

**OPTIMASI KONSENTRASI MALTODEKSTRIN DAN SUHU INLET  
PENGERING SEMPROT TERHADAP SENYAWA BIOAKTIF DAN  
AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SUSU BUBUK EDAMAME**

***Optimization of Maltodextrin Concentration and Spray Dryer Inlet  
Temperature on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of  
Edamame Milk Powder***

Hera Sisca Pramita, Dego Yusa Ali, Tri Dewanti Widyaningsih, Nia Sapitri\*

Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran - Malang 65145

\*Penulis Korespondensi, email : spr\_nia@student.ub.ac.id

Disubmit : 5 Juli 2023

Direvisi : 1 Juli 2024

Diterima : 26 Agustus 2024

**ABSTRAK**

Edamame menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan Kota Jember, Jawa Timur. Pada kategori ekspor, edamame yang digunakan harus memiliki kualitas unggul sehingga perlu dilakukan penyortiran. Namun selama ini pemanfaatan edamame yang tidak memenuhi syarat ekspor tersebut masih belum optimal. Alternatif yang dapat dilakukan yaitu pembuatan susu bubuk edamame dengan metode pengering semprot. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan formulasi konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet pengering semprot yang optimal terhadap senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan susu bubuk edamame. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu *Central Composite Design* (CCD) dengan faktor konsentrasi maltodekstrin (5,71–10%w/w) dan suhu inlet pengering semprot (160–215°C) yang diolah dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Kombinasi konsentrasi maltodekstrin 7,13%w/w dan suhu inlet pengering semprot 191,5°C dipilih sebagai kondisi optimum berdasarkan respon tertinggi dengan total fenol 275,79 mg GAE/100g, total flavonoid 59,93 mg QE/100g, ABTS 101,48 mg GAE/100g, dan FRAP 60,89 µg GAE/g. Hasil verifikasi kondisi optimum berbeda nyata dengan saran dari *Design Expert* 12, dimana kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan hasil verifikasi lebih tinggi.

Kata kunci: Aktivitas Antioksidan; Maltodekstrin; Pengering Semprot; Senyawa Bioaktif; Susu Bubuk Edamame

**ABSTRACT**

*Edamame is one of the leading export commodities in Jember City, East Java. In the export category, the edamame used must be of superior quality, so sorting is necessary. However, the utilization of edamame that does not meet the requirements is still not optimal. An alternative to the usage of nonstandard edamame is to make edamame milk powder using the spray drying method. This research was conducted to determine the optimum concentration of maltodextrin formula and spray dryer inlet temperature for the bioactive compounds and antioxidant activity of edamame milk powder. The experimental design used was Central Composite Design (CCD) with a concentration factor of maltodextrin (5.71–10%w/w) and spray drying inlet temperature (160–215°C), which was processed using the Response Surface Methodology (RSM) method. The combination of 5%w/w maltodextrin concentration and spray drying inlet temperature of 191.5°C was chosen as the optimum condition based on the highest response with total phenol 275.79 mg GAE/100g, total flavonoids 59.93 mg QE/100g, ABTS 101.48 mg GAE/100g, and FRAP 60.89 µg GAE/g. The results of the optimum verification conditions were significantly different from the*

*suggestions from Design Expert 12, where the content of bioactive compounds and antioxidant activity was higher.*

*Keywords: Antioxidants Activiyy; Bioactive Compounds; Edamame Powdered Milk; Maltodextrin; Spray Dryers*

## PENDAHULUAN

Edamame (*Glycine max* L. Merr) merupakan jenis kedelai yang dipanen pada usia muda dengan kondisi polong serta biji yang masih hijau dan memiliki ukuran lebih besar dari kedelai lainnya (Shurtleff *et al.*, 2021). Edamame merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan Kota Jember, Jawa Timur. Kepala Badan Karantina Pertanian menyebutkan bahwa pada tahun 2019, ekspor edamame meningkat sebesar 10,5% dari 6.075,9 ton menjadi 6.790,7 ton dibandingkan tahun 2018 (Kementrian Pertanian Republik Indonesia, 2019). Melalui PT. Mitra Tani Dua Tujuh yang merupakan anak perusahaan PT Perkebunan Nusantara X bekerja sama dengan 475 petani lokal, tercatat dapat mengeksport edamame hampir sebanyak 7.000 ton setiap tahun. Hal ini menjadikan PT. Mitra Tani Dua Tujuh sebagai salah satu produsen edamame di Indonesia yang dapat memenuhi 10% kebutuhan Edamame di seluruh dunia. Beberapa negara tujuan ekspor edamame diantaranya Jepang, USA, Kanada, Australia, Afrika dan Timur Tengah (Erikson, 2021). Pada kategori ekspor, edamame yang digunakan harus memiliki kualitas unggul sehingga perlu dilakukan penyortiran dengan kriteria seperti terdapat 3 polong/biji, ukuran polong dan warna relatif seragam. Namun, pemanfaatan edamame yang tidak lolos penyortiran masih belum optimal sehingga terjadi penurunan harga jual. Hal tersebut dapat menjadi peluang dalam diversifikasi edamame untuk meningkatkan nilai jual, salah satunya dengan pembuatan produk susu bubuk edamame.

Edamame matang memiliki kandungan protein sekitar 40%, lebih tinggi dari jenis kedelai lain (Jiang *et al.*, 2020). Selain kandungan asam amino yang lengkap seperti lisin dan triptofan serta kandungan gula yang tinggi, edamame juga dapat berperan sebagai

sumber metabolit sekunder karena mengandung lebih banyak mineral. Rizzo *et al.* (2018) menyatakan bahwa dalam 100 g edamame terdapat 17,92 mg isoflavon. Selain itu, edamame juga mengandung senyawa bioaktif dan aktioksidan. Senyawa bioaktif dikategorikan sebagai komponen non gizi baik esensial maupun nonesensial yang dapat ditemukan pada pangan serta terbukti dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Biesalski *et al.*, 2009). Antioksidan memiliki peran utama untuk mencegah adanya reaksi oksidatif yang dapat memicu penyakit karsinogenik, kardiovaskuler, neurologi, dan menghambat katarak (Yadav *et al.*, 2016). Kandungan nutrisi dan ketersediaan bahan baku edamame dapat menjadi nilai lebih sebagai produk unggulan alternatif susu hewani dan masalah intoleransi laktosa.

Susu bubuk telah lama dikembangkan untuk menghasilkan produk susu dengan kualitas yang stabil, dapat disimpan pada suhu ruang, dan meningkatkan umur simpan. Susu bubuk, dari segi industri, memberikan beberapa keuntungan diantaranya tempat penyimpanan yang lebih sedikit, menekan biaya transportasi dan meningkatkan kestabilan produk. Selain itu, setelah kemasan dibuka produk susu masih dapat disimpan pada suhu ruang dan dapat bertahan lebih lama dibandingkan dengan susu cair (Kalyankar *et al.*, 2015). Sampai saat ini, penelitian mengenai susu bubuk edamame masih jarang ditemui di Indonesia. Penelitian susu bubuk edamame yang telah dilakukan oleh Ali *et al.* (2020) menggunakan *spray dryer* dengan perlakuan variasi konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet masih fokus pada pengaruhnya terhadap nilai nutrisi dan mikrobiologinya. Oleh karena itu, perlu penelitian lebih lanjut terkait pengaruh maltodekstrin dan suhu inlet terhadap kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan susu bubuk edamame.

Suhu inlet pengering semprot dan konsentrasi maltodekstrin merupakan faktor

yang dianalisis pada penelitian ini. Pengering semprot merupakan metode pengeringan dari fase cair ke bubuk yang sering digunakan oleh industri pangan. Menurut Sosnik *et al.* (2015), ciri khas dari proses *spray drying* adalah siklus pengeringan yang cepat, proses kontinyu, relatif *cost-effective*, skala produksi mudah diatur, dan prosesnya sekali jalan. Adapun penggunaan maltodekstrin pada industri pangan sebagai agen pengisi dan penstabil karena harga murah, mudah larut dalam air, daya ikat air yang baik, viskositas rendah dan tekstur halus (Kusnandar, 2019). Namun penggunaan panas dapat mempengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan, sama halnya dengan konsentrasi maltodekstrin yang tidak sesuai dapat mempengaruhi efektivitas dalam melindungi senyawa aktif dan komposisi pada produk akhir. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan formulasi konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet pengering semprot yang optimal kaitannya dengan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan pada susu bubuk edamame.

## METODE

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah kacang edamame beku merk Mitra Tani 27, air, maltodekstrin merk *Ex Lihua* nilai DE 10 - 12, aquades, etanol, reagen Folin-Ciocalteu,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , asam galat, quercetin,  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NaOH}$ , reagen 2,2'-Azinobis-(3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulfonic Acid Assay (ABTS), kalium persulfat, metanol, TPTZ,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , dan buffer asetat (sodium asetat dan asam asetat).

### Alat

Alat yang digunakan untuk membuat susu edamame bubuk diantaranya adalah pengering semprot (Mini Spray Drayer - SD-18A), mesin *grinder*, timbangan manual, kain saring 100 mikron, termometer, dan kompor. Alat yang digunakan untuk analisis yaitu *hot plate stirrer* (MS-H-Pro GSA), vortex (IKA Vortex 3), timbangan analitik (Devender

Instrument), *centrifuge* (Hettich), spektrofotometer (Genesys 10s UV-Vis) dan *glass ware* pendukung.

### Desain Penelitian

Rancangan penelitian dibuat menggunakan *Design Expert* versi 12 dengan metode *Central Composite Design* (CCD) yang dianalisis statistik menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) dengan dua faktor yang menghasilkan 13 unit percobaan. Pemilihan faktor dan batas masing-masing mengacu pada penelitian Ali *et al.* (2020). Faktor pertama yaitu konsentrasi maltodekstrin dengan batas bawah (-1 level) 5,71%*w/w* dan batas atas (+1 level) 10%*w/w*. Faktor kedua yaitu suhu inlet pengering semprot dengan batas bawah (-1 level) 160°C dan batas atas (+1 level) 215°C.

### Tahapan Penelitian

#### Pembuatan Susu Edamame Bubuk

Pembuatan susu edamame bubuk berdasarkan metode yang digunakan oleh Tansil *et al.* (2019) dengan modifikasi. Edamame beku dicairkan pada suhu ruang ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ) selama 30 menit, kemudian edamame digiling dengan penambahan air (1:2 *w/v*) kemudian disaring dengan kain saring 100 mikron untuk memisahkan ampas dan filtrat sari edamame. Selanjutnya, sari edamame ditambahkan maltodekstrin dengan berbagai konsentrasi yang telah ditentukan, lalu dihomogenkan dengan ultra turax selama 5 menit. Sampel edamame dengan maltodekstrin kemudian dikeringkan menggunakan *Mini Spray Drayer - SD-18A* dengan berbagai perlakuan suhu yang telah ditentukan. Setelah itu sampel diambil dari siklon dan siap untuk dianalisis.

#### Analisis Total Fenol

Analisis total fenol dilakukan dengan menggunakan metode Follin-Ciocalteu (FC) berdasarkan Ainsworth *et al.* (2007) yang telah dimodifikasi. Sampel sebanyak 1 mL dicampurkan dengan 2 mL reagen Folin-Ciocalteu 10% lalu diinkubasi selama 5 menit. Kemudian ditambahkan 2 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5% ke dalam tabung reaksi dan divortex lalu diinkubasi selama 30 menit dalam keadaan gelap. Nilai absorbansi dapat

dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 756 nm. Konsentrasi total fenol dihitung dengan persamaan kurva standar asam galat dari konsentrasi 0, 8, 16, 24, 32, dan 40 ppm dengan satuan mg GAE/100g.

#### Analisis Total Flavonoid

Analisis total flavonoid mengacu pada metode yang dilakukan oleh Zhishen *et al.* (1999) yang telah dimodifikasi. Sampel sebanyak 0,5 mL dimasukan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 2 mL aquades dan 0,15 mL NaNO<sub>2</sub> 5% kemudian dihomogenkan. Setelah didiamkan selama 5 menit, 0,15 mL AlCl<sub>3</sub> ditambahkan kedalam larutan lalu dihomogenkan dan didiamkan selama 6 menit. Kemudian ditambahkan 1 mL NaOH 1 M dan 1,2 mL aquades. Setelah larutan diinkubasi selama 15 menit, nilai absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 325 nm terhadap larutan blanko. Konsentrasi flavonoid dihitung dengan persamaan regresi dari kurva standar quercetin dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 ppm dalam etanol dengan satuan mgQE/100 g.

#### Analisis ABTS

Analisis dilakukan berdasarkan prosedur Thaipong *et al.* (2006) yang telah dimodifikasi. Langkah pertama yaitu preparasi reagen dengan melarutkan ABTS ke dalam air hingga diperoleh konsentrasi 7 mM. Kemudian larutan tersebut direaksikan dengan kalium persulfate 2,45 mM dengan perbandingan 1:1 untuk menghasilkan kation radikal ABTS. Campuran didiamkan selama 12-16 jam pada suhu ruang dalam kondisi gelap. Sebelum digunakan, 1 mL larutan reagen ABTS diencerkan dengan 29 mL metanol. Sebanyak 0,15 mL sampel dicampurkan dengan 2,85 mL reagen ABTS. Campuran tersebut diinkubasi selama 30

menit pada suhu ruang dalam kondisi gelap. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 746 nm. Hasil dinyatakan setara dengan kurva standar asam galat dengan konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 ppm dalam aquades dengan satuan mg GAE/100 g.

#### Analisis FRAP

Metode FRAP dilakukan berdasarkan prosedur yang dilakukan oleh Thaipong *et al.* (2006) yang telah dimodifikasi. Langkah pertama adalah pembuatan reagen FRAP dengan mencampurkan 2,5 mL TPTZ 10 mM (2, 4, 6-tripyridyl-s- triazine) dalam 40 mM HCl, 2,5 mL FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O 20 mM dan 120 mL buffer asetat (3,1 g C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NaO<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O dan 16 mL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) pH 3,6. Reagen FRAP dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 37°C sebelum digunakan. Analisis sampel dilakukan dengan mencampurkan 0,15 mL sampel ke dalam 2,85 mL reagen FRAP dan diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit dalam kondisi gelap. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 593 nm. Hasil dinyatakan setara dengan kurva standar asam galat dengan konsentrasi 0, 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm dalam aquades dengan satuan µg GAE/g.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Bahan Baku

Kacang edamame yang telah dikupas kemudian diekstrak dengan air (1:2) sehingga diperoleh sari edamame dan produk sampingan berupa ampas. Sari edamame dianalisis untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan bahan baku. Kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan sari edamame tanpa proses *spry dryig* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan sari edamame

Parameter	Satuan	Edamame:Air (1:2)
Total Fenol	mg GAE/100mL	79,11 ± 0,34
Total Flavonoid	mg QE/100mL	21,58 ± 0,59
ABTS	mg GAE/100mL	143,22 ± 1,97
FRAP	µg GAE/mL	16,87 ± 0,17

Keterangan: Data hasil analisis merupakan rerata 2 ulangan dengan ± standar deviasi

**Data Hasil Analisis**

Berdasarkan Tabel 2, kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan yang terukur pada susu bubuk edamame bervariasi dengan nilai tertinggi pada kombinasi konsentrasi maltodekstrin 7,86%w/w dan suhu inlet 187,5 °C. Kandungan tertinggi pada respon total fenol, total flavonoid, ABTS dan FRAP masing-masing sebesar 147,15 mg GAE/100g, 40,38 mg QE/100g, 63,23 mg GAE/100g dan 40,25 µg GAE/g. Semakin tinggi suhu yang digunakan dapat menyebabkan degradasi termal seperti oksidasi, denaturasi, dan hilangnya senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan, namun karakteristik fisikokimia produk

bubuk semakin baik (Piñón-Balderrama *et al.*, 2020). Penambahan konsentrasi maltodekstrin yang sesuai dapat berperan sebagai agen enkapsulasi yang dapat mencegah rusaknya senyawa bioaktif maupun aktivitas antioksidan. Hasil penelitian ini, penambahan maltodekstrin 7,86%w/w mampu melindungi komponen kimia pangan walaupun dengan penggunaan suhu tinggi, yaitu 187,5°C, dimana masih terdapat senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan. Hal ini sesuai dengan Voung (2017) bahwa formulasi menggunakan maltodekstrin sebagai agen enkapsulasi dapat melindungi senyawa bioaktif yang sensitif dari degradasi termal ataupun degradasi cahaya.

Tabel 2. Data hasil analisis optimasi pembuatan susu bubuk edamame

Std	Faktor		Respon			
	Konsentrasi Maltodekstrin (% w/w)	Suhu Inlet Pengering Semprot (°C)	Total Fenol (mg GAE/100g)	Total Flavonoid (mg QE/100g)	ABTS (mg GAE/100g)	FRAP (µg GAE/g)
1	5,71	160,00	129,76	22,88	43,68	30,52
2	10,00	160,00	44,39	7,83	43,28	10,31
3	5,71	215,00	126,02	26,50	44,48	33,74
4	10,00	215,00	56,59	10,38	39,30	14,23
5	4,82	187,50	108,94	37,86	28,52	27,18
6	10,89	187,50	32,85	5,71	42,09	5,79
7	7,86	148,61	83,41	23,63	49,67	23,78
8	7,86	226,39	123,09	30,71	40,49	35,09
9	7,86	187,50	103,90	34,42	63,23	27,65
10	7,86	187,50	108,78	40,38	53,66	30,46
11	7,86	187,50	129,59	35,71	63,23	31,05
12	7,86	187,50	133,50	38,04	55,25	35,21
13	7,86	187,50	147,15	33,75	58,44	40,25

**Total Fenol**

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa model kuadratik dipilih karena model ini dapat memberikan pengaruh nyata (*significant*) terhadap respon total fenol. Hal ini dinyatakan nilai  $p < 0,05$  yaitu 0,0035. Selain itu, model ini memiliki nilai *lack of fit* (ketidaktepatan model) yang tidak berpengaruh nyata (*not significant*) dilihat dari nilai  $p > 0,05$  yaitu 0,6535 sehingga model dapat digunakan pada penelitian ini. Konsentrasi maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap kandungan total fenol

dengan nilai  $p < 0,05$  yaitu sebesar 0,0007. Total fenol (Tabel 2) meningkat pada konsentrasi maltodekstrin 4,82-7,86% dan terjadi penurunan pada konsentrasi 10% dan 10,89%. Konsentrasi maltodekstrin yang terlalu rendah dapat menyebabkan kemampuan melindungi total fenol menjadi kurang optimal, sedangkan konsentrasi maltodekstrin yang terlalu tinggi menyebabkan konsentrasi fenol rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Mishra *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa konsentrasi maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap

total fenol jus amla bubuk. Jus amla bubuk tersebut memiliki aktivitas antioksidan yang kuat pada konsentrasi maltodekstrin 7% dengan suhu inlet 175°C.

Suhu inlet pengering semprot memiliki nilai  $p = 0,2043 > 0,05$  yang artinya variasi yang digunakan tidak berpengaruh nyata terhadap respon total fenol. Tabel 3 menunjukkan bahwa kandungan total fenol meningkat seiring dengan peningkatan suhu inlet dan terjadi penurunan pada peningkatan konsentrasi maltodekstrin. Hal ini sesuai dengan Krishnaiah *et al.* (2015) bahwa pada suhu tinggi, kandungan total fenol mula-mula meningkat dan kemudian

menurun ketika nilai  $Mcore/Mwall$  rendah (konsentrasi maltodekstrin tinggi). Tingginya kandungan total fenol dapat terjadi karena selama proses pengeringan semprot terjadi perubahan struktur kimia menjadi lebih larut dalam air sehingga lebih mudah bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu dan menyebabkan peningkatan kandungan total fenol (Saikia *et al.*, 2015). Pernyataan tersebut didukung oleh Robert *et al.* (2015) dimana proses termal dapat menghasilkan aglikon fenolik (pemutusan ikatan glikosidik fenolik-gula) sehingga lebih reaktif dengan reagen Folin-Ciocalteu.

Tabel 3. Hasil uji ANOVA seluruh respon susu bubuk edamame

Respon	Model	Persamaan	Sequential Model Sum of Square (p<0,05)	Lack of Fit (p>0,05)	Summary Statistic			ANOVA	
					Standar Deviasi	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup> Model	Pred R <sup>2</sup> Model	Model (p<0,05)
Total Fenol	Quadratic	$Y = +124,58 - 32,80x_1 + 8,07x_2 + 3,99x_1x_2 - 26,32x_1^2 - 10,14x_2^2$	0,0097	0,6535	16,31	0,885	0,803	0,625	0,0035
Total Flavonoid	Quadratic	$Y = +36,46 - 9,17x_1 + 2,02x_2 - 0,2675x_1x_2 - 9,67x_1^2 - 6,40x_2^2$	0,0012	0,0742	4,55	0,914	0,853	0,488	0,0013
ABTS	Quadratic	$Y = +58,76 + 1,70x_1 - 2,02x_2 - 1,19x_1x_2 - 11,11x_1^2 - 6,22x_2^2$	0,0013	0,3002	5,06	0,858	0,756	0,332	0,0071
FRAP	Quadratic	$Y = +32,92 - 8,75x_1 + 2,89x_2 + 0,1750x_1x_2 - 8,41x_1^2 - 1,93x_2^2$	0,0031	0,8204	4,11	0,909	0,843	0,762	0,0016

### Total Flavonoid

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa model kuadratik dipilih karena model ini dapat memberikan pengaruh nyata (*significant*) terhadap respon total flavonoid dengan nilai  $p = 0,0013 < 0,05$ . Selain itu, model ini memiliki nilai *lack of fit* (ketidaktepatan model) yang tidak berpengaruh nyata (*not significant*) dilihat

dari nilai  $p = 0,0742 > 0,05$  sehingga model kuadratik sesuai untuk digunakan pada rancangan ini.

Konsentrasi maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap respon total flavonoid dengan nilai  $p < 0,05$ , sedangkan suhu inlet pengering semprot tidak berpengaruh nyata dengan nilai  $p > 0,05$ . Tabel 2 menunjukkan bahwa kandungan

total flavonoid meningkat pada konsentrasi maltodekstrin 4,82–7,86% dan terjadi penurunan pada konsentrasi 10% dan 10,89%. Sedangkan pada faktor suhu inlet pengering semprot tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Adapun penurunan total flavonoid terjadi pada sampel dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang digunakan. Tingginya konsentrasi maltodekstrin menurunkan rasio  $M_{core}/M_{wall}$  sehingga kandungan senyawa aktif lebih rendah dibandingkan senyawa pelindungnya. Total flavonoid meningkat secara bertahap dan kemudian menurun ketika  $M_{core}/M_{wall}$  rendah sehingga rasio sedang antara senyawa aktif dan bahan pelindung efektif untuk menghasilkan total flavonoid yang tinggi (Krishnaiah *et al.*, 2015). Senyawa flavonoid dan aktivitas antioksidan FRAP memiliki korelasi positif dimana logam Fe dan Cu yang merupakan agen pengkatalis reaksi peroksidasi dapat dikelatasi oleh flavonoid (Kostyuk *et al.*, 2004).

#### ABTS

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa model kuadratik dipilih karena model ini dapat memberikan pengaruh nyata (*significant*) terhadap respon ABTS dengan nilai  $p$  0,0071 < 0,05. Selain itu, model ini memiliki nilai *lack of fit* (ketidaktepatan model) yang tidak berpengaruh nyata (*not significant*) dilihat dari nilai  $p$  3002 > 0,05 sehingga model dapat digunakan.

Konsentrasi maltodekstrin dan suhu inlet pengering semprot tidak berpengaruh nyata terhadap respon ABTS dengan nilai  $p$  masing-masing > 0,05, yaitu 0,3736 dan 0,2964. Nguyen *et al.* (2021) menyatakan bahwa suhu inlet pengering semprot tidak terlalu memberikan pengaruh nyata terhadap senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, suhu inlet hanya berpengaruh nyata pada kadungan total fenol namun tidak berpengaruh nyata terhadap total flavonoid, saponin, DPPH, ABTS dan FRAP pada sampel bubuk. Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa respon ABTS lebih tinggi dibandingkan dengan FRAP, artinya

aktivitas antioksidan pada susu bubuk edamame lebih didominasi oleh mekanisme *Hydrogen Atom Transfer* (HAT) dan *Single Electron Transfer* (SET) dibandingkan dengan reduksi ion logam (Fe dan Cu) (Mohd Aris *et al.*, 2023).

#### FRAP

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa model kuadratik dipilih karena model ini dapat memberikan pengaruh nyata (*significant*) terhadap respon FRAP. Hal ini dinyatakan nilai  $p$  < 0,05 yaitu 0,0016. Selain itu, model ini memiliki nilai *lack of fit* (ketidaktepatan model) yang tidak berpengaruh nyata (*not significant*) dilihat dari nilai  $p$  > 0,05 yaitu 0,8204 sehingga model dapat digunakan.

Konsentrasi maltodekstrin berpengaruh nyata terhadap respon FRAP dengan nilai  $p$  < 0,005. Tren peningkatan respon FRAP mirip dengan respon total flavonoid. FRAP meningkat pada konsentrasi maltodekstrin 4,82–7,86% dan terjadi penurunan pada konsentrasi 10% dan 10,89%. Adapun penurunan respon FRAP terjadi seiring dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin yang digunakan. Tingginya konsentrasi maltodekstrin dapat meningkatkan rasio  $M_{core}/M_{wall}$  sehingga kandungan senyawa aktif lebih rendah dibandingkan senyawa pelindungnya (Krishnaiah *et al.*, 2015). Suhu inlet pengering semprot tidak berpengaruh nyata terhadap respon FRAP dengan nilai  $p$  > 0,05. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nguyen *et al.* (2021) bahwa suhu inlet pengering semprot tidak terlalu memberikan pengaruh nyata terhadap senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, suhu inlet hanya berpengaruh nyata pada kadungan total fenol namun tidak berpengaruh nyata terhadap total flavonoid, saponin, DPPH, ABTS dan FRAP pada sampel bubuk.

#### Hasil Optimasi RSM

Optimasi ini bertujuan untuk memperoleh solusi terbaik mengenai variabel perlakuan sehingga dihasilkan respon senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan yang optimum. Analisis dilakukan dengan batasan yang telah

ditentukan dengan nilai respon maksimum. Adapun solusi yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 4.

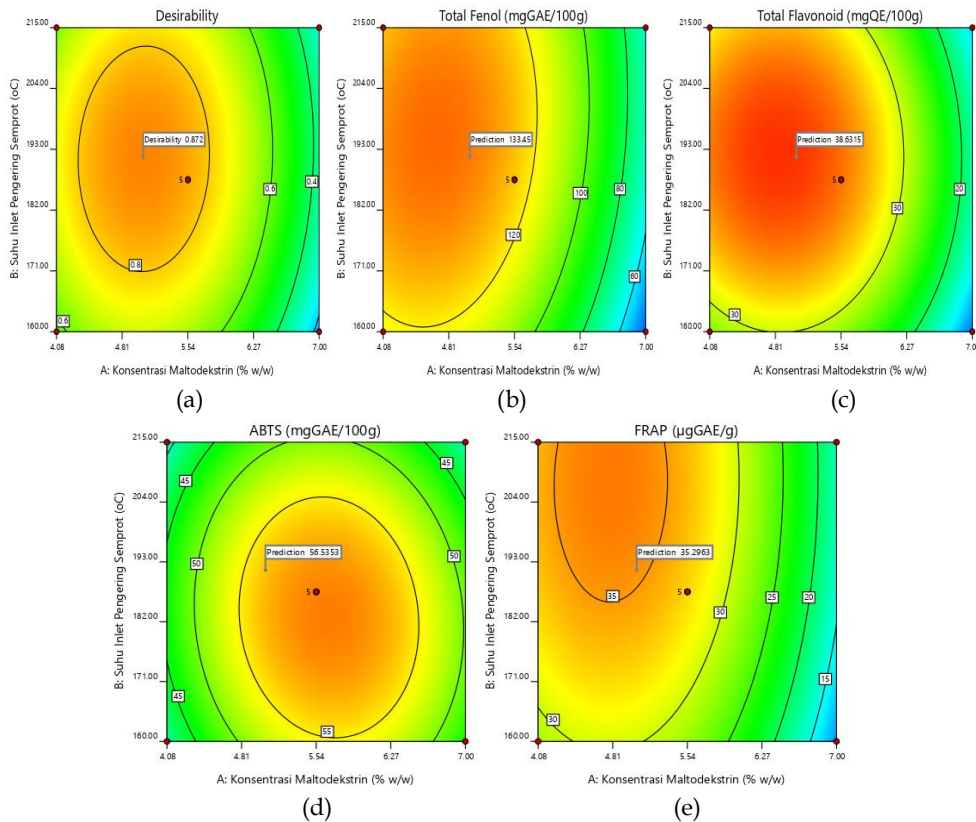
Berdasarkan batasan yang telah ditetapkan, maka diperoleh nilai konsentrasi maltodekstrin 5,045%, suhu inlet pengering semprot 191,514°C dengan respon total fenol 133,456 mg GAE/100g, total flavonoid 38,632 mg QE/100g, ABTS 56,534 mg GAE/100g dan FRAP 35,297 µg GAE/g sebagai titik optimum dengan nilai *desirability* 0,872. Hal ini menunjukkan bahwa model kuadratik mampu memprediksi

dengan ketepatan respon analisis sebesar 87,2%.

Nilai *desirability* setiap respon dapat bervariasi dalam range 0,1-1 dimana nilai 1 menunjukkan ketepatan hasil optimasi, sedangkan nilai 0 sebaliknya (Anderson dan Whitcomb, 2016). Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai *desirability* dan nilai prediksi pada masing-masing respon berada pada area merah, maka dapat dikatakan bahwa model kuadratik mampu memprediksi kadar total fenol, total flavonoid, ABTS dan FRAP yang maksimum.

Tabel 4. Nilai optimum variabel dan respon yang disarankan oleh *Design Expert 12*

No	Konsentrasi Maltodekstrin (%w/w)	Suhu Inlet Pengering Semprot (°C)	Total Fenol (mg GAE/100g)	Total Flavonoid (mg QE/100g)	ABTS (mg GAE/100g)	FRAP (µg GAE/g)	<i>Desirability</i>	
1	7,126	191,514	133,456	38,632	56,534	35,297	0,872	<i>Selected</i>



Gambar 1. Plot Kontur (a) *Desirability* Interaksi Variabel Bebas terhadap Respon, (b) Prediksi Nilai Total Fenol, (c) Prediksi Nilai Total Flavonoid, (d) Prediksi Nilai ABTS, dan (e) Kontur Prediksi Nilai FRAP



Tabel 5. Data hasil *paired t-test* nilai prediksi dan nilai verifikasi

	Faktor		Respon			
	Konsentrasi Maltodekstrin (%w/w)	Suhu Inlet Pengering Semprot (°C)	Total Fenol (mg GAE/100g)	Total Flavonoid (mg QE/100g)	ABTS (mg GAE/100g)	FRAP (µg GAE/g)
Prediksi	7,126	191,5	133,46	38,63	56,53	35,30
Verifikasi	7	191,5	275,79	59,93	101,48	62,45
<i>P-value (paired t-test)</i>			0,002	0,002	0,011	0,011

Keterangan: (1) Prediksi adalah nilai yang disarankan oleh *Design Expert 12*; (2) Verifikasi adalah nilai percobaan di laboratorium; (3) Verifikasi dilakukan sebanyak 3 kali dengan masing-masing 3 ulangan.

### Verifikasi Hasil Optimum

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai prediksi total fenol, total flavonoid, ABTS dan FRAP memiliki nilai  $p < 0,05$  dengan masing-masing nilai  $p$  sebesar 0,002, 0,002, 0,011, dan 0,011 sehingga hasil verifikasi dapat disimpulkan berbeda nyata dengan saran dari *Design Expert 12*. Hasil verifikasi respon di laboratorium lebih tinggi dibandingkan dengan nilai prediksi. Nilai prediksi total fenol sebesar 133,46 mg GAE/100g, sedangkan nilai verifikasi total sebesar 275,79 mg GAE/100g. Nilai prediksi total flavonoid yang disarankan yaitu sebesar 38,63 mg QE/100g, sedangkan nilai verifikasi yaitu sebesar 59,93 mg QE/100g. Nilai prediksi ABTS sebesar 56,53 mg GAE/100g, sedangkan nilai verifikasi ABTS lebih tinggi yaitu sebesar 101,48 mg GAE/100g. Nilai prediksi FRAP sebesar 35,30 µg GAE/g, sedangkan nilai verifikasi FRAP lebih tinggi yaitu sebesar 62,45 µg GAE/g.

Data hasil optimasi lebih rendah diduga terjadi karena terdapat faktor penyimpanan dimana kondisi penyimpanan tidak sesuai dan waktu analisis yang tidak seragam, sehingga data berbeda dengan pengujian verifikasi. Menurut Mrázková *et al.* (2023), komponen polifenol mengalami degradasi ketika terekspose dengan cahaya matahari, suhu diatas 40°C, oksigen, dan kelembaban tinggi. Pada sampel verifikasi, analisis dilakukan dalam waktu dekat setelah sampel dikeringkan, sedangkan sampel optimasi dilakukan setelah penyimpanan selama beberapa hari yang kemungkinan terjadi kerusakan akibat terpapar oksigen

dan kelembaban tinggi. Perlakuan sampel pada saat optimasi dan verifikasi harus sama baik dari kondisi penyimpanan sampel dan lama penyimpanan sampel sebelum analisis sehingga semua sampel dalam kondisi homogen dan dapat mencegah perubahan senyawa bioaktif dan antioksidan yang terkandung di dalamnya.

Rendahnya senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan pada data hasil optimasi dapat terjadi karena kondisi penyimpanan sampel yang tidak sesuai, dimana sampel disimpan pada toples bening, tidak dalam kondisi vakum, dan disimpan pada suhu ruang. Berdasarkan penelitian Bednarska *et al.* (2020) mengenai jus chokeberry bubuk, setelah pengeringan sampel disimpan pada 25°C selama dua bulan menunjukkan tren penurunan kandungan senyawa polifenol yang disebabkan oleh proses degradasi agen enkapsulasi dipermukaan sehingga terjadi proses oksidasi pada polifenol. Hal tersebut didukung oleh penelitian Kopjar *et al.* (2009) mengenai sampel yang disimpan pada suhu ruang dan kontak dengan cahaya selama 5 minggu mengalami penurunan kandungan total fenol, total flavonoid, dan aktivitas antioksidan.

### SIMPULAN

Kombinasi konsentrasi maltodekstrin 7,13%w/w dan suhu inlet pengering semprot 191,5°C dipilih sebagai kondisi optimum berdasarkan kandungan total fenol, total flavonoid, ABTS dan FRAP tertinggi, Kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan hasil verifikasi pada total fenol

yaitu sebesar  $275,79 \pm 11,16$  mg GAE/100g, total flavonoid sebesar  $59,93 \pm 1,64$  mg QE/100g, ABTS sebesar  $101,48 \pm 8,27$  mg GAE/100g, FRAP sebesar  $62,45 \pm 4,94$   $\mu$ g GAE/g dan rendemen sebesar  $4,4\% \pm 0,25\%$  w/w. Hasil verifikasi kondisi optimum berbeda nyata dengan saran dari *Design Expert 12*, dimana kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan hasil verifikasi lebih tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, E, -A., Gillespie, K, -M., 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*. 2(4), 875–877.  
<https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102>
- Ali, D, -Y., Pranowo, -D., Sunarharum, W, -B., Prananto, Y, -P., Tansil, C, Z, -L., 2020. Optimization on maltodextrin concentration and inlet spray drying temperature in producing edamame (*Glycine max* L. Merr.) milk powder: nutritional and microbiological profile. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 515(1), pp. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012064>
- Anderson MJ, Whitcomb PJ. 2016. *RSM Simplified: Optimizing Processes Using Response Surface Methods for Design of Experiment* (Second). Boca Raton: Taylor & Francis.
- Bednarska, M, -A., Janiszewska-Turak, -E., 2020. The influence of spray drying parameters and carrier material on the physico-chemical properties and quality of chokeberry juice powder. *Journal of Food Science and Technology*. 57(2), 564–577.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04088-8>
- Biesalski, H, -K., Dragsted, L, -O., Elmadfa, -L., Grossklaus, -R., Müller, -M., Schrenk, -D., Walter, -P., Weber, -P., 2009. Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. *Nutrition*, 25(11–12), 1202–1205.  
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.04.023>
- Erikson. 2021. Mitratani dua tujuh, produsen edamame terbesar di Indonesia. Dilihat: 22 Maret 2021. <<http://ptpn10.co.id/blog/mitratani-i-dua-tujuh-produsen-edamame-terbesar-di-indonesia>>
- Jiang, G, -L., Katuuramu, D, -N., Xu, -Y., Ren, -S., Rutto, L, -K., 2020. Analysis and comparison of seed protein, oil, and sugars in edamame dried using two oven-drying methods and mature soybeans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 100(10), 3987–3994.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10443>
- Kalyankar, SD, Deshmukh, MA, Chopde, SS, Khedkar, CD, Lule, VK., Deosarkar, SS. 2015. 'Milk Powder'. In Caballero, B, Finglas, PM, Toldrá, F. (ed.) *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 724–728). Amsterdam: Elsevier Inc.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2019. Mentan SYL ajak pelaku usaha lipat gandakan ekspor edamame asal Jember. Dilihat: 3 Januari 2020. <<https://pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=414>>
- Kopjar, -M., Piližota, -V., Hribar, -J., Simčič, -M., 2009. Total phenol content and antioxidant activity of water solutions of plant extracts. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 1(1), 1-7.  
<https://hrcak.srce.hr/file/81226>
- Kostyuk, V, -A., Potapovich, A, -I., Strigunova, E, -N., Kostyuk, T, -V., Afanes'ev, I, -B., 2004. Experimental evidence that flavonoid metal complexes may act as mimics of superoxide dismutase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 428, 204–208.  
<https://doi.org/10.1016/j.abb.2004.06.008>
- Krishnaiah, -D., Bono, -A., Sarbatly, -R., Nithyanandam, -R., Anisuzzaman, S, -M., 2015. Optimisation of spray drying operating conditions of *Morinda citrifolia* L. fruit extract using response surface methodology.

- Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. 27(1), 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2012.10.004>
- Kusnandar, F. 2019. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Mishra, -P., Mishra, -S., Mahanta, C, -L., 2014. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder. *Food and Bioprocess Processing*, 92(3), 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.003>
- Mohd Aris, -H., Mohd Kasim, -Z., Zubairi, S, -L., Babji, A, -S., 2023. Antioxidant capacity and sensory quality of soy-based powder drink mix enriched with functional hydrolysates of swiftlet (*Aerodramus fuciphagus*). *Arabian Journal of Chemistry*. 16(3), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104553>
- Mrázková, -M., Sumczynski, -D., Orsavová, -J., 2023. Influence of storage conditions on stability of phenolic compounds and antioxidant activity values in nutraceutical mixtures with edible flowers as new dietary supplements. *Antioxidants*. 12(4), 1-27. <https://doi.org/10.3390/antiox12040962>
- Nguyen, K, -Q., Davy, -P., Scarlett, C, -J., Vuong, Q, -V., 2021. Optimal encapsulation of maroon bush (*Scaevola spinescens* R. Br.) extract enriched with bioactive compounds. *Applied Food Research*. 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100009>
- Piñón-Balderrama, C, -I., Leyva-Porras, -C., Terán-Figueroa, -Y., Espinosa-Solís, -V., Álvarez-Salas, -C., Saavedra-Leos, M, -Z., 2020. Encapsulation of active ingredients in food industry by spray-drying and nano spray-drying technologies. *Processes*. 8(8), 1-27. <https://doi.org/10.3390/pr8080889>
- Rizzo, -G., Baroni, -L., 2018. Soy, soy foods and their role in vegetarian diets. *Nutrients*. 10(1), 1-51. <https://doi.org/10.3390/nu10010043>
- Robert, -P., Torres, -V., García, -P., Vergara, -C., Sáenz, -C., 2015. The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. *LWT - Food Science and Technology*. 60(2), 1039-1045. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.038>
- Saikia, -S., Mahnot, N, -K., Mahanta, C, -L., 2015. Effect of spray drying of four fruit juices on physicochemical, phytochemical, and antioxidant properties. *Journal of Food Processing and Preservation*. 39(6), 1656-1664. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12395>
- Shurtleff, W, Aoyagi, A. 2021. *History of Edamame, Vegetable Soybeans, and Vegetable-Type Soybeans (1000 BCE to 2021): Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook*. Lafayette: Soyinfo Center.
- Sosnik, -A., Seremeta, K, -P., 2015. Advantages and challenges of the spray-drying technology for the production of pure drug particles and drug-loaded polymeric carriers. *Advances in Colloid and Interface Science*. 223, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2015.05.003>
- Tansil, C, Z, -L., Sunarharum, W, -B., Ali, D, -Y., 2019. Optimasi Konsentrasi Maltodekstrin dan Suhu Inlet Pengering Semprot Terhadap Atribut Sensoris Susu Bubuk Edamame (*Glycine mas* (L.) Merr). Thesis. Universitas Brawijaya. Malang
- Thaipong, -K., Boonprakob, -U., Crosby, -K., Cisneros-Zevallos, -L., Byrne, D, -H., 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19(6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>

Young, QV. 2017. *Utilisation of Bioactive Compounds from Agricultural and Food Waste*. Boca Raton: CRC Press.

Yadav, -A., Kumari, -R., Yadav, -A., Mishra, J. -P., Srivatva, -S., Prabha, -S., 2016. Antioxidants and its functions in human body-A Review. *Research in Environment and Life Sciences*. 9(11), 1328-1331.  
[https://www.researchgate.net/publi](https://www.researchgate.net/publication/311674771_Antioxidants_and_its_functions_in_human_body_-_A_Review)

cation/311674771\_Antioxidants\_and\_its\_functions\_in\_human\_body\_-\_A\_Review

Zhishen, -J., Mengcheng, -T., Jianming, -W., 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 64(4), 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)