

OPTIMALISASI FORMULA TEPUNG BUMBU AYAM GORENG *CRISPY* BERBAHAN BAKU TEPUNG SINGKONG (*Manihot esculenta Crantz*) MODIFIKASI *AUTOCLAVING-COOLING CYCLE*

Ela Turmala Sutrisno
Taufik Rahman
Chandra Maulana

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudi No 193, Bandung, 40153, Indonesia

Abstrak

Indonesia mengalami kesulitan dalam memproduksi terigu yang merupakan bahan baku utama tepung bumbu. Oleh sebab itu diperlukan diversifikasi bahan lokal untuk mensubstitusi penggunaan terigu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan formulasi yang optimal pada pembuatan tepung bumbu ayam goreng *crispy* berbahan baku tepung singkong (*Manihot esculenta Crantz*) modifikasi *autoclaving-cooling cycle* (ACC). Penelitian yang dilakukan meliputi dua tahap yaitu penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengkarakterisasi tepung singkong modifikasi ACC dan menentukan batas atas dan batas bawah untuk penelitian utama melalui uji hedonik. Selanjutnya penelitian utama yang bertujuan untuk memperoleh optimalisasi formula tepung singkong modifikasi ACC, tepung sagu dan tepung maizena menggunakan program *design expert* 7.0 metode *d*- optimal. Formulasi optimal yang telah diprediksikan oleh program dengan nilai *oil holding capacity* 11,3%; nilai *water holding capacity* 18,80%; kadar air 7,96%; nilai skor organoleptik (warna 4,6; rasa 4,9; tekstur renyah 4,6; aroma 4,8, dan *overall* 5,2. Berdasarkan formulasi optimal yang ditawarkan oleh program kemudian dibandingkan dengan analisis laboratorium maka dapat dibuktikan dari nilai *desirability* (ketepatan) dengan nilai 0,774 bahwa selisih antara hasil analisis yang ditawarkan dari program dengan analisis laboratorium yang tidak begitu jauh.

Abstratct

Indonesia had encounter the difficulty to produced wheat as main raw material for the seasoned flour ingredient. So it was need the diversification for substitution wheat flour used. Purpose of this research was to select the optimal formulation of fried chicken seasoned flour from modified cassava (Manihot esculenta Crantz) flour by autoclaving-cooling cycle. This research consist two steps, there was preliminary research for knew the characreristic of modified cassava flour by autoclaving-cooling cycle, and to determined low and high limit for the main research by hedonik test. Then, main research would determined the optimal formulation of modification cassava (Manihot esculenta Crantz) flour by autoclaving-cooling cycle used design expert 7.0 metode d- optimal program. The result of the optimal formulation was contained oil holding capacity score 11,3%, water holding capacity score 18,80%, water content 7,96%, and the organoleptic score obtained 1,6 for colour, 4,9 for taste, 4,6 for crispy texture, 4,8 for aroma, and over all 5,2. The result of d-optimal program compared with the result of laboratory analysis, so it could been evidenced by desirability value with score 0,774, so the difference between the analysist and the program didn't get to far.

Keyword : seasoned flour, modified cassava flour by autoclaving-cooling cycle., optimal formulation , mixture design

1. Pendahuluan

Tepung bumbu adalah bahan makanan berbentuk tepung dari campuran tepung dengan bumbu-bumbu. Tepung bumbu telah banyak dijumpai dipasaran, antara lain tepung bumbu ayam goreng, tepung bumbu pisang goreng dan tepung bumbu tempe goreng. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat yang tidak hanya menuntut pangan sebagai kebutuhan zat gizi saja, pangan juga harus mempunyai sifat fungsional bagi tubuh.

Tepung bumbu ayam goreng adalah tepung pelapis atau penyalut potongan daging ayam dengan bumbu yang memberikan penampakan yang menarik

dan juga renyah. Tepung bumbu dibuat dari tepung komposit, dimana tepung komposit itu terdiri dari beberapa campuran tepung. Di Indonesia persentasi tepung yang paling banyak digunakan sebagai campuran untuk tepung bumbu adalah tepung terigu.

Indonesia mengalami kesulitan dalam memproduksi gandum sebagai bahan baku pembuatan terigu, sehingga untuk mencukupi kebutuhan tepung terigu, Indonesia harus impor terigu dari luar negeri. Menurut Badan Pusat Statistik perihal angka impor terigu pada tahun 2015, Indonesia mengimpor terigu sebanyak 97.829.573 kg (BPS, 2016). Pemanfaatan bahan baku lokal perlu ditingkatkan untuk mengganti

terigu pada produk-produk pangan, sehingga dapat menurunkan angka impor terigu Indonesia. Jenis bahan pangan sumber karbohidrat lokal dapat dimanfaatkan sebagai pengganti terigu, salah satunya adalah singkong.

Tabel 1. Jumlah Produksi Ubi Kayu per Tahun di Indonesia

Tahun	Produksi (ton/tahun)
2011	24.044.025
2012	24.177.372
2013	23.936.921
2014	23.436.384
2015	21.790.956

(BPS, 2016)

Singkong atau ubi kayu produksinya sangat melimpah di Indonesia. Singkong atau ubi kayu adalah salah satu jenis umbi-umbian yang memiliki potensi sebagai bahan pangan fungsional, yaitu dengan cara memodifikasi patinya. Pemanfaatan pati asli masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimianya kurang sesuai untuk digunakan secara luas. Oleh karena itu, pati akan meningkat nilai ekonominya jika dimodifikasi sifat-sifatnya melalui perlakuan fisik, kimia, atau kombinasi keduanya (Liu et al, 2005).

Modifikasi pati adalah perlakuan tertentu yang diberikan pada pati agar diperoleh sifat yang lebih baik atau mengubah beberapa sifat tertentu (Saguilan et al., 2005). Pati modifikasi adalah pati yang diberi perlakuan tertentu yang bertujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk mengubah beberapa sifat lainnya. Industri pangan sudah mulai memanfaatkan penggunaan pati modifikasi sebagai bahan pembantu bagi produk makanan tertentu. Penambahan pati modifikasi pada produk pangan dapat meningkatkan nilai fungsional dan mempunyai keunggulan kualitas. Keunggulan penggunaan pati modifikasi dalam bentuk resistant starch dapat menjadikan produk lebih *crispy*, lebih baik dari segi *mouthfeel*, warna dan flavor bila dibandingkan dengan produk yang ditambahkan traditional ingredient seperti serat pangan yang tidak larut (Faridah, 2011).

Proses modifikasi dengan cara *autoclaving-cooling cycle* yang berulang menyebabkan terjadinya peningkatan penyusunan amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin dan peningkatan pembentukan kristalin yang lebih sempurna yang berakibat pada peningkatan kadar Pati Resisten Tipe 3 (RS3) (Leong, 2007). Rekristalisasi amilosa terjadi selama proses pendinginan (*cooling*). Amilosa teretrogradasi (RS3) bersifat lebih stabil terhadap panas, sangat kompleks, dan tahan terhadap enzim amylase (Setiarto, 2015).

Tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle* dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis olahan atau produk pangan. Karakteristik dari tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle* ini tidak sama dengan tepung terigu, sehingga diperlukan formulasi dalam pembuatan tepung bumbu ayam goreng yang bermutu baik.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sejati (2010), analisis komposisi kimia dan sifat fungsional serta pengujian organoleptik maka dapat disimpulkan bahwa tepung bumbu dengan pemakaian MOCAF (*Modified Cassava Flour*) 100% sebagai pengganti terigu atau sebesar 49,8% dari basis bahan merupakan tepung bumbu ayam goreng terbaik.

Hasil analisis organoleptik terhadap cookies berbahan baku pati garut modifikasi *autoclaving-cooling* yaitu produk lebih renyah dengan tingkat kekerasan yang rendah. Penambahan RS (*Resistant Starch*) pada produk pangan dapat digunakan sebagai bahan yang dapat meningkatkan kerenyahan makanan yang pengolahannya menggunakan suhu tinggi (Faridah, 2011).

Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *autoclaving-cooling* terhadap pati dapat menurunkan daya cerna pati dan meningkatkan kadar pati resisten (*resistant starch* atau RS). RS didefinisikan sebagai fraksi pati atau produk degradasi pati yang tidak terabsorpsi dalam usus halus individu yang sehat, bersifat resisten terhadap hidrolisis enzim *amilase* (Shin et al., 2004).

Mengonsumsi RS (*Resistant Starch*) dapat menurunkan kandungan gula darah. RS akan melepaskan energi pada usus halus dalam bentuk glukosa yang kemudian difermentasi di dalam usus besar. RS menghasilkan energi dengan proses yang cukup lambat sehingga tidak segera dapat diserap dalam bentuk glukosa. RS menurunkan efek glisemik serta sensitif terhadap hormon insulin sehingga dapat menurunkan potensi diabetes tipe 2 (Herawati, 2011).

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan terbagi atas 2 (dua) bagian, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama sebagai berikut :

2.1. Penelitian Pendahuluan

Tujuan dari penelitian pendahuluan ini adalah untuk menentukan perlakuan yang terbaik yang akan dijadikan acuan untuk penelitian utama. Pada penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu:

1. Pembuatan dan karakterisasi Tepung Singkong Modifikasi *Autoclaving-cooling cycle*
2. Pengujian organoleptik dengan menggunakan metode uji hedonik terhadap aplikasi tepung bumbu ayam goreng *crispy*.

Penentuan formula pada penelitian pendahuluan dilakukan *trial and error*. Dari hasil *trial and error* didapatkan formula dasar sebagai uji organoleptik pada penelitian pendahuluan. Penentuan dengan rancangan perlakuan perbandingan tepung singkong modifikasi, tepung sagu, tepung maizena dan tepung bumbu adalah 40:30:16:14, 40:30:18:12, dan 40:35:13,5:11,5.

Parameter yang digunakan pada penelitian pendahuluan adalah menggunakan uji organoleptik terhadap warna, rasa, tekstur renyah dan aroma khas

ayam. Uji hedonik didasarkan pada tingkat kesukaan panelis sebanyak 20 orang, terhadap ayam goreng *crispy*. Analisa kimia dilakukan yaitu dengan menguji *water holding capacity* (WHC) dan *oil holding capacity* (OHC) terhadap 3 sampel diatas.

Adapun tabel perbandingan antara tepung umbi modifikasi, tepung sagu, tepung maizena, dan tepung bumbu yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. Perbandingan Antara Tepung Singkong Modifikasi, Tepung Sagu, Tepung Maizena, dan Tepung Bumbu dalam 100 gram Tepung Ayam Goreng *Crispy*.

Nomor sampel	Tepung Singkong ACC (%)	Tepung Sagu (%)	Tepung Maizena (%)	Bumbu Bubuk (%)
115	40	30	16	14
319	40	30	18	12
423	40	35	13,5	11,5

2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama merupakan penelitian lanjutan dari penelitian pendahuluan. Tujuan dari penelitian utama adalah mencari optimalisasi formula perbandingan antara tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle*, tepung sagu, tepung maizena, dan tepung bumbu dari rentang formulasi produk yang terpilih dari penelitian pendahuluan.

Rancangan percobaan pada penelitian utama terbagi menjadi dua tujuan yaitu:

- Tujuan I :

Pada tahap ini digunakan penentuan formulasi menggunakan program *Design expert* versi 7 metode d-optimal. Penentuan formulasi optimum terdiri dari empat tahap, yaitu tahap perencanaan formula, tahap formulasi, tahap analisis, dan tahap optimalisasi.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan variabel-variabel yang akan dikombinasi beserta konsentrasinya, lalu menentukan respon yang akan diukur yang merupakan fungsi dari komponen-komponen penyusun produk. Tiap-tiap variabel respon akan dianalisis oleh aplikasi DX7 untuk mendapat persamaan d-optimal dengan ordo yang cocok (*linier, cuadratic, cubic*). Persamaan d-optimal bisa didapatkan dari garis tiga proses yaitu berdasarkan sequential model sum of squares [Type 1] untuk model yang mempunyai nilai "Prob > F" lebih kecil atau sama dengan 0,05 (*significant*), *lack of fit* test untuk model yang mempunyai "Prob > F" lebih besar atau sama dengan 0,1 (*not significant*) dan model summary statistic. Model terbaik dapat ditentukan dengan parameter adjusted R-Squares dan Predicted R-Squares maksimum. Program DX7 menggunakan kolom summary untuk memilih model terbaik (Rachmawati, 2012)

Design expert juga menyajikan hasil analisis ANAVA. Suatu variabel respon dinyatakan berbeda

signifikan pada taraf signifikansi 5% jika nilai "Prob>F" hasil dari analisis lebih kecil atau sama dengan 0,05 sedangkan jika nilai "Prob>F" hasil analisis lebih besar dari 0,05 maka variabel respon dinyatakan tidak berbeda signifikan. Selanjutnya, variabel-variabel respon ini digunakan sebagai model prediksi untuk menentukan formula optimal. DX7 akan mengolah semua variabel respon berdasarkan kriteria-kriteria yang ditetapkan serta memberikan solusi beberapa respon formula optimal terpilih. Nilai target optimalisasi yang dicapai dinyatakan dengan *desirability* yang nilainya diantara 0 sampai 1. Semakin mendekati 1, semakin mudah suatu formula dalam mencapai titik formula optimal berdasarkan variasi responnya. Hal ini dapat dicapai dengan memilih variabel uji yang mampu memberikan pengaruh nyata (berbeda signifikan) terhadap respon, penentuan rentang proposi relatif masing-masing variabel uji, dan nilai target optimalisasi variabel respon. Nilai *desirability* yang mendekati 1 akan semakin sulit dicapai apabila kompleksitas variabel uji dan nilai target optimalisasi semakin tinggi. Optimalisasi dilakukan untuk mencapai nilai *desirability* maksimum. Meskipun demikian, tujuan utama optimalisasi formulasi bukan untuk mencari nilai *desirability* sebesar 1 melainkan untuk mencari kombinasi yang tepat dari berbagai kombinasi bahan.

- Tujuan II :

Data disajikan dalam bentuk tabel dan kurva (Rachmawati, 2012).

Rancangan respon yang akan dilakukan dalam penelitian utama yang menghasilkan tepung bumbu ayam goreng meliputi respon kimia dan organoleptik.

1. Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan terhadap sampel terpilih adalah kadar pati resisten (AOAC, 1995), analisis *water holding capacity* (modifikasi Sathe dan Salumkhe, 1981), analisis *oil holding capacity* (modifikasi Sathe dan Salumkhe, 1981), kadar air dengan metode gravimetri (AOAC, 1999), kadar abu dengan metode gravimetri (AOAC, 1999), kadar lemak dengan metode ekstraksi (SNI 01-2891-1992, BSN), kadar protein dengan metode Kjeldahl (SNI 01-2891-1992, BSN), kadar serat kasar (SNI 01-2891-1992, BSN), dan kadar karbohidrat metode *by difference* (Winarno, 1986).

2. Respon Organoleptik

Respon organoleptik dapat menentukan suatu produk diterima atau tidak oleh konsumen yang diwakili oleh panelis. Penilaian produk tepung bumbu ayam goreng dilakukan terhadap warna, rasa, tekstur renyah dan aroma. Uji organoleptik ini dilakukan secara hedonik (Soekarto, 1995) yang dilakukan oleh 30 orang panelis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini terdiri atas pembuatan tepung singkong modifikasi *autoclaving-*

cooling cycles, karakterisasi tepung singkong modifikasi, serta penentuan batas atas dan batas bawah dengan menggunakan uji hedonik dan penentuan konsentrasi tepung bumbu-bumbu sebagai variabel tetap.

1. Pembuatan Tepung Singkong Modifikasi *Autoclaving-cooling cycles*

Tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycles* dibuat dari singkong jenis manggu, yang berasal dari Kecamatan Tanjung Siang, Kabupaten Sumedang dan dipanen berumur ± 9 bulan.

Tepung singkong disuspensikan dengan 16% air. Suspensi di gelatinisasi pada suhu 70-85 °C. Kemudian dipanaskan pada autoklaf pada suhu 121 °C selama 41 menit. Dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 4-5 jam. kemudian dimasukkan kedalam freezer suhu 4 °C selama 12-16 jam. Dikeringkan pada cabinet dryer sampai kadar air 12%. Kemudian terakhir dilakukan penggilangan dan pengayakan 70 mesh.

Proses pemanasan pada suhu tinggi di dalam otoklaf (*autoclaving*) menyebabkan suspensi pati mengalami gelatinisasi. Pada saat gelatinisasi pati, sifat birefringence granula pati hilang akibat penambahan air secara berlebih dan pemanasan pada waktu dan suhu tertentu, sehingga granula pati membengkak dan tidak dapat kembali pada kondisi semula (irreversible) (Zabar et al. 2008).

Pemanasan suspensi pati di atas suhu gelatinisasi dapat menyebabkan terjadinya pemutusan (disosiasi) ikatan hidrogen dari struktur double helix amilopektin, pelelehan (melting) bagian kristalit dan pelepasan amilosa dari granulanya (amylose leaching) (Sajilata et al.2006, Zabar et al. 2008, Zaragoza et al. 2010).

2. Karakterisasi Tepung Singkong dan Tepung Singkong Modifikasi *Autoclaving-cooling cycles*.

Karakterisasi tepung singkong dan tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle* terdiri atas analisis komposisi kimia dan analisis sifat fungsional. Analisis komposisi kimia terdiri atas kadar air, kadar abu, kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak, kadar serat kasar, kadar pati, kadar amilosa dan kadar amilopektin. Analisis sifat fungsional dilakukan dengan menguji *water holding capacity*, *oil holding capacity*, derajat putih dan kadar pati resisten.

Perubahan kadar abu, kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak, dan kadar amilosa menjadi menurun dikarenakan pemanasan akibat proses gelatinisasi yang dilanjutkan dengan proses pemanasan dengan menggunakan autoklaf membuat keempat komponen tersebut kadarnya menurun.

Kadar amilosa yang tinggi pada suatu bahan pangan tidak terlalu signifikan peranannya dalam upaya peningkatan kadar pati resisten. Menurut Nurhayati et al. (2014) pada penelitian tepung pisang, peningkatan kadar pati resisten tidak selalu disebabkan oleh

tingginya kadar amilosa total, akan tetapi lebih dipengaruhi oleh tingginya jumlah amilosa rantai pendek yang terbentuk melalui hidrolisis *amilase* dan pululanase maupun dengan hidrolisis asam kuat.

Tabel 3. Analisis Komposisi Kimia serta Sifat Fungsional Tepung Singkong dan Tepung Singkong Modifikasi *Autoclaving-cooling cycles*.

Komposisi Kimia dan Sifat Fungsional	Tepung Singkong	Tepung Singkong Modifikasi
Kadar Air (%)	5.45	6.44
Kadar Abu (%)	1.97	1.78
Kadar Karbohidrat (%)	87.41	85.34
Kadar Protein (%)	2.78	2.76
Kadar Lemak (%)	0.35	0.10
Kadar Serat Kasar (%)	2.04	2.48
Kadar Pati (%)	68.56	67.31
Kadar Amilosa (%)	27.38	24.22
Kadar Amilopektin (%)	41.18	43.08
Kadar Pati Resisten (%)	3.93	4.45
Derajat Putih (%WT)	97.64	59.31
<i>Water holding capacity</i> (%)	13.46	28.85
<i>Oil holding capacity</i> (%)	8.16	10.20

Penurunan kadar pati dikarenakan perubahan pati menjadi gula pereduksi akibat pemanasan. Menurut Setiarto (2015), degradasi pati talas akibat pemanasan otoklaf menyebabkan putusnya sebagian kecil ikatan glikosidik pada amilosa maupun amilopektin yang berkontribusi terhadap terbentuknya gula pereduksi.

Kadar pati resisten suatu bahan pangan yang dimodifikasi dalam bentuk tepung lebih rendah jika dibandingkan dalam bentuk pati. Hal ini dikarenakan adanya interaksi antara amilosa dengan senyawa lain seperti protein, lipid, maupun mineral yang dapat mengganggu terjadinya pembentukan pati resisten pada tepung. Sementara itu dalam bentuk pati, senyawa amilosa dan amilopektin diekstrak dari komponen senyawa lainnya sehingga proses pembentukan resisten dapat terjadi dengan lebih mudah (Moongngarm, 2013). Kadar pati resisten tepung singkong dan tepung singkong modifikasi ACC lebih tinggi dari kadar pati resisten tepung terigu yang sebesar 2% (Bednar, 2001).

3. Analisis *Water holding capacity* dan *Oil holding capacity*

Analisis *Water holding capacity* dan *Oil holding capacity* bertujuan untuk mengetahui nilai kemampuan sampel dalam menyerap dan menahan air atau minyak.

Tabel 4. Analisis WHC dan OHC Sampel Formulasi

Parameter	Sampel		
	115	319	423
% WHC	16.67	19.23	17.31
% OHC	13.46	13.46	13.21

Nilai WHC yang tertinggi yaitu pada sampel 319, namun kadar WHC dari tiga sampel tersebut

perbedaannya tidak terlalu signifikan. Nilai OHC yang terendah yaitu pada sampel 423, namun kadar OHC juga dari tiga sampel tersebut perbedaannya tidak terlalu signifikan.

4. Penentuan Batas Atas dan Batas Bawah dengan Menggunakan Uji Hedonik

Uji Organoleptik metode hedonik bertujuan untuk menentukan satu formula yang akan dioptimalisasi, sehingga dapat ditentukan batas bawah dan batas atas untuk dimasukkan ke dalam program DX 7. Uji hedonik dilakukan terhadap sampel dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Terdapat tiga sampel yang diujikan kepada 20 panelis. Atribut yang dipilih yaitu warna, tekstur renyah, aroma dan rasa.

Tabel 5. Data Jumlah Rata-Rata Hasil Uji Organoleptik Penentuan Formula terpilih untuk optimalisasi formula pada Penelitian Pendahuluan

Sampel	Rata-Rata Warna	Rata-Rata Tekstur	Rata-Rata Rasa	Rata-Rata Aroma	Jumlah Rata-Rata
115	3,35	4,00	3,80	3,80	14,95
319	5,10	4,05	4,75	4,55	18,45
423	5,00	4,00	4,70	4,45	18,15

Berdasarkan jumlah nilai rata-rata dari kriteria uji hedonik yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa formula 319 lebih unggul dibandingkan formula 423 dan 115 dalam hal warna, tekstur, rasa dan aroma.

Setelah satu formula terpilih pada uji pendahuluan, maka formulasi tersebut akan di jadikan penentuan rentang untuk optimalisasi formula, sehingga didapatkan batas bawah dan batas atas variabel berubah untuk optimalisasi formula, sedangkan tepung bumbu-bumbu dijadikan sebagai variabel tetap.

Tabel 6. Data Batas Bawah dan Batas Atas Variabel Berubah

Variabel Berubah	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
Tepung Singkong Modifikasi	37,5	42,5
Tepung Sagu	27,5	32,5
Tepung Maizena	16,0	20,0

Berdasarkan penelitian trial and error diperoleh hasil bahwa penggunaan tepung singkong modifikasi dalam pembuatan tepung bumbu ayam goreng *crispy* tidak dapat dilakukan 100% karena memerlukan tepung lain sebagai pendukung untuk mengembang dan memperbaiki warna yaitu sagu dan menambah sifat keras yaitu tepung maizena. Batasan kisaran minimum (batas bawah) dan maksimum (batas atas) tersebut kemudian dijadikan sebagai input dalam tahap perancangan formula dalam program *Design expert 7.0* untuk mencari rancangan formula dari komponen-komponen yang dicampurkan.

3.2. Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama ini yaitu mencari optimalisasi formula perbandingan antara tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle*, tepung sagu, tepung maizena dari rentang formulasi produk yang terpilih dari penelitian pendahuluan dan karakterisasi tepung bumbu ayam goreng berbahan baku tepung singkong modifikasi *autoclaving-cooling cycle*.

Program *Design expert 7.0* mixture design dengan model D-Optimal digunakan sebagai piranti utama untuk mendapatkan formulasi optimal dari proporsi relatif masing-masing penggunaan tepung (tepung singkong modifikasi ACC, tepung sagu dan tepung maizena) terhadap total penggunaan tepung dalam adonan.

Pada penelitian ini digunakan rancangan mixture design dengan model D-optimal design. Rancangan ini digunakan di dalam penelitian untuk melihat pengaruh perubahan kombinasi komponen untuk memperoleh respon tertentu sehingga dapat diperoleh suatu formula yang optimal. (Wahyudi, 2012).

Pada pembuatan tepung bumbu ayam goreng *crispy* digunakan bahan penyusun lainnya yang diasumsikan sebagai variabel tetap dan ditambahkan ke dalam adonan. Konsentrasi variabel tetap tersebut tidak dimasukkan ke dalam rancangan percobaan. Variabel tetap adalah komponen / bahan yang tidak berubah komposisinya dalam pembuatan formula. Bahan-bahan tersebut yaitu bumbu-bumbu bubuk (garam 3%, lada bubuk 3%, bawang putih 2,5%, ketumbar 1%, dan penyedap rasa 1,5%) dan bahan tambahan makanan (soda kue 1%). Total proporsi bahan tambahan ini dipisahkan dari variabel berubah berupa tepung singkong modifikasi ACC, tepung sagu, dan tepung maizena.

Variabel uji yang dimasukkan ke dalam program *Design expert 7.0* berupa tepung singkong modifikasi, tepung sagu dan tepung maizena dengan jumlah 88% pada basis formula. Selanjutnya ditentukan batas atas dan batas bawah jumlah tepung (dalam %) dirancang dengan rentang tertentu.

Penentuan batas atas dan batas bawah diperoleh dari uji pendahuluan. Batas atas dan bawah yang diperoleh yaitu batas atas (tepung singkong modifikasi 42,5%, tepung sagu 32,5% dan tepung maizena 20%) dan batas bawah (tepung singkong modifikasi 37,5%, tepung sagu 27,5% dan tepung maizena 16%).

Berdasarkan hasil olahan program *Design expert 7.0* diperoleh 11 variasi komposisi total tepung tanpa pengelompokan (selanjutnya disebut 11 model tepung bumbu ayam goreng *crispy*) sebagai rancangan percobaan dengan lima model diulang, sehingga terdapat total 16 model tepung bumbu ayam goreng *crispy* yang akan diukur variabel responnya satu per satu. Selanjutnya dilakukan pembuatan 16 model tepung bumbu ayam goreng *crispy* dan variabel respon

Tabel 7. *Design (Actual)* Optimalisasi Formula Tepung Bumbu Ayam Goreng dalam *Design expert 7.0*

Formula	Tepung Singkong Modifikasi (%)	Tepung Sagu (%)	Tepung Maizena (%)	% OHC	% WHC	% Kadar Air	Uji Hedonik				
							Warna	Rasa	Tekstur Renyah	Aroma	Over All
1	40.0	29.9	18.0								
2	38.9	29.1	20.0								
3	42.3	29.7	16.0								
4	42.5	27.7	17.8								
5	37.5	30.8	19.7								
6	38.9	32.5	16.6								
7	38.9	32.5	16.6								
8	40.4	27.6	20.0								
9	42.5	27.7	17.8								
10	40.7	31.3	16.0								
11	40.4	27.6	20.0								
12	38.7	31.0	18.3								
13	37.5	32.4	18.1								
14	41.0	28.5	18.5								
15	37.5	30.8	19.7								
16	42.3	29.7	16.0								

yang diukur adalah *water holding capacity*, *oil holding capacity*, kadar air serta respon subyektif hasil uji hedonik berupa warna, tekstur renyah, rasa, aroma, dan penerimaan keseluruhan (*overall*).

Rancangan formula tepung bumbu ayam goreng *crispy* dan variabel responnya dapat dilihat pada tabel 10. Setiap variabel respon dimasukkan ke dalam program sebagai data masukan, kemudian program *Design expert 7.0* menganalisis data masukan tersebut untuk menentukan persamaan polinomial dengan ordo yang cocok untuk setiap variabel respon (*linier*, *quadratic*, *spesial cubic*, atau *cubic*). Respon-respon yang dipilih bertujuan agar dapat diperoleh formula tepung bumbu ayam goreng dengan kualitas yang optimum.

1. Analisis Respon Kimia dan Organoleptik Tepung Bumbu Ayam Goreng *Crispy*

Program *Design expert 7.0* memiliki 5 model untuk setiap respon. Model-model tersebut adalah *mean*, *linear*, *quadratic*, *special cubic*, dan *cubic*. Model merupakan output dari proses analisis mutu awal produk yang diolah oleh rancangan statistik mixture design yang menunjukkan hasil analisis mutu awal atau respon produk. Program *Design expert 7.0* akan merekomendasikan salah satu model yang paling sesuai untuk setiap respon. Pemilihan model yang cocok dari tiap respon akan ditampilkan dalam fit summary.

Program *Design expert 7.0* dapat menyelesaikan persamaan polinomial di mana persamaan tersebut dapat ditampilkan dalam suatu *contour plot*, yang berupa gambar dua dimensi (2-D) maupun grafik tiga dimensi (3-D). Grafik *contour plot* menggambarkan bagaimana kombinasi antar

komponen saling mempengaruhi nilai respon (Wahyudi, 2012). Bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar komponen ini dapat dilihat lebih jelas pada grafik tiga dimensi.

Analisis Respon Kadar *Water holding capacity*

Water holding capacity (WHC) digunakan untuk mengukur kemampuan tepung dalam menahan air yang diserapnya. Air yang ditambahkan pada tepung akan mempengaruhi sifat fisik dan proses pengolahan tepung menjadi produk pangan seperti pada adonan yang digunakan sebagai tepung pelapis (*coating*). Nilai WHC ini dipengaruhi oleh kandungan air dalam bahan (Sejati, 2010).

Hasil pengukuran respon *water holding capacity* menghasilkan nilai berkisar 16,67% hingga 19,23%. Nilai terendah 16,67% ditunjukkan oleh formula 7 yang mengandung tepung singkong modifikasi 38,9%, tepung sagu 32,5% dan tepung maizena 16,6%, sedangkan nilai tertinggi 19,23% ditunjukkan oleh formula 4 dan 9 yang mengandung tepung singkong modifikasi 42,5%, tepung sagu 27,7% dan tepung maizena 17,8%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon pengembangan adalah 18,27 dengan standar deviasi sebesar 0,94.

Peningkatan daya serap air karena gelatinisasi dari pati diakibatkan oleh proses autoklaf. Pada penelitian pendahuluan kadar *water holding capacity* dalam tepung singkong native yaitu sebesar 13,76% dan meningkat setelah mengalami proses *autoclaving-cooling* menjadi 30,72%. Dalam penelitian sebelumnya di informasikan peningkatan daya serap air pati yang signifikan dalam proses autoklaf, HMT (*Heat Moisture Treatment*), dan *annealed starch* (Chung et al, 2009). Penyerapan air dalam granula pati dipengaruhi oleh

Tabel 8. Data Input Hasil Analisis Respon dalam *Design expert 7.0*

Formula	Tepung Singkong Modifikasi (%)	Tepung Sagu (%)	Tepung Maizena (%)	% OHC	% WHC	% Kadar Air	Uji Hedonik				
							Warna	Rasa	Tekstur Renyah	Aroma	Over All
1	40.0	29.9	18.0	11.50	18.87	7.90	4.5	4.7	4.0	4.7	4.6
2	38.9	29.1	20.0	10.00	17.31	7.81	4.4	4.4	4.2	4.4	4.5
3	42.3	29.7	16.0	11.54	17.31	8.10	4.6	4.7	4.3	4.7	4.8
4	42.5	27.7	17.8	13.72	19.23	8.17	4.2	4.5	3.8	4.8	4.6
5	37.5	30.8	19.7	9.80	16.98	8.18	4.2	4.7	4.2	4.7	4.8
6	38.9	32.5	16.6	13.46	17.31	8.15	4.2	4.7	4.2	4.7	4.7
7	38.9	32.5	16.6	11.76	16.67	8.15	4.2	4.6	4.2	4.6	4.7
8	40.4	27.6	20.0	11.54	18.87	8.11	4.6	4.6	4.5	4.7	4.9
9	42.5	27.7	17.8	13.72	19.23	8.07	4.2	4.6	4.5	4.5	4.7
10	40.7	31.3	16.0	11.76	18.87	7.81	4.6	4.8	4.8	4.8	5.2
11	40.4	27.6	20.0	10.00	18.87	7.72	4.7	4.8	4.6	4.7	5.2
12	38.7	31.0	18.3	10.00	18.87	7.78	4.4	4.8	4.7	4.6	4.9
13	37.5	32.4	18.1	10.00	18.52	7.90	4.5	4.8	3.8	4.7	4.8
14	41.0	28.5	18.5	12.00	19.23	7.78	4.3	4.9	4.4	4.7	4.8
15	37.5	30.8	19.7	9.80	16.98	8.04	4.4	4.7	3.9	4.7	4.8
16	42.3	29.7	16.0	10.00	19.23	8.08	4.5	4.8	4.0	4.6	4.7

ukuran dan struktur granula pati, dimana granula pati yang lebih kecil akan meningkatkan kelarutan dan meningkatkan penyerapan air (Niba et al., 2002).

Keberadaan protein dan lemak juga mempengaruhi daya absorpsi air. Kadar protein dan lemak yang tinggi dapat menurunkan daya absorpsi air karena protein dan lemak dapat menutupi partikel pati sehingga penyerapan air menjadi terhambat (Fennema, 1996).

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon *water holding capacity* adalah special cubic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (special cubic) signifikan dengan nilai p "prob>F" lebih kecil dari 0.05 yaitu 0.0306. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *water holding capacity*.

Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (special cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.4473 dengan F-value sebesar 1,10. Nilai *Lack of fit* dari respon *water holding capacity* tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon *water holding capacity* dengan model. Persamaan

polinomial untuk respon *water holding capacity* dapat dilihat dibawah ini.

Water holding capacity (%) :

$$Y = 13.25A + 12.14B + 4.17C + 24.42AB + 44.18AC + 37.85BC - 74.62ABC$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *water holding capacity* tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah dan dua komponen AB, AC, dan BC akan meningkatkan nilai *water holding capacity* yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen ABC (tepung singkong modifikasi ACC, tepung sagu, dan tepung maizena) akan menurunkan nilai *water holding capacity*.

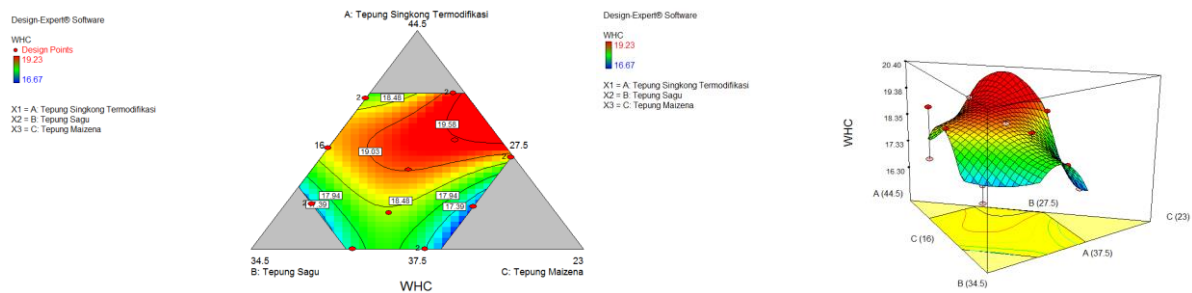
Peningkatan nilai *water holding capacity* sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung singkong modifikasi ACC karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (13,25), diikuti dengan penambahan tepung sagu (12,14), dan penambahan tepung maizena.

Grafik contour plot respon *water holding capacity* dapat dilihat pada Gambar 1. Warna-warna yang berbeda pada grafik contour plot menunjukkan nilai respon *water holding capacity*. Warna biru menunjukkan nilai respon *water holding capacity* terendah, yaitu 16,67. Warna merah menunjukkan respon *water holding capacity* tertinggi, yaitu 19,23.

Garis-garis Yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon *water holding capacity* yang sama.

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan

menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon *water holding capacity* yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon *water holding capacity* yang tinggi.



Gambar 1. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon *water holding capacity*

Analisis Respon Kadar *Oil holding capacity*

Oil holding capacity (OHC) digunakan untuk mengukur kemampuan tepung dalam menahan minyak yang diserapnya. Kemampuan ini ditentukan oleh adanya kandungan lemak dan serat. (Yuliasih, 2008). Lemak dapat membentuk lapisan yang bersifat hidrofobik pada permukaan jaringan serat, sedangkan serat memiliki kemampuan menyerap minyak. Kandungan lemak yang rendah pada tepung akan membuat tepung menyerap minyak lebih banyak dari luar. Demikian juga kandungan serat. Kandungan serat yang tinggi pada tepung akan membuat tepung mempunyai kemampuan untuk menyerap dan menahan minyak lebih besar.

Kapasitas penyerapan minyak pada pati mungkin karena minyak terperangkap dalam matriks pati berpori yang secara kapiler atau di dalam struktur heliks amilosa atau amilopektin karena pembentukan kompleks amilosa-lipid. Perubahan dari gugus lebih hidrofobik kompleks amilosa-lipid karena temperatur tinggi. (Ashwar et al, 2015)

Pada penelitian pendahuluan kadar *oil holding capacity* dalam tepung singkong native yaitu sebesar 8,16% dan meningkat setelah mengalami proses *autoclaving-cooling* menjadi 10,20%. Pada penelitian sebelumnya, daya serap minyak dari pati beras alami dalam yaitu sebesar 0.88 g/g dan meningkat setelah mengalami proses autoklaf menjadi 1.05 g/g (Ashwar et al, 2015).

Kemampuan tepung bumbu ayam goreng dalam menyerap dan menahan minyak ini akan mempengaruhi proses pengolahan tepung bumbu ayam goreng menjadi bahan pangan yaitu pada saat proses penggorengan. Tepung yang memiliki nilai OHC yang besar akan lebih banyak menyerap dan menahan minyak yang digunakan untuk menggoreng. Hal ini akan menyebabkan minyak goreng yang digunakan akan cepat habis (Sejati, 2010).

Menurut Adebowale et al. (2005), kemampuan pengikatan minyak dipengaruhi oleh gugus lipofilik yang menyelimuti granula pati. Lemak yang berada pada pati baik yang terkandung dalam granula pati maupun yang menyelimuti granula pati, menyebabkan granula pati memiliki sisi hidrofobik sehingga diduga mampu berikatan dengan komponen minyak atau lemak lain yang ditambahkan dari luar. Oleh karena itu, daya absorpsi lemak juga dipengaruhi oleh komponen lemak pada granula pati.

Hasil pengukuran respon *oil holding capacity* menghasilkan nilai berkisar 9,8% hingga 13,72%. Nilai terendah 9,8% ditunjukkan oleh formula 5 dan 15 yang mengandung tepung singkong modifikasi 37,5%, tepung sagu 30,8% dan tepung maizena 19,7%, sedangkan nilai tertinggi 13,72% ditunjukkan oleh formula 4 dan 9 yang mengandung tepung singkong modifikasi 42,5%, tepung sagu 27,7% dan tepung maizena 17,8%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon *oil holding capacity* adalah 11,29 dengan standar deviasi sebesar 1,38.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon *oil holding capacity* adalah quadratic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (quadratic) signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0.05 yaitu 0.0296. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *oil holding capacity*. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (quadratic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.2974 dengan F-value sebesar 1,65. Nilai *Lack of fit* dari respon *water holding capacity* tidak signifikan relatif terhadap *pure*

error. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon *oil holding capacity* dengan model. Persamaan polinomial untuk respon *oil holding capacity* dapat dilihat dibawah ini.

Oil holding capacity (%) :

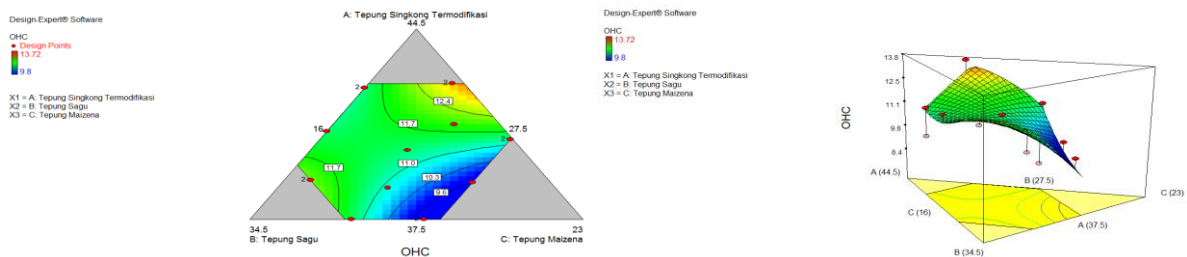
$$Y = 12.85A + 14.01B + 3.85C - 8.59AB + 15.01AC + 2.08BC$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *oil holding capacity* tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah dan dua komponen AC dan BC akan meningkatkan nilai *water holding capacity* yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi

antarkomponen AB (tepung sagu dan tepung maizena) akan menurunkan nilai *water holding capacity*.

Peningkatan nilai *water holding capacity* sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung sagu karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (14,01), diikuti dengan penambahan tepung singkong modifikasi ACC (12,85), dan penambahan tepung maizena (3,85).

Grafik *contour plot* respon *oil holding capacity* dapat dilihat pada Gambar 2. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon *water holding capacity*. Warna biru menunjukkan nilai respon *oil holding capacity* terendah, yaitu 9,8. Warna merah menunjukkan respon *oil holding capacity* tertinggi, yaitu 13,7. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon *oil holding capacity* yang sama.



Gambar 2. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon *oil holding capacity*

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 2 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon *oil holding capacity* yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon *oil holding capacity* yang tinggi.

Analisis Respon Kadar Air

Air merupakan komponen utama bahan pangan, yang berperan penting dalam menentukan berbagai reaksi dan kualitas pangan (Rauf,2015). Kandungan air dalam bahan pangan berhubungan dengan kerusakan bahan pangan oleh mikroorganisme. Air merupakan media tumbuh yang baik untuk mikroorganisme, terutama mikroorganisme perusak makanan.

Kadar air yang tinggi pada produk tepung-tepungan akan membuat tepung menjadi menggumpal dan akan membuat tepung rentan terhadap kerusakan oleh mikroorganisme. Kadar air yang tinggi pada produk tepung bumbu dapat diakibatkan oleh kadar air bahan yang akan dicampur, proses pencampuran dan saat penyimpanan. Bahan yang memiliki kadar air yang rendah ketika dicampurkan dengan bahan yang memiliki kadar air tinggi, maka kadar air dalam produk

akan tinggi. Pada saat penyimpanan bahan maupun produk berpengaruh terhadap stabilitas kadar air, bahan atau produk dapat menyerap uap air sehingga dapat meingkatkan kadar air.

Hasil pengukuran respon kadar air menghasilkan nilai berkisar 7,72% hingga 8,18%. Nilai terendah 7,72% ditunjukkan oleh formula 11 yang mengandung tepung singkong modifikasi 40,4%, tepung sagu 27,6% dan tepung maizena 20% sedangkan nilai tertinggi 8,18% ditunjukkan oleh formula 5 yang mengandung tepung singkong modifikasi 37,5%, tepung sagu 30,8% dan tepung maizena 19,7%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon kadar air adalah 7,98 dengan standar deviasi sebesar 0,16.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon kadar air adalah quadratic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (quadratic) tidak signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih besar dari 0.05 yaitu 0.2808. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon kadar air. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit*

dari model yang dihasilkan (quadratic.) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.3189 dengan F-value sebesar 1,56. Nilai *Lack of fit* dari respon kadar air tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon kadar air dengan model. Persamaan polinomial untuk respon kadar air dapat dilihat dibawah ini.

Kadar air (%) :

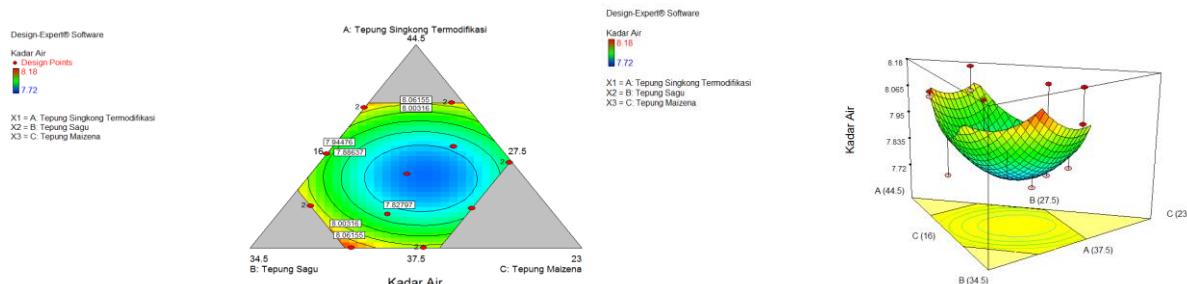
$$Y = 8.71 A + 8.57B + 8.50C - 2.70AB - 2.67AC - 2.04BC$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon kadar air tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah akan

meningkatkan nilai kadar air yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen AB, AC, BC akan menurunkan nilai kadar air.

Peningkatan nilai kadar air sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung singkong modifikasi ACC karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (8,71), diikuti dengan penambahan tepung sagu AC (8,57), dan penambahan tepung maizena (8,50).

Grafik *contour plot* respon kadar air dapat dilihat pada Gambar 3. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon kadar air. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 7,72. Warna merah menunjukkan respon kadar air tertinggi, yaitu 8,18. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon kadar air yang sama.



Gambar 3. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon kadar air

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon kadar air yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon kadar air yang tinggi.

3.1.2.4. Analisis Respon Warna

Warna merupakan hal pertama dalam pemilihan produk oleh konsumen. Warna dapat menentukan kualitas dari produk. Produk yang baik memiliki penampilan yang baik, terutama warna. Warna merupakan parameter yang dinilai oleh indera mata. Warna yang baik akan menimbulkan deskripsi yang baik dari sebuah produk karena menarik dan enak dipandang.

Pada produk yang digoreng, warna merupakan indikator kematangan. Produk gorengan jika sudah matang memiliki warna coklat keemasan. Jika warna produk pucat maka produk yang digoreng itu belum matang. Namun sebaliknya jika warna terlalu coklat maka dapat dikatakan bahwa produk tersebut gosong. Warna dari produk yang digoreng sangat dipengaruhi oleh suhu pemasakan dan juga kondisi minyak yang dipakai untuk menggoreng. Jika suhu terlalu tinggi

maka bahan yang digoreng akan cepat gosong sehingga warnanya tidak menarik. Demikian juga kondisi minyak yang digunakan untuk menggoreng, apabila minyak goreng yang digunakan bersih (baru), maka produk yang digoreng mempunyai penampilan yang menarik (Sejati, 2010)

Warna dapat mengindikasikan tingkat kualitas dan dapat mempengaruhi flavor. Pengembangan warna pada produk goreng selama proses penggorengan akibat adanya rekasi Maillard (reaksi pencoklatan non enzimatis) yang terjadi antara karbonil (gugus keton atau aldehid) gula bertemu amina dari protein dan asam amino (Moreira, 2003)

Hasil pengukuran respon warna menghasilkan nilai berkisar 4,2% hingga 4,7%. Nilai terendah 4,2% ditunjukkan oleh formula 4,5,6,7, dan 9 yang sedangkan nilai tertinggi 4,7% ditunjukkan oleh formula 6 yang mengandung tepung singkong modifikasi 40,4%, tepung sagu 27,6% dan tepung maizena 20%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon warna adalah 4,41 dengan standar deviasi sebesar 0,17.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon warna adalah cubic. Analisis ragam (ANAVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (cubic) signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0.05 yaitu 0.0235.

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon warna. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.1503 dengan F-value sebesar 2,88. Nilai *Lack of fit* dari respon warna tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon warna dengan model. Persamaan polinomial untuk respon warna dapat dilihat dibawah ini.

Hedonik Warna :

$$Y = 2.86A + 2.30B + 11.64C + 8.09AB - 11.30AC - 10.60BC + 9.41ABC + 1.89AB(A-B) + 12.11AC(A-C) + 18.64BC(B-C)$$

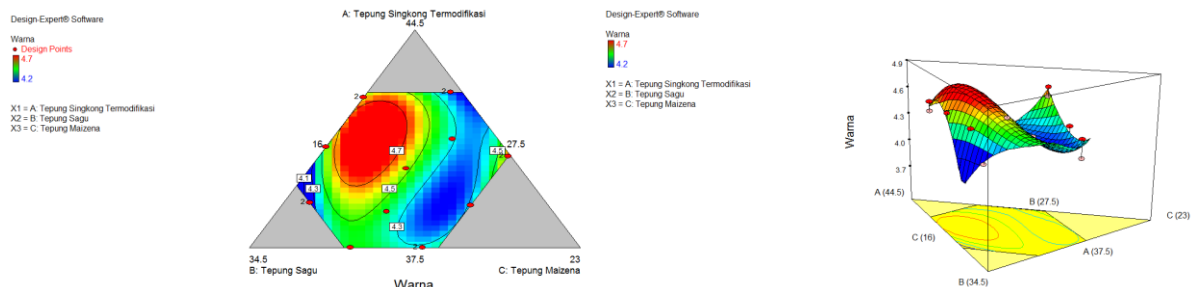
Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon warna tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah dan interaksi ABC akan meningkatkan nilai warna yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan

interaksi antarkomponen AC dan BC akan menurunkan nilai warna.

Peningkatan nilai warna sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung maizena karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (11,40), diikuti dengan penambahan tepung singkong modifikasi ACC (2,86), dan penambahan tepung sagu (2,30).

Grafik *contour plot* respon warna dapat dilihat pada Gambar 4. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon warna. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 4,2. Warna merah menunjukkan respon kadar air tertinggi, yaitu 4,7. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon warna yang berbeda.

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon warna yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon warna yang tinggi.



Gambar 4. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon warna

Analisis Respon Rasa

Rasa merupakan tanggapan atas adanya rangsangan kimiawi yang sampai di indera pengecap lidah, khususnya jenis rasa dasar yaitu manis, asam, asin, dan pahit (Meilgaard et al 2000). Rasa memberikan nilai paling penting konsumen dalam memilih suatu produk makanan. Konsumen cenderung memilih produk yang cita rasanya enak.

Hasil pengukuran respon rasa menghasilkan nilai berkisar 4,4% hingga 4,9%. Nilai terendah 4,4% ditunjukkan oleh formula 2 yang mengandung tepung singkong modifikasi 38,9%, tepung sagu 29,1% dan tepung maizena 20%. sedangkan nilai tertinggi 4,9% ditunjukkan oleh formula 14 yang mengandung tepung singkong modifikasi 41%, tepung sagu 28,5% dan tepung maizena 18,5%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon rasa adalah 4,69 dengan standar deviasi sebesar 0,12.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon rasa adalah special cubic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (special cubic) tidak signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih besar dari 0.05 yaitu 0.1794. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon rasa. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (special cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.1579 dengan F-value sebesar 2,64. Nilai *Lack of fit* dari respon rasa tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan

menunjukkan adanya kesesuaian data respon rasa dengan model. Persamaan polinomial untuk respon rasa dapat dilihat dibawah ini.

Hedonik Rasa :

$$Y = 3.43A + 3.68B + 2.38C + 5.47AB + 7.62AC + 6.90BC - 17.16ABC$$

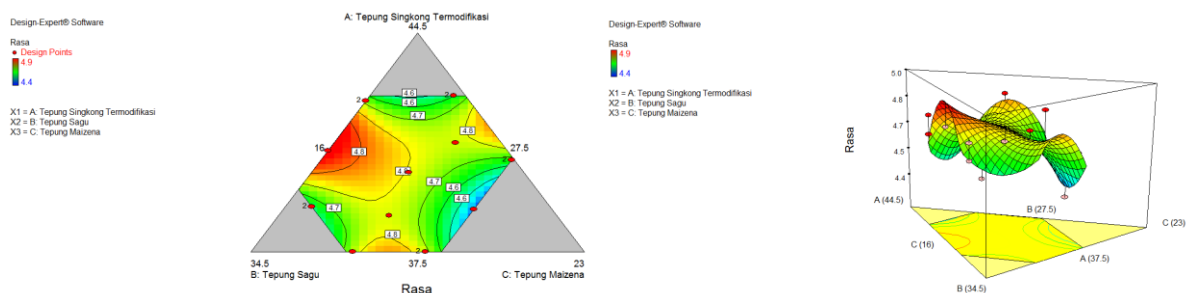
Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon rasa tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah akan meningkatkan nilai rasa yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen ABC akan menurunkan nilai rasa.

Peningkatan nilai kadar air sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung sagu karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (3,68), diikuti dengan

penambahan tepung singkong modifikasi ACC (3,43), dan penambahan tepung maizena(2,38).

Grafik *contour plot* respon rasa dapat dilihat pada Gambar 5. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon rasa. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 4,4. warna merah menunjukkan respon kadar air tertinggi, yaitu 4,9. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon rasa sama.

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 5 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon yang tinggi.



Gambar 5. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon rasa

Analisis Respon Tekstur renyah

Tekstur merupakan parameter yang dapat diuji dengan menggunakan indera mulut (mouth-feel) atau dengan tangan (hand-feel). Tekstur akan berhubungan dengan kerenyahan suatu produk.

Kerenyahan dapat diartikan sebagai serangkaian retakan yang dirasakan di dalam mulut akibat dikenai gaya yang rendah (Vincent, 2004). Sensasi renyah berhubungan dengan terdeteksinya retakan-retakan kecil dalam mulut yang juga ditandai dengan suara yang terbentuk akibat makanan retak atau hancur (van Vliet, et al. 2007).

Pada produk gorengan yang di-coating, kerenyahan dipengaruhi oleh kemampuan tepung pelapis dalam menyerap dan menahan air. Jika tepung pelapis banyak menyerap air maka saat pemanasan dengan penggorengan, air akan menguap dan meninggalkan pori-pori kosong yang sebagian diantaranya akan terisi oleh minyak. Pori-pori kosong tersebut menyebabkan bahan menjadi porous dan apabila dimakan terasa renyah (Sejati, 2010)

Hasil pengukuran respon tekstur renyah menghasilkan nilai berkisar 3,8% hingga 4,8%. Nilai terendah 3,8% ditunjukkan oleh formula 4 dan 12 sedangkan nilai tertinggi 4,8% ditunjukkan oleh formula 10 yang mengandung tepung singkong

modifikasi 40,7%, tepung sagu 31,3% dan tepung maizena 16%. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon tekstur renyah adalah 4,36 dengan standar deviasi sebesar 0,30.

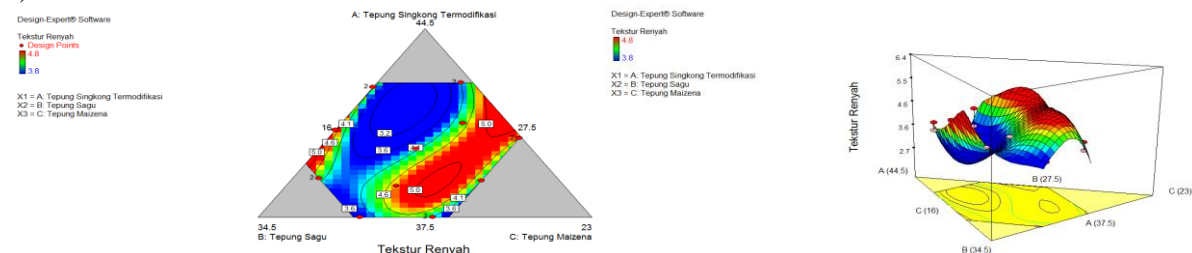
Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert 7.0*, model dari respon tekstur renyah adalah cubic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (cubic) tidak signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih besar dari 0.05 yaitu 0.1971. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon tekstur renyah. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.6800 dengan F-value sebesar 0,19. Nilai *Lack of fit* dari respon tekstur renyah tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon tekstur renyah dengan model. Persamaan polinomial untuk respon tekstur renyah dapat dilihat dibawah ini.

Hedonik Tekstur Renyah :

$$Y = 8.52A + 3.51B - 29.57C - 5.81AB + 63.28AC + 69.17BC - 103.04ABC - 19.17AB(AB) - 67.22AC(A-C) - 52.46BC(B-C)$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon tekstur renyah tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung A dan B secara terpisah dan interaksi antar komponen AC dan BC akan meningkatkan nilai tekstur renyah yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen AB dan ABC akan menurunkan nilai tekstur renyah.

Peningkatan nilai tekstur renyah sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung maizena karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (29,57), diikuti dengan penambahan tepung singkong modifikasi ACC (8,52), dan penambahan tepung sagu (3,51).



Gambar 6. Grafik contour plot dan grafik tiga dimensi hasil uji respon tekstur renyah

Analisis Respon Aroma

Aroma adalah rasa dan bau yang sangat subyektif serta sulit diukur, karena setiap orang memiliki sensitifitas dan kesukaan yang berbeda-beda. Timbulnya aroma makanan disebabkan oleh terbentuknya senyawa volatil yang mudah menguap (Meilgaard et al, 2000).

Hasil pengukuran respon aroma menghasilkan nilai berkisar 4,4 hingga 4,8. Nilai terendah 4,4% ditunjukkan oleh formula 2 yang mengandung tepung singkong modifikasi 38,9%, tepung sagu 29,1% dan tepung maizena 20% sedangkan nilai tertinggi 4,8% ditunjukkan oleh formula 4 dan 10. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon aroma adalah 4,66 dengan standar deviasi sebesar 0,099.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert* 7.0, model dari respon aroma adalah special cubic. Analisis ragam (ANOVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (special cubic) tidak signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih besar dari 0.05 yaitu 0.1569. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon aroma. Hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit*

Grafik *contour plot* respon tekstur renyah dapat dilihat pada Gambar 6. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon tekstur renyah. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 3,8. warna merah menunjukkan respon kadar air tertinggi, yaitu 4,8. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon tekstur renyah sama.

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 6 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon yang tinggi.

dari model yang dihasilkan (special cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.8957 dengan F-value sebesar 0,25. Nilai *Lack of fit* dari respon aroma tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon aroma dengan model. Persamaan polino mial untuk respon aroma dapat dilihat dibawah ini.

Hedonik Aroma :

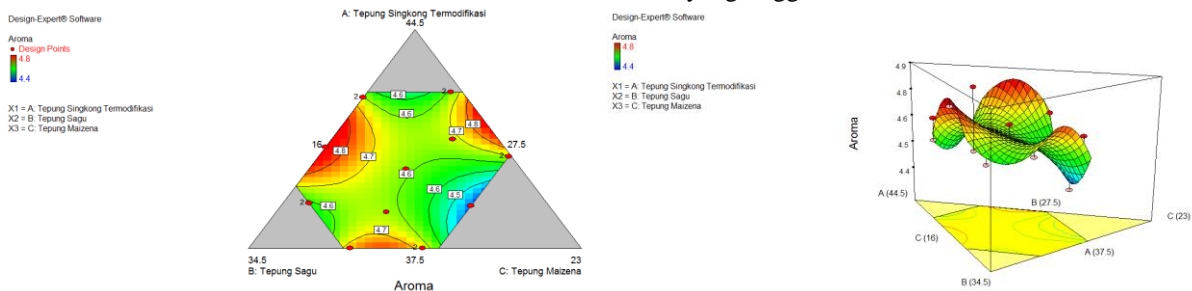
$$Y = 3.76A + 4.00B + 2.90C + 3.79AB + 5.92AC + 4.99BC - 15.01ABC$$

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon aroma tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah dan interaksi antar komponen AB, AC, dan BC akan meningkatkan nilai aroma yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen ABC akan menurunkan nilai aroma.

Peningkatan nilai aroma sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung sagu karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (4,00), diikuti dengan

penambahan tepung singkong modifikasi ACC (3,76), dan penambahan tepung maizena (2,90).

Grafik *contour plot* respon aroma dapat dilihat pada Gambar 7. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon aroma. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 4,4. Warna merah menunjukkan respon aroma tertinggi, yaitu 4,8. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan



Gambar 7. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon aroma

Analisis Respon Overall

Hasil pengukuran respon *overall* menghasilkan nilai berkisar 4,5 hingga 5,2. Nilai terendah 4,5 ditunjukkan oleh formula 2 yang mengandung tepung singkong modifikasi 38,9%, tepung sagu 29,1% dan tepung maizena 20% sedangkan nilai tertinggi 5,2 ditunjukkan oleh formula 10 dan 11. Nilai rata-rata (*mean*) dari respon *overall* adalah 4,79 dengan standar deviasi sebesar 0,19.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh program *Design expert* 7.0, model dari respon *overall* adalah special cubic. Analisis ragam (ANAVA) pada 16 formula menunjukkan hasil bahwa model yang direkomendasikan (special cubic) signifikan dengan nilai p “prob>F” lebih kecil dari 0.05 yaitu 0.0075. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa ketiga komponen A (tepung singkong modifikasi), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *overall*. Hasil analisis ragam (ANAVA) pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa *lack of fit* dari model yang dihasilkan (special cubic) tidak signifikan. Hal ini ditunjukkan dari nilai *lack of fit* lebih besar dari 0.05 yaitu 0.4326 dengan F-value sebesar 1,14. Nilai *Lack of fit* dari respon *overall* tidak signifikan relatif terhadap *pure error*. Nilai *lack of fit* yang tidak signifikan adalah syarat untuk model yang baik dan menunjukkan adanya kesesuaian data respon *overall* dengan model. Persamaan polinomial untuk respon *overall* dapat dilihat dibawah ini.

Hedonik Overall :

$$Y = 2.76A + 3.49B + 2.29C + 8.20AB + 10.59AC + 7.90BC - 30.02ABC$$

kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon aroma sama.

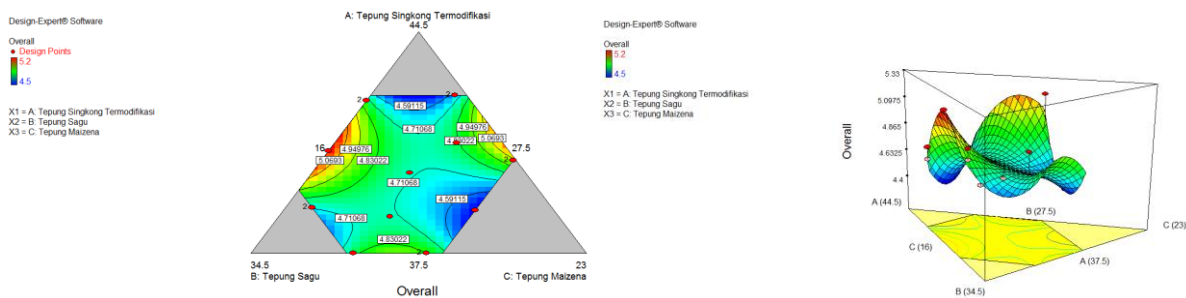
Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 7 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon yang tinggi.

Berdasarkan persamaan yang diperoleh dapat diketahui bahwa penambahan A (tepung singkong modifikasi ACC), B (tepung sagu) dan C (tepung maizena) memberikan pengaruh yang nyata terhadap respon *overall* tepung bumbu ayam goreng. Penambahan komponen tepung secara terpisah dan interaksi antar komponen AB, AC, dan BC akan meningkatkan nilai *overall* yang ditunjukkan konstanta bernilai positif. Sedangkan interaksi antarkomponen ABC akan menurunkan nilai *overall*.

Peningkatan nilai *overall* sangat dipengaruhi oleh penambahan tepung sagu karena nilai konstanta dari nilai ini paling besar (3,49), diikuti dengan penambahan tepung singkong modifikasi ACC (2,76), dan penambahan tepung maizena (2,29).

Grafik *contour plot* respon *overall* dapat dilihat pada Gambar 8. Warna-warna yang berbeda pada grafik *contour plot* menunjukkan nilai respon *overall*. Warna biru menunjukkan nilai respon kadar air terendah, yaitu 4,5. Warna merah menunjukkan respon *overall* tertinggi, yaitu 5,2. Garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik *contour plot* menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen dengan jumlah berbeda yang menghasilkan respon *overall* berbeda.

Grafik tiga dimensi dapat dilihat pada Gambar 8 yang menunjukkan hubungan interaksi antar komponen. Perbedaan ketinggian permukaan menunjukkan nilai respon yang berbeda-beda pada setiap kombinasi antar komponen formula. Area yang rendah menunjukkan nilai respon yang rendah sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai respon yang tinggi.



Gambar 8. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi hasil uji respon *overall*

2. Optimalisasi Formula Dengan Program *Design expert 7.0*

Nilai variabel respon yang diperoleh dari setiap model tepung bumbu ayam *crispy* dimasukkan kedalam program *Design expert 7.0*. Selanjutnya program ini akan mengolah semua variabel respon setiap model tepung bumbu ayam *crispy* dan memberikan beberapa solusi formula sebagai formula tepung bumbu ayam *crispy* terpilih sesuai dengan target optimalisasi yang diinginkan.

Nilai target optimalisasi yang dapat dicapai dikenal dengan istilah nilai *desirability*. Nilai ini besarnya nol sampai dengan satu. Nilai *desirability* mendekati satu menandakan bahwa formula tepung bumbu ayam *crispy* dapat mencapai formula optimal sesuai dengan variabel respon yang dikehendaki, sedangkan indeks *desirability* mendekati nol menandakan bahwa formula tepung bumbu ayam *crispy* sulit mencapai titik optimal berdasarkan variabel responnya (Wahyudi, 2012).

Tabel 9. Komponen Dan Respon Yang Dioptimalisasi, Target, Batas, Dan Importance Pada Tahapan Optimalisasi Formula

Nama Komponen/ respon	Goal	Batas Bawah	Batas Atas	Importance
Tepung Singkong Modifikasi ACC	Maximize	37.5	42.50	5 (+++++)
Tepung Sagu	is in range	27.5	32.50	3 (+++)
Tepung Maizena	is in range	16	20.00	3 (+++)
OHC	Minimize	9.8	13.72	5 (+++++)
WHC	Maximize	16.67	19.23	5 (+++++)
Kadar Air	Minimize	7.72	8.18	5 (+++++)
Warna	Maximize	4.2	4.70	5 (+++++)
Rasa	Maximize	4.4	4.90	5 (+++++)
Tekstur Renyah	Maximize	3.8	4.80	5 (+++++)
Aroma	Maximize	4.4	4.80	5 (+++++)
Overall	Maximize	4.5	5.20	5 (+++++)

Komponen yang dioptimalisasi, Nilai target, batas, dan importance pada tahapan optimalisasi formula dengan menggunakan program *Design expert 7.0* dapat dilihat pada Tabel 9.

Penetapan bobot ini dikarenakan respon-respon tersebut merupakan parameter penting yang menentukan kualitas tepung bumbu ayam goreng *crispy* dimata konsumen. Respon-respon tersebut diukur dengan bobot kepentingan tertentu agar formula yang dihasilkan sesuai dengan karakteristik formula yang diinginkan.

Tahap optimalisasi yang dilakukan memberikan satu solusi formula terbaik dari beberapa formula yang disarankan dengan nilai *desirability* tertinggi yaitu sebesar 0,774. Komposisi solusi dapat dilihat pada Tabel 10. Solusi formula optimum tersebut didapatkan dari hasil running program *Design expert 7.0* terhadap 30 formula yang kemungkinan akan memberikan hasil yang optimum. Berdasarkan 30 formula tersebut, dipilih formula-formula yang memberikan nilai *desirability* tinggi yang kemudian akan direkomendasikan oleh program *Design expert 7.0* sebagai solusi formula optimum. Program *Design expert 7.0* hanya merekomendasikan satu solusi formula dengan nilai *desirability* yang paling mendekati nilai satu, sehingga untuk tahap uji selanjutnya akan digunakan solusi formula tersebut.

Tabel 10. Solusi formula yang didapatkan pada Tahap Optimalisasi

Tepung Singkong Modifikasi	Tepung Sagu	Tepung Maizena	Desirability
41.00	31	16.00	0.774*
40.70	27.6	19.80	0.734
39.50	30.3	18.10	0.583

* Formula Optimum

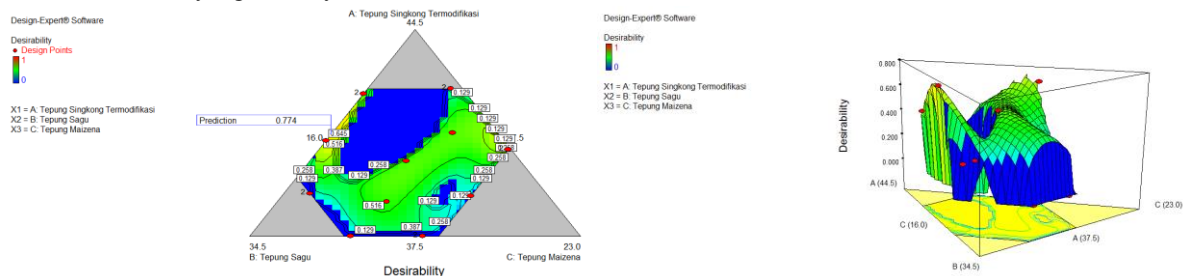
Nilai *desirability* yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kompleksitas komponen, kisaran yang digunakan dalam komponen, jumlah komponen dan respon, serta target yang ingin dicapai dalam memperoleh formula optimum. Kompleksitas jumlah komponen dapat terlihat pada persyaratan jumlah bahan baku yang 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. Jumlah komponen dan respon juga turut berpengaruh terhadap nilai *desirability* formula optimum. Semakin banyak jumlah komponen dan respon, 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.

Solusi formula yang terpilih merupakan formula optimum yang terdiri dari 41% tepung singkong modifikasi ACC, 31% tepung sagu, dan 16% tepung maizena. Formula ini memiliki nilai *desirability* sebesar 0,774 yang artinya formula ini akan

menghasilkan produk yang memiliki karakteristik sesuai dengan target optimalisasi sebesar 77,4%. Formula ini diprediksikan akan memiliki nilai *oil holding capacity* 11,3%, nilai *water holding capacity* 18,80%, nilai kadar air 7,96%, skor organoleptik (warna 4,6; rasa 4,9; tekstur renyah 4,6; aroma 4,8, dan *overall* 5,2).

Grafik *contour plot* dan penampang tiga dimensi dari formula ini dapat dilihat pada Gambar 9. Pada grafik *contour plot*, garis-garis yang terdiri atas titik-titik pada grafik menunjukkan kombinasi dari ketiga komponen tepung dengan jumlah berbeda yang menghasilkan nilai *desirability* yang sama. Gambar penampang tiga dimensi menunjukkan proyeksi dari grafik *contour plot*. Area yang rendah pada grafik tiga dimensi menunjukkan nilai *desirability* yang rendah, sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai *desirability* yang tinggi.



Gambar 9. Grafik *contour plot* dan grafik tiga dimensi formula optimum

3. Verifikasi Formula Hasil Optimalisasi

Formula optimum yang dihasilkan selanjutnya digunakan dalam pembuatan tepung bumbu ayam goreng *crispy* untuk diujikan kembali menggunakan respon yang sama dengan respon pada pembuatan formula. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai aktual dari formula optimum sehingga dapat dibandingkan dengan prediksi yang diberikan oleh program *Design expert 7.0*.

Setelah dilakukan tahap optimalisasi, selanjutnya program *Design expert 7.0* akan memberikan prediksi nilai respon dari solusi formula optimum. Selain itu program *Design expert 7.0* juga memberikan confident interval dan prediction interval untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5%. Confident interval adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi rata-rata hasil pengukuran berikutnya pada taraf signifikansi tertentu, dalam hal ini 5%. Prediction interval adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama pada taraf signifikansi tertentu, dalam hal ini 5%. Hasil tahapan verifikasi beserta prediksi dari setiap respon dapat dilihat pada Tabel 14.

Berdasarkan verifikasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa data hasil verifikasi masih sesuai dengan prediksi yang telah dibuat oleh program *Design*

expert 7.0. Hal ini ditunjukkan oleh respon *water holding capacity*, *oil holding capacity*, kadar air, organoleptik (warna, rasa, tekstur renyah, aroma, dan penerimaan keseluruhan/*overall*) memenuhi 95% Confident Interval yang telah diprediksikan oleh program *Design expert 7.0*.

Tabel 11. Hasil tahapan verifikasi beserta prediksi dari se tiap respon

respon	Hasil		95% CI low	95% CI high	95% PI low	95% PI high
	Prediksi	Verifikasi				
OHC (%)	11.29	12.00	10.00	12.58	8.70	13.88
WHC (%)	18.80	18.52	17.64	19.96	16.92	20.68
Kadar Air (%)	7.96	8.06	7.77	8.16	7.57	8.36
Warna	4.59	4.6	4.40	4.78	4.31	4.88
Rasa	4.92	5.0	4.73	5.12	4.61	5.24
Tekstur Renyah	4.59	4.5	4.08	5.10	3.81	5.37
Aroma	4.83	4.7	4.68	4.98	4.58	5.08
Overall	5.18	5.2	4.99	5.37	4.87	5.49

4. Karakterisasi Tepung Bumbu Ayam Goreng *Crispy* Hasil Optimalisasi

Karakterisasi yang dilakukan terhadap tepung bumbu ayam goreng *crispy* hasil optimalisasi meliputi analisis kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat (by difference), kadar pati resisten, kadar *water holding capacity*, dan kadar *oil holding capacity*. Hasil analisis proksimat tepung bumbu ayam goreng *crispy* secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Komposisi Kimia Tepung Bumbu Ayam Goreng *Crispy* Hasil Optimalisasi

Komposisi Kimia dan Sifat Fungsional	Kadar
Kadar Air (%)	8.06
Kadar Abu (%)	6.32
Kadar Protein (%)	2.67
Kadar Lemak (%)	0.40
Kadar Serat Kasar (%)	2.24
Kadar Karbohidrat (%)	80.31
Kadar Pati Resisten (%)	5.01
<i>Water holding capacity</i> (%)	18.52
<i>Oil holding capacity</i> (%)	12.00

Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa tepung bumbu ayam goreng *crispy* memiliki kadar air sebesar 8,06%, kadar abu 6,32%, kadar protein 2,67%, kadar lemak 0,40%, kadar karbohidrat (by difference) 80,31%, kadar pati resisten 5.01%, kadar *water holding capacity* 18.52%, dan kadar *oil holding capacity* 18.52%.

Kadar air tepung bumbu ayam goreng *crispy* sesuai dengan persyaratan SNI 01-4476-1998 yang mensyaratkan kadar air dalam tepung bumbu tersebut maksimal 12%. Kadar air yang tinggi pada produk tepung bumbu akan membuat tepung bumbu mudah menggumpal dan mudah mengalami kerusakan karena peningkatan aktivitas mikroorganisme berbanding lurus dengan jumlah kadar air.

Kadar serat kasar tepung bumbu ayam goreng *crispy* tidak sesuai dengan persyaratan SNI 01-4476-1998 yang mensyaratkan kadar serat kasar dalam tepung bumbu tersebut maksimal 1.5%. Serat kasar merupakan bagian dari karbohidrat yang tidak dapat dicerna, yang terdiri dari selulosa dengan sedikit lignin dan sebagian kecil hemiselulosa (Fennema, 2008). Selulosa dapat meningkatkan kemampuan gel pati untuk mengalami retrogradasi (Mason, 2009). Kadar serat kasar dapat meningkatkan nilai tambah pada produk terutama berkaitan dengan saluran pencernaan. Kadar protein, kadar lemak dan kadar karbohidrat tidak dicantumkan pada persyaratan SNI 01-4476-1998 tentang tepung bumbu. Namun komponen tersebut baik bagi pemenuhan kalori tubuh.

Kadar abu tepung bumbu ayam goreng *crispy* tidak sesuai dengan persyaratan SNI 01-4476-1998 yang mensyaratkan kadar abu dalam tepung bumbu tersebut maksimal 1.5%. Menurut Rauf (2015), kadar

abu menggambarkan secara kasar banyaknya mineral yang terdapat dalam suatu bahan pangan. Abu adalah residu mineral yang diperoleh setelah dilakukan pembakaran bahan-bahan organik dalam tanur pada suhu tinggi.

Nilai kadar abu yang besar ini disebabkan adanya penambahan bumbu seperti garam dan soda kue yang merupakan garam-garam anorganik sehingga masih tersisa sebagai abu saat dilakukan pengabuan. Semakin besar kadar abu suatu bahan pangan, semakin besar pula kandungan mineral yang terkandung di dalam bahan pangan tersebut. Kandungan mineral dengan jumlah yang cukup akan bermanfaat bagi tubuh (Sejati, 2010).

Water holding capacity merupakan daya menahan air yang diserapnya, sehingga dapat mempengaruhi pada saat pembuatan adonan. Nilai *water holding capacity* tepung bumbu ayam goreng *crispy* yang tinggi memungkinkan tepung bumbu mudah menahan air yang diserapnya pada saat pembuatan adonan.

Oil holding capacity merupakan daya menahan minyak yang diserapnya, sehingga dapat mempengaruhi pada penyerapan minyak saat penggorengan. Menurut Sejati (2010), Tepung yang memiliki nilai OHC yang besar akan lebih banyak menyerap dan menahan minyak yang digunakan untuk menggoreng. Hal ini akan menyebabkan minyak goreng yang digunakan akan cepat habis. Nilai *oil holding capacity* tepung bumbu ayam goreng *crispy* yang relative rendah memungkinkan adonan menyerap minyak pada saat penggorengan relative rendah.

Kadar pati resisten tidak dicantumkan pada persyaratan SNI 01-4476-1998 tentang tepung bumbu. Namun komponen tersebut baik bagi tubuh terutama saluran pencernaan. Pati resisten/ pati tahan cerna adalah pati yang tahan terhadap pencernaan usus halus (Rauf, 2015). Pati resisten membentuk rintangan fisik yang memperlambat akses enzim pencernaan ke partikel pati. Pati resisten dapat mencapai usus besar tanpa mengalami perubahan. Di usus besar, pati difermentasi oleh bakteri menjadi SCFA (Short Chain Fatty Acid) dan gas (Barasi, 2009).

RS memiliki kelebihan sebagai prebiotik jika dibandingkan dengan FOS (Fruktos-oligosakarida) dan inulin yaitu mampu mengikat dan mempertahankan kadar air dalam feses, sehingga tidak menyebabkan sembelit dan flatulensi jika dikonsumsi dalam jumlah besar (Ozturk et al. 2011 dan Vatanasuchart et al. 2012).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Optimalisasi formula tepung bumbu ayam goreng *crispy* dengan menggunakan program *Design expert 7.0* berdasarkan respon *water holding capacity*, *oil holding capacity*, kadar air, respon organoleptik (warna, rasa, tekstur renyah, aroma

dan penerimaan keseluruhan) optimum dengan nilai *desirability* 0,774. Nilai *desirability* 0,774 berarti formula optimum ini akan menghasilkan produk yang memiliki karakteristik sesuai target optimalisasi sebesar 77,4%. Formula optimum ini terdiri atas kombinasi tepung singkong modifikasi ACC sebesar 41%, tepung sagu sebesar 31%, dan tepung maizena 16%.

2. Berdasarkan hasil perbandingan data hasil verifikasi dengan prediksi yang dibuat oleh program *Design expert* 7.0, dapat diketahui bahwa hasil verifikasi masih sesuai dengan prediksi.. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa formula terpilih memiliki nilai *oil holding capacity* 12%, nilai *water holding capacity* 18,52%, nilai kadar air 8,06%, skor organoleptik (warna 4,6; rasa 5,0; tekstur renyah 4,5; aroma 4,7, dan *overall* 5.2).
3. Hasil analisis proksimat dan fungsional dari tepung bumbu ayam goreng *crispy* formula optimum menunjukkan bahwa tepung bumbu ayam goreng *crispy* berbahan baku tepung singkong modifikasi ACC memiliki kadar air sebesar 8,06%, kadar abu 6,32%, kadar protein 2,67%, kadar lemak 0,40%, kadar karbohidrat (by difference) 80,31%, kadar pati resisten 5.01%. kadar *water holding capacity* 18.52%, dan kadar *oil holding capacity* 10,20%. Persyaratan SNI 01-4476-1998 tentang tepung bumbu hanya mengatur kandungan kadar air dan kadar serat maksimal pada tepung bumbu. Kadar air menunjukkan sesuai, karena dalam SNI maksimal 12%. Namun serat kasar melebihi dari persyaratan SNI yaitu melebihi nilai maksimal 1,5%. Kadar pati resisten yang terkandung sebesar 5,01%

Daftar Pustaka

1. AOAC, 1999. *Official Methods Of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*. Washington. DC.
2. Barasi, M.E., 2009. Ilmu Gizi. Penerbit Erlangga. Jakarta
3. Ashwar, B.A., Gani, A., Shah, A., Wani, I.A., Masoodi, F.A., & Saxena, D.C. (2016). *Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment : Invitro digestibility, thermal and structural characterization*. Food Hydrocolloids 56 :108-117.
4. Bednar, G. E.; Patil, A. R.; Murray, S. M.; Grieshoop, C. M.; Merchen, N. R.; Fahey, G. C. (2001). *Starch and Fiber Fractions in Selected Food and Feed Ingredients Affect Their Small Intestinal Digestibility and Fermentability and Their Large Bowel Fermentability In Vitro in a Canine Model*. The Journal of Nutrition. 131 (2): 276–286.
5. BPS, 2016. Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. Badan Pusat Statistik. Diakses pada 29 Februari 2016.
6. Chung, H. J., Liu, Q., & Hoover, R. (2009). *Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pie and lentil starches*. Carbohydrate Polymers, 75, 436-447.
7. Faridah, D. N. 2011. Perubahan Karakteristik Kristalin Pati Garut (*Maranta arundinaceae L.*) dalam Pengembangan Pati Resisten Tipe III. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
8. Faridah, D. N. 2011. *Cookies* Berbahan Baku Pati Garut Modifikasi. Food Review VI (7) : 34-37.
9. Fennema, O.R. 1996. *Food Chemistry*. Marcel Dekker Inc., New York.
10. Herawati, H. 2011. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna Sebagai Pangan Fungsional. Jurnal Litbang Pertanian 30 (1) : 31-39
11. Hudiana, V.D., 2013, Pengembangan Teknologi Pembuatan Mi Sagu . IPB, Bogor.
12. Leong YH, Karim AA, Norziah MH. 2007. *Effect of pullulanase debranching of sago (Metroxylon sagu) starch at subgelatinization temperature on the yield of resistant starch*. Starch/Starke. 59(1): 21-32.
13. Liu Q. 2005. *Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. Cui SW(editor). RC Taylor & Francis, Boca Ratn FL.
14. Moongnarm, A. 2013. *Chemical Compositions and Resistant Starch Content in Starchy Foods*. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 8 (2): 107-113.
15. Niba, L.L., M.M. Bokanga, F.L. Jackson, D.S. Schlimme, dan B.W. Li. 2002. *Pshysochemical Properties And Starch Granular Characteristics Of Flour From Various Manihot esculanta (Cassava) Genotypes*. Journal of Food Science 67 : 1701-1705.
16. Nurhayati, Jenie BSL, Widowati S, Kusumaningrum HD. 2014. Komposisi Kimia dan Kristalinitas Tepung Pisang Modifikasi Secara Fermentasi Spontan dan Siklus Pemanasan Bertekanan-Pendinginan. Agritech. 34 (2): 146-150.
17. Ozturk S, Koksel H, Perry KWN. 2011. *Production of resistant starch from acid modified amylo type starches with enhanced functional properties*. Journal of Food Engineering. 103: 156–164
18. Rauf, R. 2015. Kimia Pangan. Penerbit ANDI, Jakarta..
19. Saguilan, A., Huicochea, F.E., Tovar J, Garcia-Suárez F, Gutiérrez-Meraz F, Bello-Pérez LA. 2005. *Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana*

- starch: partial characteriation. J Starch/Stärke* 57: 405-412.
20. Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. 2006. *Resistant starch : a review*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 5.
 21. Sathe, S. K. dan D. K. Salunkhe. 1981. *Isolation, Partial Chracterization and Modification of The Great Northern Bean (Phaseolus vulgaris) Starch*. J. Food Science. 46 (2) : 617-621.
 22. Sejati, M. K., 2010. *Formulasi Dan Pendugaan Umur Simpan Tepung Bumbu Ayam Goreng Berbahan Baku Modified Cassava Flour (Mocaf)*. IPB. Bogor.
 23. Setiarto, R.H.B, Jenie, B.S.L., Faridah, D.N., Saskiawan, I., 2015. *Kajian Peningkatan Pati Resisten yang Terkandung dalam Bahan Pangan Sebagai Sumber Prebiotik*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Desember 2015. Vol. 20 (3): 191-200.
 24. Shin S, Byun J, Park KW, Moon TW. 2004. *Effect of partial acid and heat moisture treatment of formation of resistant tuber starch*. J Cereal Chem 81(2): 194-198.
 25. Soekarto, S.T. dan M. Hubeis. 1992. *Petunjuk Laboratorium Metode Penelitian Inderawi*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
 26. Wahyudi. 2012. *Optimalisasi Formula Produk Ekstrusi Snack Makaroni Dari Tepung Sukun (Artocarpus altilis) Dengan Metode Desain Campuran (Mixture Design)*. IPB. Bogor.
 27. Winarno, FG. 1986. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia. Jakarta
 28. Yuliasih, I. 2008. *Fraksinasi dan Asetilasi Pati Sagu Serta Aplikasi Produknya Sebagai Bahan Campuran Plastik Sintesis*. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
 29. van Vliet T, Visser JE, Luyten H. 2007. *On the mechanism by which oil uptake decreases crispy/crunchy behavior of fried products*. FoodRes Int. 40(9):1122-1128
 30. Vincent JFV. 2004. *Application Of Fracture Mechanics To The Texture Of Food*. J Eng Failure Analysis. 11:695-704.
 31. Zabar S, Shimoni E, Peled HB. 2008. *Development of nanostructure in resistant starch type III during thermal treatments and cycling*. J Macromol Biosci 8: 163-170.
 32. Zaragoza EF, Riquelme-Navarrete MJ, Sanchez-Zapata E, Perez-Alvarez JA. 2010. *Resistant starch as functional ingredient: A review*. Food Research International. DOI:10.1016/j.foodres.2010.02.004