

Optimasi Perlakuan Pendahuluan dan Pengeringan Untuk Meningkatkan Betasianin Teh Kulit Buah Naga

Mulia Winirsya Apriliyanti¹, Anang Febri Prasetyo², Budi Santoso³

[#]Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip 164 Jember

^{*}Jurusan Peternakan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip 164 Jember

[#]Alumni Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip 164 Jember

¹mulia27apriliyanti@gmail.com

³Anang_fp@yahoo.com

Abstract

Betacyanin in the dragon fruit plays a role in antioxidant activity. Antioxidants are molecules capable of slowing or preventing other molecular oxidation processes. The study was conducted with Response Surface Methodology (RSM) was used to the optimize pretreatment of dragon fruit peel tea conditions for processing of dragon fruit peel tea using response of betacyanin contents (Y_1). This method used three factors of central composite design (CCD) consisting of Na-Metabisulfite concentration (X_1 : 0.2-0.4 %), drying temperature (X_2 : 65-75 °C), and drying time (X_3 : 4-5 hours). Betacyanin content is determined by extraction of tea using water as solvent. The results showed that the pre-treatment of Na-Metabisulfite, temperature, and drying time were significant for betacyanin content, but not significant for antioxidant activity. Based on the model developed, the optimum conditions for processing dragon fruit peel tea were 0.3 % of Na-Metabisulfite pre-treatment, 70 °C of drying temperature, and 4.50 hours of drying time. These optimum conditions are predicted to obtain betacyanin content of 50.77 %. Thus, it can be concluded that the dragon fruit peel tea is a promising product as a source of antioxidant and betacyanin compounds.

Keywords—Antioxidant, Betacyanin, Dragon Fruit Peel Tea, Optimazation

I. PENDAHULUAN

Buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan buah yang banyak dibudidayakan di daerah beiklim tropis, salah satunya di negara Indonesia. Pitaya merah ungu atau buah naga mengandung senyawa fenolik yang berperan sebagai antioksidan. Betalain mempunyai peranan utama pada kapasitas antioksidan jus pitaya merah ungu sementara senyawa fenolik non-betalain menyumbang peranan yang sedikit (Esquivel dkk., 2007).

Buah naga terdiri dari bagian daging buah dan kulit. Pada umumnya kulitnya hanya sebagai limbah. Menurut Wu dkk. (2006), aktivitas antioksidan terbesar terdapat pada kulit dibandingkan dengan daging buah. Phebe dkk. (2009) dan Harivaindaram dkk. (2008) telah memanfaatkan kulit buah naga sebagai sumber pewarna alami, agen pengental, dan *moisturizer* dalam industri kosmetik. Kulit buah naga memiliki kandungan pektin 10.79%, betacyanin 150 mg/100 g (berat kering), serat larut dan tidak larut adalah 56.5% dan 14.82% (Jamilah dkk., 2011), sehingga kulit buah naga dapat dimanfaatkan sebagai teh herbal.

Prinsip pengolahan teh dengan proses pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk menghambat pertumbuhan mikroba dan mencegah perubahan biokimia. Pada saat pengeringan dengan selang waktu yang sama dapat menyebabkan perubahan kualitas seperti aroma dan tampilan serta dapat mengurangi aktivitas antioksidan (Hossain dkk., 2010). Salah satu proses untuk mencegah terjadinya kehilangan aktivitas senyawa bioaktif selama proses pengolahan atau pengeringan, dapat dilakukan pre-treatment dengan penambahan pengawet bahan makanan atau menambahkan *masking agent*. Woodward dkk., (2011) menyebutkan bahwa penambahan natrium bisulfite mampu mempertahankan kandungan antosianin sebesar 23-27% selama proses pengolahan jus anggur.

Metode pengeringan dengan oven atau dehidrator dapat digunakan untuk produk pangan. Lama waktu pengeringan dengan menggunakan oven lebih cepat dibandingkan dengan pengeringan dengan matahari. Oleh karena itu, dilakukan proses optimasi dengan penambahan konsentrasi natrium metabisulfite pada perlakuan awal, suhu dan waktu pengeringan diharapkan berpengaruh terhadap meningkatnya kadar betasianin dari teh kulit buah naga.

Penelitian ini dilakukan dengan metode *Response Surface Methodology* sehingga dapat mengetahui kondisi optimum untuk dapat diaplikasikan memproduksi (scale up) teh dari limbah kulit buah naga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Buah Naga Merah

Buah naga termasuk dalam genus *Hylocereus* yang terdiri dari sekitar 18 spesies Amerika tropis. Anggota dari genus ini adalah kaktus merambat dengan 3 batang bersudut dan biasanya dengan bunga putih yang sangat harum yang mekar di malam hari. Buah naga adalah nama umum untuk buah yang berasal dari spesies kaktus. Sebagai palawija baru, identitas taksonomi buah naga seringkali membingungkan. Klasifikasi spesies kaktus yang dapat dimakan didasarkan pada bagaimana keadaan batang, warna kulit buah, dan warna daging buah. Berdasarkan keadaan batangnya, kaktus yang dapat dimakan dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu kaktus merambat dan kaktus berkolom. Spesies kaktus merambat yang dapat dimakan terbagi menjadi 2 genus yang berbeda, yakni *Hylocereus* dan *Selenicereus*, sedangkan spesies kaktus berkolom terbagi menjadi 3 genus, yakni *Cereus*, *Pachycereus*, dan *Stenocereus* (Gunasena dkk., 2007).

Buah berukuran sedang hingga besar, berbentuk membuljur. Buah dibedakan berdasarkan kulit merahnya dengan sisik besar. Daging buah bisa berwarna putih, merah, atau kuning, dan berair, bergantung pada varietas/spesies. Buah terbentuk dari kedua ovarium (daging buah) dan kemudian melingkari ovarium (kulit). Buah dapat mengubah warna kulitnya dari hijau hingga merah sekitar 25 hari setelah anthesis. Kulit buah berubah merah penuh pada 4-5 hari kemudian setelah perubahan warna pertama. Sekitar 25-41 hari setelah anthesis, berat kering dari daging buah meningkat signifikan sedangkan berat kering kulitnya dan persentase airnya menurun. Kekerasan buah juga menurun selama periode ini. Buah naga merupakan buah yang tidak tergantung musim. Pada puncak kematangannya, buah menjadi kemerahan meskipun sisiknya tetap hijau. Buah yang telah matang, dipanen antara 30-50 hari setelah polinasi (Gunasena dkk., 2007). kandungan nutrisi daging buah dan kulit buah *Hylocereus undatus*.

Kulit buah mempunyai berat 30% - 35% dari berat buah belum dimanfaatkan dan hanya dibuang sebagai sampah sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Keunggulan kulit buah naga super merah menurut penelitian yang dilakukan oleh Wu (2006) adalah kaya polifenol dan sumber antioksidan yang baik. Bahkan menurut studi yang dilakukannya terhadap total fenol, aktivitas antioksidan dan kegiatan antiproliferasi, kulit buah naga merah adalah lebih kuat inhibitor pertumbuhan sel-sel kanker daripada dagingnya dan tidak mengandung toksik.

Natrium Bisulfit

Natrium metabisulfit berbentuk serbuk berwarna putih mudah larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol dan berbau khas seperti gas sulfur dioksida, mempunyai rasa asam dan asin. Pada konsentrasi 200 ppm bahan pengawet ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri, kapang dan khamir (Chicester dkk., 1975). Mekanisme menghambat pertumbuhan mikroba oleh senyawa sulfur adalah dengan merusak sel mikroba, mereduksi ikatan sulfit, bereaksi dengan gugus karbonil. Molekul asam sulfit yang tidak terdisosiasi akan masuk ke dalam sel mikroba. Karena sel mikroba pH nya netral, asam sulfit akan terdisosiasi sehingga dalam sel mikroba banyak terdapat ion H⁺ yang menyebabkan pH sel menjadi rendah, keadaan ini menyebabkan organ-organ sel mikroba rusak (Winarno dan Betty, 1974). Natrium metabisulfit biasa digunakan pada bahan pangan untuk mencegah pencoklatan enzimatis maupun non enzimatis, sebagai pemutih, penghambat bakteri, kapang, dan khamir (Desrosier, 1988).

Metode Pengeringan

Pengeringan pada umumnya adalah menghilangkan sebagian kandungan air dalam produk dengan menggunakan panas pada suhu di bawah titik didih. Mekanisme pengeringan dapat dipengaruhi oleh karakteristik produk, kontak antara udara panas dan permukaan produk, dan karakteristik pindah panas dan pindah massa dari luar produk ke bagian dalam produk atau sebaliknya. Optimasi pengeringan *spry-drying* untuk kulit buah naga dilaporkan oleh Baker dkk. (2013) yaitu untuk menghasilkan bubuk berwarna merah muda dengan kelarutan 93,03% dan kandungan betacyanin 87,62% sedangkan menggunakan *freeze dryng* menghasilkan kandungan betacyanin 3.60 mg/g (Liaotrakoon dkk., 2012). Kelemahan produk dari *freeze-drying* adalah kelarutan rendah, dan biaya operasi rendah, sedangkan kelemahan *spray-drying* menghasilkan produk dengan *diateary-fiber* yang rendah. Pengeringan menggunakan *drum-dryng* menghasilkan kandungan bethacyanin (41.55 mg/g dm), dan kelemahannya adalah terjadi perubahan sifat fisikokimia yang diakibatkan penggunaan suhu selama proses *drum-drying* (Chia, 2015).

Teh herbal

Teh herbal atau *herbal tea* merupakan produk minuman teh, bisa dalam bentuk tunggal atau dalam bentuk campuran herbal. Selain dikonsumsi sebagai minuman biasa, teh herbal juga dikonsumsi sebagai minuman yang berkhasiat untuk meningkatkan kesehatan. Khasiat yang dimiliki setiap teh herbal berbeda-beda, tergantung bahan bakunya. Campuran bahan baku yang digunakan merupakan herbal atau tanaman obat yang secara alami memiliki khasiat untuk membantu mengobati jenis penyakit tertentu. Teh herbal biasanya disajikan dalam bentuk kering seperti penyajian dari tanaman teh. Tanaman obat dalam bentuk

kering yang diformulasikan menjadi teh herbal dapat dimanfaatkan untuk konsumsi sehari-hari, skala rumah tangga maupun industri. Prinsip pembuatan herbal kering meliputi pencucian, pengirisan, pengeringan (Hambali dkk., 2005).

RSM (*Response Surface Methodology*)

Metode *response surface* adalah kumpulan teknik statistika dan matematika yang digunakan untuk memodelkan respons yang dipengaruhi oleh 2 atau lebih faktor (variabel bebas) dengan tujuan mengoptimalkan respons yang dimaksud. Kebanyakan rancangan percobaan empiris mengasumsikan bahwa faktor-faktor hanya memberikan efek terhadap respons secara individual, dan tidak ada interaksi antara faktor-faktor tersebut. Metode *response surface* mampu mengevaluasi adanya interaksi di antara faktor. Metode *response surface* telah digunakan secara luas di bidang kimia, biologi dan pertanian terapan untuk memrediksikan kondisi optimum dari suatu sistem (Huang dkk., 2010). Jika terdapat hubungan linear antara variabel bebas dengan respons, maka model ordo 1 dapat digunakan mengikuti persamaan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon$$

Dengan Y adalah respons, X adalah variabel bebas, β_0 adalah intersep dan β_i adalah koefisien linier dan ε adalah galat. Jika hubungan antara variabel bebas dan respons berbentuk kurva, maka model ordo 2 merupakan model yang sesuai dengan persamaan sebagai berikut.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{i < j}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

Dengan Y adalah respons, X_i dan X_j adalah variabel bebas, β_0 adalah intersep dan β_i adalah koefisien linier, β_{ii} adalah koefisien kuadrat dan ε adalah galat. Metode disain yang sering digunakan pada Metode permukaan tanggap adalah Central Composite Design (CCD) dan Box-Behnken. Metode Box-Behnken hanya dapat digunakan jika jumlah faktor yang dipelajari minimal 3, sedangkan CCD dapat digunakan dengan jumlah faktor yang dipelajari 2 atau lebih.

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar optimum dari kadar betasianin teh kulit buah naga dengan perlakuan awal dan pengeringan. Manfaat dari penelitian ini adalah diperolehnya teh kulit buah naga dengan kadar betasianin yang optimum.

IV. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan Baku yang digunakan adalah buah naga merah diperoleh dari petani Buah Naga Desa Sumbermulyo,

Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah aquades.

Alat

Alat yang digunakan dalam pengolahan teh kulit buah naga meliputi timbangan (Mettler denver AA 200), termometer, oven listrik (Memmert), *glassware*, baskom, dan sendok. Alat yang digunakan untuk analisa meliputi timbangan analitik (Mettler denver AA 200), *glassware*, spektrofotometer (Ultrospec 2100 pro), mikropipet (Socorex), dan botol vial.

Pengolahan Teh Kulit Buah Naga

Buah naga dibersihkan dan dikupas kulitnya. Setelah itu kulit buah naga dipotong-potong dan dincincang halus. Kulit buah cincang direndam dalam natrium metabisulfit dengan konsentrasi 0.2-0.4 % selama 20 menit, kemudian dikeringkan pada suhu 65-75 °C, selama 4-5 jam.

Penentuan Kadar Betasianin

Kandungan betacyanin dalam filtrat hasil ekstraksi dianalisa menggunakan nm. Kadar betacyanin (mg/ g berat kering) dihitung dengan rumus (Tze dkk., 2012) :

$$A \times DF \times MW \times V \times 100 / \varepsilon \times L \times X \times W$$

Dimana:

A : absorbansi maksimum (538 nm) yang dikoreksi dengan absorbansi pada 600 nm

DF : faktor pengenceran

MW : berat molekul betanin 550 g/mol

V : volume dari ekstrak (mL)

W : berat kering dari kulit buah naga

ε : koefisien molar dari betanin 65000 L mol⁻¹

L : tebal kuvet (1 cm) spektrofotometer dengan panjang gelombang 538.

Rancangan percobaan

Penelitian ini disusun dengan menggunakan metode rancangan CCD dari RSM (*Response Surface Methodology*) dengan 3 faktor yaitu konsentrasi na-metabisulfit (X_1 : 0.2-0.4 %), suhu pengeringan (X_2 : 65-75 °C), dan waktu pengeringan (X_3 : 4-5 jam). Respon yang diamati adalah kadar betasianin (Y_1). Dalam penelitian ini terdapat 20 perlakuan yang setiap perlakuan mengikuti rancangan percobaan CCD (Tabel 1).

Analisis Statistik

Setiap variabel respon kemudian dianalisa ANOVA satu persatu. Model ANOVA yang digunakan dapat dipilih sesuai yang disarankan oleh program yaitu model yang memiliki tingkat tertinggi dan menghasilkan nilai signifikan

ANOVA. Model ANOVA yang terdapat pada design ini adalah *Linear, Quadratic, Special Cubic*, dan *Cubic*. Model yang memberikan signifikansi pada ANOVA dan non signifikansi pada *lack of fit* dipilih untuk menganalisis variabel. Selain itu, program DX 7.0® juga memberikan fasilitas plot kenormalan residual (*normal plot of residual*) yang mengindikasikan apakah residual (selisih antara respon aktual dengan nilai respon yang diprediksikan) mengikuti garis kenormalan (garis lurus). Titik-titik data yang semakin mendekati garis kenormalan menunjukkan data yang menyebar normal, yang berarti hasil aktual akan mendekati hasil yang diprediksikan oleh program DX 7.0® (Kumari dkk., 2008).

TABEL 1. RANCANGAN PERCOBAAN DAN DATA RESPON AKTIVITAS KADAR BETASIANIN DARI RANCANGAN KOMPOSIT PUSAT

No.	Na-Meta bisulfit (%)	Pengeringan		Kadar Betasianin (%)
		Suhu (°C)	Waktu (Jam)	
1.	0.30	70.00	4.50	50.68
2.	0.40	75.00	5.00	17.94
3.	0.30	61.59	4.50	33.85
4.	0.40	65.00	5.00	21.15
5.	0.47	70.00	4.50	26.15
6.	0.20	65.00	4.00	26.57
7.	0.30	78.41	4.50	33.34
8.	0.20	75.00	5.00	30.88
9.	0.30	70.00	4.50	50.68
10.	0.30	70.00	4.50	50.60
11.	0.30	70.00	4.50	50.67
12.	0.30	70.00	4.50	50.43
13.	0.30	70.00	5.34	31.31
14.	0.20	65.00	5.00	20.48
15.	0.30	70.00	4.50	50.77
16.	0.20	75.00	4.00	25.38
17.	0.40	75.00	4.00	34.86
18.	0.40	65.00	4.00	28.18
19.	0.30	70.00	3.66	31.90
20.	0.13	70.00	4.50	29.62

V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

Analisa Respon Permukaan

Pada analisa permukaan respon menggunakan CCD terdapat beberapa model statistik yang dapat digunakan untuk menganalisa data hasil penelitian yang telah didapatkan. Beberapa model statistik yang ditawarkan dalam software *Design Expert* adalah model kuadrat, linier, 2FI (interaksi dua faktor), dan kubik. Pemilihan model yang paling sesuai untuk menentukan respon optimum berdasarkan evaluasi model dari sistem komputerisasi *Design Expert*, yaitu model urutan jumlah kuadrat (*Sequential Model Sum of Squares*), pengujian ketidaktepatan model (*Lack of Fit Tests*), dan ringkasan model statistik (*Model Summary Statistics*).

Berdasarkan tiga kriteria pemilihan model, maka model yang terpilih untuk menjelaskan hubungan antara faktor X_1 (konsentrasi natrium metabisulfit), faktor X_2

(suhu pengeringan), dan faktor X_3 (waktu pengeringan) terhadap respon (kadar betasianin) adalah model kuadrat. Setelah diperoleh model yang digunakan, dilakukan analisa ragam untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap respon tersebut. Respon pada model menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap respon kadar betasianin karena nilai p kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Menurut Cai dkk., (2007), apabila nilai p kurang dari 0,05, hal tersebut menunjukkan bahwa model bersifat signifikan.

Pengaruh Konsentrasi Natrium Metabisulfit, Suhu Pengeringan dan Waktu Pengeringan

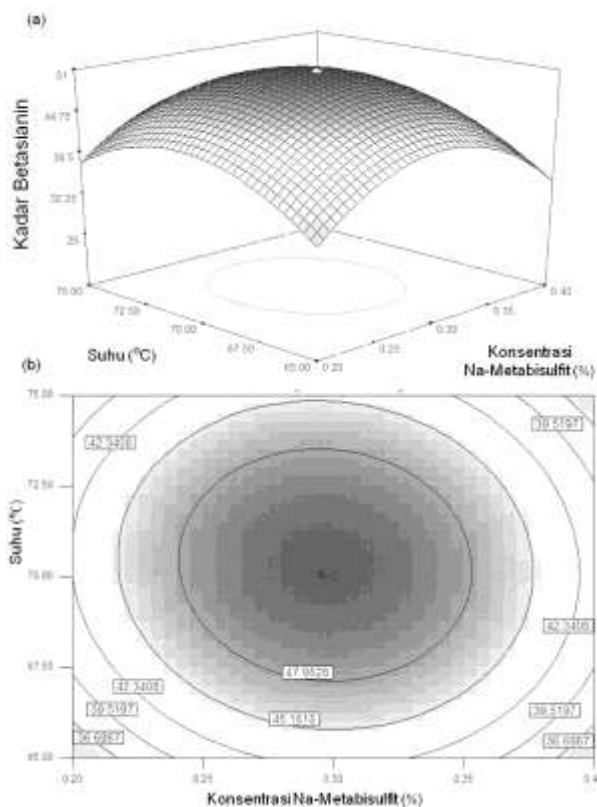
Persamaan model permukaan respon yang dihasilkan dari pengolahan data terhadap respon kadar betasianin sebagai berikut :

$$Y = 50.77 - 0.51X_1 + 0.87X_2 + 1.87X_3 - 0.72X_1X_2 - 2.92X_1X_3 + 0.21X_2X_3 - 8.92X_1^2 - 6.90X_2^2 - 7.61X_3^2$$

dengan $R^2 = 0.8845$. Nilai R^2 atau koefisien determinasi menjelaskan bahwa 88.45 % data yang dihasilkan dari penelitian merupakan pengaruh faktor-faktor perlakuan. Nilai R^2 pada model ini cukup baik, karena hanya 11.55 % dipengaruhi oleh faktor-faktor di luar perlakuan.

Respon kadar betasianin ditunjukkan pada Gambar 1. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi natrium metabisulfit dan suhu pengeringan dengan waktu aktual pengeringan 4.5 jam menunjukkan penurunan respon kadar betasianin. Kadar betasianin tertinggi dari optimasi teh kulit buah naga yaitu 50.77 % pada perlakuan konsentrasi natrium metabisulfit 0.3 %, suhu pengeringan 70°C dengan waktu 4.5 jam. Nilai kadar betasianin teh kulit buah naga ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan kulit buah naga tanpa perlakuan yaitu 19.03 %.

Hal ini menunjukkan bahwa betasianin sensitif terhadap panas. Wong dan Siow (2015) menyebutkan penambahan 0.25% asam askorbat, pH 4.0, dan pasteurisasi 65°C selama 30 menit merupakan perlakuan terbaik untuk mempertahankan betasianin dari jus buah naga merah. Woo dkk. (2011) melaporkan bahwa pengaruh panas dapat menyebabkan degradasi pigmen warna pada buah naga. Perlakuan panas 85°C menyebabkan degradasi warna pigmen sampai 30% pada awal penyimpanan.



Gambar 1. *Surface plot* (a) dan *Contour plot* (b) dari Pengaruh Konsentrasi Natrium Metabisulfat, Suhu Pengeringan dan Waktu Pengeringan terhadap Respon Kadar Betasianin

Titik Optimum Respon Kadar Betasianin

Berdasarkan solusi yang diperoleh dari sistem perhitungan *software Design Expert*, titik optimum dengan perlakuan awal konsentrasi na-metabisulfat 0.30 %, suhu pengeringan 70.25 °C, dan waktu pengeringan 4.35 jam. Dari solusi titik optimum tersebut didapatkan nilai respon optimum kadar betasianin 50.68 %.

Verifikasi Hasil Optimal

Verifikasi hasil optimum perlu dilakukan sebagai pembuktian bahwa solusi titik optimum faktor yang diberikan oleh program *Design Expert* benar-benar dapat memberikan hasil respon optimum. Verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai analisa respon pada penelitian dengan nilai respon hasil perhitungan *software Design Expert*. Dari perhitungan analisa penelitian didapatkan nilai respon kadar betasianin sebesar 50.40 % sedangkan dari perhitungan *Design Expert* sebesar 50.68 %. Perbedaan nilai respon kadar betasianin hasil verifikasi dengan perhitungan *Design Expert* sebesar 0.28 %. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena hal-hal teknis pada saat penelitian. Persentase perbedaan nilai masing-masing respon tidak terlalu besar dan nilai hasil verifikasi

hampir mendekati perhitungan *Design Expert*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wu dkk. (2006) bahwasanya perbedaan nilai prediksi dengan nilai penelitian tidak lebih dari 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa model tersebut cukup tepat untuk proses pengolahan teh kulit buah naga karena selisih nilai tidak terlalu signifikan dan solusi faktor yang diberikan oleh *Design Expert* dapat diterima.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi optimum proses pengolahan teh kulit buah naga pada perlakuan konsentrasi Natrium Metabisulfat 0.3 %, Suhu Pengeringan 70°C dengan waktu 4.5 jam dengan kadar betasianin 50.77 %. Respon kadar betasianin yang diperoleh bersifat kuadratik dengan persamaan polinomial $Y = 50.77 - 0.51X_1 + 0.87X_2 + 1.87X_3 - 0.72X_1X_2 - 2.92X_1X_3 + 0.21X_2X_3 - 8.92X_1^2 - 6.90X_2^2 - 7.61X_3^2$ Hasil prediksi yang optimal untuk respon kadar betasianin adalah 50.68 % dan 64.70 % dengan perlakuan konsentrasi na-metabisulfat 0.30 %, suhu pengeringan 70.25 °C, dan waktu pengeringan 4.35 jam.

Saran dari penelitian ini adalah perlu dilakukan uji *in vivo* pada tikus untuk mengetahui fungsional antioksidan dari teh kulit buah naga secara klinis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas Pendanaan Penelitian Dosen Pemula tahun 2017 dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP3M) Politeknik Negeri Jember.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baker J., Muhammad K, Hashim D, & Adzahan N. 2012. Spraydrying Optimization for Red Pitaya Peel (*Hylocereus polyrhizus*). Food Bioprocess Technol 6:1332-42.
- [2] Cai W, Gu X, & Tang J. 2007. Extraction and Preliminary Structure Discussion of Soluble Opuntia Milpa Alta Polysaccharide. Food Mach., 23:68-71.
- [3] Chia S.L. & G.H. Chong. 2015. Effect of Drum Drying on Physico-chemical Characteristics of Dragon Fruit Peel (*Hylocereus polyrhizus*). Int. J. Food Eng 115-124
- [4] Chicester, C.G., E.M. Mark & G.F. Sterart. 1975. Advance in Food Research. Academic Press. New York.
- [5] Desrosier, N.W. 1988. Teknologi Pengawetan Pangan. Penerjemah M. Muljoharjo. UI-Press. Jakarta.
- [6] Esquivel, P., Stintzing, F. C. & Carle, R. 2007. Phenolic Compound Profiles and their Corresponding Antioxidant Capacity of Purple Pitaya (*Hylocereus* sp.) Genotypes. Z. Naturforsch 62 (9-10): 636-644.
- [7] Gunasena, H.P.M., Pushpakumara, D.K.N.G., & Kariyawasam, M. 2007. Dragon Fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose, Underutilized fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre. New Delhi.
- [8] Hambali E, M.Z Nasution, & E. Herliana. 2005. Membuat Aneka Herbal Tea. Penebar Swadaya. Jakarta.

- [9] Hossain M.B., Barry R.C., Martin D.A.B., & Brunton N.P. (2010). Effect of Drying Method on The Antioxidant Capacity of Six Lamiaceae Herbs. *Food Chemistry*, 123: 85–91.
- [10] Huang C.L, Liao W.C, Chan C.F, Lai Y.C. 2010. Optimization for the Anthocyanin Extraction from Purple Sweet Potato Roots using Response Surface Methodology. *J. Taiwan Agric. Res* 59(3): 143-150.
- [11] Jamilah, B., Shu, C.E., Kharidah, M., Dzulkifly, M.A., & Noranizan, A. (2011). Physico-Chemical Characteristics of Red Pitaya (*Hylocereus Polyrhizus*) Peel. *International Food Research*
- [12] Kumari, K.S., Babu, I.S., and Rao, G.H. 2008. Process Optimization for Citric Acid Production from Raw Glycerol using Response Surface Methodology. *Indian Journal of Biotechnology* : 496–50.
- [13] Liaotrakoon W, De Clercq N, Lewille B, & Dewettinck K. 2012. Physicochemical Properties, Glass Transition State Diagram and (*Hylocereus spp.*) as Affected by Freeze-Drying. *Int Food Res J* 19: 743–50.
- [14] Phebe, D., Chew, M. K., Suraini, A. A., Lai, O. M. & Janna, O. A. 2009. Red-Fleshed Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) Fruit Colour and Betacyanin Content Depend on Maturity. *International Food Research Journal* 16: 233-242.
- [15] Tze, Ng. L., Chong, P. H., Yus, A. Y., Chin, N. L., & Rosnita, A. 2012. Physicochemical and Nutritional Properties of Spray-dried Pitaya Fruit Powder as Natural Colorant. *Food Sci. Biotechnol* 21(3): 675-682.
- [16] Winarno, F.G. & S.L. Betty. 1974. *Dasar Pengawetan, Sanitasi dan Keracunan*. Fatemeta IPB. Bogor.
- [17] Wong, Y.M & Siow, L.F. 2015. Effects of Heat, pH, Antioxidant, Agitation and Light on Betacyanin Stability using Red-Fleshed Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Juice and Concentrate as Models. *J Food Sci Technol*. 52(5): 3086–3092.
- [18] Woo, K.K, F.H. Ngou, L.S. Ngo, W.K. Soong & P.Y. Tang. 2011. Stability of Betalain Pigment from Red Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *American Journal of Food Technology* 6 (2): 140-148.
- [19] Woodward, G.M, Mccarthy, D., Pham-Thanh, D., & Kay, C.D. 2011. Anthocyanins Remain Stable during Commercial Blackcurrant Juice Processing. *J Food Sci* 76: S408–14.
- [20] Wu, M., Ding, H., Wang, S., & Xu, S. 2006. Optimizing Conditions for the Purification of Linoleic Acid from Sunflower Oil by Urea Complex Fractionation. *J Am Oil Chem Soc.* 85 : 677–684.