

OPTIMASI PROSES PENGGORENGAN TUMPI-TUMPI DARI IKAN BANDENG MENGUNAKAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*

Syahrul^{1,3*}, Rizal Syarif², Joko Hermanianto², Budi Nurtama²

¹Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Jawa Barat. Telepon (0251) 8620517, Faks. (0251) 8626725

²Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Jawa Barat. Telepon (0251) 8626725, Faks. (0251) 8626725

³Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea, Makassar 90245 Sulawesi Selatan
Telepon (0411) 586026, Faks. (0411) 586026

*Korespondensi: syahrulpsunhas@gmail.com

Diterima: 21 Desember 2016/ Disetujui: 24 November 2017

Cara sitasi: Syahrul, Syarif R, Hermanianto J, Nurtama B. 2017. Optimasi proses penggorengan *tumpi-tumpi* dari ikan bandeng menggunakan *response surface methodology*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(3): 432-445.

Abstrak

Tumpi-tumpi merupakan makanan tradisional khas dari Provinsi Sulawesi Selatan dan Barat (suku/etnik Bugis-Makassar) berbahan baku ikan. Parameter kualitas produk *tumpi-tumpi*, terutama dalam hal penyerapan minyak, warna dan tekstur dipengaruhi oleh kondisi proses penggorengan (di antaranya persentase bahan *coating*, suhu dan waktu penggorengan). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji teknologi produksi *tumpi-tumpi* melalui optimasi penggorengan sistem *deep fat frying* menggunakan piranti lunak Design Expert 7.0[®] dengan *Response Surface Methodology* (RSM) Box-Behnken Design yang menghasilkan respon yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respon warna (nilai L, ohue) dan tekstur (kekerasan, kekenyalan) *tumpi-tumpi* sangat dipengaruhi oleh persentase bahan *coating*, suhu dan waktu penggorengan. Optimasi menggunakan program Design Expert 7.0[®] dengan RSM Box-Behnken menghasilkan formula pengolahan yang optimal dengan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C selama 30 detik dihasilkan *tumpi-tumpi* dengan respon nilai L (kecerahan) 62,25 menunjukkan agak cerah, °hue 78,73 menunjukkan warna kuning kemerahan, kekerasan 15407,60 gs menunjukkan kekerasan sedang dan kekenyalan 0,51 g/g menunjukkan sedikit kenyal.

Kata kunci: ikan bandeng, optimalisasi, penggorengan, *response surface methodology*, *tumpi-tumpi*

The Optimization of Frying Process of Tumpi-tumpi from Milkfish used Response Surface Methodology

Abstract

Tumpi-tumpi is a traditional food from South and West Sulawesi (ethnic Bugis-Makassar) using fish as raw material. The quality parameters of *tumpi-tumpi*, especially in terms of oil absorption, color and texture were affected by the condition of the frying process (including the percentage of coating materials, temperature and frying time). This study was aimed to assess the production technology of the *tumpi-tumpi* through frying process optimization of deep fat frying using Design Expert 7.0[®] software with Response Surface Methodology (RSM) Box-Behnken Design producing an optimal response. The results showed that the response of color (L value, °hue) and texture (hardness, cohesiveness) of *tumpi-tupi* were significantly influenced by the percentage of coating materials as well as frying temperature and time. The optimization using software Design Expert 7.0[®] with RSM Box-Behnken produced the optimal processing formula of 1.5% coating materials, 150°C frying temperature and 30 s frying time produced the *tumpi-tumpi* with properties as follows: 62.25 of L (lightness) value indicating a bit light, 78.73 of °hue indicating yellow red color, 15407.60 gs hardness reflecting moderat hardness and 0.51 g/g *cohesiveness* impressing slight chewy.

Keywords: frying, milkfish, optimization, response surface methodology, *tumpi-tumpi*

PENDAHULUAN

Tumpi-tumpi merupakan makanan tradisional khas dari Provinsi Sulawesi Selatan dan Barat (Sulselbar) suku/etnik Bugis-Makassar berbahan baku ikan (daging lumat) yang telah dikenal sejak lama secara turun-temurun. *Tumpi-tumpi* biasanya dibuat pada acara tertentu yang berkaitan dengan tradisi masyarakat setempat, misalnya acara pernikahan, pertemuan keluarga, khitanan, syukuran dan acara keagamaan (maulid nabi Muhammad SAW, hari asyurah dan hari raya Idul Fitri/Adha). Bahan baku ikan yang sering digunakan adalah ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) dengan bahan tambahan kelapa parut, tepung tapioka dan bumbu (lengkuas, sereh, bawang merah, bawang putih, lada, dan garam) dengan formulasi tertentu yang kemudian dicetak dengan daun pisang berbentuk segitiga kemudian digoreng (Karmiati 2011).

Perkembangan zaman yang diiringi dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pangan yang menghasilkan makanan-makanan modern dengan kenampakan yang menarik, siap saji, murah dan masa simpan lama. Suryanti (2009) menyatakan bahwa selain hal tersebut, perkembangan variasi produk-produk makanan yang berbasis hasil perikanan dari luar negeri (impor) di pasar domestik semakin meningkat jika dibandingkan dengan produk dari dalam negeri. Kondisi tersebut menyebabkan produk *tumpi-tumpi* yang berbasis ikan maupun produk-produk tradisional lainnya yang sejenis kurang diminati. Almlil *et al.* (2011) mengemukakan bahwa kendala dalam penyiapan produk makanan tradisional dengan cita rasa spesifik, berkualitas, menarik, nilai gizi tinggi, sehat dan aman, dibutuhkan waktu preparasi yang lama dan relatif mahal.

Masyarakat sekarang terutama di daerah Sulselbar, kurang memiliki ketertarikan atau minat untuk memproduksi, mengkonsumsi apalagi mengkaji produk *tumpi-tumpi* tersebut. Arismunandar (2010) menyatakan bahwa ada beberapa hal yang menyebabkan produk makanan tradisional ditinggalkan *di antaranya* tidak adanya arsip, buku atau dokumen yang memuat resep, prosedur

pembuatan dan nilai gizi. Hal ini menjadi penyebab produk yang dihasilkan tidak standar, berbeda-beda antara daerah satu dengan daerah lainnya, terutama terhadap citarasa dan kenampakan. Permasalahan lainnya adalah umur simpan yang singkat sekitar 3 hari bahkan ada yang kurang dari 24 jam sehingga jangkauan pasar terbatas. Masyarakat pengolah produk tradisional dalam bidang teknologi produksi di Indonesia khususnya produk berbasis ikan masih menggunakan teknologi pengolahan yang sangat sederhana yang diperoleh secara turun temurun, tidak ada formulasi yang tetap dan tepat (Suseno 2008). Teknologi pengolahan produk *tumpi-tumpi* yang belum berkembang atau masih menggunakan pengolahan tradisional sehingga berdampak pada produk yang dihasilkan memiliki mutu yang rendah, tidak konsisten baik dari segi kenampakan, aroma, tekstur, warna maupun rasa.

Kajian produk *tumpi-tumpi* saat ini masih sangat terbatas, Karmiati (2011) mengkaji beberapa bahan pengikat dan Matti (2013) mencoba mereformulasi *tumpi-tumpi* dari ikan tuna. Kedua penelitian tersebut masih terbatas pada karakteristik mutu kimiawi (proksimat) terutama cara mendapatkan *tumpi-tumpi* dengan kadar protein yang tinggi. Syahrul *et al.* (2016) telah mengkaji penyerapan minyak pada produksi *tumpi-tumpi* pada berbagai kondisi proses penggorengan. Kajian terhadap karakteristik fisik produk masih terbatas terutama tekstur dan warna produk, padahal faktor tersebut menjadi kriteria utama penerimaan konsumen sebelum mempertimbangkan faktor nilai gizi.

Kajian optimasi penggorengan terhadap produk yang digoreng masih berkisar pada faktor suhu dan waktu penggorengan, sedangkan faktor bahan pangan yang akan digoreng belum banyak dijadikan sebagai parameter peubah dalam optimasi. Llorca *et al.* (2005) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi proses penggorengan *di antaranya* suhu dan waktu penggorengan, bentuk produk, komposisi dan porositas potongan makanan. Penerapan teknologi pengolahan yang berkembang saat ini untuk proses penggorengan yaitu *deep fat frying*. Rekayasa suhu dan waktu penggorengan

sangat berperan terhadap mutu produk yang dihasilkan terutama terhadap kandungan air dan minyak pada produk gorengan (Ngadi *et al.* 2009), yaitu kandungan minyak diharapkan seminimal mungkin pada produk karena berpengaruh terhadap nutrisi dan kualitas organoleptik (Fereshteh *et al.* 2011). Produk *tumpi-tumpi* ini sudah dilakukan pengembangan dengan penambahan bahan *coating* sehingga optimasi perlu dilakukan pada proses penggorengan *tumpi-tumpi* untuk mendapatkan formulasi yang optimum pada produksi.

Kondisi proses produksi *tumpi-tumpi* yang bervariasi dan bersifat tradisional yang menentukan kualitas perlu dilakukan optimasi. Penelitian ini menggunakan piranti lunak *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design dalam menentukan kondisi proses dari kombinasi persentase bahan *coating*, suhu dan waktu penggorengan terhadap tekstur dan warna produk. Program ini memiliki keunggulan, *di antaranya* dapat digunakan untuk analisis dan pemodelan dari satu atau lebih perlakuan, tidak memerlukan data-data percobaan dalam jumlah besar dan tidak membutuhkan waktu lama (Ghevariya *et al.* 2011). RSM merupakan kumpulan statistik dan matematika teknik yang berguna untuk mengembangkan, meningkatkan dan mengoptimalkan proses, karena respon dipengaruhi oleh beberapa variabel independen (Radojkovic *et al.* 2012). Ghevariya *et al.* (2011) menyatakan bahwa metode RSM ini bertujuan mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap respon, mendapatkan model hubungan antara variabel bebas dan respon, serta mendapatkan kondisi proses yang menghasilkan respon terbaik.

Penelitian ini bertujuan mengkaji teknologi produksi *tumpi-tumpi* melalui optimasi penggorengan sistem *deep fat frying* terhadap tekstur dan warna produk menggunakan Response Surface Methodology (RSM). Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu paket teknologi dalam upaya pengembangan *tumpi-tumpi* sebagai *ethnic food* yang dapat dikomersialkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk) yang diperoleh dari unit pertambakan rakyat di Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan dengan bobot ± 500 g/ekor. Pertimbangan penggunaan ikan bandeng antara lain: produksi ikan bandeng terutama di Sulselbar cukup besar dan tersedia sepanjang tahun, memiliki nilai gizi cukup tinggi, harga yang relatif lebih murah, memiliki banyak duri yang berdampak pada konsumsi dikalangan anak-anak terbatas sehingga cocok untuk dibuat makanan olahan untuk meningkatkan nilai tambah. Bahan tambahan yang digunakan untuk formulasi *tumpi-tumpi*, yaitu kelapa tua, tepung tapioka cap Gunung Agung, bumbu (lengkuas, sereh, bawang merah, bawang putih, lada, garam), air mineral, minyak goreng komersial cap Tropical diperoleh dari salah satu pasar swalayan di Bogor. Peralatan untuk pembuatan dan analisis *tumpi-tumpi* yakni gilingan daging/grinder (Oxone dimensi 36x22x21cm), timbangan elektrik (Ohaus, kapasitas 2000 g/0,1 g), food processor (Oxone OX-855 vol. 4,5 L), alat penggorengan elektrik *deep fat frying* (CosBao, volume 10 L), freezer (chest freezer AB-506TX, suhu -30°C), plastik (LDPE 16x20 cm), sealer (Ramesia PCS-400A), chromameter (minolta CR 400), *Texture analyzer* TA XT2i (Stable Micro System, Haslemere, Surrey, UK) tipe probe SMS P/35, force 20 g, kecepatan 2 mm/detik), termokopel (Sato SK-1110, suhu -50 sampai 1300°C/ketelitian 0,1°C).

Metode Penelitian

Tahap pembuatan rancangan formulasi dan respon

Rancangan formulasi dan respon dibuat dengan menggunakan piranti lunak *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design. Tahap ini diawali dengan penetapan kondisi proses yang digunakan sebagai variabel tetap dan variabel peubah. Variabel tetap adalah jumlah produk *tumpi-tumpi* yang akan digoreng (1 kg) sekali penggorengan dan variabel peubahnya

Tabel 1 Rancangan optimasi penggorengan tumpi-tumpi menggunakan *Design Expert 7.0® RSM Box-Behnken Design*

Formula	Variabel peubah pada optimasi penggorengan		
	A:Persentase bahan coating (%)	B:Suhu penggorengan (°C)	C:Waktu penggorengan (detik)
1	1,0	170	150
2	1,0	190	90
3	1,0	150	90
4	1,0	170	30
5	1,5	150	30
6	1,5	150	150
7	1,5	170	90
8	1,5	170	90
9	1,5	170	90
10	1,5	170	90
11	1,5	170	90
12	1,5	190	30
13	1,5	190	150
14	2,0	150	90
15	2,0	170	30
16	2,0	190	90
17	2,0	170	150

adalah persentase formula bahan *coating*, suhu dan waktu penggorengan. Penentuan variabel peubah diperoleh dengan melakukan trial and error untuk menentukan batas minimum dan maksimum yaitu persentase bahan *coating* (perbandingan air dan bahan padat) (1,0 dan 2,0), suhu penggorengan (150 dan 190°C), waktu penggorengan (30 dan 150 detik). Kisaran nilai maksimum-minimum yang didapatkan selanjutnya diinput pada piranti lunak *Design Expert 7.0® RSM Box-Behnken Design* sehingga diperoleh 17 kombinasi perlakuan yang akan dianalisis (Tabel 1). Respon yang diukur adalah tekstur (kekerasan dan kekenyalan) dan warna (nilai L dan °hue).

Penentuan tekstur

Analisis tekstur mengacu pada Munizaga *et al.* (2005), menggunakan *Texture Analyzer TA-XT2i*. Dimensi sampel yang akan diukur, dibuat dengan ukuran yang sama (diameter 3

cm dan ketebalan 1 cm). Sampel ditempatkan pada wadah uji pengukuran tekstur, melalui pemberian gaya tekan sebanyak 2 kali. Output hasil pengukuran berupa grafik hubungan plot gaya dan waktu. Grafik yang diperoleh dianalisis dengan menghitung masing-masing profil tekstur. Pembacaan grafik menggunakan program *Texture Exponent Lite 4.0.7.0* dari *Visual Component Incorporation*. Paramater profil tekstur yang dihitung adalah kekerasan (*hardness*) yang ditandai dengan puncak maksimum dan kekenyalan (*cohesiveness*) ditandai dengan rasio antara 2 area yang terbentuk (area 2/area 1).

Penentuan warna

Pengukuran warna mengacu pada Ballange (2009), yaitu secara objektif dilakukan dengan menggunakan alat *chromameter CR 400* (Konika Minolta Jepang). Pengukuran dilakukan dengan meletakkan sampel di dalam wadah sampel berukuran seragam

(misalnya cawan petri). Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai L, a, dan b. Nilai L menunjukkan parameter kecerahan (lightness) adalah hitam sampai cerah/terang (0-100), Nilai a (*redness/greeness*) menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai +a (positif) dari 0-80 untuk warna merah dan nilai -a (negatif) dari 0-(-80) untuk warna hijau. Nilai b (*yellowness/blueness*) menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan nilai +b (positif) dari 0-70 untuk warna kuning dan nilai -b (negatif) dari 0-(-70) untuk warna biru. Nilai °Hue menggambarkan kisaran warna sampel berdasarkan perbandingan nilai a dan nilai b. Perhitungan °Hue menggunakan formula dari Hutching (2010) yaitu $^{\circ}\text{Hue} = \arctan(b/a)$ atau $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}(b/a)$.

Tahap formulasi

Formulasi merupakan tahap pembuatan produk berdasarkan kondisi proses (formula) yang diperoleh dari rancangan formulasi yang dihasilkan piranti lunak *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design (Tabel 1). Produk *tumpi-tumpi* dibuat sebanyak 1 kg untuk setiap formula. Proses pembuatan produk *tumpi-tumpi* diawali dengan pembuatan daging lumat ikan bandeng, kelapa sangrai, dan hancuran homogen bumbu (terdiri dari lengkuas, sereh, bawang merah, bawang putih, lada putih, garam) dengan blender. Bahan baku tersebut dicampurkan dengan mengacu pada resep referensi lapangan yaitu: 30% ikan, 45% kelapa, 10% tapioka, dan 15% bumbu dengan food processor, setelah itu dicetak berbentuk segitiga sama sisi (dimensi panjang sisi 3 cm dan ketebalan 1 cm), lalu pengukusan pada suhu 70°C selama 5 menit (Karmiati 2011) lalu dilakukan *coating* sesuai formula. Bahan *coating* meliputi batter (tepung maizena 50%, SPI 15%, susu skim 15%, putih telur 16%, garam 2%, lada 1,5%, sodium bikarbonat 0,5%) dan crumb (tepung roti). Setelah *coating*, kemudian dibekukan dalam *freezer* suhu -20°C selama 2 jam (Hikmawati 2012). Penggorengan dengan sistem *deep fat frying* sesuai formula (Tabel

1) yang ditentukan berdasarkan sintesis hasil penelitian Karmiati (2011), Matti (2013) dan Syahrul *et al.* (2016). Alat penggorengan menggunakan *electrical deep fat frying* dengan volume minyak goreng sebanyak 5 liter dengan produk *tumpi-tumpi* sebanyak 1 kg. Suhu penggorengan diatur sesuai dengan perlakuan dan dimonitor dengan termokopel untuk mendapatkan suhu yang diinginkan dan memastikan suhu penggorengan yang tepat. Suhu distabilkan selama 3 menit sebelum dilakukan penggorengan.

Tahap pengukuran respon

Hasil pengukuran respon setiap formula dari hasil rancangan program *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design tersebut selanjutnya diinput untuk analisis data. Model yang dipilih adalah yang disarankan oleh program yaitu model yang memiliki tingkat tertinggi dan menghasilkan nilai signifikan pada ANOVA dan tidak signifikan pada *Lack of Fit* (Badwaik *et al.* 2012).

Tahap optimasi

Hasil analisis setiap respon kemudian digunakan untuk melakukan optimasi, masing-masing respon ditentukan tujuan optimasinya. Program akan melakukan optimasi berdasarkan data variabel dan data pengukuran respon yang dimasukkan. Tahap optimasi ini memberikan luaran rekomendasi beberapa formula baru yang optimal menurut program yaitu formula dengan nilai desirability maksimum (Badwaik *et al.* 2012; Nurmiah *et al.* 2013).

Tahap verifikasi

Tahap verifikasi dilakukan jika kondisi optimum telah diperoleh, yaitu melakukan proses pengolahan dan analisis *tumpi-tumpi* berdasarkan formulasi terbaik yang didapatkan dari hasil optimasi RSM. Tahap verifikasi bertujuan untuk melihat kesesuaian respon aktual dan prediksi nilai respon yang didapatkan (Gupta *et al.* 2012). Verifikasi dilakukan dengan dua ulangan dan hasilnya dibandingkan dengan nilai respon yang diprediksi oleh RSM.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan piranti lunak *Design Expert 7.0* RSM Box-Behnken Design.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Respon Optimasi Penggorengan

Hasil pengukuran respon pada percobaan proses penggorengan *tumpi-tumpi* dapat dilihat pada Tabel 2.

Kisaran respon nilai L antara 36,13 hingga 56,60, °hue antara 56,76 hingga 80,48, kekerasan antara 11716,15 gs hingga 17364,15 gs, dan kekenyalan antara 0,35 g/g hingga 0,61 g/g. Hasil analisis ragam (Tabel 3), menunjukkan bahwa model yang terpilih untuk respon nilai L adalah linear, °hue adalah *quadratic*, kekerasan adalah *reduced cubic*, dan kekenyalan tidak ditemukan model. Model tersebut dipilih karena memiliki nilai R² yang lebih besar dibandingkan dengan model yang lain yaitu 0,72 untuk nilai L,

0,98 untuk °hue, dan 0,99 untuk kekerasan. Model ini juga signifikan dengan nilai $p < 0,05$ (0,0007) untuk nilai L, nilai $p < 0,05$ ($< 0,0001$) untuk °hue, nilai $p < 0,05$ ($< 0,0001$) untuk kekerasan. Nilai *Lack of Fit* untuk respon nilai L, °hue dan kekerasan dengan nilai $p > 0,05$ (antara 0,1956 hingga 0,7874) menunjukkan *Lack of Fit* yang tidak signifikan. Nilai *Lack of Fit* yang tidak signifikan merupakan syarat untuk model yang baik karena menunjukkan adanya kesesuaian data respon yang diperoleh dengan model (Montgomery 2009; Keshani *et al.* 2010).

Analisis Respon Nilai L

Analisis respon nilai L yang menunjukkan tingkat kecerahan warna *tumpi-tumpi* berkisar antara 36,13 hingga 56,60. Nilai L terendah dihasilkan pada proses penggorengan dengan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 190°C dan waktu penggorengan 150 detik. Nilai L tertinggi dihasilkan pada proses penggorengan dengan persentase

Tabel 2 Hasil pengukuran respon pada perlakuan optimasi penggorengan tumpi-tumpi

Formula	Perlakuan Optimasi			Hasil Pengukuran Respon			
	Persentase bahan <i>coating</i> (%)	Suhu penggorengan (°C)	Waktu penggorengan (detik)	Nilai L	Nilai °Hue	Kekerasan (gs)	Kekenyalan (g/g)
1	1,0	170	150	46,41	65,55	17037,10	0,61
2	1,0	190	90	41,33	60,16	13998,70	0,47
3	1,0	150	90	54,80	74,96	13402,30	0,48
4	1,0	170	30	52,38	71,74	14370,95	0,35
5	1,5	150	30	56,60	80,48	15407,60	0,58
6	1,5	150	150	52,06	77,26	16907,05	0,54
7	1,5	170	90	50,58	73,06	17364,15	0,53
8	1,5	170	90	47,53	69,52	16895,15	0,49
9	1,5	170	90	51,81	71,67	13123,25	0,57
10	1,5	170	90	53,15	71,71	11903,25	0,57
11	1,5	170	90	54,38	73,71	12299,20	0,49
12	1,5	190	30	55,32	74,09	11716,15	0,55
13	1,5	190	150	36,13	56,76	14767,00	0,54
14	2,0	150	90	49,95	70,75	14890,55	0,48
15	2,0	170	30	51,97	72,81	13431,30	0,49
16	2,0	190	90	42,55	63,19	15149,45	0,38
17	2,0	170	150	43,28	62,30	16706,45	0,41

Tabel 3 Analisis model untuk respon percobaan

Respon	Model Matematika	Signifikansi ($p < 0.05$)	Lack of fit ($p > 0.05$)	R ²
Nilai L	$99,9299 - 1,8675A - 0,2377B - 0,0808C$	0,0007	0,1956	0,7169
Nilai °Hue	$68,3295 + 23,9290A - 0,0506B + 0,4499C + 0,1810AB - 0,0360AC - 2,9395 \times 10^{-3}BC - 17,4330A^2 - 7,7687 \times 10^{-4}B^2 + 1,4562 \times 10^{-4}C^2$	<0,0001	0,6565	0,9768
Kekerasan (gs)	$-1,4246 \times 10^6 + 3,5493 \times 10^6A + 2298,0378B - 702,4180C - 2363,9075AB + 7553,3300AC - 30,8255BC - 1,1824 \times 10^6A^2 + 47,8663B^2 + 5,2149C^2 + 7872,3950A^2B - 2523,8600A^2C$	<0,0001	0,7874	0,9990
Kekenyalan (g/g)	-			

bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C dan waktu penggorengan 30 detik. Nilai L dibawah nilai 50 menandakan warna *tumpi-tumpi* goreng cenderung berwarna gelap.

Berdasarkan analisis pemodelan dengan menggunakan *Design Expert 7.0*[®] RSM Box-Behnken Design, untuk nilai L didapatkan model linear dengan persamaan yaitu:

$$L = 99,9299 - 1,8675A - 0,2377B - 0,0808C$$

Keterangan:

A = Persentase bahan *coating* (%)

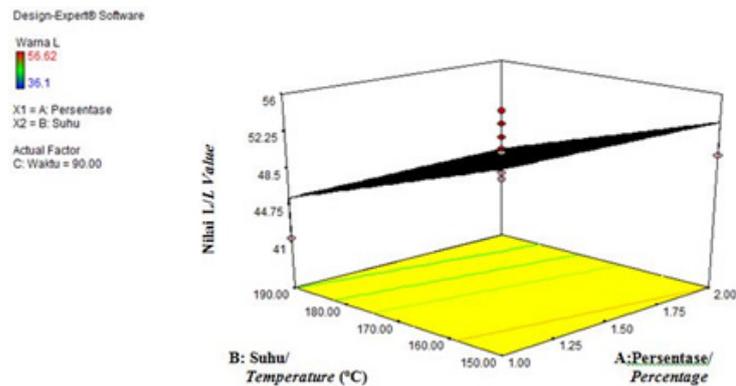
B = Suhu penggorengan (°C)

C = Waktu penggorengan (detik)

Kecerahan dari *tumpi-tumpi* yang dihasilkan dipengaruhi oleh persentase bahan *coating*, suhu penggorengan dan waktu penggorengan. Suhu penggorengan semakin tinggi dan waktu penggorengan yang semakin lama menyebabkan penurunan nilai kecerahan (nilai L), hasil tersebut menandakan warna semakin gelap atau produk cenderung menjadi gosong atau *over cooking*. Suhu penggorengan semakin rendah dan waktu penggorengan semakin cepat maka diperoleh nilai kecerahan yang semakin tinggi yang menandakan warna semakin cerah. Persentase bahan *coating* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kecerahan *tumpi-tumpi* jika dibandingkan dengan suhu

penggorengan dan waktu penggorengan. Warna yang diharapkan pada produk *tumpi-tumpi* adalah yang tingkat kecerahannya tinggi tetapi produk tetap matang dan sebaliknya tidak diinginkan produk yang berwarna gelap (kecerahan rendah).

Gambar 1 menunjukkan hubungan suhu penggorengan dan persentase bahan *coating* terhadap nilai L pada waktu penggorengan 90 detik. Terlihat bahwa warna tertinggi didapatkan pada *tumpi-tumpi* yang digoreng dengan suhu penggorengan paling rendah yaitu 150°C. Penambahan bahan *coating* tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai L jika merupakan faktor tunggal, akan tetapi berpengaruh ketika terjadi interaksi antara variabel peubah. Hal ini dimungkinkan karena bahan penyalut pada produk *tumpi-tumpi* adalah sama, yang membedakan adalah konsentrasinya. Barutcu *et al.* (2009) menyatakan bahwa penambahan bahan penyalut pada ayam goreng tidak berbeda nyata terhadap kandungan akrilamid dan nilai warna L menggunakan metode deep frying, akan tetapi perbedaan jenis bahan penyalut mengakibatkan perubahan nilai warna L. Sandhu *et al.* (2013) menyatakan bahwa selama penggorengan terjadi pindah panas dari minyak ke dalam bahan pangan



Gambar 1 Grafik tiga dimensi hubungan antara suhu penggorengan dan persentase bahan coating pada waktu penggorengan 90 detik terhadap nilai L tumpi-tumpi.

secara simultan sehingga akan berpengaruh pada kandungan minyak bahan pangan serta perubahan tekstur dan warna, yaitu semakin lama waktu penggorengan dan semakin tinggi suhu penggorengan akan menurunkan derajat warna.

Perubahan warna yang terjadi pada produk *tumpi-tumpi* selama penggorengan diduga terutama diakibatkan karena adanya reaksi *Maillard*. Perubahan warna menjadi lebih gelap karena adanya reaksi antara gula pereduksi (komponen tapioka) dan asam amino (ikan bandeng) pada produk *tumpi-tumpi* yang dikatalis dengan suhu penggorengan yang tinggi. Komposisi dari komponen penyusun *tumpi-tumpi* ini cukup kompleks yang terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, dan air. Erdogdu dan Dejmek (2010) menyatakan bahwa reaksi *Maillard* melibatkan senyawa protein dalam bentuk asam amino dan senyawa karbohidrat dalam bentuk gula pereduksi, dimana reaksi ini memerlukan kenaikan suhu yang cukup signifikan dalam bentuk panas. Suhu yang semakin tinggi dengan waktu yang semakin lama menyebabkan reaksi *Maillard* semakin cepat terjadi (Kumar *et al.* 2006). Matti (2013) menyatakan bahwa reaksi pencokelatan nonenzimatik akan terus berlangsung jika waktu diperpanjang dan suhu masih tinggi, bahkan masih terjadi walaupun produk sudah diangkat dari wadah penggorengan jika suhu masih tinggi. Proses pencokelatan yang terus-menerus ini mengakibatkan warna kuning kecokelatan tersebut akan berubah menjadi cokelat kehitaman yang mengindikasikan

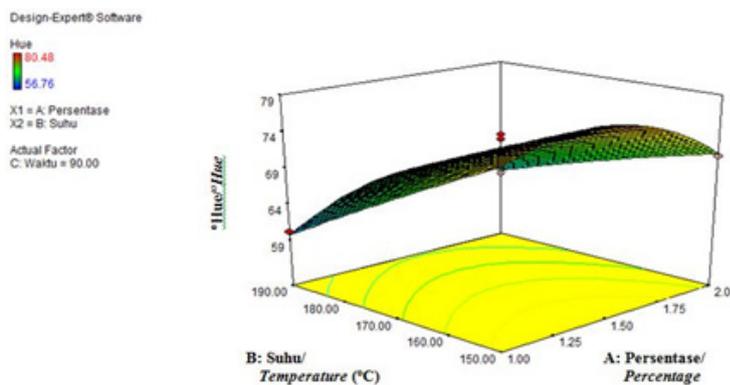
terjadi penurunan mutu sensori, kimia, dan *eating quality* terhadap produk. Mekanisme lain yang menyebabkan perubahan warna pada produk gorengan adalah karena selama penggorengan terjadi perpindahan panas dari minyak ke dalam bahan pangan dan penguapan air dari bahan pangan sehingga menjadi kering. Jika kondisi ini berlanjut akan mengakibatkan pengembangan dan pembentukan kerak pada permukaan produk sehingga lama-kelamaan menjadi gosong (Llorca *et al.* 2005; Lalam *et al.* 2013).

Analisis Respon °Hue

Analisis respon nilai °hue menunjukkan kisaran warna sampel yang didapatkan dari hasil perhitungan nilai a dan nilai b. Warna merupakan salah satu parameter sensori yang sangat penting pada produk *tumpi-tumpi* karena menjadi pertimbangan utama konsumen dalam memilih produk sebelum melihat nilai gizinya. Nilai °hue produk *tumpi-tumpi* hasil penggorengan berkisar antara 56,76 sampai 80,48. Nilai °hue terendah sebesar 56,76 terdapat pada kombinasi perlakuan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 190°C dan waktu penggorengan 150 detik. Nilai °hue tertinggi sebesar 80,48 diperoleh dari kombinasi perlakuan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C dan waktu penggorengan 30 detik. Berdasarkan kisaran nilai °hue yang diperoleh maka dapat dikatakan warna produk *tumpi-tumpi* ini adalah berwarna kuning kemerahan (Gambar 2). Hutching (2010) menyatakan bahwa kisaran nilai °hue 54 sampai 90



Gambar 2 Produk tumpi-tumpi yang diperoleh dari kombinasi perlakuan (persentase bahan coating 1,5%, suhu penggorengan 150°C dan waktu 30 detik)



Gambar 3 Grafik tiga dimensi hubungan antara suhu penggorengan dan persentase bahan coating pada waktu penggorengan 90 detik terhadap nilai ohue tumpi-tumpi

dikategorikan sebagai warna yellow red.

Berdasarkan analisis pemodelan yang dilakukan menggunakan program *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design, untuk nilai °hue didapatkan model quadratic sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{°Hue} = & 68,3295 + 23,9290A - 0,0506B + 0,4499C + 0,1810AB - 0,0360AC \\ & - 2,9395 \times 10^{-3}BC - 17,4330A^2 - 7,7687 \times 10^{-4}B^2 + 1,4562 \times 10^{-4}C^2 \end{aligned}$$

Keterangan:

A = Persentase bahan coating (%)

B = Suhu penggorengan (°C)

C = Waktu penggorengan (detik)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa respon nilai °hue akan meningkat berbanding lurus dengan persentase bahan coating, waktu penggorengan, interaksi antara persentase bahan coating dengan suhu penggorengan dan interaksi antar komponen suhu penggorengan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Respon

nilai °hue akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu penggorengan, interaksi antara komponen persentase bahan coating dengan waktu penggorengan, interaksi antara suhu penggorengan dengan waktu penggorengan, interaksi antar persentase bahan coating, dan interaksi antar suhu penggorengan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif. Grafik tiga dimensi yang menunjukkan hubungan respon dan faktor percobaan ditunjukkan pada Gambar 3. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa warna °hue tertinggi didapatkan pada suhu penggorengan 150°C dan persentase bahan coating 1,5%. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga faktor yang diujikan dapat dioptimalkan untuk memperbaiki warna sesuai selera konsumen.

Warna kuning kemerahan yang terbentuk pada produk *tumpi-tumpi* diduga terjadi karena reaksi *Maillard* dan oksidasi saat proses penggorengan berlangsung. Hal ini terutama karena penggorengan *tumpi-tumpi* dilakukan

secara terbuka, sebagaimana penelitian Bello *et al.* (2010) pada penggorengan sistem terbuka lebih cepat mengalami pencokelatan dibandingkan penggorengan vakum pada penggorengan fillet ikan sea bream. Reaksi ini terjadi karena gugus karbonil dari glukosa bereaksi dengan gugus nukleofilik dari grup amino protein yang menghasilkan warna khas produk gorengan. Kumar *et al.* (2006) menyatakan bahwa tingkat reaksi pencokelatan dipengaruhi oleh banyak faktor, *di antaranya* suhu, waktu, air, dan keadaan pangan yang terus berubah selama proses penggorengan. Pembentukan warna pada produk *tumpi-tumpi* juga diduga karena oksidasi lemak pada produk. Penggunaan kelapa parut sebagai salah satu bahan utama menjadi sumber lemak pada produk *tumpi-tumpi*. Zamora dan Hidalgo (2005) mengemukakan bahwa oksidasi lemak karena tersedianya oksigen disekitar ketel penggorengan menyebabkan oksidasi membentuk hidroperoksida, selanjutnya terdekomposisi menjadi lipida peroksil dan radikal hidroksil jika reaksi berlanjut. Pemecahan peroksil dan radikal hidroksil menghasilkan komponen aldehid, keton, hidrokarbon, polimer, dimer dan asam lemak. Komponen tersebut akan terkondensasi atau terpolimerisasi membentuk warna kuning atau kuning cokelat.

Analisis Respon Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat produk pangan yang menunjukkan daya tahan untuk pecah akibat gaya tekan yang diberikan terhadap produk tersebut (Kusnandar *et al.* 2006). Munizaga *et al.* (2005) menyatakan bahwa kekerasan digambarkan pada kurva

Texture Profile Analysis (TPA) sebagai puncak tertinggi yang dihasilkan pada penekanan pertama.

Nilai kekerasan *tumpi-tumpi* berkisar antara 11716,15 gs hingga 17364,15 gs. Nilai kekerasan terendah dihasilkan pada proses penggorengan dengan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 190°C dan waktu penggorengan 30 detik. Nilai kekerasan tertinggi dihasilkan pada persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 170°C dan waktu penggorengan 90 detik. Analisis pemodelan dengan menggunakan Design Expert®7.0 untuk nilai kekerasan didapatkan model reduced cubic sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kekerasan} = & -1,4246 \times 10^6 + 3,5493 \times 10^6 A \\ & + 2298,0378 B - 702,4180 C - 2363,9075 AB + \\ & 7553,3300 AC - 30,8255 BC - 1,1824 \times 10^6 A^2 \\ & + 47,8663 B^2 + 5,2149 C^2 + 7872,3950 A^2 B - \\ & 2523,8600 A^2 C \end{aligned}$$

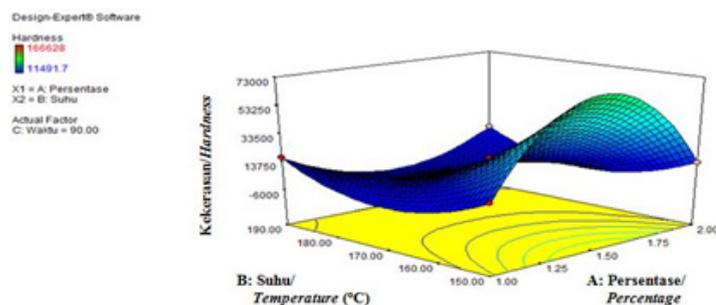
Keterangan:

A = Persentase bahan *coating* (%)

B = Suhu penggorengan (°C)

C = Waktu penggorengan (detik)

Persamaan tersebut diketahui bahwa respon kekerasan akan meningkat berbanding lurus dengan persentase bahan *coating*, suhu penggorengan, interaksi antara persentase bahan *coating* dengan waktu penggorengan, interaksi antar komponen suhu penggorengan, interaksi antar komponen waktu penggorengan dan initeraksi antara komponen persentase bahan *coating* dengan waktu penggorengan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang positif. Respon kekerasan akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu penggorengan,



Gambar 4 Grafik tiga dimensi hubungan antara suhu penggorengan dan persentase bahan *coating* pada waktu penggorengan 90 detik terhadap nilai kekerasan tumpi-tumpi.

interaksi antara komponen persentase bahan *coating* dengan suhu penggorengan, interaksi antar persentase bahan *coating*, interaksi antar persentase bahan *coating* dengan waktu penggorengan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta yang negatif.

Peningkatan maupun penurunan respon kekerasan tersebut diduga karena perilaku gelatinisasi pada pati yang berbeda-beda tergantung pada kondisi proses (Caine *et al.* 2003; Jamaluddin *et al.* 2011). Produk yang dipanaskan secara langsung tanpa suhu setting, maka pati akan tergelatinisasi bersamaan dengan pembentukan gel aktomiosin dan membentuk jaringan. Hasil penelitian Campo dan Tovar (2008) pada formulasi stik kepiting dari surimi menunjukkan bahwa penambahan pati mempengaruhi sifat tekstur stik yaitu dengan cara menghasilkan matriks gel yang lebih kokoh dan sedikit menyatu (*cohesive*) sehingga meningkatkan konsistensi yang solid. Konsentrasi pati yang rendah menyebabkan sampel lebih kasar dan mudah mengalami deformasi dan pada konsentrasi yang lebih tinggi akan menjadi keras dan rapuh.

Analisis Respon Kekenyalan

Kekenyalan menggambarkan daya tahan produk untuk lepas atau pecah karena adanya gaya tekan. Munizaga *et al.* (2005) menyatakan bahwa kekenyalan dihitung berdasarkan perbandingan antara luas daerah dibawah kurva ke-2 dan kurva ke-1. Nilai kekenyalan *tumpi-tumpi* berkisar antara 0,35 g/g hingga 0,61 g/g. Nilai kekenyalan terendah dihasilkan pada proses penggorengan dengan persentase

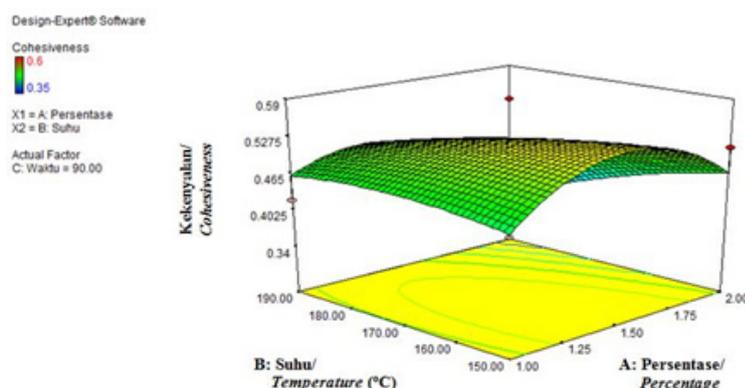
bahan *coating* 1,0%, suhu penggorengan 170°C dan waktu penggorengan 30 detik. Sedangkan nilai kekenyalan tertinggi dihasilkan pada proses penggorengan dengan persentase bahan *coating* 1,0%, suhu penggorengan 170°C dan waktu penggorengan 150 detik.

Analisis pemodelan dengan menggunakan *Design Expert 7.0* RSM Box-Behnken Design, tidak ditemukan adanya pemodelan yang signifikan. Persamaan matematika yang disarankan untuk nilai kekenyalan *tumpi-tumpi* adalah nilai rata-rata (mean). Nilai kekenyalan rata-rata produk *tumpi-tumpi* yang dihasilkan adalah 0,50 g/g. Nilai tersebut berada pada kisaran kekenyalan yang dihasilkan pada pembuatan nugget ikan lele yakni 0,35 hingga 0,56 (Hikmawati 2012). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi bahan *coating*, suhu penggorengan dan waktu penggorengan tidak menyebabkan perubahan yang berbeda nyata pada nilai kekenyalan yang dihasilkan.

Grafik tiga dimensi pada Gambar 5 merupakan bentuk permukaan dari interaksi antara komponen formula penggorengan terhadap respon kekenyalan. Gambar tersebut menunjukkan bahwa persentase bahan *coating* dan waktu penggorengan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kekenyalan *tumpi-tumpi*. Hal ini diduga karena bahan formula untuk produk *tumpi-tumpi* maupun bahan *coating* yang digunakan sama.

Optimasi Proses Penggorengan Tumpi-tumpi

Optimasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan variabel proses dan formula



Gambar 5 Grafik tiga dimensi hubungan antara suhu penggorengan dan persentase bahan coating pada waktu penggorengan 90 detik terhadap nilai kekenyalan tumpi-tumpi.

Tabel 4 Komponen respon optimasi, target, batas, dan kepentingan pada tahap optimasi formula

Komponen Respon	Target	Batas Bawah	Batas Atas	Kepentingan
Persentase (%)	<i>Is target</i> 1,5	1,0	2,0	3 (+++)
Suhu (°C)	<i>Is target</i> 150	150	190	3 (+++)
Waktu (detik)	<i>Is target</i> 30	30	150	3 (+++)
Nilai L	<i>Maximize</i>	36,13	56,60	3 (+++)
Nilai °Hue	<i>Maximize</i>	56,76	80,48	3 (+++)
Kekerasan (gs)	<i>Minimize</i>	11 716,20	17 464,20	3 (+++)
Kekenyalan (g/g)	<i>Maximize</i>	0,35	0,61	3 (+++)

yang tepat pada penggorengan *tumpi-tumpi* dengan cara mengoptimalkan respon yang telah didapatkan. Respon dikatakan optimal apabila diperoleh nilai keinginan (*desirability*) mendekati 1. Pada proses optimasi, setiap variabel dan respon diberikan pembobotan kepentingan (*importance*) untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Tujuan dari optimasi adalah untuk meminimumkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan memaksimumkan hasil yang diharapkan (Muthuvelayudham *et al.* 2010). Tabel 4, menunjukkan komponen-komponen yang dioptimasi, targetnya, batas minimum dan maksimumnya, serta tingkat kepentingan pada tahap optimasi formula.

Hasil optimasi pembuatan *tumpi-tumpi* dengan menggunakan *Design Expert 7.0*® RSM Box-Behnken Design untuk komponen dan respon pembuatan *tumpi-tumpi* menghasilkan 9 proses optimum dengan nilai *desirability* 0,859 sampai 0,923. Proses optimum yang disarankan adalah yang paling atas yang merupakan proses optimum dengan nilai *desirability* tertinggi yaitu 0,923. Hal ini menunjukkan bahwa 92,3% produk *tumpi-tumpi* yang dihasilkan memiliki karakteristik

yang sesuai dengan target optimasi. Proses optimum dengan nilai *desirability* tertinggi adalah proses optimum pembuatan *tumpi-tumpi* dengan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C, dan waktu penggorengan 30 detik. Perkiraan respon yang yang dihasilkan dari proses optimum tersebut adalah nilai L 58,98, °hue 79,43, kekerasan 13363,2 gs, dan kekenyalan 0,56 g/g. Montgomery (2009), menyatakan bahwa nilai *desirability* menunjukkan derajat ketepatan solusi optimal dimana semakin mendekati satu maka semakin tinggi ketepatan optimasi.

Verifikasi formula optimum penggorengan *Tumpi-tumpi*

Verifikasi dilakukan untuk membuktikan hasil prediksi dan nilai respon solusi formula optimum yang disarankan oleh program. Hasil verifikasi dan prediksi nilai optimum penggorengan *tumpi-tumpi* ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa proses penggorengan *tumpi-tumpi* dengan konsentrasi bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C dan waktu penggorengan 30 detik untuk seluruh respon penelitian berada pada kisaran 95% PI low

Tabel 5 Prediksi dan hasil verifikasi nilai respon optimum produksi *tumpi-tumpi*

Respon	Prediksi	Verifikasi	95% CI* Rendah	95% CI Tinggi	95% PI** Rendah	95% PI Tinggi
Nilai L	59,06	62,25	55,00	63,11	50,70	67,40
Nilai °Hue	79,43	78,73	76,44	82,42	74,87	84,00
Kekerasan (gs)	14 977,50	15407,60	9 679,04	20 276,02	7 486,28	22 470,78
Kekenyalan (g/g)	0,50	0,51	0,46	0,54	0,33	0,66

Keterangan: *CI = *confidence interval*, **PI = *prediction interval*

dan 95% PI *high*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kondisi proses penggorengan untuk menghasilkan produk *tumpi-tumpi* dengan nilai kekerasan yang minimum, serta nilai L, $^{\circ}$ hue dan kekenyalan yang maksimum cukup konsisten (Jamaluddin *et al.* 2011; Badweik *et al.* 2012; Nurmiah *et al.* 2013).

KESIMPULAN

Formulasi proses produksi *tumpi-tumpi* pada berbagai kondisi proses menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terhadap respon nilai L (kecerahan), $^{\circ}$ hue (warna) dan kekerasan, sedangkan terhadap respon kekenyalan dianggap sama pada semua kondisi proses. Optimasi menggunakan program *Design Expert 7.0*[®] RSM Box-Behnken Design menghasilkan formula pengolahan yang optimal dengan persentase bahan *coating* 1,5%, suhu penggorengan 150°C selama 30 detik. Kondisi ini menghasilkan produk *tumpi-tumpi* dengan Nilai L 62,25, $^{\circ}$ hue 78,73, kekerasan 15407,60 gs dan kekenyalan 0,51 g/g.

DAFTAR PUSTAKA

- Almli VL, Verbeke W, Vanhonacker F, Naes T, Hersleth M. 2011. General image and attribute perceptions of traditional food in six european countries. *Food Quality and Preference*. 22: 129-138.
- Arismunandar NE. 2010. Seratus jenis makanan di festival kuliner Sulawesi Selatan. <http://www.tempo.co/read/news/2010/08/01/176267943/100-Jenis-Makanan-di-Festival-Kuliner-Sulawesi-Selatan> [20 Agustus 2010].
- Badwaik LS, Prasad K, Deka SC. 2012. Optimization of extraction conditions by response surface methodology for preparing partially defatted peanut. *Journal International Food Research*. 19(1): 341-346.
- Ballange AK. 2009. Enhancement of gel strenght of surimi using oxidized phenolic compound [PhD Thesis]. Tambon Ruesamilae: Food Science and Technology Prince of Songkla University.
- Barutcu I, Sahin S, Sumnu G. 2009. Acrylamide formation in different batter formulation during microwave frying. *LWT-Food Science and Technology*. 42: 17-22.
- Bello AA, Segovia PG, Monzó, JM. 2010. Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11: 630-636.
- Caine WR, Aalhus JL, Best D, Dugan MER, Jeremiah LE. 2003. Relationship of Texture Profile Analysis and warner-bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. *Meat Science*. 64: 333-339.
- Campo L, Tovar C. 2008. Influence of the starch content in the viscoelastic properties of surimi gels. *Journal Food Engineering*. 84(1): 140-147.
- Erdogdu F, Dejmek P. 2010. Determination of heat transfer coefficient during high pressure frying of potatoes. *Journal Food Engineering*. 96(4): 528-532.
- Fereshteh, Mohebbat DN, Farideh M, Yazdi T, Hossein M, Khodaparast H. 2011. Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of shrimp nugget prepared without a pre-frying step. *Food and Bioproducts Processing*. 89: 241-247.
- Ghevariya CM, Bhart JK, Dave BP. 2011. Enhanced chrysenes degradation by halotolerant *Achromobacter xylosoxidans* using response surface methodology. *Biosource Technology*. 102: 9668-9674.
- Gupta S, Chatterjee S, Vaishnav J, Kumar V, Prasad S, Variyar, Sharma A. 2012. Hurdle technology for shelf stable minimally processed French beans (*Phaseolus vulgaris*): A response surface methodology approach. *Food Science and Technology*. 48: 182-189.
- Hikmawati M. 2012. Karakteristik nugget ikan dari ikan lele dumbo (*Clarias* sp.) dengan bahan pengisi dan pelapis dari talas Bogor [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hutchings JB. 2010. Food Color and Appearance. Eds. 2nd. Maryland (US): Chapman and Hall Food Science Book, Aspen Publisher, Inc.
- Jamaluddin, Rahardjo B, Hastuti P, Rochmadi. 2011. Model perubahan volume keripik buah selama proses penggorengan secara vakum. *Jurnal Teknologi dan Industri*

- Pangan*. 22(1): 85-91.
- Karmiati. 2011. Pengaruh penambahan berbagai jenis tepung terhadap makanan tradisional *tumpi-tumpi* dari ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) [Skripsi]. Makassar: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin.
- Keshani S, Chuah AL, Nourouzi MM, Russly AR, Jamilah B. 2010. Optimization of concentration process on pomelo fruit juice using response surface methodology (RSM). *International Food Research Journal*. 17: 733-742.
- Kumar AJ, Singh RRB, Patel AA, Patil GR. 2006. Kinetics of colour and texture changes in gulabjamun balls during *deep fat frying*. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*. 39: 827-833.
- Kusnandar F, Hariyadi P, Syamsir E. 2006. Prinsip Teknik Pangan. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan IPB.
- Lalam S, Shandu JS, Takhar PS, Thompson LD, Alvarado C. 2013. Experimental study on transport mechanism during deep fat frying of chicken nuggets. *LWT-Food Science and Technology*. 50: 110-119.
- Llorca E, Hernandoa I, Munuera IP, Quilesa A, Larrea V, Fiszman SM, Lluch MA. 2005. Microstructural study of frozen batter-coated squid rings prepared by an innovative process without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*. 19: 297-302.
- Matti A. 2013. Reformulasi tumpi tuna (*Thunnus* sp.) sebagai indigenous traditional food Sulselbar dan karakterisasi mutu selama penyimpanan suhu ruang [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Montgomery DC. 2009. Design and Analysis of Experiments. Ed ke-7. New York (US): John Wiley & Sons, inc.
- Munizaga GT, Canovas GVB. 2005. Pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white: microstructure and water-holding capacity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technologie*. 38: 47-57.
- Muthuvelayudham R, Viruthagiri T. 2010. Application of central composite design based response surface methodology in parameter optimization and on cellulose production using agricultural waste. *International Journal Chemical and Biology Engineering*. 32(2): 322-327.
- Ngadi MO, Wang Y, Adedeji AA, Raghavan GSV. 2009. Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science Technology*. 42: 438-440.
- Nurmiah S, Syarief R, Sukarno, Peranginangin R, Nurtama B. 2013. Aplikasi *response surface methodology* pada optimalisasi kondisi proses pengolahan *alkali treated cottonii* (ATC). *Jurnal Pascapanen Kelautan dan Perikanan*. 8(1): 9-22.
- Radojkovic M, Zekovic Z, Jokic S, Vidovic S. 2012. Determination of optimal extraction parameters of mulberry leave using response surface methodology (RSM). *Romanian Biotechnological Letters*. 17(3): 7295-7308.
- Sandhu J, Bansal H, Takhar PS. 2013. Experimental measurement of physical pressure in foods during frying. *Journal Food Engineering*. 115: 272-277.
- Suryanti. 2009. Kajian sifat fungsional daging lumat dan surimi ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) serta aplikasinya menjadi dendeng giling dan pendugaan umur simpannya [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Suseno. 2008. Penerapan teknologi vacuum frying bagi kelompok tani pengolah pakan di Kabupaten Tasikmalaya dalam rangka pengembangan produk unggulan daerah. Bogor: Lembaga Pengabdian Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.
- Syahrul, Syarief R, Hermanianto J, Nurtama B. 2016. Oil content response of *tumpi-tumpi* to frying process condition. *International Journal of ChemTech Research*. 9(3): 569-574.
- Zamora R, Hidalgo ZJ. 2005. Coordinate contribution of lipid oxidation and *Maillard* reaction to the non enzymatic food browning. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45(1): 49-59.