

**APLIKASI *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*
(RSM) UNTUK OPTIMASI FORMULA *FLAKES TEMPE***

FAHIM MUCHAMMAD TAQI

RANDY PRAMUDITHA ARIFIN



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN FAKULTAS
TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR BOGOR
2024**

APLIKASI *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* (RSM) UNTUK OPTIMASI FORMULA *FLAKES* TEMPE

APPLICATION OF *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY* FOR TEMPEH FLAKE FORMULA OPTIMIZATION

Fahim Muchammad Taqi^{1)*}, dan Randy Pramuditha Arifin ¹

¹⁾Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Bogor

* Penulis Korespondensi: E-mail: fahimtaqi@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan tempe menjadi *flakes* dapat menjadi terobosan baru dalam menambah produk turunan tempe. Penggunaan RSM dengan desain *mixture/d-optimal* dimaksudkan untuk menemukan formula optimum dari tiga campuran bahan, yaitu tempe, tepung terigu, dan maltodekstrin. Hasil yang didapatkan yaitu formula optimum dengan nilai *desirability* 0.659, dengan proporsi masing-masing bahan antara lain tempe 73.435 %, tepung terigu 14.249 %, dan maltodekstrin 1.316 %, dengan campuran bahan lain seperti gula halus 9 %, garam 1 %, dan CMC 1 %. *Flakes* dengan formula optimum memiliki nilai kecerahan 59.36, hue 72.92, kekerasan 1995.20 gF, kerenyahan 746.67 gF, dan ketahanan renyah 300.00 detik. Hasil uji organoleptik dengan 70 panelis tidak terlatih menunjukkan bahwa *flakes* tempe memiliki atribut rasa, aroma, warna, dan tekstur agak disukai pada taraf nyata 1 %. Over all *flakes* tempe dapat diterima oleh konsumen karena memiliki skor sudah diatas empat.

Kata kunci: tempe, tepung terigu, maltodekstrin, *flakes* tempe, RSM

PENDAHULUAN

Tempe merupakan salah satu produk pangan hasil fermentasi kedelai yang banyak dikonsumsi penduduk Indonesia sebagai lauk karena harganya yang relatif murah namun memiliki gizi yang tinggi (Handoyo dan Morita 2006). Pada proses pemeraman kedelai menjadi tempe, terjadi penguraian komponen-komponen gizi seperti protein dan lemak oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh kapang. Proses ini menyebabkan komponen-komponen gizi tersebut menjadi lebih mudah diserap oleh usus manusia. Protein di dalam kedelai terurai menjadi peptida dan asam amino bebas, penguraian ini akan meningkatkan daya cerna protein dari 75 % menjadi 83 % (Syarief *et al* 1999). Selain itu

juga terjadi peningkatan beberapa vitamin seperti B2, B6, B3, B5, biotin, dan folacin. Fermentasi kedelai menjadi tempe memiliki efek positif yaitu dapat meningkatkan ketersediaan zat gizi yang terkandung di dalamnya. Proses pengolahan kedelai menjadi tempe juga dapat menghilangkan sebagian zat-zat antigizi di dalam kedelai sekaligus menurunkan aktivitasnya. Penurunan zat-zat antigizi terjadi selama proses perendaman, pemanasan, dan fermentasi.

Tempe juga memiliki khasiat hipokolesterolemik, antitrombotik, antidiare, dan antioksidan sehingga dapat digolongkan sebagai pangan fungsional (Cahyadi 2009). Saat ini produk turunan tempe yang beredar di pasaran masih sangat terbatas, yaitu hanya

digoreng, dijadikan keripik, atau dijadikan tepung tempe. Pengolahan tempe menjadi *flakes* dapat menambah produk generasi kedua dari tempe yang sesuai untuk dikonsumsi bersama susu sebagai sarapan.

Flakes merupakan produk sereal siap santap, berbentuk lembaran tipis, biasanya berwarna kuning kecoklatan, dan sering dikonsumsi bersama dengan susu cair. Secara tradisional, pembuatannya dilakukan dengan mengukus biji sereal dilanjut dengan menggerusnya hingga menjadi adonan yang kemudian dipipihkan, dikeringkan, dan dipanggang pada suhu tinggi.

Permasalahan yang dihadapi dalam pembuatan *flakes* tempe yaitu adanya *after taste* pahit pada produk yang dihasilkan sehingga membuat rasa pada produk tidak disukai. Masalah lain, hasil gerusan tempe tidak dapat langsung dibuat menjadi adonan untuk dipipihkan dan dicetak, karena tidak memiliki daya ikat yang cukup antar komponen penyusunnya.

Penelitian ini dikerjakan dengan tujuan untuk menciptakan teknik baru pengolahan tempe menjadi *flakes* yang bermutu dan dapat diterima oleh konsumen. Penelitian yang dilakukan mencakup penentuan formula optimum *flakes* tempe menggunakan *Response Surface Method (RSM)*, melakukan verifikasi untuk melihat kesesuaian antara formula optimum hasil prediksi RSM dengan hasil pengujian respon di laboratorium, pengujian kandungan gizi (proksimat), dan mengetahui penerimaan konsumen terhadap *flakes* tempe berdasarkan formula optimum yang didapatkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian berupa: tempe segar yang baru diproduksi (berasal dari Rumah Tempe Indonesia Cilendek Bogor), tepung terigu "Cakra Kembar", maltodekstrin, garam, gula halus, CMC, tepung sagu, tapioka, maizena dan. susu cair.

Modifikasi Prosedur Pembuatan Flake.

Modifikasi dibutuhkan karena metoda orisinal pembuatan *flakes* tempe yakni

metoda Koswara (2009) menghasilkan flake tempe dengan after taste pahit. Untuk itu dilakukan uji coba secara *trial and error* terhadap beberapa metoda pemanasan yang berguna untuk menghilangkan after taste pahit tersebut. Metoda pemanasan yang diuji coba yakni:

- Pengukusan adonan flake pada suhu 100 °C selama 5', 10', dan 15'.
- Perebusan tempe pada suhu 100 °C selama 5 menit.
- Penggorengan pada suhu 170 °C hingga tempe matang (berwarna coklat-kekuningan), dan
- Pengukusan tempe pada suhu 100 °C selama 5', 7', dan 10'.

Perlakuan pemanasan yang terpilih nantinya akan menjadi tambahan perlakuan pada metoda Koswara (2009) yang orisinal.

Selain perlakuan panas, modifikasi yang lain juga dilakukan terhadap formulasi adonan flake tempe, mengingat adonan *flakes* murni tempe yang cenderung lengket dan pecah saat dipipihkan. Uji *trial and error* dilakukan untuk menentukan jenis bahan pengikat yang tepat serta proporsinya dalam adonan. Bahan pengikat yang diujikan antara lain sagu, tapioka, maizena, dan terigu. Formulasi adonan flake tempe yang digunakan dalam uji coba adalah sebagai berikut:

- tempe 69 - 79 %
- bahan pengikat 10 - 15 %
- gula halus 9 %
- garam 1 %,
- Maltodekstrin 0 - 5 % dan
- CMC 1 %.-

Maltodekstrin ditambahkan ke dalam adonan untuk meningkatkan ketahanan renyah karena sifatnya yang dapat menghalangi penyerapan air ke dalam flake. Proporsi uji coba ini nantinya akan digunakan sebagai batas atas dan bawah RSM.

Optimasi Formula Flake Tempe Menggunakan Response Surface Methodology (RSM)

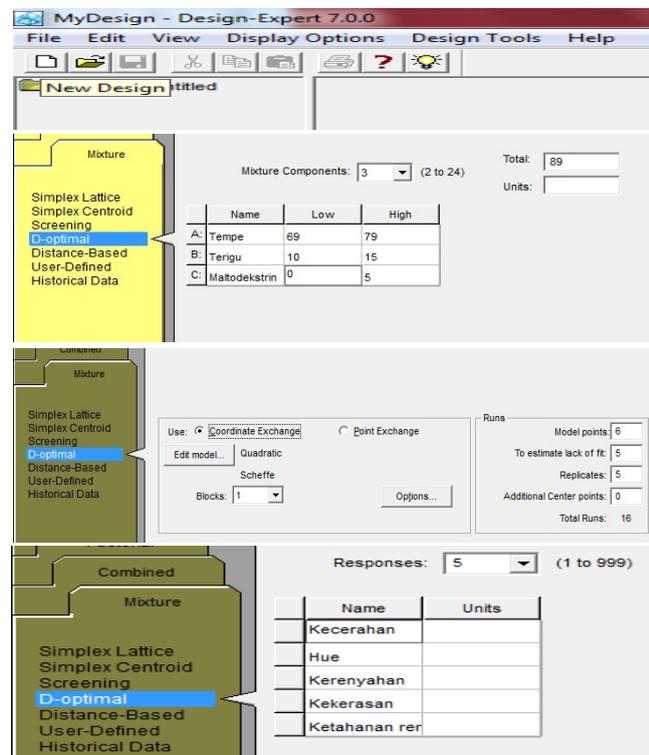
Pada dasarnya RSM digunakan untuk membangkitkan persamaan korelasi antara

peubah (bisa berupa komponen tertentu dalam formula) dengan respon yang timbul akibat variasi nilai peubah. Persamaan yang dibangkitkan inilah yang nantinya digunakan untuk melakukan proses optimasi komposisi berbagai peubah dalam suatu formula untuk menghasilkan nilai respon yang dikehendaki. Penerapan RSM membutuhkan bantuan software karena melibatkan perhitungan yang cukup rumit, dalam penelitian ini digunakan *software Design Expert 7 (DX7)*.

Penggunaan modul RSM diawali dengan membuka *software DX7*, dilanjutkan kemudian dengan mengklik pilihan *new design* pada menu bar, akan muncul empat pilihan desain RSM. Desain RSM yang dipilih adalah *mixture/d-optimal*, karena bertujuan mengetahui pengaruh dan interaksi campuran bahan yang digunakan (Anonim 2005). Karena terdapat tiga komponen (tempe, pengikat, dan maltodekstrin) yang hendak dikaji pengaruh proporsinya dalam formula terhadap nilai respon maka pada kolom *mixture component*

diisikan nilai 3, dan pada tabel komponen yang muncul diisikan nama masing-masing komponen beserta batas atas dan batas bawah penggunaannya dalam formula. Selanjutnya klik *continue* untuk memunculkan pilihan *number of combinations*, diisikan nilai 16 pada kolom ini yang menunjukkan akan ada 16 formula yang nantinya harus dibuat produknya untuk diujicoba di laboratorium. Berikutnya klik *continue* untuk melanjutkan ke tahap mendaftarkan respon apa saja yang hendak diukur, pada penelitian ini ada lima respon yang diukur yaitu: warna (kecerahan dan hue), kekerasan, kerenyahan, dan ketahanan renyah dalam susu. (Gambar 1).

Pengukuran respon dilakukan terhadap 16 produk yang dibuat berdasarkan formula yang disarankan oleh modul RSM software DX7, ke -16 produk ini disiapkan dan diolah menggunakan metoda Koswara (2009) yang dimodifikasi



Gambar 1. Tahapan penggunaan DX7



Gambar 2. Pengukuran nilai L, a, dan b menggunakan *Chromameter*

Analisis Warna

Warna diukur menggunakan *Chromameter Minolta CR-300 (Hutching 1999)*. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sampel didalam wadah sampel berbentuk cawan transparan yang dialasi dengan kertas putih. Sampel diisikan pada wadah sampel hingga penuh, kemudian sensor cahaya dari *Chromameter* diletakkan di atas sampel dan ditekan tombol *on* pada instrumen (Gambar 2). Instrumen akan mengukur nilai L, a, dan b secara bergantian (satu per satu). Nilai L, a, dan b akan ditampilkan pada layar

Analisis Kekerasan dan Kerenyahan (Anonim 1997)

Kekerasan dan kerenyahan pangan diukur menggunakan texture analyzer dengan probe *Mini Ottawa Cell* (Gambar 3) yang biasa digunakan mengukur tekstur *flakes* secara *bulky*.



Gambar 3. *Mini Ottawa Cell*



Gambar 4. Cara meletakkan sampel *flakes* pada *Mini Ottawa Cell*

Flakes tempe ditempatkan dan disusun bertumpuk secara bersilangan di dalam *Mini Ottawa Cell* yang (Gambar 4) hingga batas atasnya (berisi 10-13 keping *flakes* dengan berat 4 g). Kemudian dilakukan *setting* pengukuran antara lain *pre test speed* dan *test speed* bernilai 1.0 mm/s, *post test speed* bernilai 10.0 mm/s, *rupture test dist* bernilai 1.0 mm, *distance* bernilai 8.0 mm, *force* bernilai 205 g, *time* bernilai 3.00 sec, dan *count* bernilai 5

Pre test speed menunjukkan kecepatan yang mengendalikan gerakan probe ke bawah dan memastikan tekanan yang diterima sampel pada kontak pertama sama. *Test speed* menunjukkan kecepatan probe saat menekan sampel yang diletakkan pada *Mini Ottawa Cell*. *Post test speed* menunjukkan kecepatan probe untuk kembali ke posisi semula setelah menekan sampel. *Distance* menunjukkan jarak probe menekan sampel. *Force* menunjukkan batas maksimum gaya yang terbaca oleh instrumen. *Time* menunjukkan lamanya probe menekan sampel dan *count* menunjukkan banyak pengukuran yang dilakukan. Kerenyahan didapatkan ketika *Mini Ottawa Cell* mulai menekan *flakes*.

Setelah *Mini Ottawa Cell* menekan *flakes*, dan terdengar retakan awal maka akan muncul nilai kerenyahan, sedangkan kekerasan didapatkan ketika *flakes* hancur atau patah. Nilai kerenyahan ditandai dengan munculnya *peak* pertama, sedangkan kekerasan ditandai dengan *peak* yang paling tinggi (gambar 5).



Gambar 5. Contoh grafik kerenyahan dan kekerasan

Analisis Ketahanan Renyah (Thomas 2007)

Uji ketahanan kerenyahan tekstur dilakukan secara subjektif dengan menaburkan *flakes* ke dalam susu cair. Evaluasi kerenyahan tekstur dilakukan secara berkala, yaitu dimulai dari menit pertama, menit kedua, dan setiap 30 detik berikutnya setelah penaburan. Pengukuran dihentikan sampai tekstur produk terasa lembut atau mudah larut dalam mulut

Analisis Komposisi Kimia Produk Terpilih (AOAC, 1990)

Analisis kimia yang dilakukan meliputi kadar air metode oven, kadar abu, kadar lemak metode soxhlet, kadar protein metode Kjeldahl, dan kadar karbohidrat dengan mengacu pada AOAC (2005)

Uji Organoleptik *Rating Hedonik* (Meilgaard et al 1999)

Pada prinsipnya, uji *rating hedonik* bertujuan menentukan bagaimana suatu atribut sensori tertentu bervariasi antara sejumlah contoh. Panelis diminta menilai intensitas atribut sensori tertentu pada skala kategori tertentu. Penelitian ini memakai skala 7-poin (1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka, 7 = sangat suka).

Digunakan sebanyak 70 orang panelis tidak terlatih untuk melakukan

penilaian terhadap dua sampel, yaitu *flakes* komersial (Nestle Corn *Flakes*) dan *flakes* tempe. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam SPSS 22 menggunakan *Independent-Sample T Test*. Penarikan kesimpulan dilakukan dengan melihat tabel *Independent Sample Test* pada *t-test for Equality of Means* kolom Sig. (2-tailed) untuk *Equal variances not assumed*, bandingkan nilainya dengan taraf signifikansi 0.05. Jika nilainya < 0.01 maka berbeda nyata pada taraf nyata 1 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modifikasi Prosedur Pembuatan Flake.

Flakes merupakan salah satu dari produk sereal siap santap, berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning-kecoklatan, dan memiliki tekstur renyah karena kadar airnya yang rendah. Masalah utama pada *flakes* tempe adalah adanya *after taste* pahit. Diduga masalah tersebut timbul akibat tingginya kandungan asam amino bebas hasil pemecahan ikatan peptida selama proses fermentasi tempe. Asam-asam amino yang punya kontribusi terhadap timbulnya *after taste* pahit pada tempe antara lain arginin, histidin, isoleusin, leusin, metionin,

fenilalanin, triptofan, tripsin, dan valin (Tseng *et al* 2005).

Untuk menghentikan atau setidaknya menghambat pembentukan metabolit penyebab *aftertaste* pahit, dapat dilakukan dengan cara menginaktivasi enzim - enzim pemecah ikatan peptida. Hal itu dapat dilakukan dengan memberikan perlakuan panas seperti blansir. Menurut Dewi (2006), blansir dimaksudkan untuk inaktivasi enzim sehingga perubahan yang diakibatkan oleh aktivitas enzim dapat dicegah.

Uji coba secara *trial and error* dilakukan terhadap empat teknik perlakuan panas untuk mendapatkan cara yang tepat mengatasi *aftertaste* pahit pada produk akhir flake, keempat teknik tersebut adalah :

- a. pengukusan adonan flake
- b. perebusan bahan baku tempe sebelum diadon
- c. penggorengan tempe
- d. pengukusan tempe

Akan dipilih salah satu yang dianggap paling efektif, yang nantinya dipakai untuk memodifikasi prosedur pengolahan flake metoda Koswara (2009).

Teknik pertama : pengukusan adonan flake tidak efektif, karena *aftertaste* pahit pada produk akhir flake masih dapat dirasakan dengan intensitas yang kuat. Tiga teknik pemanasan yang lain efektif menghilangkan *aftertaste* pahit, namun perebusan menyebabkan peningkatan kadar air yang drastis pada tempe sehingga tak lagi dapat diolah menjadi adonan flake, sedangkan penggorengan menjadikan tempe menjadi sangat oily sehingga kurang bagus untuk diadon.

Pengukusan juga dapat menghilangkan *after taste* pahit dan juga adonan yang dibuat dari tempe kukus ini dapat diolah menjadi *flakes*. Sehingga proses pengukusan selama tujuh menit diambil sebagai cara untuk mengurangi *after taste* pahit yang akan diintegrasikan ke dalam prosedur pengolahan flake metoda Koswara (2009).

Menurut Kusnandar (2010), terdapat ikatan antar asam amino yang dapat menyebabkan rasa pahit. Perlakuan pengukusan pada tempe dimaksudkan agar asam-asam amino penyebab rasa pahit pada

tempe dapat berubah strukturnya akibat terputusnya ikatan antar asam amino penyebab rasa pahit.

Adonan *flakes* yang dibuat murni dari tempe sulit untuk dipipihkan, adonan ini tidak kompak dan cenderung pecah. Hal tersebut disebabkan tempe tidak memiliki komponen pengisi dan pengikat agar dapat dibuat menjadi adonan. Berbagai jenis bahan pengikat seperti sagu, tapioka, maizena, atau terigu telah diuji coba. Masing-masing diujikan dengan proporsi 10-15 % dari basis 100 gram bahan, bahan lainnya yaitu tempe 69 - 79 %, maltodekstrin 0-5%, gula halus 9 %, garam 1 %, dan CMC 1 %.

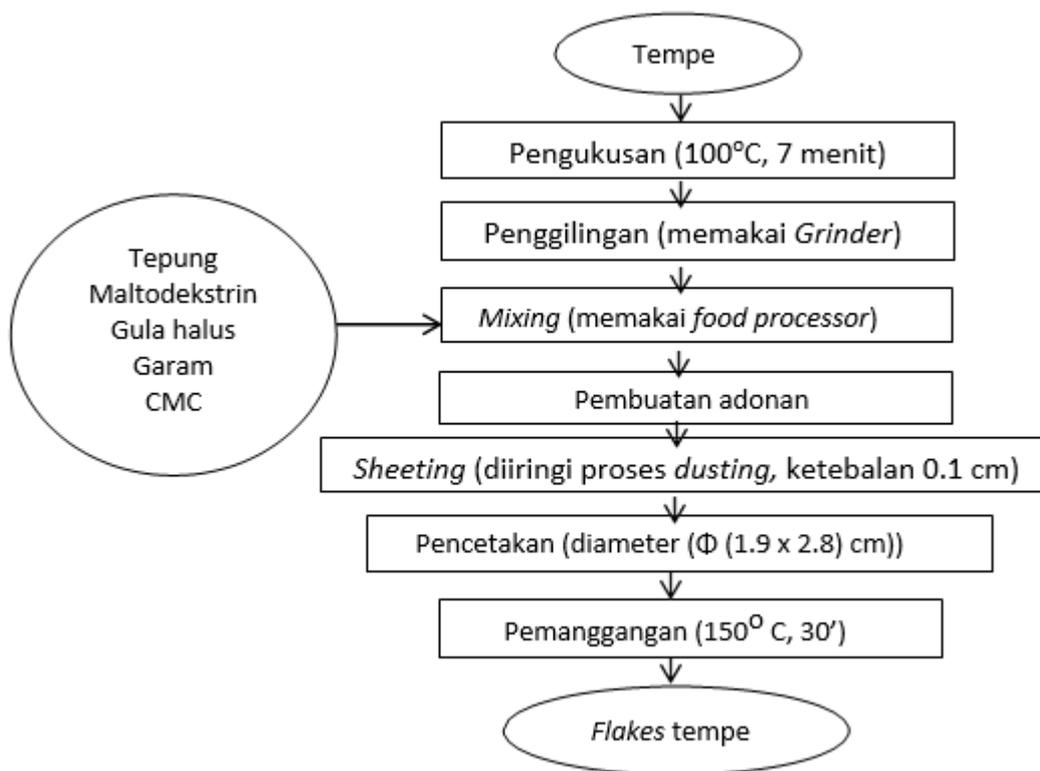
Selain berfungsi untuk menghilangkan *aftertaste* pahit proses pengukusan juga mempunyai fungsi lain yakni membentuk tekstur adonan flake. Pengukusan menyebabkan pati yang terdapat dalam tepung yang digunakan. Akan mengalami gelatinisasi yang merupakan proses masuknya air ke dalam granula pati akibat proses pemanasan, sehingga granula pati akan membengkak dan pecah membentuk suatu karakteristik yang lebih kental (Carlstedt *et al* 2015). Setelah pengukusan, adonan dikeringanginkan dengan maksud menurunkan suhu sehingga terjadi proses retrogradasi pati. Retrogradasi dapat mengorganisasikan kembali pati menjadi lebih kompak dengan struktur yang stabil (Benmoussa *et al* 2007), sehingga adonan menjadi lebih mudah dipipihkan. Hanya saja cara-cara tersebut masih menghasilkan adonan yang lengket saat dipipihkan.

Pemakaian terigu sebagai pengikat, menghasilkan adonan dengan konsistensi yang lebih baik dibanding pengikat yang lain. Hasil adonan yang didapatkan lebih kompak dan mudah dipipihkan. Penggunaan terigu membuat adonan tidak pecah dan tidak lengket karena *cross-link* yang terbentuk antar protein gluten memunculkan karakter *viscoelastic* pada adonan (Sivam *et al* 2010).

Total dilakukan sebanyak sebelas kali uji coba, dalam setiap uji coba beberapa atribut mutu produk *flakes* tempe seperti *after taste*, rasa, kerenyahan, kekerasan, dan warna dinilai secara kualitatif oleh panelis. Tabel 1 menunjukkan rangkuman hasil uji pendahuluan yang telah dilakukan.

Tabel 1. Rangkuman hasil uji pendahuluan

No.	Permasalahan	Solusi yg diuji coba	Hasil pengamatan
1	<i>After taste</i> pahit pada produk <i>flakes</i>	Pemberian perlakuan pengukusan pada adonan <i>flakes</i>	<i>After taste</i> pahit <i>flakes</i> masih dirasakan dengan intensitas kuat
		Pemberian perlakuan perebusan pada tempe	Kadar air tempe meningkat, sehingga tempe tidak dapat dipakai untuk proses selanjutnya
		Pemberian perlakuan penggorengan pada tempe	<i>After taste</i> pahit <i>flakes</i> hilang, namun tempe yang dihasilkan lebih berminyak
		Pemberian perlakuan pengukusan pada tempe	<i>After taste</i> pahit <i>flakes</i> hilang (cara ini dipakai untuk proses selanjutnya)
2	Adonan lengket dan pecah saat dipipihkan	Penggunaan tepung sagu, tapioka, dan maizena sebagai pengikat	Adonan lengket dan pecah saat dipipihkan
		Penggunaan tepung sagu, tapioka, dan maizena, yang dikombinasi dengan pengukusan adonan <i>flakes</i> sebagai pengikat	Adonan sudah lebih baik, namun masih lengket saat dipipihkan
		Penggunaan tepung terigu sebagai pengikat yang dikombinasikan dengan <i>dusting</i> menggunakan tepung yg sama	Adonan sudah tidak pecah namun masih sedikit lengket saat dipipihkan (<i>proses dusting</i> dapat mengurangi kelengketan)
3	<i>Flakes</i> lebih mudah melempem	Penggunaan maltodekstrin	Kerenyahan <i>flakes</i> lebih bertahan lama dalam susu cair



Gambar 6. Prosedur pembuatan flake tempe (modifikasi metode Koswara)

Menurut Hidayat *et al* (2007), kandungan amilosa terigu sama dengan maizena, hanya saja lebih tinggi jika dibandingkan sagu dan tapioka. Tepung dengan amilosa yang tinggi sesuai untuk produk dengan tekstur kokoh dan lebih renyah. Amilosa tinggi juga menyebabkan proses retrogradasi menghasilkan *retrogrades* yang kuat sehingga akan membentuk tekstur renyah, sehingga penggunaan terigu sudah tepat. Hanya saja diperlukan bahan yang dapat menjaga kerenyahan *flakes* lebih lama. Pemakaian maltodekstrin dilakukan untuk memperbaiki tekstur dari produk akhir dengan maksud memberikan efek renyah karena adanya sifat maltodekstrin sebagai penyerap air dan membentuk *moisture protective barrier* pada permukaan *flakes* sehingga kerenyahan lebih terjaga. Alasan ini juga dipertegas oleh Triyono (2010), yang mengatakan bahwa penggunaan maltodekstrin dapat mempertahankan kerenyahan lebih lama.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan maka dilakukan modifikasi terhadap prosedur pembuatan *flakes* metoda Koswara (2009). Prosedur yang telah dimodifikasi diperlihatkan pada gambar 6. Pembuatan *flakes* diawali dengan mengukus tempe terlebih dahulu selama 7' pada suhu 100 °C, dimaksudkan untuk menghilangkan *after taste* pahit pada produk. Setelah itu tempe digiling menggunakan *grinder* sehingga dihasilkan pelet-pelet yang akan dicampurkan dengan semua bahan yang lain. Proses pencampuran dan pembuatan adonan *flakes* tempe dilakukan di dalam sebuah *food processor*. Adonan yang telah jadi dipipihkan menggunakan *sheeter* hingga ketebalan 0.1 cm. Masalah lengketnya sebagian adonan pada *sheeter* dapat dicegah dengan melakukan *dusting* menggunakan terigu. Hasilnya adonan menjadi tidak lengket dan lebih mudah dipipihkan. Lembaran adonan *flakes* kemudian dicetak dengan cetakan

berdiameter (Φ) (1.9 x 2.8) cm dan siap dipanggang pada oven bersuhu 150°C selama 30 menit. *Flakes* yang telah diproduksi (Gambar 7) diharapkan memiliki karakteristik fisik yang renyah namun tidak terlalu keras, serta memiliki kemampuan bertahan dalam susu cair yang lama sehingga kerenyahan lebih lama dirasakan.



Gambar 7. *Flakes* tempe

APLIKASI RSM UNTUK OPTIMASI FORMULASI FLAKES TEMPE

Response Surface Method (RSM)

Response Surface Method (RSM) sudah banyak digunakan untuk optimasi formula seperti pada penelitian Dipitasari (2010), Shaviklo *et al* (2015), dan Sarteshnizi *et al* (2015). Idealnya untuk penentuan formula optimum, seluruh kombinasi faktor harus dicoba dalam eksperimen. Hal tersebut tentu akan memakan waktu yang lama dan mengeluarkan banyak biaya eksperimen. *Design Of Experiment* salah satunya RSM dapat membantu mengatasi hal tersebut dengan menemukan parameter yang memiliki pengaruh paling dominan yang berpotensi untuk digunakan dalam eksperimen. Eksperimen yang dilakukan menjadi lebih sedikit namun masih memiliki hasil yang representatif (Khuri 2005), sehingga dapat mempersingkat waktu dan mengurangi biaya eksperimen.

Terdapat beberapa desain yang bisa digunakan dalam RSM, antara lain *full factors*, *Central Composite Design (CCD)*, *Face-centered Central Composite Design (FCCD)*, dan *Box-Behnken Design (BBD)* dan *mixture/d-optimal*. Desain *mixture/d-optimal* dipilih

untuk digunakan dalam penelitian karena dinilai paling sesuai untuk mempelajari fungsi atau pengaruh dari masing – masing komponen dalam suatu campuran serta interaksi yang terjadi antar komponen (Sarteshnizi *et al* 2015).

Simulasi Formula Uji

Tahapan paling awal dari penerapan RSM adalah pengembangan sejumlah formula uji yang berguna dalam pembangkitan data RSM. Data – data yang nantinya akan menjadi basis penyusunan model matematis untuk proses optimasi formula suatu produk. Satu formula uji secara sederhana merupakan paduan atau komposisi dari berbagai komponen, masing – masing dengan proporsi unik yang kemudian disatukan dan diproses membentuk satu produk utuh.

Flake tempe dibuat dari enam bahan utama: tempe, terigu, maltodekstrin, gula halus, garam, dan CMC. ..Tiga bahan yang disebutkan terakhir memiliki proporsi yang tetap dalam setiap formula yakni : gula 9%, garam 1%, dan CMC 1%. Pemberian garam dengan jumlah tersebut berdasarkan pada paten dari Vollink (1961) yang menggunakan garam hanya 1 % pada lima formula *flakes* yang dibuatnya. Adonan yang diberikan CMC 1 % memiliki daya rekat lebih baik dibandingkan adonan yang tidak diberikan CMC sehingga adonan lebih mudah dipipihkan dan dicetak.

Proporsi tempe, terigu, dan maltodekstrin ditentukan berdasarkan hasil simulasi RSM dengan bantuan program DX7. Simulasi diawali dengan menentukan nilai batas atas dan batas bawah untuk masing-masing bahan. Untuk tempe, batas bawah yang digunakan adalah 69 % karena jika dikurangi maka akan mengurangi kandungan protein yang ada pada *flakes*, sedangkan batas atas yang digunakan adalah 79 % karena jika ditingkatkan maka *after taste* pahit akan dirasakan kembali. Pada terigu, batas bawah yang digunakan adalah 10 % karena jika dikurangi maka akan mengurangi kemampuannya sebagai pengikat sehingga adonan akan sulit untuk dipipihkan, sedangkan batas atas yang digunakan adalah 15 % karena jika ditingkatkan maka akan

Tabel 2 Proporsi tempe, tepung terigu, dan maltodekstrin dalam formula *flakes* tempe

Std	Run	Tempe (%)	Tepung Terigu (%)	Maltodekstrin (%)
8	1	76.602	10.008	2.310
14	2	74.087	10.000	4.913
16	3	75.615	13.385	0.000
10	4	72.414	11.586	5.000
3	5	74.087	10.000	4.913
1	6	69.004	14.996	5.000
7	7	71.508	13.483	4.009
12	8	69.004	14.996	5.000
11	9	75.689	11.876	1.435
15	10	79.000	10.000	0.000
13	11	72.638	15.000	1.362
6	12	75.615	13.385	0.000
2	13	79.000	10.000	0.000
4	14	72.638	15.000	1.362
5	15	74.063	12.168	2.770
9	16	77.268	11.642	0.090

menyebabkan *flakes* menjadi lebih keras berdasarkan penilaian responden. Pada maltodekstrin, batas atas dan bawah yang digunakan adalah 0-5 %, ingin dilihat efektifitasnya sebagai *moisture protective barrier*, dengannya kerenyahan *flakes* diharapkan akan dapat bertahan lebih lama di dalam susu cair. Hasil simulasi RSM menggunakan DX7 memberikan 16 kombinasi proporsi tempe, terigu, dan maltodekstrin dalam adonan *flakes*. Kombinasi atau formula uji tersebut ditampilkan dalam Tabel 2

Untuk setiap formula uji dibuat adonan sebanyak 200 g. *Flakes* tempe yang dihasilkan memiliki berat total 123.34 gram, sehingga rendemen yang dihasilkan sebesar 61.67 %. Masing – masing produk *flakes* kemudian dikarakterisasi dengan mengukur atribut mutunya secara obyektif menggunakan instrument atau berdasarkan uji laboratorium. Atribut mutu tersebut meliputi: kecerahan, hue, kekerasan, kerenyahan, dan ketahanan renyahnya dalam susu cair. Atribut – atribut ini disebut juga respon karena merupakan manifestasi dari variasi proporsi masing – masing komponen dalam setiap formula uji. Tabel 3 merangkum hasil pengukuran kelima atribut 16 sampel flakes yang dibuat berdasar formula di tabel 2.

Penentuan Model Prediktor

Model prediktor merupakan model yang digunakan untuk mendapatkan formula optimum yang sesuai dengan target yang telah ditentukan. Software DX7 menawarkan empat model prediktor yang dapat dipilih yaitu: model *mean* (ordo 0), model linear (ordo 1), model *quadratic* (ordo 2), model *cubic* (ordo 3), dan model *special cubic*, yang masing-masing memiliki bentuk persamaan polinomial berbeda.

Setiap respon memiliki pola atau perilaku yang khas, sehingga setiap respon akan mengikuti model prediktor sesuai dengan perilaku masing – masing. Suatu model akan dianggap tepat untuk suatu respon apabila memenuhi beberapa kriteria yang mencakup nilai dari $prob>F$, *lack of fit*, *Pred R-Squared*, dan *Adeq Precision* (Anderson dan Whitcomb, 2000). Nilai $prob>F$ merupakan probabilitas yg diteliti dari nilai F jika hipotesis nol benar dan jika nilai probabilitas kecil maka hipotesis nol akan ditolak. Nilai $prob>F$ harus < 0.05 , yang artinya terdapat perbedaan dari setiap kombinasi respon yang diukur. *Lack of fit* merupakan suatu uji untuk melihat seberapa baik kesesuaian model dengan respon. Nilai *Lack of fit* harus > 0.05 , yang artinya terdapat kesesuaian antara model dan respon. *Pred R-*

Tabel 3. Hasil pengukuran atribut mutu produk *flakes* tempe

Kombinasi	Kecerahan	Hue	Kekerasan (gF)	Kerenyahan (gF)	Ketahanan renyah (detik)
1	44.98 ± 0.02	59.86	1260.0 ± 289.0	325.8 ± 314.5	270 ± 0.0
2	50.60 ± 0.08	64.82	2879.6 ± 1389.3	381.1 ± 203.2	240 ± 0.0
3	52.85 ± 0.04	66.26	1182.6 ± 219.3	394.3 ± 118.5	180 ± 0.0
4	56.84 ± 0.00	66.74	1669.4 ± 594.6	232.6 ± 20.0	180 ± 0.0
5	50.18 ± 0.02	62.48	3720.1 ± 499.3	462.0 ± 160.7	270 ± 0.0
6	52.03 ± 0.02	60.61	2448.5 ± 208.4	736.6 ± 111.5	210 ± 0.0
7	54.57 ± 0.05	67.69	2143.9 ± 599.3	611.9 ± 96.8	300 ± 0.0
8	47.11 ± 0.03	60.58	3451.1 ± 1608.2	434.3 ± 103.5	210 ± 0.0
9	55.57 ± 0.06	66.45	1880.0 ± 758.12	596.1 ± 314.8	300 ± 0.0
10	52.39 ± 0.14	64.28	2371.3 ± 955.3	786.7 ± 117.3	270 ± 0.0
11	54.60 ± 0.07	64.65	1507.8 ± 133.6	377.9 ± 165.2	210 ± 0.0
12	57.63 ± 0.01	67.93	1250.6 ± 635.4	275.0 ± 204.2	180 ± 0.0
13	59,33 ± 0.03	73.92	1784.4 ± 191.8	506.0 ± 97.4	240 ± 0.0
14	53,26 ± 0.03	65.60	1572.0 ± 306.3	389.1 ± 254.1	180 ± 0.0
15	44,26 ± 0.03	58.59	4473.2 ± 1472.2	418.9 ± 427.9	300 ± 0.0
16	53,55 ± 0.04	66.84	3309.7 ± 723.2	383.9 ± 235.5	330 ± 0.0

Squared merupakan suatu pengukuran dengan kemampuan untuk memprediksi model. Nilai *Pred R-Squared* tidak boleh negatif, yang artinya hasil negatif menunjukkan model sangat buruk dan tidak dapat digunakan untuk menentukan formula optimum. *Adeq Precision* merupakan suatu pengukuran untuk membandingkan antara nilai poin desain yang

diprediksi dengan nilai rata-rata *error* yang diprediksi. Nilai *Adeq Precision* harus lebih besar dari 4.0000, artinya model memiliki presisi yang tinggi (Kumari *et al* 2008).

Dengan menggunakan data yang terdapat pada tabel 3 dilakukan simulasi untuk keempat model prediktor untuk masing – masing atribut mutu (respon). Berdasarkan

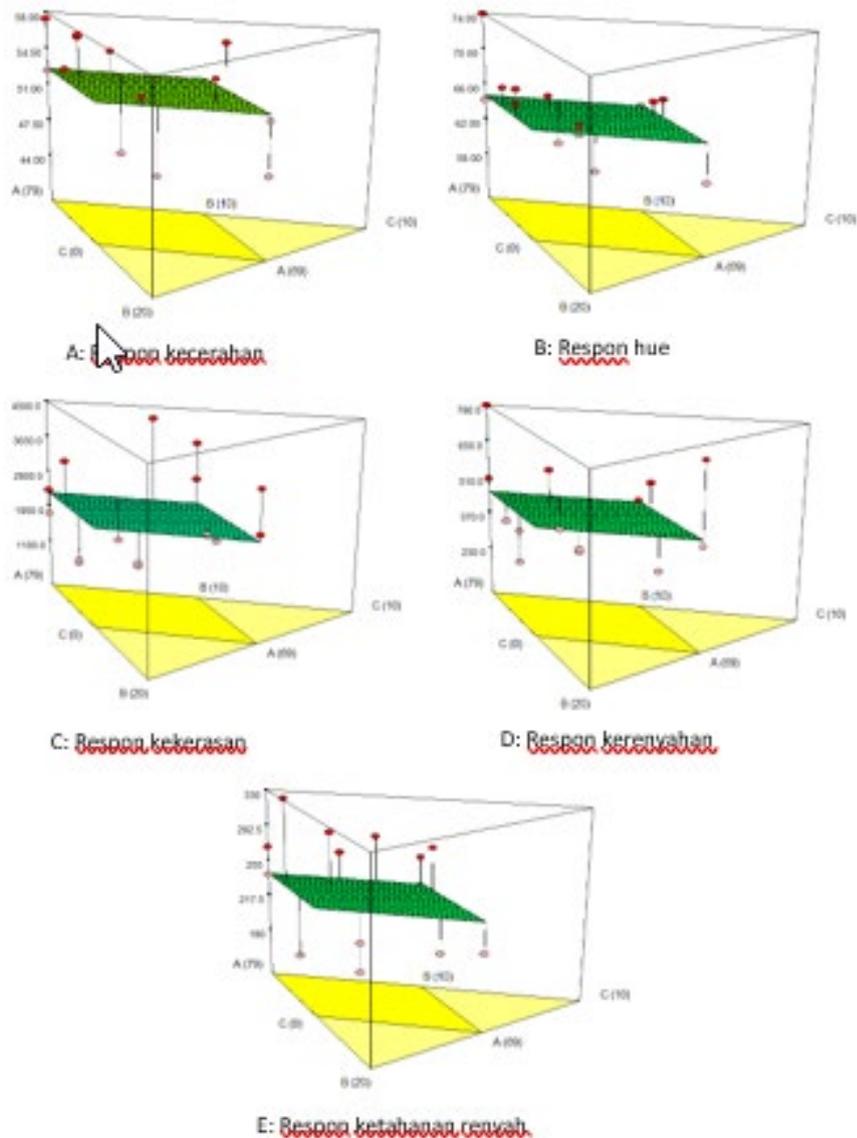
Tabel 4. Hasil ANOVA dalam penentuan model prediktor terbaik

Respon	Model	Prob > F	Lack of fit	Pred R-Squared	Adeq Precision	Decision
Kecerahan	<i>Cubic</i>	0.0712	0.1084	-65.9929	6.672	<i>Mean</i>
	<i>Special Cubic</i>	0.0658	0.1119	0.1114	6.240	
	<i>Quadratic</i>	0.1443	0.0673	-0.1894	5.203	
	<i>Linear</i>	0.2286	0.0495	-0.1085	3.091	
Hue	<i>Cubic</i>	0.3601	0.2172	-89.1597	4.016	<i>Mean</i>
	<i>Special Cubic</i>	0.1476	0.5014	-0.2651	4.584	
	<i>Quadratic</i>	0.3576	0.3002	-0.5720	2.765	
	<i>Linear</i>	0.1558	0.3739	-0.0821	3.560	
Kekerasan	<i>Cubic</i>	0.1216	0.0280	-124.0834	5.104	<i>Mean</i>
	<i>Special Cubic</i>	0.7645	0.0089	-1.6882	1.928	
	<i>Quadratic</i>	0.6360	0.0131	-0.8326	2.293	
	<i>Linear</i>	0.2085	0.0275	-0.0720	3.245	
Kerenyahan	<i>Cubic</i>	0.2339	0.9264	-0.5019	4.123	<i>Mean</i>
	<i>Special Cubic</i>	0.4354	0.3323	-1.2644	2.846	
	<i>Quadratic</i>	0.3056	0.4134	-0.5729	2.887	
	<i>Linear</i>	0.9991	0.2812	-0.5915	0.076	
Ketahanan renyah	<i>Cubic</i>	0.0103	0.0559	-40.3609	8.474	<i>Mean</i>
	<i>Special Cubic</i>	0.1540	0.0067	-0.4594	4.329	
	<i>Quadratic</i>	0.0859	0.0095	0.0314	4.376	
	<i>Linear</i>	0.1933	0.0056	-0.0704	2.941	

kriteria yang telah disebutkan diatas, model linear, model *quadratic*, model *cubic*, dan model *special cubic*, tidak sesuai digunakan sebagai model prediktor bagi respon kecerahan, hue, kekerasan, kerenyahan, dan ketahanan renyah karena tidak dapat memenuhi kriteria-kriteria tersebut (Tabel 4), sehingga RSM software DX7 menyarankan penggunaan model *mean* sebagai model terbaik dan paling sesuai untuk digunakan sebagai model prediktor bagi kelima atribut tersebut

Model *mean* merupakan model yang menunjukkan hasil rata-rata dari suatu respon.

Kelima respon memiliki model *mean* (Gambar 8), artinya memiliki nilai yang datar pada setiap kombinasi antar komponen yang diukur. Selain itu, grafik juga menunjukkan nilai respon yang terukur sama tingginya pada semua kombinasi komponen yang diukur. Jadi berdasarkan model yang terpilih, menunjukkan bahwa variasi proporsi tempe (A), tepung terigu (B), dan maltodekstrin (C) pada selang yang diujikan tidak memiliki pengaruh terhadap respon. Hal ini juga selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Susilo (2011) dan Wahyudi (2012) yang juga memakai model *mean* pada optimasi yang dilakukan.



Gambar 8. Model prediktor terpilih untuk masing – masing respon

Formula Optimum dan Verifikasi

Formula optimum merupakan formula terpilih yang menghasilkan produk dengan karakteristik mendekati ideal, sesuai dengan batasan – batasan (target optimasi) yang diberikan saat simulasi menggunakan model prediktor terpilih untuk semua respon. Target optimasi dimaksudkan untuk meminimumkan usaha yang diperlukan dan memaksimalkan yang diinginkan. Target optimasi dilakukan dengan sistem pembobotan (*importance*), yang menandakan bahwa semakin tinggi tingkat kepentingan respon yang diukur terhadap produk maka akan semakin banyak tanda positif sehingga memberikan respon yang maksimal.

Target optimasi untuk *flakes* tempe yaitu memiliki kecerahan, hue, kekerasan, kerenyahan, dan ketahanan renyah yang sama

dengan *flakes* komersial, sehingga dilakukan analisis respon terlebih dahulu terhadap *flakes* komersial.

Target yang diinginkan untuk kecerahan adalah *maximize* pada selang 44.26-57.63, target hue juga *maximize* pada selang 58.59-73.92, target kekerasan sebesar 2105.3 gF, target kerenyahan sebesar 432.3 gF, dan target ketahanan renyah yang *in range* pada selang 180-330 detik. Selang ini didapatkan dari nilai terendah dan tertinggi dari hasil semua kombinasi masing-masing respon. Setelah itu dilakukan pembobotan (*importance*) terhadap masing-masing respon, yaitu diberikan (+++++) sehingga didapatkan respon yang maksimal untuk mendapatkan formula optimum yang sesuai dengan keinginan. Target optimasi untuk semua respon diperlihatkan pada Gambar 9.

The figure displays five screenshots of an optimization software interface, each showing the configuration for a specific response variable. Each screenshot includes a list of variables on the left, a goal selection dropdown, numerical limits for lower and upper bounds, weight input fields, and an importance level dropdown.

Response Variable	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Weight	Importance
Lightness	maximize	44.2633	57.63	1	+++++
Hue	maximize	58.59	73.92	1	+++++
Ketahanan Renyah Tekstur	in range	180	330	1	+++++
Kerenyahan	target ->	232.567	786.667	1	+++++
Kekerasan	target ->	1182.63	4473.2	1	+++++

Gambar 9. Target optimasi dan pembobotan untuk mendapatkan formula optimum yang sesuai keinginan

Tabel 5. Perbandingan nilai respon hasil prediksi RSM dengan hasil verifikasi

Respon	Prediksi RSM	Hasil verifikasi
Kecerahan	52.63	59.36
Hue	64.83	72.92
Kekerasan (gF)	2306.50	1995.20
Kerenyahan (gF)	457.00	746.67
Ketahanan renyah (detik)	241.875	300.00

Simulasi dengan RSM akan menghasilkan beberapa solusi formula, namun hanya satu saja formula yang akan dipilih sebagai formula optimum yaitu formula yang memiliki nilai *desirability* tertinggi. Nilai *desirability* berkisar dari nol sampai satu. Nilai yang mendekati satu menandakan bahwa formula tersebut yang diprediksi akan menghasilkan produk sesuai dengan target yang diinginkan, sedangkan jika mendekati nol maka menandakan bahwa formula tersebut sulit mencapai titik optimal berdasarkan respon (Anonim 2005).

Nilai *desirability* sangat dipengaruhi kompleksitas komponen, kisaran nilai yang digunakan untuk setiap komponen, jumlah komponen dan respon, serta target yang ingin dicapai dalam memperoleh formula optimum. Kompleksitas dan jumlah komponen dapat terlihat pada persyaratan jumlah bahan baku yang dianggap penting dan berpengaruh terhadap produk untuk menentukan formulasi. Jumlah masing-masing bahan baku yang ditentukan dalam selang yang berbeda-beda juga akan berpengaruh terhadap nilai *desirability*. Semakin lebar selang maka penentuan formula optimum dengan *desirability* yang tinggi akan semakin sulit. Semakin banyak jumlah komponen dan respon maka akan semakin sulit untuk mencapai keadaan optimum sehingga nilai *desirability* yang akan tercapai kemungkinan akan rendah. Nilai *importance* yang besar menunjukkan adanya keinginan untuk mencapai produk optimum yang ideal. Semakin besar nilai *importance* yang ditetapkan akan semakin sulit untuk mendapatkan hasil dengan nilai *desirability* yang tinggi (Wahyudi 2012).

Dari 27 formula hasil simulasi menggunakan modul RSM software DX7,

terpilih satu formula yang memiliki komposisi bahan sebagai berikut : tempe 73.421 %, tepung terigu 11.645 %, maltodekstrin 3.934 %, gula halus 9 %, garam 1 %, dan CMC sebesar 1 % sebagai formula optimum. Formula ini terpilih karena memiliki nilai *desirability* tertinggi (yang paling mendekati satu) sebesar 0.659. Selanjutnya berdasar formula optimum ini akan dibuat produk uji yang akan menjalani tahap verifikasi.

Verifikasi merupakan suatu cara untuk melakukan pembuktian apakah terdapat kesesuaian antara nilai respon (atribut mutu) produk uji yang diprediksi RSM dengan nilai respon hasil pengujian empiris. Perbandingan antara nilai respon yang diprediksikan RSM dengan hasil verifikasi menunjukkan terdapat adanya sedikit perbedaan (Tabel 5). Perbedaan bisa disebabkan adanya faktor eksternal. Faktor eksternal merupakan faktor yang berasal dari luar bahan-bahan yang digunakan untuk membuat *flakes* tempe.. Salah satu contoh faktor yang berpengaruh adalah variasi penerimaan panas pada saat pemanggangan. Panas yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan nilai kecerahan dan hue *flakes* tempe hasil prediksi RSM dengan nilai pengukuran empiris.

Seberapa baik kemampuan model prediktor memprediksi nilai respon pada produk *flakes* tempe dapat diverifikasi menggunakan kriteria : *Confident Interval* (CI) atau *Prediction Interval* (PI). Akan dikatakan baik jika nilai hasil prediksi berada dalam selang *Confident Interval* (CI) atau *Prediction Interval* (PI) pada taraf kepercayaan 95 % (Tabel 6).

Hasil verifikasi menunjukkan respon kecerahan, hue, kerenyahan, dan ketahanan renyah tidak masuk dalam CI tetapi masuk

Tabel 6. *Point prediction* oleh *Design Expert 7*

Respon	SE mean	CI low*	CI high*	SE Pred	PI low*	PI high*
Kecerahan	1.08	50.34	54.92	4.44	43.18	62.09
Hue	0.95	62.80	66.87	3.94	56.44	73.22
Kekerasan	249.16	1775.43	2837.59	1027.33	116.81	4496.20
Kerenyahan	38.79	374.33	539.71	159.95	116.09	797.96
Ketahanan renyah	12.69	214.83	268.92	52.32	130.36	353.39

*Pada selang kepercayaan 95 %

dalam PI (yang artinya memerlukan interval lebih lebar), sedangkan kekerasan masuk dalam CI dan PI (Tabel 6). Hasil ini menunjukkan bahwa model prediktor telah terverifikasi dan cukup baik dalam memprediksi nilai respon pada produk *flakes* bilamana terdapat perubahan komposisi bahan

Uji Organoleptik *Flakes* Tempe

Uji organoleptik dilakukan untuk menilai tingkat kesukaan konsumen terhadap *flakes* tempe. Untuk mengetahui hal tersebut, dilakukan uji organoleptik dengan *rating* hedonik terhadap 70 panelis tidak terlatih. Panelis diminta untuk menilai dan memberi skor atribut rasa, aroma, warna, dan tekstur *flakes* tempe. Ada dua sampel yang digunakan, yaitu *flakes* komersial dan *flakes* tempe. Kedua sampel disajikan secara terpisah (satu per satu). Sampel diujikan dengan cara demikian agar panelis tidak membuat perbandingan antar sampel, tetapi hanya menilai tingkat kesukaan atribut kualitas dari masing-masing sampel.

Tabel 7 merupakan rangkuman dari hasil uji organoleptik. Pada atribut rasa, *flakes* komersial memiliki skor 6.03 yang artinya disukai sedangkan *flakes* tempe memiliki skor 5.34 yang artinya agak disukai. Selain itu atribut rasa antara *flakes* komersial dengan *flakes* tempe sangat berbeda nyata pada taraf signifikan 0.01. Hal tersebut disebabkan nilai sig. (2-tailed) yang ditampilkan < 0.01 (Lampiran 3). Perbedaan tersebut bukan berarti *flakes* tempe memiliki kualitas rasa lebih rendah, namun bisa disebabkan karena *flakes* tersebut terbuat dari tempe yang memang memiliki cita rasa khas dari tempe itu

sendiri dan belum tentu semua orang menyukainya.

Pada atribut aroma, *flakes* komersial memiliki skor 5.34 yang artinya agak disukai sedangkan *flakes* tempe memiliki skor 5.24 yang artinya agak disukai. Atribut aroma sangat tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 0.01. Hal tersebut disebabkan nilai sig. (2-tailed) yang ditampilkan > 0.01 (Lampiran 3). Pada atribut warna, *flakes* komersial memiliki skor 5.97 yang artinya agak disukai sedangkan *flakes* tempe memiliki skor 5.89 yang artinya agak disukai. Sama halnya dengan aroma, yaitu atribut warna sangat tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 0.01. Hal tersebut disebabkan nilai sig. (2-tailed) yang ditampilkan > 0.01 (Lampiran 3). Pada atribut tekstur, *flakes* komersial memiliki skor 6.20 yang artinya disukai sedangkan *flakes* tempe memiliki skor 5.67 yang artinya agak disukai. Atribut tekstur sangat berbeda nyata pada taraf signifikan 0.01. Hal tersebut disebabkan nilai sig. (2-tailed) yang ditampilkan < 0.01 (Lampiran 3). *Flakes* tempe memiliki atribut tekstur dengan skor lebih rendah disebabkan *flakes* tempe yang tidak lebih renyah dibandingkan *flakes* komersial.

Berdasarkan komentar pada uji organoleptik. *Flakes* tempe dengan *flakes* komersial masih berbeda dari segi rasa dan tekstur. Rasa *flakes* tempe masih memiliki rasa khas tempe yang dapat mempengaruhi kesukaan konsumen karena rasanya yang asing dan tidak semua orang menyukai tempe. Namun secara keseluruhan, *flakes* tempe dapat diterima oleh konsumen karena memiliki skor sudah diatas empat.

Tabel 11 Hasil uji organoleptik

Parameter	Flakes komersial*	Flakes tempe*
Rasa	6.03 ^a	5.34 ^b
Aroma	5.39 ^a	5.24 ^a
Warna	5.97 ^a	5.89 ^a
Tekstur	6.20 ^a	5.67 ^b

*Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0.01$)

SIMPULAN

After taste pahit pada produk akhir dapat dihilangkan dengan memberikan perlakuan pengukusan pada tempe selama tujuh menit. Proses *dusting* diperlukan untuk mempercepat proses dan mengurangi kelengketan adonan saat proses *sheeting*. Formula optimum yang didapatkan memiliki proporsi tempe sebanyak 73.875 gram, tepung terigu sebanyak 12.283 gram, dan maltodekstrin sebanyak 2.841 gram, dengan nilai *desirability* 0.659. Hasil yang didapatkan adalah *flakes* memiliki nilai kecerahan 59.36, hue 72.92, kekerasan 1995.20 gF, kerenyahan 746.67 gF, dan ketahanan renyah 300.00 detik. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata dari segi rasa dan tekstur antara *flakes* tempe dan *flakes* komersial, sedangkan tidak berbeda nyata untuk atribut aroma dan warna pada taraf signifikansi 0.01. Selain itu, *flakes* tempe memiliki skor rasa, aroma, warna, dan tekstur agak disukai. Over all *flakes* tempe dapat diterima oleh konsumen karena memiliki skor sudah diatas empat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson M, Whitcomb P. 2000. *Simple Comparative Experiments One-Way ANOVA*. Stat-Ease, Inc.
- Anonim. 1997. User manual TA-XT2i texture analyser. *Stable Micro System*. England (UK): Surrey.
- _____. 2005. *Design Expert 7 Tutorial*. Stat-Ease, Inc.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemistry. 2005. *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemistry. Washington DC (US): AOAC.
- Benmoussa M, Moldenhauer KAK, Hamaker BR. 2007. Rice amylopectin fine structure variability affects starch digestion properties. *J. Agric. Food Chem.* 55: 1475-1479. DOI: 10.1021/jf062349x
- Cahyadi W. 2009. *Kedelai: Khasiat dan Teknologi*. Jakarta (ID): Penerbit Bumi Aksara.
- Carlstedt J, Wojtasz J, Fyhr P, Kocherbitov V. 2015. Understanding starch gelatinization: The phase diagram approach. *Carbohydr Polym* 129: 62-69. DOI: 10.1016/S0008-6215(00)00098-7
- Dewi PK. 2006. The effects of fermentation period and drying temperature to the amount lysine and the physico-chemical characteristic of tempeh powder. [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Katolik Soegijapranata.
- Dipitasari A. 2010. Optimasi formulasi yogurt kedelai pada skala laboratorium. [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Handoyo T, Morita N. 2006. Structural and functional properties of fermented soybean (tempeh) by using *Rhizopus oligosporus*. *INT J FOOD PROP* 9 (2): 347-355. DOI: 10.1016/j.proche. 2015.03.037
- Hidayat B, Ahza AB, Sugiyono. 2007. Karakteristik tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) varietas Shiroyutaka serta kajian potensi penggunaannya sebagai sumber pangan karbohidrat alternatif. *JTIP XVIII*(1).
- Hutchings JB, 1999. *Chapman and Hall Food science Book*, Maryland (US): Aspen Publisher, Inc.
- Khuri AI. 2005. *Response Surface Methodology and Related Topics*. Singapore (SG): World Scientific Publishing. Co. Pte. Ltd.

- Koswara S. 2009. *Teknologi Pengolahan Jagung (Teori dan Praktek)*. [Internet]. [diacu 2015 Februari 11]. Tersedia dari: eBookPangan.com
- Koswara S. 2009. *Teknologi Pengolahan Kedelai (Teori dan Praktek)*. [Internet]. [diacu 2015 Oktober 15]. Tersedia dari: eBookPangan.com
- Kumari KS, Babu IS, Rao GH. 2008. Process optimization for citric acid production from raw glycerol using response surface methodology. *IJB T* 7: 496-501.
- Kusnandar F. 2010. *Kimia Pangan: Komponen Makro*. Jakarta (ID): Dian Rakyat.
- Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 1999. *Sensory Technique Evaluation*. 3^{ed}. Florida (USA): CRC Press LLC.
- Sarteshnizi RA, Hosseini H, Bondarianzadeh D, Colmenero FJ, Khaksar R. 2015. Optimization of prebiotic sausage formulation: Effect of using β -glucan and resistant starch by D-optimal mixture design approach. *LWT-FOOD SCI TECHNOL* 62: 704-710. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.05.014
- Shaviklo AR, Azaribeh M, Moradi Y, Zangeneh P. 2015. Formula optimization and storage stability of extruded puffed corn-shrimp snack. *LWT-FOOD SCI TECHNOL* 63: 307-314. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.093
- Sivam AS, Sun-Waterhouse D, Quek S, Perera CO. 2010. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. *JFS* 75(8): R163-R174.
- 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*). [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Syarief R, Hermanianto J, Hariyadi P, Wiraatmadja J, Suliantari, Dahrulsyah, Suyatna NE, Saragih YP. 1999. *Wacana Tempe Indonesia*. Surabaya (ID): Universitas Katolik Widya Mandala.
- Thomas PR. 2007. Pengembangan produk makanan ringan dengan proses ekstrusi dan penggorengan. [tesis]. Bogor (ID): Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Triyono A. 2010. Pengaruh maltodekstrin dan substitusi tepung pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap karakteristik flakes. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. 2010 Jan 26; Yogyakarta, Indonesia. Yogyakarta (ID): ISSN 1693-4393.
- Tseng YH, Lee YL, Li RC, Mau JL. 2005. Non-volatile flavour components of *Ganoderma tsugae*. *FoodChem*.90:409-415. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.03.054
- Wahyudi. 2012. Optimasi formula produk ekstrusi snack makaroni dari tepung sukun (*Artocarpus altilis*) dengan metode desain campuran (*Mixture Design*). [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.