

**OPTIMASI FORMULA *FLAKES* BERBASIS TEPUNG BERAS KETAN
HITAM (*Oryza glutinosa*), KACANG HIJAU (*Vigna radiata*) DAN
KACANG MERAH (*Vigna angularis*) DENGAN PROGRAM *DESIGN
EXPERT* METODE *D-OPTIMAL***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Desy Nur Azizah
13.302.0108



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2019**

**OPTIMASI FORMULASI *FLAKES* BERBASIS TEPUNG BERAS KETAN
HITAM (*Oryza glutinosa*), KACANG MERAH (*Vigna angularis*) DAN
KACANG HIJAU (*Vigna radiata*) DENGAN PROGRAM *DESIGN EXPERT*
METODE D-OPTIMAL**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*



Oleh:

Desy Nur Azizah
13.302.0108

Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. Sumartini, MP.

Ir. Neneng Suliasih, MP.

**OPTIMASI FORMULASI *FLAKES* BERBASIS TEPUNG BERAS KETAN
HITAM (*Oryza glutinosa*), KACANG MERAH (*Vigna angularis*) DAN
KACANG HIJAU (*Vigna radiata*) DENGAN PROGRAM *DESIGN EXPERT*
METODE D-OPTIMAL**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Desy Nur Azizah
13.302.0108

Menyetujui:
Koordinator Tugas Akhir

Ira Endah Rohima, ST.,M.SI.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan formulasi dari *flakes* berbasis tepung kacang hijau, tepung kacang merah dan tepung ketan hitam dengan menggunakan program *design expert* metode *mixture d-optimal*.

Penelitian yang dilakukan meliputi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan yaitu menentukan variabel berubah dan variabel tetap pada pembuatan *flakes*, analisis pati pada bahan baku dan membandingkan metode pemasakan *flakes* digoreng dan dipanggang dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 16 kali ulangan, sedangkan penelitian utama menentukan formulasi optimal produk *flakes* berbasis tepung kacang hijau, tepung kacang merah dan tepung ketan hitam menggunakan *design expert* metode *mixture d-optimal*. Respon yang digunakan yaitu kadar air, kadar protein, kadar serat kasar, daya rehidrasi, uji kekerasan, serta warna, aroma, rasa dan kerenyahan pada *flakes*.

Program *design expert* metode *mixture d-optimal* pada pembuatan *flakes* berbasis tepung kacang hijau, tepung kacang merah dan tepung ketan hitam menghasilkan 16 formulasi. Dari 16 formulasi yang dihasilkan dilakukan optimasi sehingga menghasilkan 1 formulasi yang optimal terdiri dari tepung kacang hijau 22,00%, tepung kacang merah 16,00%, dan tepung ketan hitam 17,00%, dan variabel tetap tepung tapioka 3,75%, telur ayam negeri 5,25%, gula pasir 8,5%, garam 0,5%, dan air 27%. Formulasi tersebut menghasilkan kadar air 6,02%, kadar protein 20,42%, kadar serat kasar 2,99%, daya rehidrasi 148,72%, kekerasan 0,49 mm/dtk/100g, warna *flakes* 4,40, aroma *flakes* 3,72, rasa *flakes* 4,91, kerenyahan *flakes* 4,56.

Kata Kunci: Tepung Kacang Hijau, Tepung Kacang Merah, Tepung Ketan Hitam, *Design Expert*

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Maksud Penelitian	6
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Kerangka Pemikiran.....	7
1.7. Hipotesis Penelitian.....	11
1.8. Tempat dan Waktu Penelitian	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1. <i>Flakes</i>	12

2.2. Beras Ketan Hitam	14
2.3. Kacang Merah	17
2.4. Kacang Hijau.....	20
2.5. Gula Pasir	22
2.6. Garam.....	23
2.7. Air	24
2.8. Telur	25
2.9. Tepung Tapioka	27
2.10. <i>Design Expert</i>	29
III. METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1. Bahan dan Alat.....	33
3.1.1. Bahan Penelitian.....	33
3.1.2. Alat Penelitian.....	33
3.2. Metode Penelitian.....	34
3.2.1. Penelitian Pendahuluan	34
3.2.2. Penelitian Utama	39
3.2.2.1. Rancangan Percobaan	39
3.2.2.2. Rancangan Respon.....	40
3.3. Prosedur Penelitian.....	41
3.3.1. Prosedur Penelitian Pendahuluan	41
3.3.1.1. Pembuatan Tepung Beras Ketan Hitam	41
3.3.1.2. Pembuatan Tepung Kacang Merah	43
3.3.1.3. Pembuatan Tepung Kacang Hijau.....	45

3.3.2. Prosedur Penelitian Utama.....	48
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1. Hasil Penelitian Pendahuluan.....	52
4.1.1. Analisis Bahan Baku.....	52
4.1.2. Penentuan Metode Pemasakan.....	54
4.1.3. Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah.....	63
4.2. Hasil Penelitian Utama.....	63
4.2.1. Respon Kimia.....	63
4.2.2. Respon Fisik.....	75
4.2.3. Respon Organoleptik.....	83
4.3. Formulasi Terpilih.....	98
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	104
5.1. Kesimpulan.....	104
5.2. Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	106
LAMPIRAN.....	114

I PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai : (1) Latar Belakang Penelitian, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud Penelitian, (4) Tujuan Penelitian, (5) Manfaat Penelitian, (6) Kerangka Pemikiran, (7) Hipotesis Penelitian, (8) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1.Latar Belakang

Keberagaman dalam pola konsumsi pangan merupakan salah satu langkah yang dapat ditempuh untuk mencapai terpenuhinya kecukupan gizi masyarakat. Kandungan gizi makro dan mikro seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral harus terpenuhi sesuai dengan angka kecukupan gizi yang telah ditetapkan dalam lingkup batasan usia dan jenis kelamin (Almatsier, 2009).

Upaya mewujudkan pola konsumsi masyarakat dengan penganekaragaman pangan didukung oleh potensi sumber pangan lokal Indonesia yang sangat besar dan belum banyak dioptimalkan. Produksi pangan lokal di dunia industri pangan belum bisa mendominasi dan menjadi produk andalan. Sereal sarapan yang tersedia di supermarket masih didominasi oleh bahan-bahan impor seperti sereal gandum dan sereal jagung. (Robinson, 2013).

Sereal sarapan adalah makanan yang terbuat dari olahan biji-bijian yang sering, namun tidak selalu, dimakan pada pagi hari. Sereal sering dimakan dingin, biasanya dicampur dengan susu (susu sapi, susu kedelai, susu beras atau susu almond), air atau yoghurt dan buah. Beberapa sereal seperti *oatmeal* dapat disajikan panas seperti bubur (Albertson *et al.*, 2008).

Sereal untuk makanan pagi yang umum di pasaran dapat berupa *flakes*, butiran maupun produk yang mengembang dan biasanya terbuat dari satu jenis sereal atau campuran sereal yang dibalut dengan bumbu seperti minyak, garam, dan atau gula. Sereal mengalami proses utama yaitu pembentukan *flakes*, butiran atau pengembangan, pemanggangan dan pelapisan dengan senyawa penambah aroma (Vail *et.al* 1978).

Flakes merupakan makanan sereal siap santap yang umumnya dikonsumsi dengan susu yang berbentuk serpihan terbuat dari biji-bijian, sereal, atau kombinasi keduanya yang mengalami proses pemanggangan atau pengeringan sehingga dihasilkan tekstur yang renyah dan memiliki daya serap air tinggi (Robinson, 2013). Produk *flake* sereal sarapan siap saji yang dapat memberikan kemudahan dalam memenuhi kebutuhan kalori dalam waktu yang relatif singkat serta tanpa perlu repot-repot memasak, tetapi hanya perlu menambahkan susu sebagai campurannya. Konsumen terbesar produk *flake* rata-rata di pasaran adalah anak-anak yang sangat membutuhkan asupan zat gizi lengkap tidak hanya karbohidrat, tetapi juga protein, lemak, energi, vitamin, air, dan serat. Pemilihan bahan baku yang tepat dapat meningkatkan kandungan gizi dari *flakes* itu sendiri.

Flakes digolongkan ke dalam jenis makanan sereal siap santap yang telah diolah dan direkayasa menurut jenis dan bentuknya. Berbagai macam jenis makanan sarapan antara lain adalah *corn flakes*, *oat flakes*, *rolled flakes*, dan makanan sarapan lain berbentuk *puffed* yang dibuat dengan bantuan alat ekstruder (Robinson, 2013).

Kerenyahan pada produk makanan hasil ekstruksi seperti *flakes* sering dilakukan penambahan pati dalam bentuk tepung, baik itu pati yang belum mengalami modifikasi ataupun tepung yang belum dimodifikasi. Pensubstitusian bahan pengikat berbasis karbohidrat pada dasarnya akan membantu proses gelatinisasi pati pada tahap pembuatan adonan *flakes* (Muchtadi, 1998).

Beras ketan hitam, kacang merah dan kacang hijau sangat populer di kalangan masyarakat serta cukup mudah didapat di Indonesia. Ketiga bahan ini berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan pangan lokal fungsional. Beras ketan hitam biasanya dikukus dan dijadikan bahan baku pembuatan jajan pasar atau bubur ketan hitam. Beras ketan hitam mengandung pigmen antosianin dengan jumlah yang tinggi pada bagian kulit arinya. Menurut Suardi (2005), kandungan serat yang terdapat pada jenis padi-padian seperti beras merah dan ketan hitam yang terkandung dalam kulit ari sangat bermanfaat untuk mencegah berbagai macam penyakit saluran pencernaan dan yang berhubungan dengan kolesterol, sedangkan pigmen antosianin yang merupakan sumber pewarna ketan hitam berperan sebagai antioksidan untuk mencegah berbagai penyakit seperti jantung koroner, kanker, diabetes, dan hipertensi. Kapasitas antioksidan ketan hitam sebesar 18.06 mg AEAC/100 g (bk) (Kristin, 2014).

Kacang merah biasanya dijadikan teman nasi dan tepungnya dijadikan untuk makanan bayi. Keunggulan kacang merah memiliki nilai indeks glikemik yang rendah, yaitu sekitar 26. Protein pada kacang merah memiliki kandungan yang tinggi berkisar antara 22,00-23,10% (Astawan, 2009; Departemen Kesehatan RI, 1992).

Kacang hijau sangat dikenal oleh masyarakat dengan pembuatan bubur kacang hijaunya. Kacang hijau memiliki kandungan karbohidrat terbesar yaitu 62-63%. Karbohidrat yang terdapat pada kacang hijau terdiri dari pati, gula sederhana dan serat. Kandungan pati pada kacang hijau adalah sebesar 32-43%. Kandungan pati yang terdapat pada kacang hijau terdiri dari amilosa sebesar 28,8% dan amilopektin sebesar 71,2% (Ohwada, 2003).

Melihat banyaknya keunggulan dari beras ketan hitam, kacang merah, dan kacang hijau, maka dengan alasan tersebut peneliti merasa tertarik untuk menjadikan bahan-bahan tersebut sebagai bahan penelitian. Seluruh bahan tersebut dapat digunakan dalam pembuatan produk sereal seperti *flakes* dengan memanfaatkan komoditi pangan lokal Indonesia dan sebagai bentuk diversifikasi produk *flakes*. Oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk mendapatkan formulasi yang optimal.

Pengembangan formulasi menjadi hal yang sangat penting sehingga dapat menghasilkan produk pangan yang dapat diterima oleh masyarakat. Pencampuran bahan-bahan dalam formulasi akan mempengaruhi karakteristik *flakes* produk yang dihasilkan. Optimalisasi formulasi adalah penentuan formulasi optimal berdasarkan respon yang diteliti. Optimasi dapat juga dijelaskan sebagai suatu kumpulan formula matematis dan metode numerik untuk menemukan dan mengidentifikasi kandidat terbaik (Sahid, 2015).

Design expert digunakan untuk optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut (Bas dan Boyaci, 2007; Tresnaputri dkk., 2018).

Design Of Experiment atau yang lebih dikenal dengan perancangan eksperimen adalah sebagai sebuah metodologi yang didasari prinsip – prinsip statistika seperti yang kita kenal sekarang dirintis oleh Sir Donald F. Fisher lewat publikasinya “*The Arrangement of Field Experiments*” pada tahun 1926. Tiga hal yang ditekankan oleh Fisher disini: *local control*, *relocation*, dan *randomization* (Siregar, 2009)

Sehubungan dengan uraian diatas, maka diperlukan optimasi formulasi *flakes* komposit agar menghasilkan *flakes* komposit berbasis tepung beras ketan hitam, kacang merah dan kacang hijau sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Optimalisasi formulasi adalah penentuan formulasi optimal berdasarkan respon yang diteliti.

Optimasi dapat juga dijelaskan sebagai suatu kumpulan formula matematis dan metode numerik untuk menemukan dan mengidentifikasi kandidat terbaik. Penentuan optimalisasi formulasi dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya pemrograman linear, *software* lindo, fasilitas *solver* pada Microsoft Excel, dan *Design Expert* metode *mixture D-optimal* (Akbar, 2012).

Penelitian ini menggunakan program *design expert* yang dimana untuk membantu mengoptimalkan produk atau proses. Kemudian menggunakan metoda *d-optimal* agar menentukan formulasi yang optimal. Program ini mempunyai kelebihan dibandingkan program olahan data yang lain, program ini akan mengoptimasi proses termasuk dalam proses pembuatan *flakes* komposit berbasis tepung beras merah, kacang merah dan kacang hijau dengan beberapa variabel yang dinyatakan dalam satuan respon, menu *mixture* yang dipakai yang

dikhususkan untuk mengolah formulasi dan metoda *d-optimal* yang mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi dalam meminimalisasikan masalah dan kesesuaian dalam menentukan jumlah batasan bahan yang berubah lebih dari 2 respon. Kekurangan yaitu proporsi dari faktor yang berbeda harus bernilai 100% sehingga merumitkan desain serta 6 analisis mixture design (Akbar 2012).

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi berdasarkan uraian latar belakang diatas adalah apakah optimalisasi formulasi *flakes* berbasis kacang hijau, kacang merah dan beras ketan hitam dapat ditentukan dengan menggunakan program *design expert* metode *mixture d-optimal*?

1.3. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari formulasi optimal pembuatan produk *flakes* berbasis kacang hijau, kacang merah dan beras ketan hitam menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu, untuk mendapatkan formulasi terbaik produk *flakes* berbasis kacang hijau, kacang merah dan beras ketan hitam dengan kualitas fisik, kimia dan organoleptik terbaik menggunakan program *Design Expert* metode *Mixture D-optimal*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memperoleh manfaat yaitu :

1. Menambah ilmu pengetahuan tentang memperoleh formulasi optimal pembuatan *flakes* dengan menggunakan *Design Expert* metode *Mixture D-Optimal*.
2. Meningkatkan pemanfaatan produk pangan lokal yang bergizi dan penganeekaragaman produk pangan yang dapat mendukung ketahanan pangan.
3. Mengurangi penggunaan tepung terigu sebagai bahan baku utama pembuatan *Flakes*.
4. Meningkatkan nilai jual produk lokal.

1.6. Kerangka Pemikiran

Salah satu karakteristik produk sereal sarapan yang diinginkan oleh konsumen pada umumnya adalah kerenyahan atau kekerasan. Kekerasan merupakan sifat fisik yang penting dalam suatu produk makanan. Kekerasan suatu bahan pangan mengindikasikan seberapa banyak kekuatan tekanan yang dibutuhkan untuk menghancurkan produk tersebut. Kekerasan berbanding terbalik dengan kerenyahan suatu produk tersebut, semakin tinggi nilai kekerasan suatu produk menunjukkan bahwa produk tersebut memiliki kerenyahan yang rendah dan sebaliknya (Buckle, *et al*, 1987).

Flakes merupakan bentuk pertama dari produk sereal siap santap. Secara tradisional, pembuatan produk *flakes* dilakukan dengan mengukus biji sereal yang sudah dihancurkan (kurang lebih sepertiga dari ukuran awal biji) pada kondisi bertekanan selama dua jam atau lebih lalu dipipihkan di antara dua rol baja. Setelah itu dikeringkan dan di panggang pada suhu tinggi (Anwar, 2018).

Tito (2010), hasil penelitian didapatkan formulasi terpilih yaitu 50% tepung kacang hijau, 20% tepung talas, 10% tepung pisang, dengan variable tetap 10% gula, dan 10% susu. Yang menghasilkan *hardness* (kekerasan) sebesar 139,44 mm/dtk/100gr dengan suhu pemanggangan 120,82°C, waktu 12 menit dan ketebalan flakes 0,55 mm.

Hasil penelitian Nur (2016), diperoleh formulasi optimal dengan komposisi variable berubah yaitu: tepung ubi Cilembu 27,73%, tepung tapioka 14,99%, dan tepung kacang hijau 12,29%, dan varabel tetap yaitu gula 14%, garam 1%, dan air 30%. Hasil analisis respon kimia terhadap kadar protein 9,95%, kadar lemak 0,55%, kadar serat 3,42%, respon fisik yaitu kadar air 3,84%, daya serap air 147,08%, waktu hancur 14,23 menit, serta respon organoleptik yaitu dengan warna setelah penambahan susu 4,66, rasa setelah penambahan susu 5,06, kerenyahan setelah penambahan susu 4,87.

Menurut penelitian Nurani (2017) berdasarkan hasil analisis *flakes five grains* terhadap respon kimia diperoleh formulasi *flakes* yaitu m2t1 dengan tersusun atas 15% tepung kacang merah dan 5% telur ayam kampung. Pada sampel terpilih mengandung 21,22% protein, 11,69% lemak dan 64,59% karbohidrat, serat kasar 2,53%, kadar air 2,46%, aktivitas antioksidan 6975,5 ppm dan kadar abu 3,809%.

Menurut Raudatul Anwar (2018) hasil analisis pada produk *flake* tepung beras ketan hitam mempunyai kadar air sebesar 8,95%, kadar pati 64,37% dan serat kasar sebanyak 2%, sedangkan tepung beras merah mempunyai kadar air sebesar 6,86%, kadar pati 66,63%, dan serat kasar sebanyak 3%, pada terubuk didapatkan

kandungan protein sebesar 4,44%. Formulasi terpilih dari penelitian utama adalah perlakuan a1b2 (tepung beras merah dengan tepung ketan hitam 25%:75% dengan waktu pemanggangan 25 menit) dengan kandungan protein sebesar 12%, lemak sebesar 5,94%, dan serat kasar sebesar 4,95%.

Menurut Anggi dkk (2015) hasil penelitian dalam pembuatan sereal yang kaya akan serat menunjukkan bahwa formula sereal kacang merah yang tepat adalah tepung kacang merah 125 gr, tepung ketan hitam 125 gr, mentega 50 gr, telur 5 butir, gula 175 gr, air 200 cc, susu cair 200 cc, dan susu bubuk rasa madu 175 gr. Kadar gizi sereal kacang merah melalui analisis proksimat yaitu kadar air 3,2803%, kadar abu 3,3446 %, kadar protein 9,8875 %, kadar lemak 9,3746 %, kadar karbohidrat 74,1130 %, dan kadar serat 0,3048 %.

Menurut penelitian Papunas dkk (2013) bahwa *flakes* campuran tepung jagung 60%, tepung pisang goroho 35%, tepung kacang hijau 5% adalah yang terbaik, berdasarkan pada waktu ketahanan kerenyahan selama 4 menit 47 detik, kadar air 1,7%, abu 1,55%, protein 6,59%, karbohidrat 80,1%. *Flakes* yang dihasilkan kandungan proteinnya rata-rata sama seperti standar mutu *corn flakes*.

Menurut Ma'arif (1989) dalam Susanto (2015), 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. Tujuan dari optimasi adalah untuk meminimumkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan memaksimumkan hasil yang diinginkan.

Menurut Hartono (2013), *Flakes* tepung beras ketan hitam pregelatinisasi yang terbaik adalah *flakes* dengan proporsi 60% tepung beras ketan hitam pregelatinisasi dan 40% tapioka, yang memiliki kadar air 3,51%, daya patah 410,47 g, serta daya rehidrasi sebesar 77,36%.

Menurut Rikhardo Atmaka (2014) produk *flakes* dengan perlakuan terbaik yaitu perlakuan proporsi tepung jagung dan tepung kacang merah 3;1 dengan perlakuan substitusi tepung bekatul sebanyak 10%, yang memiliki kadar air 2,69%; kadar pati 61,24%; kadar serat kasar 4,46%; kadar protein 9,43%; daya patah sebesar 5,63 N/m; daya serap air 32,89%.

Menurut Rakhmawati dkk (2014) analisis kimia yang diperoleh dari *flakes* komposit tepung kacang merah, tepung tapioka, dan tepung *konjac* yaitu kadar air 3,50% sampai 4,85%; kadar abu 3,73% sampai 4,86%; kadar protein 13,48% sampai 16,84% ; kadar lemak 4,17% sampai 6,45%; kadar karbohidrat 71,83% dan kadar serat pangan 2,75% sampai 4,97% dan hasil analisis uji sensoris pada parameter warna memiliki nilai 2,07 sampai 4,07; aroma dengan nilai 2,13 sampai 4,00; rasa dengan nilai 2,17 sampai 4,03; kerenyahan dengan nilai 2,07 sampai 4,07 dan *overall* dengan nilai 2,03 sampai 4,10.

Penambahan tapioka pada pembuatan *flakes* diperlukan untuk meningkatkan penampilan produk akhir *flakes* dan mengembangkan produk sehingga *flakes* menjadi renyah dan meningkatkan daya rekat karena kandungan pati yang tinggi serta menghasilkan tekstur yang renyah. Penambahan pati berupa tapioka pada penelitian ini sebanyak 20% pada setiap formulasi. Pati memiliki kontribusi dalam

menciptakan tekstur *flakes* yang renyah, kecerahan warna produk, serta memiliki daya rekat (Pratiwi, 2016).

Menurut Resya (2016) satu takaran saji *flakes* (55 g) dengan satu gelas susu berkontribusi terhadap 18% energi, 23% lemak, 21% protein, 15% karbohidrat, dan 24% serat dari kebutuhan sehari.

Menurut Danuwijaya (2012), hasil penelitian flakes ketan hitam mendapatkan hasil *hardness* berkisar 314,5330 g hingga 526,0210 g, menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengukusan tepung beras ketan hitam, maka kekerasan (*hardness*) semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa seiring dengan semakin lamanya waktu pengukusan tepung beras ketan hitam, derajat gelatinisasi semakin besar. Derajat gelatinisasi yang semakin besar menyebabkan susunan bahan rapuh dan berongga sehingga produk yang dihasilkan lebih mudah patah (*hardness* rendah).

1.7. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diperoleh berdasarkan kerangka pemikiran di atas, yaitu diduga bahwa penggunaan program *Design Expert* metode *Mixture D-optimal* dapat menentukan formulasi yang optimal produk *flakes* berbasis tepung kacang hijau, tepung kacang merah dan tepung ketan hitam berdasarkan respon-respon yang diteliti.

1.8. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Pangan, Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Jl Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung dan Balai Penelitian Tanaman Sayuran Laboratorium Penguji Terpadu, Jl. Tangkuban Perahu No. 517 Lembang. Mulai bulan September sampai Desember 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, D. (2006). **Biologi**. Grafindo: Jakarta.
- Afrianti, L.H. 2013. **Teknologi Pengawetan Pangan Edisi Kedua**. Alfabeta. Jakarta. 161 hlm.
- Ahuja, Uma, et al, (2007), **Red Rices: past, present, and future**, Asian AgriHistory 11, 4, Hal. 291-304.
- Akbar, A. d. 2012. **Optimasi Ekstraksi Spent Bleaching Eart Dalam Recovery Minyak Sawi**. Depok: Universitas Indonesia.
- Akhbar, A.M. 2015. **Analisis Sifat Fisikokimia dan Sifat Fungsional Beras (Oryza sativa) Varietas Beras Hitam dan Beras Merah Asal Cianjur, Solok, dan Tangerang**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Almatsier, Sunita. 2009. **Prinsip Dasar Ilmu Gizi**. Gramedia Pustaka Utama :Jakarta.
- Amrun, M.H., & Umiyah. **Pengujian Antiradikal Bebas Difenilpikril hidrazil (DPPH) Ekstrak Buah Kenitu (Chrysophyllum Cainito L.)** . Jember. 2005. Ilmu Dasar, 6(2):110-114
- Arista, R., Atmaka, W., dan Muhammad, D. R. A. 2013. **Substitusi Tepung Tapioka (Manihot esculenta) dalam Pembuatan Takoyaki**. Jurnal Teknosians. 2 (1) : 56-65.
- ASEANFOOD. 2000. **ASEAN Food Composition Tables**. Institute of Nutrition.
- Astawan. 2009. **Sehat dengan Hidangan Kacang dan Biji-Bijian**. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. (2011). **Produksi Tanaman Pangan, Angka Sementara Tahun 2010 dan Angka Ramalan I Tahun 2011**. Badan Pusat Statistik: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional [BSN]. 1995. SNI 01-3728-1995. **Syarat Mutu Tepung Kacang Hijau**. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Buckle, K.A., Edwards, R.A., Fleet,G.H. dan Woonton,M., (1987). **Ilmu Pangan**. Penerjemah H. Purnomo dan Adiono. Universitas Indonesia Press :Jakarta.
- Burhanuddin. 2001. **Strategi Pengembangan Industri Garam di Indonesia**. Kanisius :Yogyakarta.
- Cahyadi, W. 2007. **Kedelai Alternatif Pemasok Protein**. <http://www.conectique.com>. Diakses : 28 Oktober 2018
- Chairil, M. Mifthah Faridh., dan Lilik Kustiyah. 2014. **Formulasi Flakes Berbasis Pati Garut Dengan Fortifikasi Zat Besi (Fe) Untuk Perbaikan Status Besi Remaja Putri**.Jurnal Gizi dan Pangan. Departemen Gizi Masyarakat. Fakultas Ekologi Manusia. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Chang, T.T. and E.A. Bardenas. 1965. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant**. Tech. Bull. IRRI 4: 40 pp.
- Dalimartha, S. dan Soediby, M. 1999. **Awet Muda Dengan Tumbuhan Obat dan Diet Suplemen**. Trubus Agriwidya, Jakarta. Hal.36-40
- Damardjati, D.S. dan Endang Y. Purwani. (1980). **Mutu Beras. Padi Buku 3**. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.

- Departemen Kesehatan RI. 1992. **Daftar Komposisi Bahan Makanan**. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1996. **Daftar Komposisi Bahan Makanan**. Bhratara : Jakarta
- Ekawati, Dian. 1999. **Pembuatan Cookies dari Tepung Kacang merah (Phaseolus vulgaris L) Sebagai Makanan Pendamping ASI (MP-ASI)**, dalam Verawati (Ed.). **Pengaruh Substitusi Tepung Kacang Merah Terhadap Kualitas Kulit Pie**. 2015. Universitas Negeri Padang. Padang.
- FAO (Food Agriculture Organization).2016. **Grain Legumes: Pulses for Profitable and Sustainable Cropping System in WA**. FAO Food Security Department.
- Febrianty, K. Dewanti, T.W. dita, S.W, Ida, N.P, Mahar, J.M. 2015. **Pengaruh Proporsi Tepung (Ubi Jalar Terfermentasi : Kecambah Kacang Tunggak) dan Lama Perkecambahan Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Flakes**. Jurnal Pangan dan Agroindustri.
- Fitranita nur Arifah., 2015. **Pengaruh Penambahan Tepung Kacang Merah (Phaseolus vulgaris L) dan Lama Pengukusan Terhadap Karakteristik Fisik, Sensoris dan Kimia Flakes Gembili (Dioscorea esculenta L.)**. Program Studi Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Fitriani. 2013, **Pengembangan Produk Flakes dari Campuran Jewawut (Setria italic L.), Ketan Hitam dan Terigu**. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gisca I.D, Bernadheta., dan Arintina Rahayuni., 2013. **Penambahan Gembili Pada Flakes Jewawut Ikan Gabus Sebagai Alternatif Makanan Tambahan Anak Gizi Kurang**. Program Studi Ilmu Gizi. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gujrat H.S, S. N. 2001. **Extrusion Behavior Of Grits From Flint And Sweet Corn**. Food Chemistry.
- Hadipernata, M. R. 2006. **Pengaruh Suhu Pengeringan pada Teknologi Far Infrared terhadap Mutu Jamur Merang Kering (Volvarella volvaceae)**. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian Vol.2.
- Hartono, M. F. (2013). **Sifat Fisiko Kimia dan Organoleptik Flakes dengan Proporsi Tepung Beras Ketan Hitam Pregelatinisasi (Oriza Sativa Glutuniosa L.) dan Tapioka**. Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Katolik Mandala Surabaya. Surabaya.
- Haryoto. (1998). **Pengawetan Telur Segar**. Penerbit Kanisus : Yogyakarta.
- Herani dan M. Rahardjo. 2005. **Tanaman berkhasiat antioksidan**. Penebar Swadaya. Jakarta. 99p.
- Huang, D. P. (1995), **New Prespectives on starch and Derivatives for Snack Applications**. Available at http://www.foodstrach.com/products_services/pdfs/newpersp.pdf
- Indriyani F., Nurhidajah, Suyanto, A. (2013). **Karakteristik Fisik, Kimia dan Sifat Organloptik Tepung Beras Merah Berdasarkan Variasi Lama Pengeringan**. Jurnal Pangan dan Gizi Vol.4 No. 08.

- Karainova, M, D. Drenska, and R. Ocharov. 1990. *A Modification of Toxic Effects of Platinum Complex with Anthocyanins*. Eks. Med. Morfol. 29:19-24
- Kartika, B., Hastuti, P dan Supartono, W. 1988. **Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan**. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Yogyakarta.
- Kenawi, MA, RR Abdelsalam dan SA El-Sherif. 2009. **The effect of mung bean powder, and/or low fat soy flour as meat extender on the chemical, 83 physical, and sensory quality of buffalo meat product**. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (5-6), p 327-337.
- Khalil, A. 2006. **Nutritional improvement of an Egyptian breed of mung bean by probiotic lactobacilli**. *African J. Biotechnology*, 5.
- Khatir, R., Ratna, dan Wardani. 2011. **Karakteristik Pengeringan Tepung Beras menggunakan Alat Pengering Tipe Rak**. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi* 3(2): 1-4
- Kristamtini dan Heni. (2009) **.Potensi Pengembangan beras Merah Sebagai Plasma Nutfah Yogyakarta**. *Jurnal Litbang Pertanian*,28(3),88-95.
- Kristin, D.P. (2014). **Analisis Kapasitas Antioksidan dan Kandungan Total Fenol pada Sereal, Umbi, dan Kacang**. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Lenth, Rusell V. 2009. **Response-Surface Methods in R, Using rsm Updated to version 1.30**. The University of Iowa Journal of Statistical Software.
- Lily Chandra, yustinus Marsono, Anita Sutedia., 2012. **Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Flake Beras Merah dengan Variasi Suhu Perebusan dan Suhu Pengeringan**. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Indonesia.
- Marsono, Y. 2004. **Serat Pangan dalam Perspektif Ilmu dan Gizi**. Pidato Pengukuhan Guru Besar. Majelis Guru Besar Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Marzuki, R dan Soeprapto. 2005. **Bertanam Kacang Hijau**. Penebar Swadaya. Yogyakarta.
- Matz, A. Samuel, (2005). **The Chemistry and Technology of Cereal As Food and Feed, Second Edition**. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Muchtadi, Tien., dan Sugiyono., (1988). **Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan**. CV. Alfabeta : Bandung.
- Muchtadi, R. T., Sugiyono., F. Ayustaningwarno. 2010. **Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan**. CV. Alfabeta : Bandung.
- Mulyani, M.E., Sukesi. 2011. **Analisis Proksimat Beras Merah (Oryza sativa) Varietas Slegreng dan Aeksibundong**. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Mulyati, S. (2007). **Pengaruh Perbandingan Tepung Bekatul (Rice Bran) Dengan Tapioka (Manihot utilissima POHL.) dan Konsentrasi Sukrosa Terhadap Karakteristik Makanan Sarapan Flakes Bekatul (Rice Bran Flakes)**. Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Pangan. Fakultas Teknik, Universitas Pasundan. Bandung.

- Mursyid, M. 2015. **Penurunan Kadar Serat Pangan, Pengaruh Panas dan Reaksi Maillard**. Penerbit Alfabeta. Bandung
- Nasution, M.Z., Suryani, A., Susanti, I. 2013. **Pemisahan dan Karakterisasi Emulsifier dalam Minyak Cacing Tanah (*lumbricus rubellus*)**. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Nugraha, A. 2014. ***Desirability Design Expert* dalam Penelitian**. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Nurjanah E. (2000). **Analisis Karakteristik dan Pola Konsumsi Sereal Sarapan**. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ohwada, Naomi, Ken-ichi Ishibashi, Kazunori Hironaka dan Kazuo Yamamoto. 2003. **Physicochemical properties of mungbean starch**. J. Apply. Glycosci, 50, 481-485(2003). The Japanese Society of Applied Glycoscience.
- Papunas, Meini Ekawati., Gregoria S. S. Djarkasi., dan Judith S. C, Moningka., 2013. **Karakteristik Fisikokimia Dan Sensoris Flakes Berbahan Baku Tepung Jagung (*Zea mays L*), Tepung Pisang Goroho (*Musa acuminata*,sp) dan Tepung Kacang Hijau (*Phaseolus radiates*)**. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Unsrat. Teknologi Pangan. Universitas Sam Ratulangi. Sulawesi Utara.
- Paramita, Anggi Hapsari., dan Widya Dwi Rukmi Putri., 2015. **Pengaruh Penambahan Tepung Bengkuang Dan Lama Pengukusan Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan Organoleptik Flakes Talas**. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 3. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Permana A.R. dan R.D.W. Putri, 2015. **Pengaruh Proporsi Jagung dan kacang Merah Serta Substitusi Bekatul Terhadap Karakteristik Fisik Kimia Flakes**. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 2 p.734-742.
- Pratiwi, K. W. (2016). **Formulasi Tepung Ubi Jalar Cilembu (*Ipomoea batatas* (L.) dan Tepung Jagung (*Zea Mays*) Terfermentasi Terhadap Sifat Kimia dan Sensori Flakes**. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Prawiranegara. 1989. **Daftar Komposisi Bahan Makanan**. Direktorat Jendral Departemen Kesehatan RI. Penerbit Bhatara. Jakarta
- Priya Danuwijaya. 2012. **Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Flake Ketan Hitam dengan Variasi Waktu Pengukusan Tepung Beras Ketan Hitam**. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
- Rakhmawati, Novia., Bambang sigit Amanto., dan Danar Praseptiangga., (2014). **Formulasi dan Evaluasi sifat dan Fisikokimia Produk Flakes Komposit Berbahan dasar Tepung Taipoka, Tepung Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) dan Tepung Konjac (*Amorphophallus oncophillus*)**. Jurnal Teknologi Pangan Vol.3 No.1. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret.
- Raudatul, A. M., (2018). **Pengaruh Perbandingan Tepung Beras Merah dengan Tepung Ketan Hitam dan Waktu Pemanggangan terhadap**

- Karakteristik Flakes Terubuk.** Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung.
- Rikhardo Atmaka Permana dan Widya Dwi Rukmini Putri., 2015. **Pengaruh Proporsi Jagung dan Kacang Merah Serta Substitusi Bekatul Terhadap Karakteristik Fisik Kimia Flakes.** Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 2. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang.
- Robinson, G.J. 2013. **All About Beans : Nutrition, Health benefits, Preparation and Use in Menus.** North Dakota State University. Fargo. North Dakota.
- Sahid, Susanti Citra., 2015. **Optimasi Dendeng Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) Dengan Menggunakan Design Expert Metoda D-Optimal.** Program Studi Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung.
- Sajilata, M. G. dan R. S. Singhal. (2004). *Specially Straches for Snack Foods. Carbohydrate Polymers.* 59: 131-151.
- Saleha, N. M., (2016). **Optimasi Formulasi Flakes Berbasis Tepung Ubi Cilembu Tepung Tapioka serta Tepung Kacang Hijau Menggunakan Aplikasi Design Expert Metode Mixture D-Optimal.** Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung.
- Santika, A., dan Rozakurniati. 2010. **Teknik Evaluasi Mutu Beras Hitam dan Beras Merah pada Beberapa Galur Padi Gogo.** Buletin Teknik Pertanian Vol. 15 No. 1 Hal. 1-5.
- Santoso, W.E.A. dan Estiasih, T. 2011. **Faktor Perbedaan Kadar Air Kacang Hijau.** Fakultas teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 2: 121-127.
- Sarasvati, (2008). *Rainbow Diet.* PT. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Sathe SK, Deshpande SS, Salunkhe DK (1982). **Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*, L) proteins.** J. Food Sci. 47: 503-506.
- Setiaji, B., (2011). **Pengaruh Suhu Dan Lama Pemanggangan Terhadap Karakteristik Soy Flakes (*Glycine Max L*).** Tugas Akhir. Jurusan Teknologi Pangan. Fakultas Teknik. Universitas Pasundan. Bandung.
- Simbolon, Meinar, W., Herlan Rusmarilin, Elisa Julianti., 2016. **Karakteristik Fisik, Kimia, dan Organoleptik Flakes dari Bekatul Beras, tepung Kacang Hijau, dan tepung Ubi Jalar Kuning dan Penambahan Kuning Telur.** Jurusan. Teknologi Pangan. Fakultas. Pertanian. USU Medan. Medan
- Siti Dewi Indrasari., Prihadi Wibowo., dan E.Y. Purwani. 2007. **Evaluasi Mutu Fisik, Mutu Giling, dan Kandungan Antosianin Beras Ketan Hitam.** Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Subang.
- Soemartono, B. dan R. Hardjoni. (1994). **Bercocok Tanam Padi.** C. V. Ysaguna: Jakarta.
- Suardi, D. K. 2005. **Potensi Beras Merah untuk Peningkatan Mutu Pangan.** Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi Sumberdaya Genetik Pertanian, Jurnal Litbang Pertanian, 24 (3). <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/publikasi/p3243052.pdf>. Diakses tanggal 17 Februari 2018.

- Suprapti, Lies., 2005. **Tepung Tapioka Pembuatan dan Pemanfaatannya**. Penerbit Kasinius. Yogyakarta.
- Sutedja, A. M., Tisnawati, Ch. Y. (2013). **Pemanfaatan Tepung Beras Ketan Hitam Pregelatinisasi pada Produk Flakes**. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala.
- Takamura, H and A. Yamagami. 1994. *Antioxidative Activity of Mono-Acylated Anthocyanins Isolated from Muscat Bailey A. Grape*. J. Agric. Food Chem. 42:1612-1615.
- Tang, S and Z. Wang. 2001. *Breeding for Superior Quality Aromatic rice Varietas in china. P.35-44, in Specialty Rices of The World: Breeding, Peoduction, and Marketing*. R.C. Chaudury, D.V. Tran, R. Duffy (eds.). Food Agric org. Rome. Italy-Sci Publnc. Enfield NH.USA
- Tito Tegar. 2010. **Optimasi Formulasi Breakfast Meal Flakes (Pangan Sarapan) Berbasis Tepung Komposit Kacang hijau, Talas dan Pisang**. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Verawati. 2015. **Pengaruh Substitusi Tepung Kacang Merah terhadap Kualitas Kulit Pie**. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Widjaya, C.H. 2003. **Peran Antioksidan Terhadap Tubuh**. *Healthy Choice*. Edisi IV.
- Widowati. S. 2009. **Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung**. Balitsereal dan Puslitbang Tanaman Pangan. Maros. Sulawesi Selatan.
- Winarno, F.G., (2004), **Kimia Pangan dan Gizi**, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarsi, H. 2007. **Antioksidan Alami dan Radikal Bebas**, Edisi Pertama. Yogyakarta : Kanisius.
- Xia, X, W. Ling, J. Ma, M. Xia, M. Hou, Q. Wang, H. Zhu, and Z. Tang. 2006. *An Anthocyanin-rich Extract from Black Rice Enhances Atherosclerotic Plaque Stabilization Inapolipoprotein E-deficient Mice*. J. Nutr. 136:2220
- Yossita, Evrianti A., 2011. **Substitusi Tepung Kacang Merah Dalam Pembuatan Sereal Yang Kaya Akan Serat**. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Zebua, Silwanus J., dan Rohmanti Rabaniah., 2012. **Benih Kacang Hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) Pada Pertamanan Monokultur dan Tumpang Sari Dengan Jagung (*Zea mays* L.)**. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.