

Optimasi Suhu dan Konsentrasi Maltodekstrin pada Proses Pembuatan Serbuk Lobak dengan Metode *Foam Mat Drying*

Optimization of Temperature and Maltodextrin Concentration in Radish Powder Production using Foam Mat Drying Method

Hasbi Ashshiddiqi Wijaya Kusuma, Sri Kumalaningsih, Dodyk Pranowo*

Department of Agroindustrial Technology, Faculty of Agricultural Technology, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia

*dodykpranowo@ub.ac.id

Received: 23rd April, 2019; 1st Revision: 29th September, 2019; 2nd Revision: 10th October, 2019; Accepted: 16th October, 2019

Abstrak

Lobak memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan. Pengolahan lebih lanjut akan memberikan nilai tambah terhadap lobak. Salah satu alternatif pengolahannya adalah dibuat menjadi serbuk lobak siap seduh sehingga dapat dikonsumsi dengan lebih efisien dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dan konsentrasi maltodekstrin yang tepat pada proses pembuatan serbuk lobak serta mengetahui total fenol maksimum dari serbuk lobak yang telah dibuat. Proses pembuatan serbuk lobak menggunakan metode *foam mat drying*. Metode optimasi yang digunakan adalah *Response Surface Method* (RSM) dengan rancangan komposit terpusat faktorial 2². Faktor yang digunakan adalah suhu (50, 60 dan 70 °C) dan konsentrasi maltodekstrin (6, 8 dan 10%). Respon yang dijadikan parameter adalah total fenol, aktivitas antoksidan, dan rendemen. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, telah didapatkan formulasi yang tepat dan pedoman *design space* dapat menggunakan model kuadratik. Komposisi formula terbaik yaitu suhu 58,49 °C dan konsentrasi maltodekstrin 7,31%. Formula optimal tersebut diprediksikan mendapatkan nilai total fenol sebesar 7,69389%, aktivitas antioksidan (IC₅₀) sebesar 37,6631 mg/ml per 100 mg, dan rendemen sebesar 8,73042%. Total fenol yang didapatkan dari serbuk terbaik adalah 7,88%.

Kata kunci: *foam mat drying*, *response surface method*, serbuk lobak

Abstract

Radish has great potential to be developed for further processing which will add value on it. An alternative of further processing of radish is ready-cooked radish powder which so that it can be consumed more efficiently and effectively. This study aims to determine the right temperature and concentration of maltodextrin in the process of radish powder production and find out the maximum total phenol from the radish powder. The process of radish powder production uses the *Foam Mat Drying* method. The optimization method used is *Response Surface Method* (RSM) with a factorial composite design 2². The factors used are temperature (50, 60, and 70 °C) and maltodextrin concentrations (6, 8, and 10%). The responses used as parameters are total phenol, antioxidant activity, and yield. The research result showed that the appropriate formulation and the design space guidelines can use a quadratic model. The best formula composition is temperature 58.49 °C and 7.31% maltodextrin concentration. The optimal formula is predicted to get a total phenol value of 7.69389%, antioxidant activity (IC₅₀) of 37.66631 mg/ml per 100 mg, and a yield of 8.73042%. The total phenol obtained from the best formula radish powder is 7.88%.

Keywords: *foam mat drying*, *radish powder*, *response surface method*

PENDAHULUAN

Lobak (*Raphanus sativus*) adalah sayuran berumbi, berasal dari Cina dan Jepang yang tumbuh dan dikonsumsi di seluruh dunia. Sayuran dalam keluarga ini kaya phytochemical (vitamin C, fenol, dan flavonoid) (Kim *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2003). Lobak juga mengandung vitamin A, B1, B2, niasin, minyak atsiri (Sangthong *et al.*, 2017), asam folat dan anthocyanin (Patil *et al.*,

2009), mineral dan glukosinolat (GSL) (Hanlon & Barnes, 2011).

Lobak seringkali dikonsumsi mentah sebagai *salad* atau asinan, diolah menjadi acar maupun lobak kering (Noreen & Ashraf, 2009). Pemanfaatan lobak selain untuk dikonsumsi sebagai sayur juga dapat dikonsumsi untuk membantu meringankan penyakit asam urat. Asam urat adalah produk akhir dari metabolisme nukleotida purin. Xanthine oxidase (XOD) yang dihasilkan di

organ hati adalah enzim kunci untuk pengkatalis produksi asam urat (George & Struthers, 2009). Beberapa kandungan senyawa kimia pada lobak yaitu polifenol berperan menghambat kerja xantin oksidase (Juwita, Saleh, & Sitorus, 2017). Selain itu, lobak juga merupakan diuretik yang kuat sehingga dapat membantu pembuangan asam urat melalui urin (Adi, 2007).

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2019) produksi lobak dari tahun 2014 hingga 2019 berturut-turut semakin meningkat. Kandungan nutrisi serta produksi pertahun lobak yang meningkat mengindikasikan bahwa lobak berpotensi dikembangkan menjadi produk olahan yang bermanfaat bagi kesehatan. Seperti bahan pertanian pada umumnya, lobak memiliki umur simpan yang pendek sehingga mudah busuk. Alternatifnya adalah lobak dikeringkan dan diolah menjadi produk yang disajikan dalam bentuk serbuk sehingga umur simpannya lebih lama, penggunaannya lebih praktis dan nilai jualnya juga lebih tinggi.

Metode pengeringan *foam mat drying* merupakan salah satu metode pengeringan yang dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengeringan lobak. Keuntungan yang didapatkan dari metode tersebut adalah nutrisi produk akhir yang didapatkan lebih baik karena menggunakan suhu yang lebih rendah (Kudra & Ratti, 2008; Muthukumaran, Ratti, & Raghavan, 2008). Selain itu, dapat digunakan pada bahan peka panas, kental dan tinggi kandungan gula, sehingga dihasilkan bubuk yang mudah direhidrasi dan karakteristik seperti warna, rasa, tekstur dan komposisi gizi (antioksidan) mirip dengan bahan mentah (Fernandes *et al.*, 2013).

Penelitian ini menggunakan maltodekstrin sebagai bahan pengisi dan Tween 80 sebagai bahan pembusa (Rajkumar *et al.*, 2007). Proses pengolahan yang menggunakan pemanasan, penambahan maltodekstrin dan Tween 80 dapat memengaruhi kandungan nutrisi lobak. Suhu yang tinggi dapat menurunkan total fenol maupun aktivitas antioksidan pada lobak. Penambahan maltodekstrin memang dapat meningkatkan rendemen (total padatan dan volume), mempercepat proses pengeringan, mencegah kerusakan akibat kontak panas, melapisi komponen flavour dari bahan (Gonnissen, Remon, & Vervaet, 2008), namun semakin tinggi penambahan maltodekstrin juga akan meningkatkan kandungan gula dari produk akhir yang dihasilkan. Maltodekstrin memiliki tingkat indeks glikemik yang tinggi (Lazarim *et al.*, 2009). Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait suhu yang digunakan

dan konsentrasi maltodekstrin yang ditambahkan pada proses pembubukan tersebut agar mampu dihasilkan serbuk lobak dengan nilai fenol dan aktifitas antioksidan yang optimum.

Response Surface Methodology (RSM) adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk penentuan nilai optimum suatu formula. Penelitian ini menggunakan RSM yang diolah dengan aplikasi *Design Expert 7.1.5*. RSM memiliki prinsip menentukan titik optimal pada *response variable* yang bersesuaian dengan *setting level* pada variabel-variabel *explanatory*-nya. Metode RSM lebih baik daripada metode lainnya karena perhitungan statistik yang dilakukan cukup teliti. Efek yang ditimbulkan dari banyak faktor yang memengaruhi respon penelitian dapat diketahui dengan cepat. Selain itu, informasi proses secara keseluruhan dapat diinterpretasikan karena variabel yang dilibatkan banyak serta *range* percobaan tidak dapat memengaruhi titik optimum. Deshmukh, Sharma, & Kumar (2017) membuktikan kekuatan model RSM untuk optimasi karakteristik fungsional, nilai total fenol, kadar antioksidan, dan sifat fisiko kimia bubuk labu kuning. Mereka membuktikan bahwa nilai aktual percobaan parameter sangat dekat dengan nilai prediksi dengan *coefficient of variation* (CCV) lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh suhu dan konsentrasi maltodekstrin yang tepat dalam pembuatan serbuk lobak menggunakan *foam mat drying*. Selain itu, untuk mendapatkan total fenol pada serbuk lobak yang paling maksimum.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lobak (diperoleh langsung dari kebun lobak di Desa Sumber Gondo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur), maltodekstrin, Tween 80 dan air. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis antara lain metanol p.a (Merck), aquades, asam galat p.a (Merck), larutan buffer pH 4 dan pH 7, air suling, natrium karbonat p.a (Merck), etanol 96%, Reagen Folin-Ciocalteu, DPPH p.a. (Merck).

Peralatan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Sartorius) dan analog, sendok, baskom, kain saring, wadah plastik, panci, termometer, pengaduk, blender (National), mikser, loyang, pisau, dan oven (Hemmert). Alat yang digunakan untuk analisa antara lain *beaker glass* (Herma) ukuran 100 ml; 250 ml; 500 ml dan

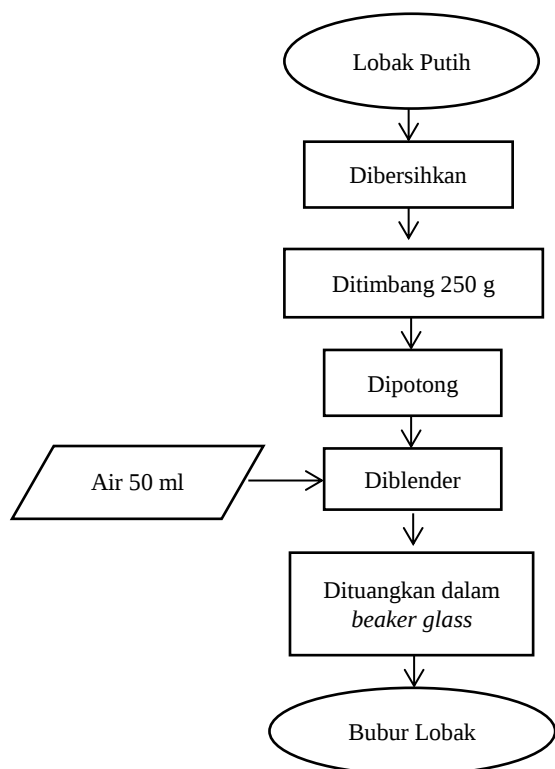
erlenmeyer 250 ml (Pyrex). Kemudian gelas ukur ukuran 100 ml. Selanjutnya pH meter, desikator, tabung reaksi (Iwaki), oven, aluminium foil, pipet ukur 10 ml (Iwaki), pipet ukur, cawan aluminium, spatel, labu ukur, plat tetes, pipet mikro, corong pisah, seperangkat alat spektrofotometer UV-Vis. (Rayleigh 7200). Aplikasi *Design Expert* 7.1.5 digunakan sebagai pengolah data pada metode RSM.

Proses Pengeringan

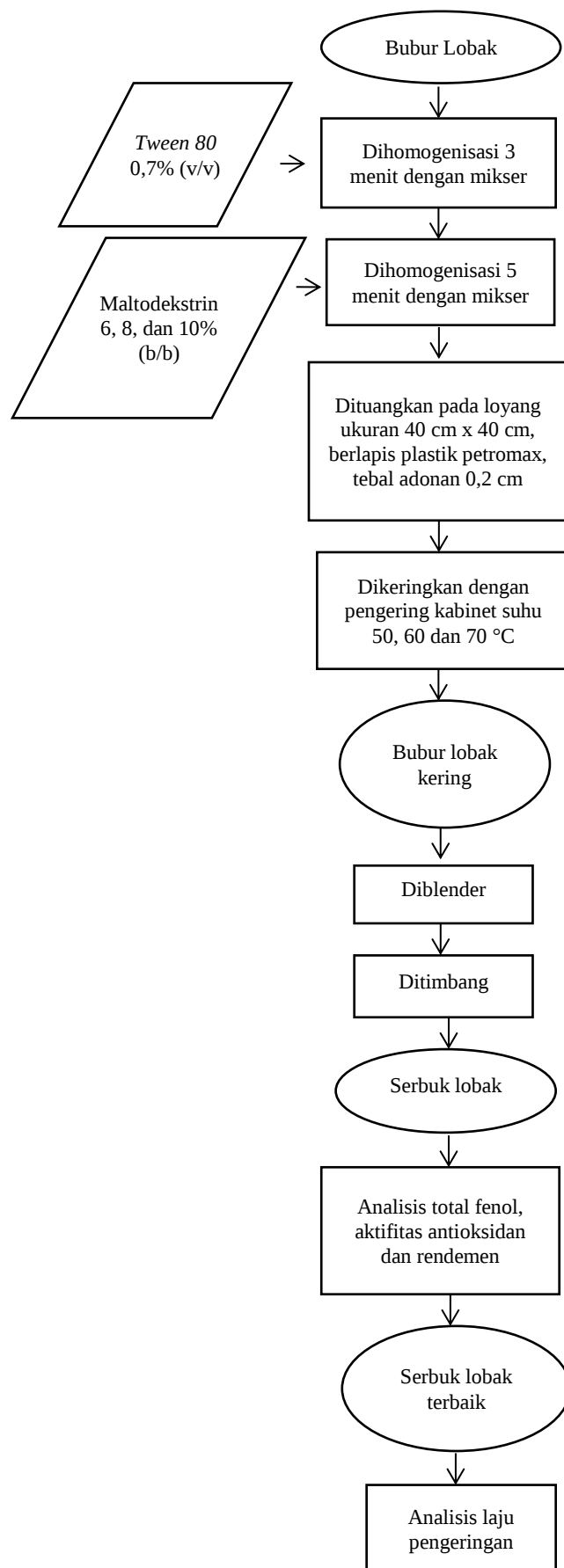
Pada tahap ini dimulai dengan pembuatan bubur lobak. Proses pembuatan bubur lobak dapat dilihat pada diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 1. Lobak yang telah dibuat bubur selanjutnya dikeringkan dengan metode *Foam Mat Drying*. Bahan pengisi yang digunakan adalah maltodekstrin, sedangkan bahan pembusa yang digunakan adalah *Tween* 80. Diagram alir pembuatan serbuk lobak dapat dilihat pada Gambar 2.

Proses Optimasi

Faktor yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yaitu suhu pengeringan (X_1) yaitu 50, 60 dan 70° C, serta rasio maltodekstrin (X_2) yaitu 6, 8 dan 10%. Pada keduanya terbentuk kode (-1.414, -1, 0, +1, +1.414). Nilai minimal ditunjukkan dengan nilai -1, nilai tengah ditunjukkan dengan nilai 0 dan nilai maksimal ditunjukkan dengan nilai +1. Perbandingan nilai kedua faktor



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Bubur lobak



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Serbuk Lobak

Tabel 1. Matriks rancangan komposit terpusat dalam rancangan percobaan

Kode		Aktual				Respon		
Std	Run	X ₁	X ₂	Suhu °C	Maltodekstrin % b/v	Fenol	Aktifitas Antioksidan	Rendemen
1	10	-1	-1	50,00	6,00			
2	11	1	-1	70,00	6,00			
3	12	-1	1	50,00	10,00			
4	13	1	1	70,00	10,00			
5	4	-1,41	0	45,86	8,00			
6	6	1,41	0	74,14	8,00			
7	3	0	-1,41	60,00	5,17			
8	2	0	1,41	60,00	10,83			
9	9	0	0	60,00	8,00			
10	8	0	0	60,00	8,00			
11	1	0	0	60,00	8,00			
12	5	0	0	60,00	8,00			
13	7	0	0	60,00	8,00			

Tabel 2. Faktor dan taraf yang dipelajari di dalam penelitian

Faktor	Satuan	Batas bawah (-1)	Batas atas (1)
Suhu	°C	50	70
Konsentrasi Maltodekstrin	% b/v	6	10

menghasilkan nilai -1.414 dan +1.414 yang dipelajari dari masing-masing tarafnya. Batas faktor yang digunakan pada metode permukaan respon tersebut diperoleh dari nilai-nilai hasil pengukuran pada literatur sebelumnya dan dari hasil *trial and error*. Dalam penelitian ini terdapat 13 perlakuan dengan rancangan percobaan *Central Composite Design* (CCD) yang ditunjuk oleh Tabel 1. Tabel 2 menunjukkan faktor dan taraf yang dipelajari di dalam penelitian.

Formula optimal serbuk lobak terpilih selanjutnya diverifikasi untuk diketahui apakah model yang disarankan oleh program *Design Expert 7.1.5* dapat diprediksi untuk nilai respon dengan baik. Selain itu, tujuan dari verifikasi ini adalah untuk pengujian keakuratan model dalam aplikasi kondisi empiris.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Respon

Total Fenol

Tabel 3 menunjukkan ANOVA respon total fenol sedangkan Tabel 4 menunjukkan *model summary statistic* respon total fenol. Nilai kisaran total fenol serbuk lobak yang diperoleh sekitar 6,01%-7,88%. Penelitian Senet, Parwata, & Sudiarta (2017), mendapatkan total fenol buah kersen sebesar 0,85%. Nilai total fenol yang dimiliki lobak masih lebih tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zubaidah & Veronica

(2014), didapatkan nilai total fenol Anggur sebesar 48,26%-63,22%. Lobak memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai tersebut. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, nilai total fenol lobak termasuk ke dalam kategori yang sedang. Pada respon total fenol, model prediksi yang digunakan adalah kuadratik. Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan adalah model yang direkomendasikan tersebut signifikan ($p < 0,05$) dengan nilai *lack of fit* model tidak signifikan ($p > 0,05$). Persamaan *coded* matematikanya adalah sebagai berikut:

$$\text{Total fenol (\%)} = 7,63 - 0,21 \cdot A - 0,12 \cdot B + 0,018 \cdot A \cdot B - 0,68 \cdot (A^2) + 0,034 \cdot (B^2)$$

Keterangan:

A = Suhu

B = Maltodekstrin.

Persamaan matematik menunjukkan bahwa respon total fenol serbuk akan turun seiring dengan peningkatan suhu dan konsentrasi maltodekstrin yang ditandai dengan nilai konstanta yang bernilai negatif.

Nilai R^2 untuk model respon total fenol sebesar 0,9723. Artinya, pengaruh faktor suhu dan konsentrasi maltodekstrin terhadap respon total fenol serbuk sebesar 97,23%, sedangkan sisanya sebesar 2,77% dipengaruhi oleh faktor lain yang

tidak dimasukkan dalam model. Nilai *predicted R-squared* yang dihasilkan sebesar 0,8483, yang berarti bahwa data yang diprediksikan sebesar 84,83% sedangkan nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,9525, yang berarti terdapat korelasi dan data aktual untuk respon total fenol yang tercakup ke dalam model sebesar 95,25%. Korelasi positif, yaitu apabila nilai x besar maka diikuti dengan nilai y yang besar pula. Nilai *adjusted R-squared* didukung oleh nilai *predicted R-squared* karena selisih keduanya lebih kecil dari 0,2. Korelasi positif, yaitu apabila nilai x besar maka diikuti dengan nilai y yang besar pula. *Adequate precision*

untuk respon total fenol adalah 22,478 yang berkaitan dengan besarnya sinyal terhadap *noise ratio*. Model ini dapat digunakan sebagai pedoman *design space* dan sebagai syarat model yang baik dalam prediksi jika nilai *adequate precision* yang lebih besar dari 4 (Kurnia, Yasni, & Nurtama, 2013).

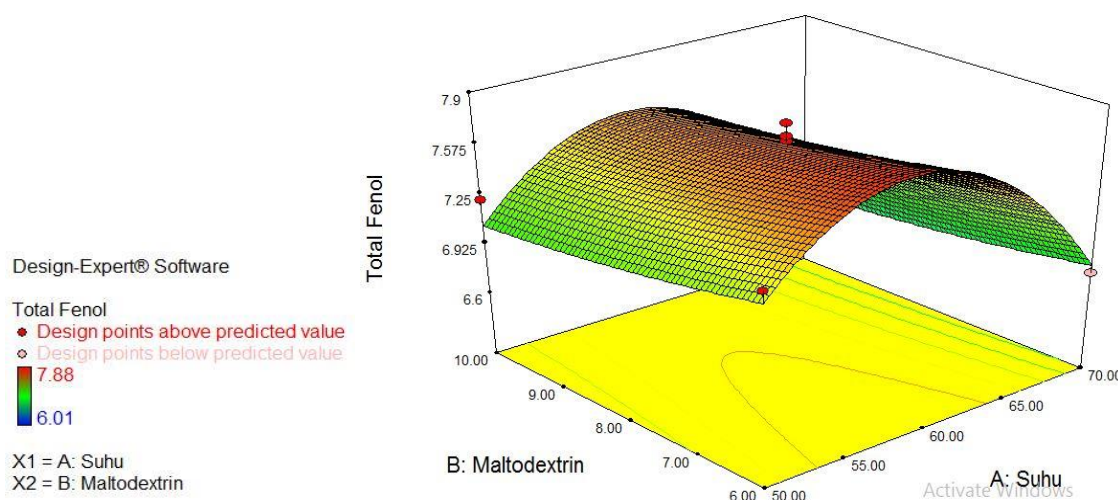
Respon total fenol secara visual dapat dilihat pada Gambar 3. Warna-warna yang berbeda pada grafik ditunjukkan untuk nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen faktor. Nilai total fenol yang rendah ditunjukkan

Tabel 3. ANOVA respon total fenol

Sumber	Jumlah Kuadrat	df	Kuadrat Tengah	Nilai F	Nilai-p Prob > F	
Model	3,78	5	0,76	49,13	< 0,0001	Signifikan
A-Suhu	0,35	1	0,35	22,63	0,0021	
B-Maltodextrin	0,12	1	0,12	7,94	0,0259	
AB	1,225E-003	1	1,225E-003	0,080	0,7861	
A ²	3,20	1	3,20	208,13	< 0,0001	
B ²	7,924E-003	1	7,924E-003	0,51	0,4964	
Residual	0,11	7	0,015			
Lack of Fit	0,076	3	0,025	3,19	0,1461	Tidak signifikan
Pure Error	0,032	4	7,950E-003			
Cor Total	3,89	12				

Tabel 4. Model summary statistics respon total fenol

Sumber	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Prediksi R-Squared	PRESS	
Linier	0,58	0,1210	-0,0548	-0,7225	6,70	
2FI	0,62	0,1213	-0,1716	-0,8695	7,27	
<u>Kuadratik</u>	<u>0,12</u>	<u>0,9723</u>	<u>0,9525</u>	<u>0,8483</u>	<u>0,59</u>	<u>Disarankan</u>
Cubic	0,11	0,9850	0,9641	0,5521	1,74	<u>Aliased</u>



Gambar 3. Respon Total Fenol Serbuk Lobak Berdasarkan Suhu dan Konsentrasi Maltodekstrin

oleh garis terluar pada kontur dan area yang berwarna hijau, sedangkan nilai total fenol yang tinggi ditunjukkan oleh area yang berwarna merah.

Semakin dalam garis, diartikan nilai respon semakin tinggi. Respon optimal pada kontur plot ditandai dengan titik (*node*) berwarna merah. Dari hasil analisis lebih lanjut, faktor yang kecenderungannya terhadap perubahan nilai total fenol paling besar yaitu faktor suhu karena warna merah cenderung terarah pada faktor suhu. Semakin tinggi suhu maka, penurunan total fenol akan semakin besar. Panas menyebabkan terjadinya peningkatan stres generasi spesies oksigen reaktif (ROS) kemudian menghasilkan energi eksitasi yang berlebihan sehingga terjadi stres oksidatif akibat tingginya suhu. Total fenol akan turun dengan adanya stress oksidatif ini (Heyno *et al.*, 2011).

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khaleghnezhad *et al.* (2019), bahwa Jumlah tertinggi kandungan senyawa fenolik terdapat pada suhu rendah (15 °C). Temperatur rendah dapat menyebabkan generasi spesies oksigen reaktif (ROS), termasuk hydrogen peroksida, radikal hidroksil, radikal superoksida dan oksigen tunggal. Dalam kondisi panas, ROS dapat terakumulasi, yang mengarah ke stres oksidatif dan sebagai akibatnya kerusakan komponen seluler, seperti protein, fenol, dan sebagainya.

Aktivitas Antioksidan

Tabel 5 menunjukkan ANOVA respon aktivitas antioksidan dan Tabel 6 menunjukkan model *summary statistics* aktivitas antioksidan. Nilai kisaran aktivitas antioksidan serbuk lobak yang diperoleh yaitu sekitar 30,79-38,45 mg/ml ekuivalen per 100 mg serbuk. Dibandingkan penelitian Gül & Pehlivan (2018), didapatkan aktivitas antioksidan madu sebesar 29,07 mg/ml. Nilai aktivitas antioksidan yang dimiliki lobak masih lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Sridhar & Charles (2019), didapatkan nilai aktivitas antioksidan Anggur sebesar 57,78 mg/ml. Nilai tersebut masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai yang dimiliki lobak. Jadi nilai aktivitas antioksidan lobak termasuk ke dalam kategori yang sedang. Pada respon aktivitas antioksidan, model prediksi yang digunakan adalah kuadrat. Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan adalah model yang direkomendasikan tersebut signifikan ($p < 0,05$) dengan nilai *lack of fit* model tidak signifikan ($p > 0,05$). Persamaan *coded* matematik untuk respon aktivitas antioksidan adalah sebagai berikut:

$$\text{Aktivitas antioksidan (mg/ml)} = 37,18 - 0,62 \cdot A - 1,45 \cdot B + 0,91 \cdot A \cdot B - 3,36 \cdot (A^2) + 0,73 \cdot (B^2)$$

Keterangan:

A = Suhu

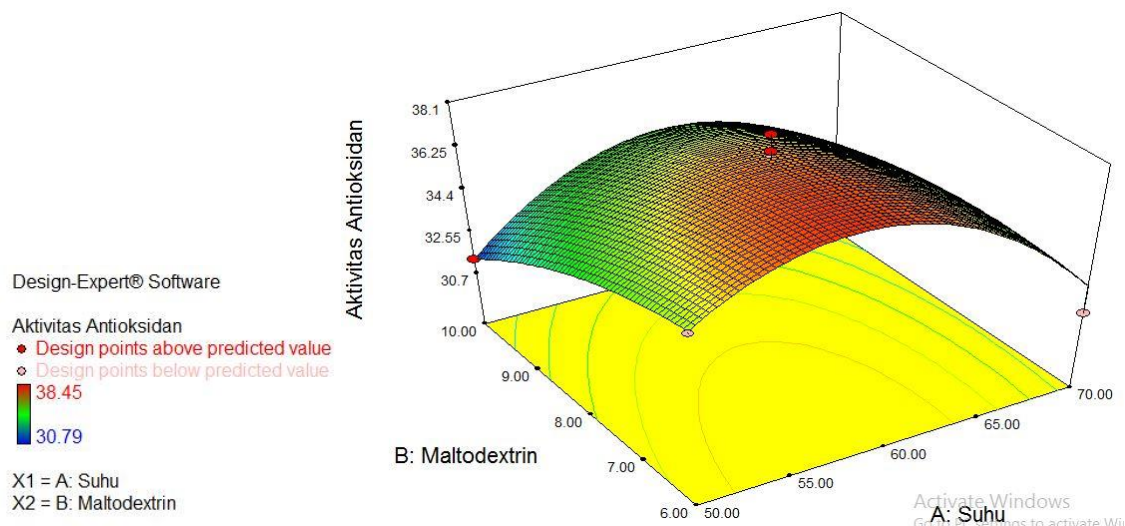
B = Maltodekstrin

Tabel 5. ANOVA respon aktivitas antioksidan

Sumber	Jumlah Kuadrat	df	Kuadrat Tengah	Nilai F	Nilai-p Prob > F	
Model	102,56	5	20,51	21,27	0,0004	Signifikan
A-Suhu	3,11	1	3,11	3,22	0,1157	
B-Maltodextrin	16,91	1	16,91	17,54	0,0041	
AB	3,31	1	3,31	3,44	0,1062	
A ²	78,61	1	78,61	81,54	< 0,0001	
B ²	3,75	1	3,75	3,89	0,0892	
Residual	6,75	7	0,96			Tidak Signifikan
Lack of Fit	5,58	3	1,86	6,35	0,0531	
Pure Error	1,17	4	0,29			
Cor Total	109,31	12				

Tabel 6. Model *summary statistics* aktivitas antioksidan

Sumber	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Prediksi R-Squared	PRESS	
Linier	2,99	0,1831	0,0197	-0,4917	163,05	
2FI	3,09	0,2134	-0,0488	-1,0560	224,74	
Kuadrat	0,98	0,9383	0,8942	0,6204	41,49	Disarankan
Cubic	0,91	0,9619	0,9086	-0,7668	193,13	Aliased



Gambar 4. Respon Aktivitas Antioksidan Serbuk Lobak Berdasarkan Suhu dan Konsentrasi Maltodekstrin

Dari persamaan matematik yang dihasilkan, respon aktivitas antioksidan serbuk akan turun seiring dengan peningkatan suhu dan konsentrasi maltodekstrin, hal ini ditandai dengan nilai konstanta yang bernilai negatif. Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pengaruh yang signifikan terhadap respon aktivitas antioksidan ($\alpha=0,05$) diberikan oleh interaksi antara faktor.

Nilai R^2 untuk model respon aktivitas antioksidan sebesar 0,9383. Berdasarkan nilai tersebut, berarti pengaruh faktor suhu dan konsentrasi maltodekstrin terhadap respon aktivitas antioksidan serbuk sebesar 93,83%; sisa pengaruh dari faktor sebesar 6,17% dipengaruhi oleh faktor lain. Nilai *predicted R-squared* sebesar 0,6204, yang berarti bahwa data yang diprediksikan sebesar 62,04%. Nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,8942, berarti terdapat korelasi pada aktivitas antioksidan yang ada dalam model sebesar 89,42%. Korelasi positif, yaitu apabila nilai x besar maka diikuti dengan nilai y yang besar pula. Jika selisih dari nilai *adjusted R-squared* dengan Nilai *predicted R-squared* lebih kecil dari 0,2; maka nilai *predicted R-squared* dapat mendukung nilai *adjusted R-squared*. Nilai *Adequate precision* dapat berkaitan dengan besarnya sinyal terhadap *noise ratio*. Nilai *Adequate precision* yang didapatkan adalah sebesar 12,281. Suatu model memiliki sinyal baik dan dapat ditetapkan sebagai pedoman *design space* apabila nilai *adequate precision* yang dimiliki lebih besar dari 4. Selain itu, dapat digunakan sebagai syarat model yang baik dalam prediksi (Kurnia *et al.*, 2013).

Respon aktivitas antioksidan secara visual dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai respon yang berbeda dapat ditunjukkan oleh beberapa warna

yang berbeda pada grafik. Nilai aktivitas antioksidan yang rendah ditunjukkan oleh garis terluar pada kontur dan area yang berwarna biru sedangkan nilai aktivitas antioksidan yang tinggi ditunjukkan oleh area yang berwarna merah.

Semakin dalam garis, diartikan nilai respon semakin tinggi. Respon optimal pada kontur plot ditandai dengan titik (*node*) berwarna merah. Kandungan antioksidan yang terdapat pada serbuk lobak dapat dijadikan sebagai salah satu produk minuman fungsional yang dapat berfungsi bagi kesehatan. Namun, jumlah minimum antioksidan yang harus dikonsumsi tubuh sebagai minuman fungsional belum diatur dan belum ada penelitian lebih lanjut terkait hal tersebut.

Pola konsumsi, perbedaan usia, proses metabolisme, dan pola kesehatan individu yang berbeda-beda dalam pembentukan radikal bebas dalam tubuh diduga sebagai penyebab kendala dalam penentuan dosis antioksidan. Dari hasil analisis lebih lanjut, faktor yang kecenderungannya terhadap perubahan nilai aktivitas antioksidan paling besar yaitu faktor suhu karena warna merah cenderung terarah pada faktor suhu. Semakin tinggi suhu maka, penurunan aktivitas antioksidan akan semakin besar. Enzim dan gen jalur sensitif yang semakin sedikit disebabkan oleh suhu yang semakin tinggi sehingga kandungan antioksidan yang dihasilkannya juga semakin sedikit (Galani *et al.*, 2017).

Rendemen

Tabel 7 menunjukkan ANOVA dari respon rendemen dan Tabel 8 menunjukkan model *summary statistics* rendemen Nilai kisaran rendemen yang diperoleh yakni sekitar 6,87-9,25%. Pada

respon rendemen, model prediksi yang digunakan adalah *quadratic*. Taraf signifikansi yang digunakan pada pengujian ANOVA adalah 5%. Hasil yang didapatkan adalah model yang direkomendasikan tersebut signifikan ($p < 0,05$) dengan nilai *lack of fit* model tidak signifikan ($p > 0,05$). Persamaan *coded* matematik untuk respon rendemen adalah sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = 8,85 - 0,22 \cdot A + 0,31 \cdot B + 0,13 \cdot A \cdot B - 0,85 \cdot (A^2) - 0,24 \cdot (B^2)$$

Keterangan:

A = Suhu

B = Maltodekstrin

Dari persamaan matematik yang dihasilkan, menunjukkan bahwa respon rendemen serbuk akan bertambah seiring dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin dan akan berkurang seiring dengan peningkatan suhu, hal ini ditandai dengan nilai konstanta yang bernilai positif dan negatif. Hasil dari ANOVA dapat dilihat bahwa pengaruh yang signifikan terhadap respon rendemen ($\alpha = 0,05$) diberikan oleh interaksi antara faktor.

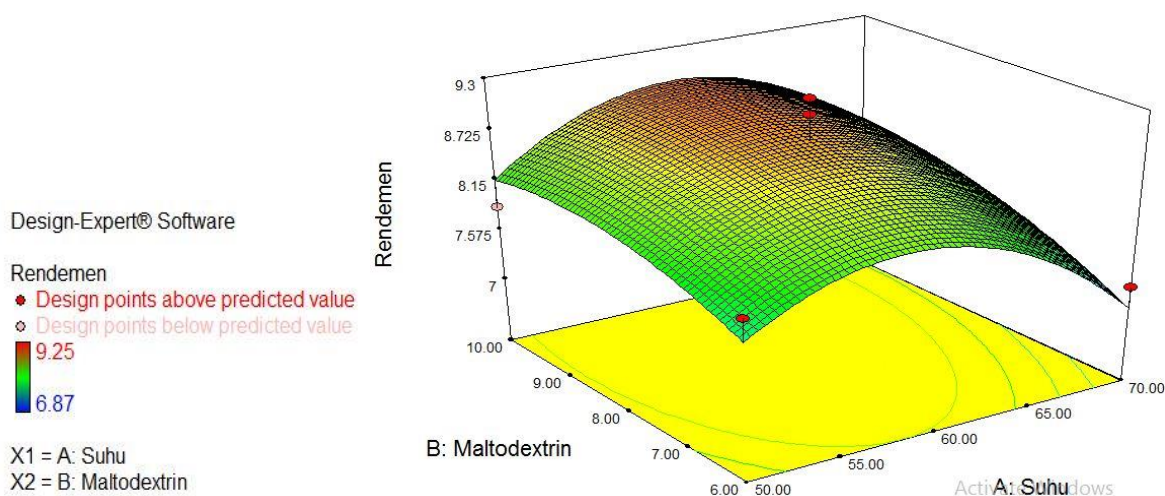
Nilai R^2 untuk model respon rendemen sebesar 0,8571. Nilai tersebut menunjukkan bahwa besarnya pengaruh faktor suhu dan konsentrasi maltodekstrin terhadap respon rendemen adalah

Tabel 7. ANOVA respon rendemen

Sumber	Jumlah Kuadrat	df	Kuadrat Tengah	Nilai F	Nilai-p Prob > F	
Model	6,36	5	1,27	8,40	0,0072	signifikan
A-Suhu	0,40	1	0,40	2,65	0,1476	
B-Maltodekstrin	0,78	1	0,78	5,12	0,0581	
AB	0,063	1	0,063	0,41	0,5409	
A^2	5,00	1	5,00	33,05	0,0007	
B^2	0,39	1	0,39	2,60	0,1507	
Residual	1,06	7	0,15			
Lack of Fit	0,67	3	0,22	2,25	0,2246	Tidak Signifikan
Pure Error	0,39	4	0,099			
Cor Total	7,42	12				

Tabel 8. Model summary statistics rendemen

Sumber	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Prediksi R-Squared	PRESS	
Linier	0,79	0,1586	-0,0097	-0,4910	11,06	
2FI	0,83	0,1670	-0,1106	-0,9954	14,80	
<u>Kuadratik</u>	<u>0,39</u>	<u>0,8571</u>	<u>0,7551</u>	<u>0,2789</u>	<u>5,35</u>	<u>Disarankan</u>
Cubic	0,28	0,9455	0,8693	0,8324	1,24	Aliased



Gambar 5. Respon Rendemen Serbuk Lobak Berdasarkan Suhu dan Konsentrasi Maltodekstrin

85,71%, sisanya adalah 14,29% dipengaruhi oleh faktor lain. Didapatkan nilai sebesar 0,2789 yang merupakan nilai *predicted R-squared*. Hal tersebut berarti bahwa data yang diprediksikan sebesar 27,89% sedangkan nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,7551, yang berarti terdapat korelasi sebesar 75,51% pada respon rendemen. Korelasi positif, yaitu apabila nilai x besar maka diikuti dengan nilai y yang besar pula. Selisih antara Nilai *predicted R-squared* dengan Nilai *adjusted R-squared* lebih kecil dari 0,2 sehingga Nilai *adjusted R-squared* dapat didukung oleh Nilai *predicted R-squared*. Besarnya sinyal terhadap *noise ratio* dapat berkaitan dengan *Adequate precision*. Pada respon rendemen didapatkan nilai sebesar 7,615. Nilai lebih besar dari 4 dapat digunakan sebagai indikator untuk sinyal yang baik. Kemudian dapat digunakan sebagai indikator bahwa model yang didapatkan merupakan pedoman *design space* yang baik. Selain itu, juga sebagai syarat model yang baik dalam prediksi (Kurnia *et al.*, 2013).

Pada Gambar 5 dapat dilihat respon rendemen secara visual. Pada setiap kombinasi antar komponen faktor, nilai untuk respon ditunjukkan oleh warna yang berbeda pada grafik. Nilai rendemen yang rendah ditunjukkan oleh garis terluar pada kontur dan area yang berwarna hijau sedangkan nilai rendemen yang tinggi ditunjukkan oleh area yang berwarna merah. Semakin dalam garis, diartikan nilai respon semakin tinggi. Respon optimal pada kontur plot ditandai dengan titik (*node*) berwarna merah. Dari hasil analisis lebih lanjut, faktor yang kecenderungannya terhadap perubahan nilai rendemen paling besar yaitu faktor maltodekstrin. Semakin banyak penambahan konsentrasi maltodekstrin, maka peningkatan rendemen akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena terjadi peningkatan total padatan akibat penambahan maltodekstrin sebagai bahan pengisi. Selain itu, terjadi peningkatan volume bahan sehingga

rendemen yang diperoleh juga semakin besar (Caparino *et al.*, 2012).

Solusi Formula Optimal dan Verifikasi Hasil Formula Terpilih

Pada Tabel 9 dapat dilihat hasil pengolahan data untuk solusi formula optimal serbuk. Berdasarkan hasil tersebut ditunjukkan bahwa 2 respon nilai *Desirability* yang dimiliki sebesar 0,86. Formula yang diperoleh dari aplikasi *Design Expert 7.1.5* adalah satu solusi. Komposisi formula tersebut yakni suhu sebesar 58,49 °C, dan konsentrasi maltodekstrin sebesar 7,31% b/b dengan nilai *desirability* sebesar 0,86. Formula optimal yang terpilih diprediksikan dengan nilai total fenol sebesar 7,69389, aktivitas antioksidan sebesar 37,6631 mg/ml per 100 mg, dan rendemen sebesar 8,73042%.

Dalam mendapatkan formula optimal, rentang, kompleksitas, dan jumlah komponen serta respon dapat memengaruhi nilai *desirability*. Rendahnya nilai *desirability* disebabkan karena semakin banyaknya komponen dan respon sehingga keadaan optimal tidak bisa tercapai. Formula optimal dengan nilai *desirability* yang tinggi sulit untuk diperoleh karena semakin besar tingkat *importance* dari suatu komponen atau respon (Natabirwa *et al.*, 2018).

Verifikasi Kondisi Optimum Hasil Prediksi Model

Formula optimal serbuk lobak terpilih selanjutnya diverifikasi untuk diketahui apakah model yang dihasilkan oleh program *Design Expert 7.1.5* dapat diprediksi untuk nilai respon dengan baik. Tujuan dari verifikasi ini adalah untuk pengujian keakuratan model dalam aplikasi kondisi empiris. Verifikasi dilakukan dengan perbandingan hasil perlakuan yang terpilih berdasarkan model terhadap optimalisasi seluruh respon (total fenol, aktivitas antioksidan, dan rendemen). Berdasarkan

Tabel 9. Solusi formula optimal yang diperoleh dari hasil optimasi

No	Suhu (°C)	Maltodekstrin (% b/b)	Total Fenol (%)	Aktivitas Antioksidan (mg/ml per 100 mg)	Rendemen (%)	Desirability
1	58,49	7,31	7,69389	37,6631	8,73042	0,86

Tabel 10. Perbandingan nilai aktual dengan nilai prediksi serbuk terpilih

Respon	Prediksi	Verifikasi	95% CI		95% PI	
			Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
Total fenol (%)	7,69391	7,88	7,57	7,82	7,37	8,01
Aktivitas antioksidan (mg/ml per 100 mg)	37,6632	37,35	36,65	38,68	35,13	40,20
Rendemen (%)	8,73037	9,25	8,33	9,13	7,73	9,73

hasil verifikasi, diperoleh bahwa formula terpilih nilai total fenol yang dimiliki sebesar 7,88%, aktivitas antioksidan sebesar 37,35 mg/ml per 100 mg, dan rendemen sebesar 9,25%. Nilai aktual hasil pengukuran dan prediksi dapat dilihat pada Tabel 10.

Berdasarkan hasil verifikasi dapat dilihat bahwa nilai respon aktivitas antioksidan sesuai dengan nilai *Confident Interval (CI)*, sedangkan respon total fenol dan rendemen dengan nilai *Prediction Interval (PI)*. Nilai prediksi diperoleh dari program *Design Expert 7.1.5*. Perkiraan rata-rata hasil pengukuran pada taraf signifikansi 5% dapat ditunjukkan dengan parameter *Confident Interval (CI)*. Pada taraf signifikansi 5%, ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama dapat ditunjukkan oleh parameter yang disebut *Prediction Interval (PI)* (Lins *et al.*, 2015). Hal ini dapat dikatakan bahwa hasil optimasi dengan faktor suhu dan maltodekstrin pada pembuatan serbuk lobak tersebut telah terverifikasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan persamaan kuadrat, respon total fenol dan aktivitas antioksidan serbuk akan turun seiring dengan peningkatan suhu dan konsentrasi maltodekstrin. Hal ini ditandai dengan nilai konstanta yang bernilai negatif. Dari hasil analisis lebih lanjut terhadap kurva yang diperoleh, faktor yang kecenderungannya berpengaruh terhadap perubahan nilai total fenol dan aktivitas antioksidan paling besar yaitu faktor suhu karena warna merah cenderung terarah pada faktor suhu. Pada respon rendemen berdasarkan persamaan matematik, rendemen serbuk akan bertambah seiring dengan peningkatan konsentrasi maltodekstrin dan akan berkurang seiring dengan peningkatan suhu, hal ini ditandai dengan nilai konstanta yang bernilai positif dan negatif. Dari hasil analisis lebih lanjut, faktor yang kecenderungannya berpengaruh terhadap perubahan nilai rendemen paling besar yaitu faktor maltodekstrin. Formula yang diperoleh dari aplikasi *Design Expert 7.1.5* adalah suhu sebesar 58,49 °C, dan konsentrasi maltodekstrin sebesar 7,31% dengan nilai *desirability* sebesar 0,86. dengan Formula tersebut diprediksikan akan didapatkan nilai total fenol sebesar 7,693%, aktivitas antioksidan (IC_{50}) sebesar 37,6631 mg/ml per 100 mg, dan rendemen sebesar 8,73042%. Berdasarkan verifikasi formula terbaik, didapatkan nilai total fenol sebesar 7,88%.

Daftar Pustaka

- Adi, L. T. (2007). *Terapi Herbal Berdasarkan Golongan Darah*. Jakarta: AgroMedia.
- Badan Pusat Statistik. (2019). Tabel Dinamis Subjek Hortikultura Produksi Tanaman Sayuran Lobak 2014-2018. Retrieved October 11, 2019, from <https://www.bps.go.id/subject/55/hortikultura.html#subjekViewTab6>
- Caparino, O. A., Tang, J., Nindo, C. I., Sablani, S. S., Powers, J. R., & Fellman, J. K. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine 'Carabao' var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 111(1), 135–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.010>
- Deshmukh, Y., Sharma, H. K., & Kumar, N. (2017). Modeling of physicochemical and functional parameters of pumpkin (*Cucurbita pepo*) powder using response surface methodology. *International Food Research Journal*, 24(5), 2071–2081.
- Fernandes, R. V. de B., Queiroz, F., Botrel, D. A., Rocha, V. V., Lima, C. F. de, & Souza, V. R. de. (2013). Foam mat drying of tomato pulp. *Bioscience Journal*, 29(4), 816–825.
- Galani, J. H. Y., Mankad, P. M., Shah, A. K., Patel, N. J., Acharya, R. R., & Talati, J. G. (2017). Effect of storage temperature on vitamin C, total phenolics, UPLC phenolic acid profile and antioxidant capacity of eleven potato (*Solanum tuberosum*) varieties. *Horticultural Plant Journal*, 3(2), 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.004>
- George, J., & Struthers, A. D. (2009). Role of urate, xanthine oxidase and the effects of allopurinol in vascular oxidative stress. *Vascular Health and Risk Management*, 5(1), 265–272. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S4265>
- Gonissen, Y., Remon, J. P., & Vervaet, C. (2008). Effect of maltodextrin and superdisintegrant in directly compressible powder mixtures prepared via co-spray drying. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 68(2), 277–282. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2007.05.004>
- Gül, A., & Pehlivan, T. (2018). Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(6), 1056–1065. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.02.011>
- Hanlon, P. R., & Barnes, D. M. (2011). Phytochemical composition and biological activity of 8 varieties of

- radish (*Raphanus sativus* L.) sprouts and mature taproots. *Journal of Food Science*, 76(1), C185–C192. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01972.x>
- Heyno, E., Mary, V., Schopfer, P., & Krieger-Liszkay, A. (2011). Oxygen activation at the plasma membrane: relation between superoxide and hydroxyl radical production by isolated membranes. *Planta*, 234(1), 35–45. <https://doi.org/10.1007/s00425-011-1379-y>
- Juwita, R., Saleh, C., & Sitorus, S. (2017). Uji aktivitas antihiperurisemia dari daun hijau tanaman pucuk merah (*Syzygium myrtifolium* Walp.) terhadap mencit jantan (*Mus musculus*). *JA (Jurnal Atomik)*, 2(1), 162–168.
- Khaleghnezhad, V., Yousefi, A. R., Tavakoli, A., & Farajmand, B. (2019). Interactive effects of abscisic acid and temperature on rosmarinic acid, total phenolic compounds, anthocyanin, carotenoid and flavonoid content of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Scientia Horticulturae*, 250, 302–309. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.057>
- Kim, K. H., Moon, E., Kim, S. Y., Choi, S. U., Lee, J. H., & Lee, K. R. (2014). 4-Methylthio-butanyl derivatives from the seeds of *Raphanus sativus* and their biological evaluation on anti-inflammatory and antitumor activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 151(1), 503–508. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.11.003>
- Kudra, T., & Ratti, C. (2008). Process and energy optimization in drying of foamed materials. *Transactions of the Tambora State Technical University*, 14(4), 812–819.
- Kurnia, Y. F., Yasni, S., & Nurtama, B. (2013). *Optimasi Formula Yoghurt dari Susu Kambing dan Jamur dengan Mixture Design dan Potensi Sifat Fungsionalnya*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lazarim, F. L., Stancanelli, M., Brenzikofer, R., & de Macedo, D. V. (2009). Understanding the glycemic index and glycemic load and their practical applications. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 37(5), 296–300. <https://doi.org/10.1002/bmb.20314>
- Lins, I. D., Droguett, E. L., Moura, M. das C., Zio, E., & Jacinto, C. M. (2015). Computing confidence and prediction intervals of industrial equipment degradation by bootstrapped support vector regression. *Reliability Engineering & System Safety*, 137, 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.res.2015.01.007>
- Muthukumaran, A., Ratti, C., & Raghavan, V. G. S. (2008). Foam-mat freeze drying of egg white—mathematical modeling part II: Freeze drying and modeling. *Drying Technology*, 26(4), 513–518. <https://doi.org/10.1080/07373930801929615>
- Natabirwa, H., Nakimbugwe, D., Lung'aho, M., & Muyonga, J. H. (2018). Optimization of Roba1 extrusion conditions and bean extrudate properties using response surface methodology and multi-response desirability function. *LWT*, 96, 411–418. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.040>
- Noreen, Z., & Ashraf, M. (2009). Changes in antioxidant enzymes and some key metabolites in some genetically diverse cultivars of radish (*Raphanus sativus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 67(2), 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.05.011>
- Patil, G., Madhusudhan, M. C., Babu, B. R., & Raghavarao, K. S. M. S. (2009). Extraction, dealcoholization and concentration of anthocyanin from red radish. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(1), 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2008.05.006>
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Viswanathan, R., Raghavan, G. S. V., & Ratti, C. (2007). Foam mat drying of alphonso mango pulp. *Drying Technology*, 25(2), 357–365. <https://doi.org/10.1080/07373930601120126>
- Sangthong, S., Weerapreeyakul, N., Lehtonen, M., Leppanen, J., & Rautio, J. (2017). High-accuracy mass spectrometry for identification of sulphur-containing bioactive constituents and flavonoids in extracts of *Raphanus sativus* var. *caudatus* Alef (Thai rat-tailed radish). *Journal of Functional Foods*, 31, 237–247. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.003>
- Senet, M. R. M., Parwata, I. M. O. A., & Sudiarta, I. W. (2017). Kandungan total fenol dan flavonoid dari buah kersen (*Muntingia calabura*) serta aktivitas antioksidannya. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 11(2), 187–193. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2017.v11.i02.p14>
- Sridhar, K., & Charles, A. L. (2019). In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH and ABTS assays: Estimation methods for EC50 using advanced statistical programs. *Food Chemistry*, 275, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.040>
- Zhang, Y., Tang, L., & Gonzalez, V. (2003). Selected isothiocyanates rapidly induce growth inhibition of cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics*,

2(10), 1045–1052. Retrieved from
<http://mct.aacrjournals.org/content/2/10/1045.abstr>
act

antioksidan cuka berbasis buah anggur Bali (*Vitis vinifera*) utuh dan tanpa kulit. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 7(2), 95–103. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13012>

Zubaidah, E., & Veronica, C. (2014). Studi aktivitas