., Róžańska, M. B., ... Baranowska, H. M. (2019). Wheat bread enriched with raspberry and strawberry oilcakes: effects on proximate composition, texture and water properties. *European Food Research and Technology*, 245(11), 2591–2600. <https://doi.org/10.1007/S00217-019-03370-5/FIGURES/2>
- Lijon, M. B., Meghla, N. S., Jahedi, E., Rahman, M. A., & Hossain, I. (2017). Phytochemistry and pharmacological activities of clitoria ternatea. *International Journal of Natural and Social Sciences*, 4(1), 1–10.
- Momchilova, M., & Zsivanovits, G. (2016). Instrumental texture characterization of bread. *Bulgarian Chemical Communications*, 48, 435–441.
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and Analysis of Experiments 10th Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Ogilvie, O., Roberts, S., Sutton, K., Larsen, N., Gerrard, J., & Domigan, L. (2021). The use of microbial transglutaminase in a bread system: A study of gluten protein structure, deamidation state and protein digestion. *Food Chemistry*, 340, 127903. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127903>
- Pasukamonset, P., Pumalee, T., Sanguansuk, N., Chumyen, C., Wongvasu, P., Adisakwattana, S., & Ngamukote, S. (2018). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of sponge cakes fortified with Clitoria ternatea extract. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 2881–2889.
<https://doi.org/10.1007/s13197-018-3204-0>
- Purwanto, U.M.S., Aprilia, K & Sulistiyani (2020). Antioxidant Activity of Telang (Clitoria ternatea L.). *Current Biochemistry*, 9(1), 26-37
- Rahmadi, A., & Bohari. (2018). *Pangan Fungsional Berkhasiat Antioksidan*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17345.81764>
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., & Sari, M. P. (2010). *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Argo*. Bogor: IPB Press.
- Shen, Y., Chen, G., & Li, Y. (2018). Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. *LWT*, 95, 308–315.
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.05.008>
- Tebben, L., Shen, Y., & Li, Y. (2018). Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. In *Trends in Food Science and Technology*, 81, 10–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.015>
- Zhai, S., Liu, J., Xu, D., Wen, W., Yan, J., Zhang, P., ... He, Z. (2018). A genome-wide association study reveals a rich genetic architecture of flour color-related traits in bread wheat. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1136.
<https://doi.org/10.3389/FPLS.2018.01136/BIBTEX>