

**OPTIMALISASI FORMULASI *TORTILLA WRAP* BERBASIS TEPUNG
KACANG HIJAU (*Vigna radiata L*) MENGGUNAKAN APLIKASI *DESIGN
EXPERT* METODE *MIXTURE D-OPTIMAL***

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Rahmanah Istikomah
(13.302.0374)



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMALISASI FORMULASI *TORTILLA WRAP* BERBASIS TEPUNG
KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L) MENGGUNAKAN APLIKASI *DESIGN
EXPERT* METODE *MIXTURE D-OPTIMAL***

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Sidang Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Rahmanah Istikomah
(13.302.0374)

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Hj. Ina Siti Nurminabari., MP.

Dr. Ir. Nana Sutisna Achyadi., MP.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
INTISARI	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Kerangka Pemikiran	6
1.6. Hipotesis Penelitian	18
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	19
II. TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1. Tortila	20
2.2. Kacang Hijau	25
2.2.1. Taksonomi Kacang Hijau	29
2.2.2. Struktur Biji Kacang Hijau	29
2.2.3. Kandungan Gizi Kacang Hijau	31
2.3. Tepung Kacang Hijau	33
2.4. Tepung Tapioka	34
2.5. Air Mineral	35
2.6. Garam Dapur	36
2.7. Margarin	37
2.8. <i>Design Expert</i> Versi 10.0	38
III. METODE PENELITIAN	41

3.1. Bahan dan Alat Penelitian	41
3.2. Metode Penelitian	41
3.2.1. Penelitian Pendahuluan	42
3.2.2. Penelitian Utama	43
3.2.3. Rancangan Percobaan	48
3.2.4. Rancangan Analisis	49
3.2.5. Rancangan Respon	50
3.3. Prosedur Penelitian	52
3.3.1. Prosedur Penelitian Pendahuluan	52
3.3.1.1. Prosedur Pembuatan Tepung Kacang Hijau	52
3.3.1.2. Pengujian Kadar Protein Kacang Hijau Varietas Vima-1	53
3.3.1.3. Prosedur Uji Hedonik terhadap Formulasi <i>Trial and Error Tortilla</i> <i>Wrap</i> Berbasis Tepung Kacang Hijau	54
3.3.2. Prosedur Penelitian Utama	55
3.4. Diagram Alir	56
3.4.1. Diagram Alir Penelitian Pendahuluan	56
3.4.2. Diagram Alir Penelitian Utama	57
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan	59
4.2. Hasil Penelitian Utama	67
4.2.1. Formulasi Optimal Terpilih	67
4.2.2. Hasil Respon Kimia.....	79
4.2.3. Hasil Respon Organoleptik	91
V. KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	120

INTISARI

Tortila berasal dari kata "torta" yang berarti *cakes*. Bangsa Meksiko menyebut tortila pada setiap *cakes* yang berbahan dasar jagung dan tepung (terigu, gandum atau sorgum) yang berbentuk rata (*flat*). Karena terbuat dari jagung, kandungan proteinnya pun rendah, hanya sekitar 7%. *Tortilla Wrap* merupakan salah satu makanan setengah jadi yang perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar dihasilkan suatu produk yang terbuat dari tepung, seperti tepung terigu, dan tepung lainnya, yang kemudian setelah menjadi adonan dibentuk menjadi rata (*flat*) dan dipanggang. Pada penelitian ini *tortilla wrap* yang dihasilkan terbuat dari tepung kacang hijau varietas Vima-1 yang memiliki kandungan protein tinggi, sehingga dihasilkan produk *tortilla wrap* yang berprotein tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi yang optimal pada pembuatan produk *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau menggunakan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal*.

Penelitian yang dilakukan meliputi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dengan membuat tepung kacang hijau, pengujian kadar protein bahan baku kacang hijau varietas Vima-1, serta melakukan *trial and error* yang dapat dijadikan acuan untuk menentukan batas atas dan batas bawah. Kemudian tahap selanjutnya yaitu penelitian utama yang bertujuan untuk memperoleh formulasi optimal *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau menggunakan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal*.

Bahan baku yang digunakan untuk membuat *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau adalah tepung kacang hijau, tepung tapioka, margarin, garam, dan air. Dihasilkan 11 formulasi yang ditawarkan yang kemudian didapatkan prediksi formulasi optimal yaitu tepung kacang hijau 40,983%, tepung tapioka 21,321%, margarin 5,696%, garam 1%, dan air 31%. Formulasi tersebut diprediksikan menghasilkan kadar karbohidrat (pati) 37,509%, kadar protein 12,585%, kadar air 47,458%, warna 4,610, aroma 4,135, tekstur (kemudahan dilipat) 5,481, dan rasa 4,749, dengan nilai *desirability* (ketepatan) 0,405.

Kata kunci: *Tortilla Wrap*, Tepung Kacang Hijau, Optimasi Formulasi, *Design Expert*

ABSTRACT

Tortilla is derived from the word "torta" which means cakes. The Mexican named tortilla for any cakes made from corn and flour whether it is wheat flour, wheat or sorghum which have a flat shape. The tortilla contains low of protein because it is made from corn. It is about 7%. Tortilla Wrap is a kind of food that need to further be processed in order to produce a product which made from flour, such as wheat flour and other kinds of flour. The dough which made from flour is formed to be flat, and then it is baked. In this research, the product of Tortilla Wrap is made from green bean flour with variety of Vima-1. This kind of flour contains high protein which made the product have a high-protein. The purpose of the research is to get the optimum formulation for the production of green bean flour Tortilla Wrap using the Design Expert 10.0 program in MixtureD-Optimal method.

Research conducted includes two stages; those are preliminary research and main research. Preliminary research includes the process of producing green bean flour, testing the protein levels of green bean as a raw material in variety of Vima-1, and doing trial and error to find a reference in determining the upper limit and lower limit. The next step is doing the main research. The aim of the research is to obtain an optimal formulation of Tortilla Wrap which made from green bean flour using the Design Expert 10.0 program and Mixture D-Optimal method.

The raw materials used to make green bean Tortilla Wrap is green bean flour, tapioca flour, margarine, salt, and water. There are 11 formulations offered which obtain a prediction of optimal formulation. Those are 40,983% in green bean, 21,321% for tapioca flour, 5.696% for margarine, 1% for salt, and 31% for water. These formulations are predicted to generate the levels of carbohydrates (starch) into 37.509%, protein 12.585%, content of water 47.458%, colour 4.135, aroma 4.610, texture (ease of folded), and taste 5.481 4.749, with desirability value (precision) in 0.405.

Keywords: Tortilla Wrap, Green Beans Flour, The Optimization of The Formulation, Design Expert

I PENDAHULUAN

Bab I akan membahas tentang : 1.1. Latar Belakang Penelitian, 1.2. Identifikasi Masalah, 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian, 1.4. Manfaat Penelitian, 1.5. Kerangka Pemikiran, 1.6. Hipotesis Penelitian, dan 1.7. Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Tortila pada awalnya merupakan makanan khas dari daerah Meksiko yang berbentuk keripik dengan bahan baku jagung. Tortila merupakan salah satu produk olahan jagung hasil pemasakan alkali yang paling populer. Tortila biasanya berupa sejenis keripik atau *chips* yang terbuat dari jagung berbentuk bundar gepeng dengan ukuran ketebalan yang berbeda-beda di tiap negara, oleh karena itu tidak ada standard khusus bagi tortila (Santoso, 2008). Karena terbuat dari jagung, kandungan proteinnya pun rendah, hanya sekitar 7% (USDA National Nutrient Database for Standard Reference, 2009).

Tortila merupakan makanan pokok yang dikonsumsi dalam jumlah besar di Meksiko dan negara-negara Amerika Tengah yang terbuat dari jagung. Di Guatemala, Honduras dan Amerika Tengah, tortila juga dibuat dari sorgum dan campuran antara jagung dan sorgum (Rooney *et al*, 1980).

Tortila sebenarnya dapat dibuat dari berbagai bahan terutama yang mengandung pati atau bahan tidak berpati dengan penambahan tepung pati. Kualitas tortila ditentukan oleh proses gelatinisasi pati. Gelatinisasi pati adalah perubahan granula pati yang membengkak luar biasa, tetapi tidak dapat kembali lagi pada kondisi yang semula (Wiriono, 1999).

Selain dapat diolah menjadi keripik tortila, juga dapat diolah menjadi produk makanan setengah jadi, misalnya seperti tepung, dan kulit tortila (*tortilla wrap*). Pada umumnya tortila itu merupakan makanan ringan sejenis keripik yang dalam proses pembuatannya melalui proses ekstruksi, tetapi produk tersebut pada saat ini lebih dikenal dengan nama *tortilla chips* atau keripik tortila. Produk tortila lainnya yang terdapat di supermarket saat ini yaitu *tortilla wrap*. Biasanya *tortilla wrap* ini terbuat dari jagung yang dihancurkan ataupun dijadikan tepung terlebih dahulu dengan tambahan bahan lainnya.

Dalam rangka diversifikasi pangan, maka akan dilakukan penelitian pembuatan *tortilla wrap* dengan menggunakan tepung kacang hijau. Menurut Purwono dkk (2005), kacang hijau merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang dibudidayakan karena dapat tumbuh hampir di semua wilayah di Indonesia. Posisinya menduduki urutan ketiga setelah kedelai dan kacang tanah. Kandungan dan manfaat kacang hijau (*Vigna radiata* L) sebagai penghasil bahan makanan merupakan hal yang sangat penting, karena jenis kacang ini banyak mengandung vitamin, karbohidrat, dan protein yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan gizi masyarakat yang relatif kurang tercukupi.

Kacang hijau termasuk salah satu kacang-kacangan yang penting di Indonesia dan merupakan sumber protein yang cukup baik di samping kandungan karbohidratnya yang tinggi. Kadar protein kacang hijau mencapai 22,2% dan karbohidratnya 62,9% pada kadar air 10%. Kacang hijau juga sebagai sumber vitamin dan mineral (Prabhavat, 1990).

Kacang hijau memiliki kandungan protein yang sangat tinggi dan merupakan sumber mineral yang penting, antara lain kalsium dan fosfor, sedangkan kandungan lemaknya merupakan asam lemak tidak jenuh. Kandungan kalsium dan fosfor pada kacang hijau bermanfaat untuk memperkuat tulang. Kacang hijau juga mengandung lemak yang sangat baik bagi mereka yang ingin menghindari konsumsi lemak tinggi (Mustakim, 2013).

Kacang hijau merupakan sumber protein nabati, vitamin (A, B1, C dan E), serta beberapa zat lain yang sangat bermanfaat bagi tubuh manusia, seperti amilum, besi, belerang, kalsium, minyak lemak, mangan, magnesium, dan niasin (Purwono dkk, 2005).

Komponen karbohidrat merupakan bagian yang terbesar dalam kacang hijau. Karbohidrat tersusun atas pati, gula, dan serat kasar. Pati kacang hijau terdiri dari 28,8% amilosa dan 71,2% amilopektin. Gula kacang hijau didapatkan dalam bentuk sukrosa, fruktosa, glukosa, rafinosa, stakhiosa, dan verbakosa (Kay, 1979).

Protein dalam kacang hijau merupakan penyusun utama kedua setelah karbohidrat. Protein ini terdiri dari berbagai asam amino seperti threonine 32,6 mg, valin 41,3 mg, methionine 11,0 mg, isoleusin 32,5 mg, leusin 69,5 mg, tirosin 27,2 mg, phenilalanin 55,0 mg, lisin 65,5 mg, sistin 6,4 mg, dan triptofan 12,6 mg (Slamet et al, 1979). Menurut Payumo (1977), asam amino esensial dalam kacang hijau yang utama adalah lisin dan leusin, namun seperti jenis kacang-kacangan lain, protein kacang hijau hanya sedikit mengandung asam amino belerang (metionin dan sistin).

Penggunaan kacang hijau sangat beragam, dari olahan sederhana hingga produk olahan teknologi canggih. Di Indonesia saat ini penggunaan kacang hijau masih terbatas sebagai sayuran, soup, kecambah (tauge), bubur, minuman, makanan bayi, kue dan biskuit, soun dan tahu. Melihat jumlah penduduk Indonesia yang telah mencapai 185 juta orang dan hampir semuanya menggemari produk olahan asal kacang hijau, maka potensi permintaan pasar terhadap kacang hijau sungguh sangat besar (Sumarno, 1992).

Proses optimasi adalah suatu pendekatan normatif untuk mengidentifikasi penyelesaian terbaik dalam pengambilan keputusan suatu permasalahan. Melalui optimasi, permasalahan akan diselesaikan untuk mendapatkan hasil yang terbaik sesuai dengan batasan yang diberikan. Optimasi bertujuan meminimumkan usaha yang diperlukan atau hasil yang diharapkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari sebuah keputusan, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai proses pencapaian kondisi maksimum atau minimum dari fungsi tersebut (Susilo, 2011).

Salah satu *software* yang dapat digunakan dalam penentuan formulasi secara optimal adalah *Design Expert* digunakan untuk optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut. *Design Expert* menyediakan beberapa pilihan desain dengan fungsinya masing-masing salah satunya adalah *Mixture Design* yang berfungsi untuk menemukan formulasi optimal (Bas dan Boyaci, 2007).

Penelitian ini menggunakan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* yang digunakan untuk membantu mengoptimalkan produk atau proses.

Program ini mempunyai kekurangan yaitu proporsi dari faktor yang berbeda harus bernilai 100% sehingga merumitkan desain serta analisis *mixture design*. Program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* ini juga mempunyai kelebihan dibandingkan program olahan data yang lain. Ketelitian program ini secara numerik mencapai 0.001, dalam menentukan model matematika yang cocok untuk optimasi (Hedianti, 2014).

Program *Design Expert* ini menyediakan rancangan yang efisiensinya tinggi untuk *mixture design techniques*. Menu *mixture* yang dipakai yang dikhususkan untuk mengolah formulasi dan menentukan formulasi yang optimal. Metode yang dipakai ialah *d-optimal* yang mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi dalam meminimalisasikan masalah dan kesesuaian dalam menentukan jumlah batasan bahan yang berubah lebih dari 2 respon (Cornell, 1990).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini yaitu apakah penggunaan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* dalam pembuatan *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau dapat diperoleh formulasi optimal ?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilakukan penelitian ini adalah untuk mempelajari dan mengetahui formulasi optimal pembuatan produk *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau menggunakan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal*.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi yang optimal pada pembuatan produk *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau menggunakan program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal*.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui formulasi *tortilla wrap* berbasis tepung kacang hijau yang paling optimal dan yang paling disukai oleh konsumen
2. Penganekaragaman produk hasil olahan dari kacang hijau

1.5. Kerangka Pemikiran

Menurut Santoso (2008), tortila pada awalnya merupakan makanan khas dari daerah Meksiko berbentuk keripik dengan bahan baku jagung. Tortila merupakan salah satu produk olahan jagung hasil pemasakan alkali yang paling populer. Tortila biasanya berupa sejenis keripik atau *chips* yang terbuat dari jagung berbentuk bundar gepeng dengan ukuran ketebalan yang berbeda-beda di tiap Negara, oleh karena itu tidak ada standar khusus bagi tortila.

Menurut Wiriono (1999), tortila sebenarnya dapat dibuat dari berbagai bahan terutama yang mengandung pati atau bahan tidak berpati dengan penambahan tepung pati. Kualitas tortila ditentukan oleh proses gelatinisasi pati. Gelatinisasi pati adalah perubahan granula pati yang membengkak luar biasa, tetapi tidak dapat kembali lagi pada kondisi yang semula.

Manurut Cahyani (2010) substitusi *snack* rendah protein dengan sereal lain yang tinggi protein berpeluang baik karena sereal mempunyai karakteristik fisik dan sensori yang hampir sama.

Menurut Fathiarisa (2016) dalam penelitiannya tentang Studi Pembuatan *Tortilla Chips* Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan *Snack Food*, didapatkan formulasi sebagai berikut, tempe 100 g, tepung maizena 10 g, air 5 ml, dan pewarna makanan 1 ml. Hal tersebut dilihat berdasarkan warna yang dihasilkan yaitu kekuningan dengan tekstur yang renyah namun tidak padat menyerupai *tortilla chips* komersial. Warna kekuningan dihasilkan dari penggunaan pewarna makanan. Pewarna makanan yang digunakan dalam *tortilla* tempe termasuk ke dalam kelompok pewarna sintetis yang diizinkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 033 Tahun 2012 tentang Bahan Tambah Pangan (Depkes RI 2012).

Menurut Febrianto et al (2014), penggunaan soda kue pada pembuatan *tortilla chips* dapat memperbaiki tekstur pada produk yang dihasilkan. Namun penggunaannya pada *tortilla* berbahan dasar tempe tidak mempengaruhi teksturnya.

Menurut Cartonno (1993), prosedur pembuatan tortila sorgum adalah sebagai berikut :

1. Biji sorgum dari varietas Birdproof, UPCA-S₁ dan UPCA-S₂ yang telah dibersihkan dari kotoran dan bahan-bahan lain ditimbang masing-masing 200 gram, demikian juga dengan biji sosoh dengan rendemen 80%.
2. Sorgum kemudian dibersihkan dengan air ± 3 menit.
3. Sorgum bersih kemudian dimasak dalam larutan kapur konsentrasi 0,1% kapur berdasarkan penelitian pendahuluan pada suhu ± 100°C selama 35 menit untuk biji utuh dan 10 menit untuk biji sosoh dengan rendemen 80%. Pada

penelitian lanjutan ditetapkan waktu yang paling tepat berdasarkan penelitian pendahuluan.

4. Sorgum masak dituang ke dalam wadah plastik dan dibiarkan ± 5 menit, supernatan kemudian dibuang dan nikstamal dibersihkan dengan menggunakan air sebanyak 4000 ml.
5. Nikstamal bersih kemudian ditiriskan selama 5 menit kemudian dimasukkan ke dalam *food processor*. Tambahkan 1,25% garam, lalu digiling sampai diperoleh adonan yang halus.
6. Adonan diroller atau ditipiskan $\pm 1,5 - 2$ mm dengan menggunakan botol dan plastik, kemudian dipotong dengan ukuran 1,5 x 2 cm dan dipindahkan ke atas nampan serta dikeringkan pada oven blower selama 2 jam pada suhu 45°C.
7. Untuk pemberian suplementasi tepung kedelai diberikan sebelum digiling dengan alat *food processor* yaitu sebanyak 0%, 5%, dan 10% berat sorgum mentah.
8. Tortila mentah yang sudah kering kemudian digoreng pada suhu 180°C - 190°C selama ± 5 detik menghasilkan tortila matang.

Menurut Wahyuni (2008), formulasi pembuatan *Tortilla Corn Chips* dengan penambahan tepung putih telur yaitu grits jagung 80 g (50,12%), tepung putih telur 7,6 g (4,76%), garam 2 g (1,25%), gula 20 g (12,54%), dan tepung tapioka 50 g (31,33%).

Menurut Khasanah (2003) dalam penelitiannya tentang *tortilla corn chips* dengan penambahan tepung putih telur, terdapat empat formulasi pembuatan *tortilla corn chips* dengan penambahan tepung putih telur yang terdiri dari grits

jagung, tepung putih telur, garam, gula, dan tepung tapioka. Formulasi pertama yaitu 52,6:0:1,3:13,2:32,9, formulasi kedua 50,12:4,76:1,25:12,54:31,33, formulasi ketiga 47,86:9,09:1,2:11,95:29,9, dan formulasi keempat yaitu 45,77:13,04:1,14:11,44:28,7.

Menurut Arianto (2013) dalam penelitiannya tentang *flakes* kacang hijau, kacang hijau yang diperoleh dicuci dengan air mengalir dan disortasi kacang hijau yang mengambang dibuang. Hasil sortasi direndam dalam air selama 8 sampai 10 jam pada suhu ruang. Kacang hijau hasil perendaman ditiriskan, kemudian dikupas kulitnya. Kacang dikukus lalu didiamkan di suhu ruang untuk selanjutnya digiling. Kacang hasil giling dimasukkan ke dalam *drum dryer* dengan suhu drum sekitar 140-142°C. *Flakes* yang dihasilkan dimasukkan ke dalam plastik PP untuk selanjutnya disimpan di dalam ruangan yang diatur suhunya.

Menurut Arianto (2013) dalam penelitiannya tentang *flakes* kacang hijau, suhu pengukusan yang digunakan dalam pembuatan *flakes* kacang hijau sekitar 100°C. Waktu pengukusan yang dipilih adalah sekitar 10 menit. Waktu pengukusan yang digunakan berbeda antara biji yang dikupas kulit dan yang tidak dikupas kulit. Perbedaan suhu pengukusan berdasarkan pada perbedaan penetrasi panas pada biji kacang, dimana dengan adanya kulit yang menempel pada biji kacang menghambat penyerapan panas pada biji kacang. Waktu tersebut dipilih karena berdasarkan pengamatan apabila dikukus lebih lama, biji kacang sudah menunjukkan tanda-tanda matang yang artinya sebagian besar pati sudah melewati titik gelatinisasi.

Menurut Fathiarisa (2016) dalam penelitiannya tentang Studi Pembuatan *Tortilla Chips* Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan *Snack Food*, pada formulasi terpilih adonan yang dihasilkan juga mudah dicetak. Hal ini disebabkan oleh penggunaan air dalam adonan dapat membentuk adonan yang kompak. Penggunaan minyak pada adonan *tortilla* tempe dapat menyebabkan pencetakan menjadi sedikit sulit karena tidak terbentuknya adonan yang kurang kompak.

Menurut Fathiarisa (2016) dalam penelitiannya tentang Studi Pembuatan *Tortilla Chips* Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan *Snack Food*, penggunaan tepung roti ke dalam adonan dapat menghasilkan penampakan menyerupai *tortilla chips* komersial. Namun formulasi dengan penggunaan tepung roti tidak dipilih karena adonan yang dihasilkan menjadi lebih keras dan sulit dicetak.

Menurut Tiaraswara (2016), penentuan optimalisasi formulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya Metode Simplex dengan Pemrograman Linier, *Software Lindo*, fasilitas *Solver* pada Microsoft Excel, dan *Design Expert 10* metode *Mixture D-Optimal*.

Menurut Tiaraswara (2016), Metode Simplex merupakan salah satu teknik penyelesaian dengan program linier yang digunakan sebagai teknik pengambilan keputusan dalam permasalahan yang berhubungan dengan pengalokasian sumber daya secara optimal. Metode Simplex digunakan untuk mencari nilai optimal dari program linier yang melibatkan banyak pembatas dan variabel. Metode ini memiliki kelemahan yakni hasil yang diinginkan ditunjukkan sebagai maksimasi dari beberapa ukuran profit, penjualan dan kesejahteraan, atau minimasi pada

biaya, sedangkan jika diaplikasikan dalam teknologi pangan keputusan hasil optimal metode ini tidak berdasarkan kandungan gizinya.

Menurut Riskameilani (2012) dalam Tiaraswara (2016), Lindo (*Linier Ineraktive Discrete Optimizer*) adalah software yang dapat digunakan untuk mencari penyelesaian dari masalah pemrograman linier. Dengan menggunakan software ini memungkinkan perhitungan masalah pemrograman linier dengan variabel. Prinsip kerja utama Lindo adalah memasukkan data, menyelesaikan, serta menaksirkan kebenaran dan kelayakan data berdasarkan penyelesaiannya. Menurut Linus Schrage (1991), perhitungan yang digunakan pada Lindo pada dasarnya menggunakan metode simplex. Kegunaan utama dari program Lindo adalah untuk mencari penyelesaian dari masalah linier dengan cepat dengan memasukkan data yang berupa rumusan dalam bentuk linier. Lindo memberikan banyak manfaat dan kemudahan dalam memecahkan masalah optimasi dan minimasi. Kelemahan program ini adalah perhitungan yang digunakan pada Lindo pada dasarnya menggunakan metode simplex dan formulasi untuk produk tidak ditetapkan oleh program sehingga harus menentukan formulasi produk tersebut, Program Lindo pun tidak memberikan indikasi bahwa masalah *linier programming* yang ditinjau memiliki *alternative optimal solution*. Pemakai harus mengidentifikasi sendiri masalah *linier programming* yang ditinjau memiliki *alternative optimal solution*. Program Lindo pun berfokus pada penyelesaian masalah linier yang berhubungan dengan minimalisasi biaya, bahan dan maksimalkan hasil yang didapat. Hasil yang didapat tidak berdasarkan respon atau analisis.

Menurut Riskameilani (2012) dalam Tiaraswara (2016), Solver merupakan salah satu fasilitas tambahan atau optimal yang disediakan oleh Microsoft Excel yang berguna untuk memecahkan masalah-masalah optimasi suatu formula pada satu sel saja (yang biasa disebut sebagai sel target) pada *worksheet* atau lembar kerja dari satu atau beberapa batasan yang bias ditentukan. Solver dapat digunakan untuk mengatasi berbagai permasalahan *linier programming* maupun *non-linier programming*. Kelemahan dari Solver adalah sewaktu-waktu Solver dapat berhenti sebelum menentukan solusi dari suatu permasalahan, tidak mendapatkan solusi yang diinginkan, solusi yang ditentukan Solver berbeda dengan hasil sebelumnya, dan Solver tidak dapat menjangkau solusi optimal. Selain itu hasilnya pun kurang teliti.

Menurut Bas (2007) dalam Tiaraswara (2016), *Design Expert* digunakan untuk optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut, dengan menentukan bahan-bahan yang membuat suatu formulasi paling baik mengenai variabel yang ditentukan.

Menurut Saleha (2016), *Design Expert* 10.0 merupakan perangkat lunak yang menyediakan rancangan percobaan (*design of experiment*) untuk melakukan optimasi rancangan produk dan proses. Program komputer ini memberikan beberapa rancangan produk dan proses. Program komputer ini memberikan beberapa rancangan statistik yang digunakan di dalam proses optimasi seperti *Factorial Design, Response Surface Methods, Mixture Design, Combined Design (combine process variables, mixture components, and categorical factors)*.

Menurut Anonin (2005), masing-masing jenis desain ini memiliki fungsi yang berbeda-beda yang penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. *Factorial Design* digunakan untuk menentukan faktor yang penting dan berpengaruh terhadap suatu produk atau proses. *Respon Surface Methods* (RSM) *Design* digunakan untuk pengaturan proses yang ideal untuk mendapatkan performa yang optimum. *Mixture Design* digunakan untuk optimasi formula dari serangkaian campuran komponen yang ditetapkan. *Combined Design* digunakan untuk menggabungkan variabel proses dan campuran komponen penyusun suatu produk dalam suatu proses.

Menurut Nugroho (2016), kekurangan-kekurangan yang dimiliki program optimasi yang telah diuraikan di atas dapat diselesaikan oleh *Design Expert 10.0*. *Design Expert* menyediakan beberapa pilihan desain dengan fungsinya masing-masing, salah satunya adalah *Mixture Design* yang berfungsi untuk menemukan formulasi optimal. Pilihan ini sesuai dengan pengguna yang dapat menentukan optimasi formulasi dari berbagai bahan dimana bahan yang dapat digunakan mencapai 24. Bahan dan batasan setiap bahan dapat ditentukan lebih fleksibel dimana semua bahan dapat dilakukan pembatasan atau hanya beberapa bahan yang artinya terdapat batasan tetap dan batasan berubah. Bahan dapat dibuat tetap sesuai keinginan pengguna dan bahan dapat dibatasi baik batas bawah atau batas atas yang dapat disesuaikan dengan ketersediaan bahan, kemampuan bahan, dan kandungan bahan. Ada beberapa pilihan dalam *Mixture Design* yaitu *Simplex Lattice*, *Simplex Centroid*, *D-Optimal*, *Distance Based*, *Used Defined*, dan *Historical Data*. *D-Optimal* merupakan pilihan desain dari *Mixture* yang bersifat

fleksibel dimana apabila semua pilihan dalam *Mixture* mengalami kendala maka program akan menyarankan menggunakan *D-Optimal*. Program *Design Expert* 10.0 terdapat empat pilihan model polinomial untuk setiap respon, yaitu mean, linier, kuadratik, dan kubik. Program *Design Expert* 10.0 menentukan ordo persamaan polinomial yang tertinggi untuk setiap variabel responnya.

Menurut Nugroho (2016), program *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* dapat secara otomatis menampilkan jumlah formulasi yang sesuai dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* juga memiliki ketelitian yang tinggi secara *numeric* hingga mencapai 0,001, dalam menentukan model matematik yang cocok untuk optimasi program ini akan menentukan rekomendasi berdasarkan nilai F dan R_2 terbaik dari data respon yang telah diukur dan dimasukkan ke rancangan, penentuan formulasi optimal berdasarkan respon yang diinginkan sesuai dengan standard produk yang ada membantu pemakai membuat formulasi yang dapat diterima masyarakat dan sesuai standard. Respon yang dapat ditentukan pun banyak dapat mencapai 999 respon yang artinya formulasi produk yang ingin dihasilkan dapat lebih berkualitas dan disesuaikan dengan respon yang ada dalam standard tertentu, jadi formulasi yang telah di keluarkan program dapat ditinjau hasilnya berdasarkan semua respon dan dijadikan formulasi optimal.

Menurut Nugroho (2016), *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* menyediakan fitur lengkap seperti ANAVA yang sangat berguna bagi peneliti. Suatu variabel respon dapat dikatakan berbeda nyata atau signifikan pada taraf signifikansi 5 % apabila “ $\text{prob}>F$ ” hasil analisis ragam lebih kecil dari taraf signifikansi tersebut.

Variabel respon yang memiliki hasil analisis ragam berbeda nyata menunjukkan bahwa variabel uji memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon kombinasi tersebut sehingga dapat digunakan sebagai model prediksi. Model yang dianggap paling sesuai akan ditampilkan di dalam sebuah *contour plot* (grafik dua dimensi) atau grafik tiga dimensi. Selain fitur ANAVA *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* menyediakan *summary* atau rangkuman dari data yang telah didapat lengkap dengan standard deviasi, nilai *minimum*, *maximum*, dan *mean*, sehingga pengguna tidak perlu menghitung lama dan hasil yang didapat sangat lengkap dan cepat.

Menurut Nugroho (2016), *Design Expert* 10.0 metode *Mixture D-Optimal* menampilkan hasil optimalisasi berdasarkan setiap respon dan dapat memprediksikan hasil setiap respon apakah sesuai dengan hasil analisis respon terbaik yang telah dilakukan, dan untuk mengetahui formulasi optimal berdasarkan seluruh respon program akan menyediakan fitur *solution*, dimana fitur ini bertujuan memberikan informasi tentang formulasi yang terpilih menurut program yang telah dirangkum berdasarkan kesimpulan seluruh respon. Hasil optimalisasi formulasi yang ditampilkan fitur *solution* dapat ditentukan kriteria sesuai dengan keinginan pengguna yang artinya solusi yang dikeluarkan akan disesuaikan dengan keinginan hasil respon analisis, sebagai contoh pengguna yang ingin formulasi optimal memiliki kadar air sesuai dengan standard SNI dapat dilakukan, begitu pun respon yang lain seperti respon fisik dan organoleptik, sehingga formulasi optimal yang didapat akan sesuai dengan standard yang diinginkan tetapi tetap diterima konsumen. Selain memberikan solusi formulasi

optimal berdasarkan hasil respon, solusi pun memberikan prediksi hasil respon dari formulasi optimal yang terpilih.

Menurut Cornell (1990), penggabungan beberapa *ingredient* atau bahan baku dilakukan untuk menghasilkan suatu produk pangan yang dapat dinikmati, contohnya formulasi dalam pembuatan kue yang tersusun atas campuran *baking powder*, *shortening*, tepung, gula, dan air. Hasil akhir produk tersebut tentunya dipengaruhi oleh presentase atau proporsi relatif masing-masing *ingredient* yang ada dalam formulasi. Alasan lain penggabungan beberapa *ingredient* dalam *mixture experiment/mixture design* adalah untuk melihat apakah pencampuran dua komponen atau lebih tersebut mampu menghasilkan produk akhir dengan sifat yang lebih diinginkan, dibandingkan dengan penggunaan *ingredient* tunggalnya dalam menghasilkan produk yang sama.

Menurut Cornell (1990), apabila diamati lebih lanjut, terdapat relasi fungsional antar *ingredient* penyusun dan dengan adanya perubahan proporsi relatif *ingredient* tersebut akan menghasilkan produk dengan respon yang berbeda. Kombinasi *ingredient* yang dipilih tentunya adalah kombinasi *ingredient* yang dapat menghasilkan produk dengan respon maksimal sesuai yang diharapkan oleh perancang. Penggunaan *Mixture Experiment* dalam merancang suatu percobaan untuk mendapatkan kombinasi yang optimal dirasakan mampu menjawab permasalahan dilihat dari segi waktu (mengurangi jumlah *trial and error* rancangan) dan biaya.

Menurut Cornell (1990), *Mixture Experiment* merupakan suatu metode perancangan percobaan kumpulan dari teknik matematika dan statistika dimana

variabel respon diasumsikan hanya bergantung pada proporsi relatif *ingredient* penyusunnya, dan bukan dari jumlah total campuran *ingredient* tersebut. Salah satu tujuan penggunaan perancangan percobaan ini adalah untuk mengoptimalkan respon yang diinginkan. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa variabel respon merupakan fungsi dari proporsi relatif setiap komponen atau bahan penyusun dalam suatu formula.

Menurut Cornell (1990), *Mixture Experiment* terdiri dari enam tahap utama. Enam tahap tersebut yaitu menentukan tujuan percobaan (misalnya untuk optimasi formula), memilih *ingredient* penyusun yang dianggap memberikan pengaruh nyata terhadap variabel respon produk akhir, menentukan batas atas dan batas bawah berupa proporsi relatif masing-masing *ingredient* penyusun campuran, menentukan variabel respon yang diinginkan, membuat model yang sesuai untuk mengolah data dari respon, dan memilih desain percobaan yang sesuai.

D-Optimal merupakan pilihan *design* dalam *Mixture* yang bersifat fleksibel dimana apabila semua pilihan *design* dalam *Mixture* mengalami kendala maka program akan menyarankan menggunakan *D-Optimal* (Sahid, 2015).

Menurut Sahid (2015) proses optimasi adalah suatu pendekatan alternatif normatif untuk mengidentifikasi penyelesaian terbaik dalam pengambilan keputusan suatu permasalahan. Melalui optimasi, permasalahan akan diselesaikan untuk mendapatkan hasil yang terbaik sesuai dengan batasan yang diberikan. Optimasi bertujuan menurunkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan meningkatkan hasil yang diinginkan. Jika usaha yang diperlukan atau hasil yang

diharapkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari sebuah keputusan, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai proses pencapaian kondisi maksimum atau minimum dari fungsi tersebut. Optimasi pada salah satu atau seluruh aspek produk adalah tujuan dari pengembangan produk. Hasil evaluasi sensori sering digunakan dalam menentukan apakah produk yang optimum telah dikembangkan dengan benar.

Metode *Mixture Experiment* sering kali diterapkan dalam mengoptimasi formula suatu produk. *Mixture Experiment* merupakan kumpulan dari teknik matematika dan statistika yang berguna untuk pemodelan dan analisis masalah suatu respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah mengoptimal respon tersebut. Respon yang digunakan dalam *Mixture Experiment* adalah fungsi dan proporsi perbedaan komponen atau bahan dalam suatu formula (Sahid, 2015).

Menurut Fadli (2009), *output* dari software rancangan percobaan ini adalah sederet formula yang akan dibuat dan diukur tiap responnya. Penentuan formula optimum dilakukan berdasarkan respon yang diinginkan dengan pilihan maksimum, minimum, dan dalam kisaran tertentu dari setiap respon. Formula optimum akan ditentukan berdasarkan respon target yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil *output* dari *software* ini ditentukan dari skor kesukaan (*Desirability*). Semakin tinggi nilai *desirability* akan semakin optimum formula yang dibuat.

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan didukung oleh kerangka pemikiran dapat diajukan hipotesis, bahwa diduga penentuan formulasi optimal

tortilla wrap berbasis tepung kacang hijau dapat menggunakan aplikasi program *Design Expert 10.0* metode *Mixture D-Optimal*.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung Jalan Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung pada bulan November 2017 – Januari 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Al' Afif, M. A. 2015. **Karakteristik Pati Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus L*) dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Pembuatan Puding Susu.** Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Alfianis, R. 2017. **Perbedaan dan Persamaan antara Mentega dan Margarin.** Tersedia dalam <http://jokowarino.id>. Diakses pada tanggal 11 September 2017.
- Andristian, A. 2014. **Kajian Karakteristik Sensoris dan Fisikokimia Opak Ketan (*Oryza sativa glutinosa*) yang Difortifikasi dengan Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*).** Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Anonim. 2005. **Design Expert 7.1 Tutorial.** Stat-ease, Inc. Terdapat dalam Fadli, M. A. 2009. **Optimasi Formulasi dan Evaluasi Minuman Berprotein Tinggi Berbasis Isolat Protein Kedelai dan Sweet Whey.** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Arianto, C. R. 2013. **Perencanaan Proses Pembuatan Flakes kacang Hijau (*Vigna radiata*) di PT. Garudafood Putra Putri Jaya.** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Astawan, M. 2009. **Sehat dengan Hidangan Kacang & Biji-bijian.** Penebar Swadaya: Jakarta.
- Astawan, M. 2005. **Jangan Takut Mengonsumsi Mentega dan Margarin.** Departemen of Food Science and Technology. Faculty of Agricultural Technology and Engineering Bogor Agricultural University. Tersedia dalam Darmawan, E. W. 2013. **Kualitas Selai Lembaran Durian (*Durio zibethinus Murr.*) dengan Kombinasi Daging Buah dan Albedo Durian.** Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- [BB Biogen] Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik. 2014. **Deskripsi Varietas Unggul Kacang Hijau 1945-2014.** BB Biogen. Bogor.
- Bas, D., dan I. H. Boyaci. 2007. **Modeling and Optimization I: Usability of Response Surface Methodology.** J Food Eng 78:836-845. Tersedia dalam Faizal, R., E. Sutrisno, dan Y. Ikrawan. **Optimalisasi Formulasi Tepung Hanjeli dan Tepung Kacang Merah terhadap Karakteristik Food Bar dengan Menggunakan Design Expert D-Optimal (Skripsi).** Fakultas Teknik, Universitas Pasundan: Bandung.

- Bas, D., dan I. H. Boyaci. 2007. *Modeling and Optimization I: Usability of Response Surface Methodology*. J Food Eng 78:836-845. Tersedia dalam Tiaraswara, R. A., Y. Taufik, dan L. H. Afrianti. 2016. **Optimalisasi Formulasi Hard Candy Ekstrak Daun Mulberry (*Morus sp.*) dengan Menggunakan Design Expert Metode D-Optimal**. Universitas Pasundan. Bandung.
- Bestari, D. M., dan S. A. Pujonarti. 2013. **Pengaruh Substitusi Kacang Merah terhadap Kandungan Gizi dan Uji Hedonik pada Tortilla Chips**. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Bressani, R., R. Fernandez, L. G. Elias, dan J. E. Braham. 1982. *Trypsin Inhibitor and Hemagglutinin in Bean (*Phaseolus vulgaris*) and their relationship with The Content of Tannin and Associated Polyphenols*. J. Agric. Food Chem. Tersedia dalam Belinda. 2009. **Evaluasi Mutu Cookies Campuran Tepung Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*, Linn) dan Beras (*Oryza sativa*) sebagai Pangan Tambahan bagi Ibu Hamil**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet, dan M. Wootton. 1987. **Ilmu Pangan**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cahyani, W. 2010. **Substitusi Jagung (*Zea mays*) dengan Jali (*Coix Lacrym-jobi L.*) pada Pembuatan Tortilla : Kajian Karakteristik Kimia dan Sensori**. Universitas Sebelas Maret. Surakarta Jawa Tengah.
- Candra, A. H. 2016. **Air Mineral**. Tersedia dalam <http://depoairminumtirtamassurabaya.blogspot.co.id>. Diakses pada tanggal 11 September 2017.
- Cartono. 1993. **Varietas, Penyosohan dan Suplementasi Tepung Kedelai dalam Pembuatan Tortilla Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*)**. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Cornell, J. A. 1990. *Experiments with Mixtures, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc.* New York. Chichester. Brisbane. Toronto. Singapore.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2012. **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 003 Tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Makanan**. Depkes RI. Jakarta. Terdapat dalam Fathiarisa, N. A. 2016. **Studi Pembuatan Tortilla Chips Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan Snack Food**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Elfianis, R. 2017. **Perbedaan dan Persamaan antara Mentega dan Margarin**. Tersedia dalam jokowarino.id. Diakses pada tanggal 11 September 2017.
- Fadli, M. A. 2009. **Optimasi Formula dan Evaluasi Mutu Minuman Berprotein Tinggi Berbasis Isolat Protein Kedelai dan Sweet Whey**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fathiarisa, N. A. 2016. **Studi Pembuatan Tortilla Chips Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan Snack Food**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Febrianto A., Basito, dan C. Anam. 2014. **Kajian Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Tortilla Corn Chips dengan Variasi Larutan Alkali pada Proses Nikstamalisasi Jagung**. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan. Tersedia dalam Fathiarisa, N. A. 2016. **Studi Pembuatan Tortilla Chips Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan Snack Food**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gomez, M.H., J. K. Lee, C. M. McDonough, R. D. Waniska, dan L. W. Rooney. 1992. **Corn Starch Changes During Tortilla and Tortilla Chip Processing**. Journal of Cereal Chemistry. Tersedia dalam Perana, A. W. 2003. **Penambahan Ikan Teri (*Slo/Ephorus spy*) sebagai Sumber Protein dalam Pembuatan Tortilla Chips**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hidayat, R. M. T. 2008. **Karakteristik Fisik dan Organoleptik Tortilla Corn Chips dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Skripsi. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tersedia dalam Huda, S. 2010. **Karakteristik Fisik Tortilla Corn Chips yang Disuplementasi Tepung Putih Telur selama Penyimpanan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hedianti, P., Y. Taufik, dan Y. Garnida. 2014. **Optimasi Formulasi Kecap Kacang Koro Pedang dengan Design Expert Metode D-Optimal**. Universitas Pasundan Bandung. Bandung.
- Hoseney RC. 1998. **Principal of Cereal Science and Technology**. Connecticut (USA): American Association of Cereal Chemist. Tersedia dalam Fathiarisa, N. A. 2016. **Studi Pembuatan Tortilla Chips Berbahan Dasar Tempe sebagai Olahan Snack Food**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kaur M., K. S. Sandhu, R. P. Ahlawat, dan S. Sharma. 2013. **In Vitro Starch Digestibility, Pasting And Textural Properties Of Mung Bean: Effect Of Different Processing Methods**. Journal food science and technology. Tersedia dalam Yuliani, H. 2015. **Karakteristik Fisikokimia dan Daya Cerna Pati Mi Kering Sagu dengan Substitusi Tepung kacang Hijau (Tesis)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Kartika, B., P. Hastuti, dan W. Supartono. 1988. **Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan**. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Yogyakarta.
- Kay, D. E. 1979. *Food Legumes*. TPI Crop and Product Digest No. 3. London. Tersedia dalam Trustinab. 1992. **Kacang Hijau**. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Malang.
- Khasanah, U. 2003. **Formulasi, karakterisasi fisiko-kimia dan organoleptik produk makanan sarapan ubi jalar (*Sweet Potato Flakes*)**. Skripsi. Fateta-IPB. Bogor. Terdapat dalam Wahyuni, L. 2008. **Komposisi Kimia dan Karakteristik Protein *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lestari., F. 2007. **Substitusi Tepung Ubi Jalar Ungu dan Penambahan NaHCO₃ pada Pembuatan Tortilla Chips**. Skripsi Teknologi Pangan UPN “Veteran” Jawa Timur . Surabaya. Terdapat dalam Setiawan, E. B. 2011. **Efektivitas Penambahan NaHCO₃ pada Pembuatan Tortilla Substitusi Ampas Tahu**. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Jawa Timur
- Linus, S. 1991. *Lindo. An Optimization Modelling System*. Chicago: The Scientific Press. Tersedia dalam Tiaraswara, R. A., Y. Taufik, dan L. H. Afrianti. 2016. **Optimalisasi Formulasi *Hard Candy* Ekstrak Daun Mulberry (*Morus sp.*) dengan Menggunakan *Design Expert* Metode *D-Optimal***. Universitas Pasundan. Bandung.
- Muchtadi, D. 1993. **Teknik Evaluasi Nilai Gizi Protein**. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mulyandari, S. H. 1992. **Kajian Perbandingan Sifat-Sifat Pati Umbi-Umbian dan Pati Biji-Bijian**. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tersedia dalam Hidayat, R. M. T. 2008. **Karakteristik Fisik dan Organoleptik *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mustakim, M. 2013. **Budidaya Kacang Hijau**. Pustaka Baru Press. Bantul.
- Narayana, K., dan M. S. N. Rao. 1982. **Functional Properties of Raw and Heat Processed Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) flour**. J. Food Sci. Tersedia dalam Ramdhani, A. 2010. **Optimasi Pembuatan Tahu Berbahan Dasar Biji Kecapir (*Psophocarpus tetranogobulus L.*) dan Kedelai (*Glycine max (L.) Merr.*)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nugroho, R. A. Tiaraswara, Y. Taufik, dan L. H. Afrianti. 2016. **Optimalisasi Formulasi *Hard Candy* Ekstrak Daun Mulberry (*Morus sp.*) dengan**

Menggunakan *Design Expert* Metode *D-Optimal*. Universitas Pasundan. Bandung.

Nurhayati, D. P., Y. Taufik, dan Y. Garnida. 2016. **Optimalisasi *Edam Cheese*, *Natural Cheddar Cheese Isolat Soy Protein* Terhadap *Spreadable Cheese Analogue* Menggunakan Aplikasi *Design Expert (Mixture Design)***. Program Studi Teknologi pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung. Tersedia dalam Saleha, N. M., T. Gozali, dan E. T. Sutrisno. 2016. **Optimalisasi Formulasi *Flakes* Berbasis Tepung Ubi Cilembu, Tepung Tapioka, serta Tepung Kacang Hijau Menggunakan Aplikasi *Design Expert* Metode *Mixture D-Optimal***. Universitas Pasundan. Bandung.

Payumo, M. E. 1977. *The Potential of Mungbean as a Protein Supplement for Child Feeding*. University of the Philippines. Los Banos. Tersedia dalam Kusumorini. 1993. **Pembuatan Protein Nabati Tertekstur (PNT) dari Campuran Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L) Wilczek) dan Tepung Ampas Tahu (Okara)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Prabhavat. 1990. *Production of Texturized Protein from Soybean by Village Texturizer*. Document of Laboratory Training on Food Product from Soybean in Thailand. Kasetsart University. Thailand. Tersedia dalam Kusumorini. 1993. **Pembuatan Protein Nabati Tertekstur (PNT) dari Campuran Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L) Wilczek) dan Tepung Ampas Tahu (Okara)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Purwono, dan R. Hartono. 2005. **Seri Agribisnis: Kacang Hijau**. Penebar Swadaya: Jakarta.

Rachmawati. 2012. **Metode Design Expert Versi 7**. Tersedia dalam Rahmani, A., S. Effendi, dan I. S. Nurminabari. 2017. **Optimalisasi Formula Nugget Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Dengan Bahan Pengisi Tepung Kedelai dan Tepung Tapioka Menggunakan Aplikasi *Design Expert* Metode *D-Optimal***. Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan: Bandung.

Riskameilani. 2012. **Tutorial Penggunaan Program Linier Lindo**. <http://riskameilani.wordpress.com/2012/12/14/tutorial-lindo/>. Diakses : 28 April 2014. Tersedia dalam Tiaraswara, R. A., Y. Taufik, dan L. H. Afrianti. 2016. **Optimalisasi Formulasi *Hard Candy* Ekstrak Daun Mulberry (*Morus sp.*) dengan Menggunakan *Design Expert* Metode *D-Optimal***. Universitas Pasundan. Bandung.

Rukmana, R. 1997. **Kacang Hijau: Budidaya dan Pascapanen**. Kanisius: Yogyakarta.

- Rooney, L. W., and S. O. Serna Saldivar. 1987. *Food used of whole corn and dry milled fractions. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. paul.* Minnesota. USA. Tersedia dalam Wahyuni, L. 2008. **Komposisi Kimia dan Karakteristik Protein Tortilla Corn Chips dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein.** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rooney, L. W., dan S. O. Serna Saldivar. 1987. *Food Uses of Whole Corn and Dry – Milled Fraction.* di dalam S. A., Watson dan P. E., Ramstad (eds). 1987. **Corn : Chemistry and Technology.** American Association of Cereal Chemist, Inc. St. Paul, Minnesota. USA. Tersedia dalam Setiawan, E. B. 2011. **Efektivitas Penambahan NaHCO₃ pada Pembuatan Tortilla Substitusi Ampas Tahu.** Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Jawa Timur.
- Rooney, L. W., dan D. S. Murty. 1982. *Evaluation of Sorghum Food Quality* dalam *Proceeding of International Symposium on Sorghum.* Patancheru. India. Tersedia dalam Cartonno. 1993. **Varietas Penyosohan dan Suplementasi Tepung Kedelai dalam Pembuatan Tortila Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench).** Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Rooney, L. W., M. N. Khan, dan C. F. Earp. 1980. *The Technology of Sorghum Product.* Cereal Quality Laboratory. Texas A&M University. Texas. Tersedia dalam Cartonno. 1993. **Varietas Penyosohan dan Suplementasi Tepung Kedelai dalam Pembuatan Tortila Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench).** Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto
- Royani, F. 2012. **Substitusi Tepung Kacang Hijau pada Produk *Brownies Roll Cake, Pound Cake dan Fruit Cake.*** Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sahid, S. C., E. T. Sutrisno, dan T. Gozali. 2015. **Optimasi Dendeng Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Dengan Menggunakan *Design Expert* Metoda *D-Optimal.*** Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan: Bandung.
- Saleha, N. M., T. Gozali, dan E. T. Sutrisno. 2016. **Optimasi Formulasi *Flakes* Berbasis Tepung Ubi Cilembu Tepung Tapioka Serta Tepung Kacang Hijau Menggunakan Aplikasi *Design Expert* Metode *Mixture D-Optimal.*** Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan: Bandung.
- Santoso, H. 2008. **Kerupuk.** Kanisius. Yogyakarta. Terdapat dalam Febrianto, A., Basito, dan C. Anam. 2014. **Kajian Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris *Tortilla Corn Chips* dengan Variasi Larutan Alkali pada Proses Nikstamalisasi Jagung.** Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Sathe, S. K., S. S. Despanthe, dan D. K. Salunkhe. 1982. **Dry Beans of Phaseolus. Alreview. Part 2. Chemical Composition : Carbohydrate, Fibers, Minerals, Vitamins and Lipids. Critical Review in Food Sci. and Nutr.** CRC Press. Inc., Boca Raton, Florida. Tersedia dalam Belinda.
2009. **Evaluasi Mutu Cookies Campuran Tepung Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus*, Linn) dan Beras (*Oryza sativa*) sebagai Pangan Tambahan Bagi Ibu Hamil.** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Slamet, D. S., dan S. Purawisastra. 1979. **Komposisi Asam Amino dari Berbagai Makanan Indonesia.** Puslitbang Gizi Depkes RI. Bogor. Tersedia dalam Kusumorini. 1993. **Pembuatan Protein Nabati Tertekstur (PNT) dari Campuran Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L) Wilczek) dan Tepung Ampas Tahu (Okara).** Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1995. **Tepung Kacang Hijau.** Tersedia dalam sisni.bsn.go.id. Diakses pada tanggal 22 September 2017.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2009. **Margarin.** Tersedia dalam sisni.bsn.go.id. Diakses pada tanggal 02 Agustus 2017.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2011. **Tapioka.** Tersedia dalam sisni.bsn.go.id. Diakses pada tanggal 05 Agustus 2017.
- Soeprapto, A.S., dan Sutarman, 1990. **Bertanam Kacang Hijau.** Penebar Swadaya: Jakarta.
- Sumarno. 1992. **Kacang Hijau.** Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Malang.
- Susilo E. 2011. **Optimasi formula minuman fungsional berbasis kunyit (*Curcuma domestica* val.), asam jawa (*Tamarindus indica* linn.), dan jahe (*Zingiber officinale* var. amarum) dengan metode desain campuran (*mixture design*).** Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tersedia dalam Faizal, R., E. T. Sutrisno, dan Y. Ikrawan. 2017. **Optimalisasi Formulasi Tepung Hanjeli dan Tepung Kacang Merah terhadap Karakteristik Food Bar dengan Menggunakan Design Expert D-Optimal (Skripsi).** Fakultas Teknik, Universitas Pasundan: Bandung.
- Tian. 2009. **Seri Teknologi Sederhana: Perencanaan Usaha Mi Basah.** Penerbit Angkasa: Bandung.
- Tiaraswara, R. A., Y. Taufik, dan L. H. Afrianti. 2016. **Optimalisasi Formulasi Hard Candy Ekstrak Daun Mulberry (*Morus sp.*) dengan Menggunakan Design Expert Metode D-Optimal.** Universitas Pasundan. Bandung.

- Trustinab. 1992. **Kacang Hijau**. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. Malang.
- [USDA] United States Departement of Agriculture. 2009. **USDA National Nutrient Database for Standard Reference**. <https://www.usda.gov>. Tersedia dalam Cahyani, W. 2010. **Substitusi Jagung (*Zea mays*) dengan Jali (*Coix Lacryma-jobi-L.*) pada Pembuatan Tortila : Kajian Karakteristik Kimia dan Sensori**. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wahyudi. 2012. **Optimasi Formulasi Produk Ekstruksi *Snack* Makaroni dari Tepung Sukun (*Artocarpus altilis*) dengan Metode Desain Campuran (*Mixture Design*)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wahyuni. L. 2008. **Komposisi Kimia dan Karakteristik Protein *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Skripsi. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tersedia dalam Huda, S. 2010. **Karakteristik Fisik *Tortilla Corn Chips* yang Disuplementasi Tepung Putih Telur selama Penyimpanan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wahyuni, A. M., dan A. Made. 1998. **Teknologi Pengolahan Pangan Hewani Teapt Guna**. CV Akademika Pressindo. Jakarta. Tersedia dalam Darmawan, E. W. 2013. **Kualitas Selai Lembaran Durian (*Durio zibethinus* Murr.) dengan Kombinasi Daging Buah dan Albedo Durian**. Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta.
- Widowati, T. 1987. **Pembuatan Kerupuk Kimpul (*Xanthosoma Sagittifolium* (L) SHCOOT)**. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tersedia dalam Hidayat, R. M. T. 2008. **Karakteristik Fisik dan Organoleptik *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wikipedia. 2007. Garam Dapur. Tersedia dalam www.id.wikipedia.org. Tersedia dalam Wahyuni, L. 2008. **Komposisi Kimia dan Karakteristik Protein *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Winarno, F.G. 1997. **Kimia Pangan dan Gizi**. Cetakan Kedelapan. Gramedia: Jakarta.
- Wiriono, H. 1999. **Mekanisme dan Teknologi Pembuatan Kerupuk. Departemen Perindustrian Balai Industri Hasil Petanian**. Balai Pengembangan Makanan dan Phytokimia. Jakarta. Terdapat dalam Setiawan, E. B. 2011. **Efektivitas Penambahan NaHCO_3 pada Pembuatan Tortilla Substitusi Ampas Tahu**. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Jawa Timur

Wurzburg, O. B. 1968. *Starch in The Food Industry*. Dalam : T. E. Furia (ed). Handbook of Food Additives. The Chemical Rubber Co., Ohio. Tersedia dalam Hidayat, R. M. T. 2008. **Karakteristik Fisik dan Organoleptik *Tortilla Corn Chips* dengan Penambahan Tepung Putih Telur sebagai Sumber Protein**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.