

Bab II

Tinjauan Pustaka

2.1 Garam Pada Air Laut

Menurut Natasha dan Sulistiyono (2016) air laut merupakan larutan bersifat kompleks yang terdiri dari berbagai unsur antara lain Klorin (Cl^-), Natrium (Na^+), Magnesium (Mg), Sulfat (SO_4^{2-}), Kalsium (Ca^{2+}) dan Kalium (K^+). Natasha dan Sulistiyono menambahkan, dari beberapa jenis senyawa garam yang terbentuk dan terlarut dalam air laut, senyawa yang paling banyak ditemukan yaitu senyawa garam NaCl . Salah satu unsur pengotor yang terkandung dalam air laut adalah sulfat (SO_4^{2-}). Unsur sulfat pada air laut merupakan salah satu unsur pengotor tertinggi pada proses pembuatan garam. Semakin rendah kandungan sulfat pada air laut maka garam yang dihasilkan pada proses pembuatan garam akan semakin tinggi kualitasnya.

Garam merupakan kumpulan senyawa kimia yang memiliki kandungan terbesar terdiri dari NaCl (Sulistyaningsih, dkk, 2010). Garam memiliki manfaat seperti pengolahan makanan dan kebutuhan industri. Pada pengolahan makanan, garam adalah salah satu kebutuhan pangan yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Pada kebutuhan industri, garam dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai macam industri. Garam yang digunakan sebagai konsumsi dan garam yang digunakan dalam industri memiliki ciri-ciri dan karakteristik yang berbeda.

Pada umumnya, berdasarkan jenis dan penggunaannya garam dibagi menjadi dua yaitu garam konsumsi dan garam industri (Rusiyanto, dkk, 2013). Garam konsumsi umumnya memiliki kadar NaCl antara 90-97% dengan standar minimum sebesar 94,7%. Garam konsumsi memiliki kandungan zat pengotor yang berupa sulfat, magnesium dan kalsium maksimum sebesar 2% dan kadar air maksimum sebesar 7%. Sedangkan garam industri umumnya memiliki kadar NaCl >95%, memiliki kandungan sulfat maksimum 0,5%, kandungan magnesium maksimum 0,3%, kandungan kalsium maksimum 0,2% dan kadar air antara 1-5%.

Pada proses pembuatan garam, garam harus melalui proses pemurnian terlebih dahulu supaya unsur-unsur pengotor yang terkandung dalam air laut dapat dikurangi. Menurut Sulistyaningsih dkk (2010), tanpa dilakukannya proses

pemurnian garam, maka garam yang dihasilkan melalui proses penguapan air laut akan tercampur dengan senyawa lain yang terlarut seperti $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, KBr , dan KCl . Proses pemurnian garam yang dapat dilakukan antara lain proses kristalisasi bertingkat, rekristalisasi dan pencucian garam (Sulistyaningsih, dkk, 2010). Selain itu, Sulistyaningsih, dkk menambahkan cara lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas garam pada air laut adalah proses pemurnian dengan langkah menambahkan bahan pengikat unsur pengotor.

2.2 Adsorpsi Sulfat Menggunakan Karbon Aktif

Salah satu proses penambahan bahan pengikat pengotor yaitu proses adsorpsi. Menurut Caroline, dkk (2017) adsorpsi merupakan beberapa tahapan proses yang terdiri dari reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat). Salah satu zat adsorben yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi yaitu zat karbon aktif. Menurut Pambayun, dkk (2013) zat karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan pemurnian berbagai macam industri. Pambayun, dkk menambahkan bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan karbon aktif adalah semua bahan yang berasal dari tumbuhan, bahan organik, atau barang tambang yang mengandung unsur karbon. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai karbon aktif antara lain jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu bara tempurung kelapa dan kulit biji kopi.

Menurut Pambayun, dkk (2013) bahan terbaik yang dapat digunakan sebagai karbon aktif adalah bahan karbon aktif yang terbuat dari tempurung kelapa karena memiliki mikropori banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi, dan reaktivitas yang tinggi. Selain itu, tempurung kelapa umumnya dianggap sebagai limbah industri dalam pengolahan kelapa, sehingga tempurung kelapa dapat dikatakan sumber daya yang terbarukan dan memiliki harga rendah. Menurut Saragih, dkk (2020) tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan karbon aktif karena mudah untuk didapatkan secara komersil dan memiliki kandungan lignoselulosa yang dapat dirubah menjadi material dengan kadar karbon yang tinggi.

Menurut Aisyahlaka, dkk (2018) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kapasitas dari adsorben dalam penyerapan pada adsorbat

yaitu pH larutan, waktu kontak, berat adsorben dan suhu. Aisyahlika, dkk menambahkan, dalam pH larutan, pH larutan akan berpengaruh pada kegiatan gugus fungsi adsorben, variasi waktu kontak dilakukan untuk melihat banyaknya karbon aktif yang dibutuhkan untuk menyerap secara optimal, berat adsorben akan berpengaruh pada gugus aktif dari adsorben itu sendiri, dan suhu akan mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat. Menurut Aisyahlika, dkk (2018) kapasitas adsorpsi menunjukkan banyaknya adsorbat yang mampu terkumpul pada permukaan adsorben sehingga ketika proses adsorpsi berjalan pada kondisi optimum maka akan didapatkan karbon aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum.

2.3 Desain Eksperimen

Menurut Montgomery (2017) *design of experiment* (DOE) atau desain eksperimen merupakan pengujian atau serangkaian percobaan dimana dilakukan perubahan yang disengaja terhadap variabel input suatu proses, sehingga hasil dari perubahan tersebut dapat diobservasi dan diidentifikasi berdasarkan respon outputnya. Montgomery menambahkan, desain eksperimen adalah suatu alat penting dalam bidang ilmiah dan rekayasa sebagai pendorong dalam proses realisasi produk. Tujuan akhir dari desain eksperimen nantinya adalah mengembangkan proses yang terpegaruh secara seminimal mungkin oleh variabilitas faktor eksternal. Secara umum, desain eksperimen digunakan untuk mempelajari hasil dari proses dan sistem. Proses dapat ditunjukkan sebagai kombinasi dari mesin, metode, orang dan sumber daya lain yang merubah input (bahan baku) menjadi suatu output yang memiliki satu atau lebih respon yang dapat diamati.

Dalam desain eksperimen, diperlukan pendekatan secara statistik untuk mengambil kesimpulan yang bernilai pada suatu data (Montgomery, 2017). Statistik pada desain eksperimen mengacu pada proses perencanaan percobaan sehingga data yang sesuai akan dikumpulkan dan dianalisis dengan metode statistika, maka didapatkan kesimpulan yang valid dan objektif. Ketika dalam suatu permasalahan melibatkan data yang mengarah pada kesalahan eksperimen, maka metode statistika merupakan metode yang paling tepat untuk analisis.

Dalam desain eksperimen, terdapat suatu metode yang dapat digunakan sebagai metode optimasi yaitu *Response Surface Methodology*. Menurut Trihaditia dkk. (2015) RSM merupakan suatu strategi percobaan yang dapat digunakan untuk mencari respon yang optimum jika respon dipengaruhi oleh beberapa faktor. Penggunaan RSM berguna untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimasi proses penentuan formulasi optimum. Metode yang diterapkan yaitu statistik untuk melihat hubungan antara satu atau lebih variabel perlakuan.

2.3.1 Nilai R^2 (*R-squared*)

Nilai R^2 merupakan persentase variabilitas dalam respon yang dijelaskan oleh model hasil perhitungan (Montgomery, 2017). Nilai R^2 berada diantara $1 \leq R^2 \leq 100$, dengan nilai yang semakin tinggi maka model hasil perhitungan yang didapatkan akan semakin baik. Nilai R^2 didapatkan dari perhitungan:

$$R^2 = \frac{SS_{Model}}{SS_{Total}} \quad (2.1)$$

Dimana:

SS_{Model} = *sum of square* dari model

SS_{Total} = *sum of square* keseluruhan

2.3.2 Uji *Lack-of-Fit*

Uji *lack-of-fit* merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui adanya ketidaksesuaian model regresi (Montgomery, 2017). Uji *lack-of-fit* pada RSM diperlukan untuk menentukan ketepatan ordo dari model yang telah dibuat. Uji *lack-of-fit* dilakukan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 = Adanya *lack-of-fit* pada model

H_1 = Tidak adanya *lack-of-fit* pada model

Menolak H_0 jika nilai *P-value* dari *lack-of-fit* $\leq \alpha$ (*significance level*) sehingga dapat dikatakan terdapat *lack-of-fit* pada model. Jika terdapat *lack-of-fit* pada model maka model regresi yang didapatkan tidak sesuai dengan respon yang diperoleh dan diperlukan pembuatan model dengan pendekatan yang lain. Menerima H_0 jika nilai *P-value* dari *lack-of-fit* $> \alpha$ (*significance level*) sehingga dapat dikatakan tidak

terdapat *lack-of-fit* pada model. Jika tidak ditemukan *lack-of-fit* pada model maka model regresi yang didapatkan sesuai dengan respon yang diperoleh dan tidak diperlukan pembuatan model dengan pendekatan yang lain.

2.4 Metode Response Surface Methodology

Menurut Montgomery (2017) *Response Surface Methodology* (RSM) merupakan metodologi yang didasarkan pada teknik matematika dan statistika yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis permasalahan dimana respon yang didapatkan dipengaruhi oleh beberapa variabel dan permasalahan tersebut memiliki tujuan untuk mengoptimasi respon.

Seringkali perkiraan awal kondisi operasi optimum untuk suatu sistem dapat berbeda dengan respon optimum yang sebenarnya (Montgomery, 2017). Dalam kondisi tersebut, tujuan dari eksperimen adalah untuk mencapai kedaerah optimum dengan menggunakan prosedur eksperimen yang sederhana dan efisien secara ekonomi. Dalam upaya untuk mencapai daerah yang optimum, dapat diasumsikan bahwa *first-order model* adalah pendekatan yang memadai untuk permukaan yang sebenarnya pada wilayah kecil dari variabel (x).

Menurut Montgomery (2017) langkah awal yang perlu dilakukan dalam metode RSM adalah menentukan menemukan pendekatan yang cocok untuk hubungan fungsional yang sebenarnya antara y (hasil respon) dan himpunan variabel bebas. Jika respon dimodelkan dengan fungsi linier terhadap variabel independen, maka fungsi pendekatan yang digunakan adalah *first-order model*, dimana jika ingin memaksimumkan respon menggunakan metode *method of steepest ascent*:

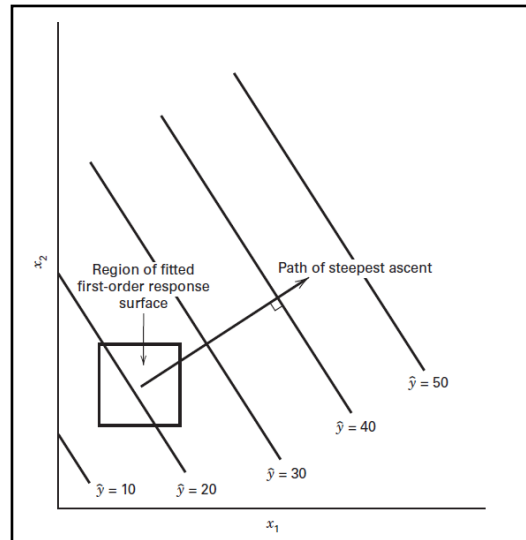
$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon \quad (2.2)$$

Atau,

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (2.3)$$

Jika ingin meminimumkan respon menggunakan metode *method of steepest descent*:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 - \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (2.4)$$



Gambar 2.1 Kurva *Path of Steepest Ascent* Maksimum (Sumber: Montgomery, 2017)

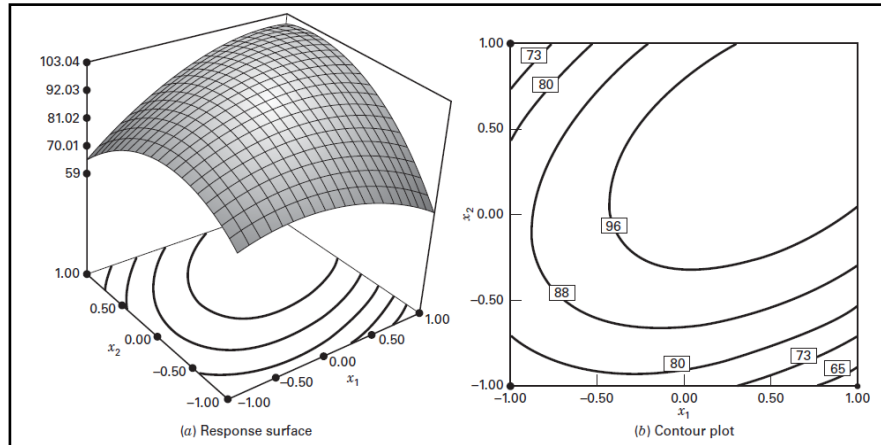
Eksperimen dilakukan pada sepanjang jalur garis hingga tidak ada peningkatan pada respon lebih lanjut. Jika tidak ada peningkatan respon pada *first-order model* pertama, maka *first-order model* yang baru dapat diterapkan dan prosedur dapat dilanjutkan sampai hasil eksperimen mencapai Odaerah sekitar optimum.

Jika terdapat kurva lengkungan pada pemodelan respon, maka polinomial dengan derajat yang lebih tinggi harus digunakan, seperti pada *second-order model* berikut:

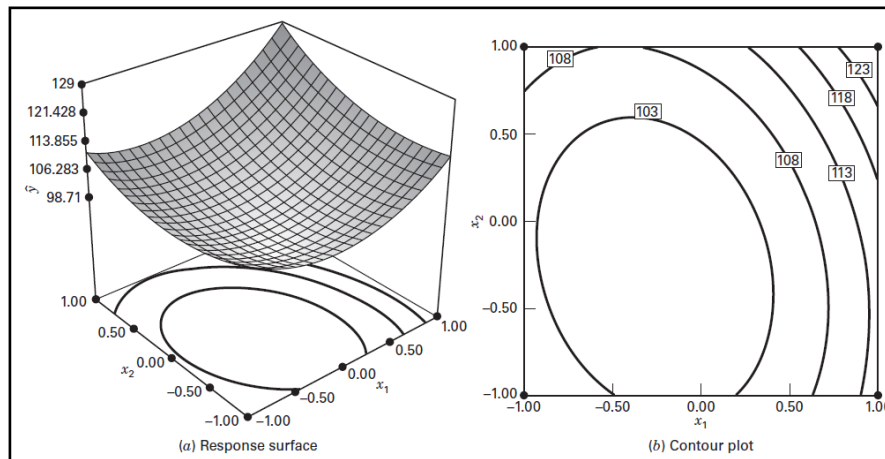
$$\mathbf{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (2.5)$$

Pada *second-order model* ini, jika tujuan dari optimasi adalah mencari level dari variabel x_1, x_2, \dots, x_k , maka dapat ditentukan *stationary point* (titik stasioner). *Stationary point* dapat mewakili titik respon maksimum, titik respon minimum, atau *saddle point* (titik respon minimax). Setelah menemukan *stationary point*, maka dapat dilakukan proses *characterize* permukaan respon pada sekitar *stationary point* yang telah ditemukan. Dalam menentukan *stationary point*, dapat

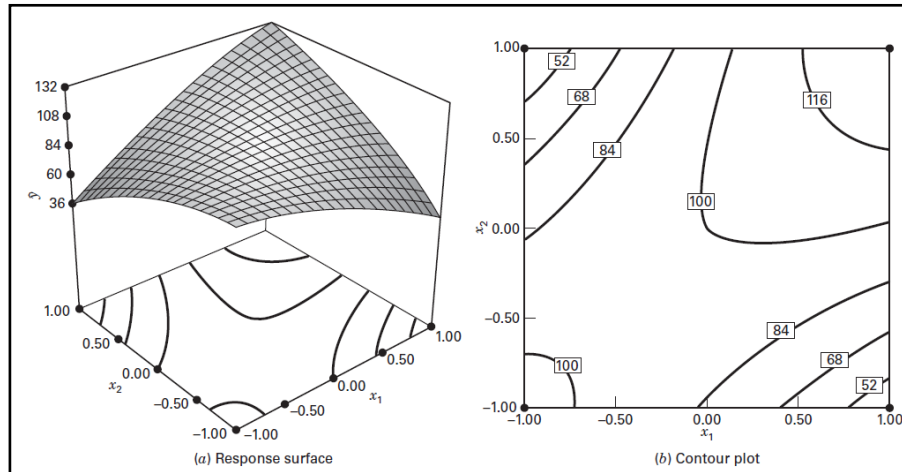
diaplikasikan penggunaan *contour plot* pada *software* komputer untuk analisis permukaan respon. Dengan menggunakan *contour plot*, maka dapat menerapkan proses *characterize* bentuk dari permukaan sistem dan menentukan posisi respon optimum yang wajar.



Gambar 2.2 Kurva *Second-Order Model* Maksimum (Sumber: Montgomery, 2017)



Gambar 2.3 Kurva *Second-Order Model* Minimum (Sumber: Montgomery, 2017)



Gambar 2.4 Kurva *Second-Order Model Saddle Point* (Sumber: Montgomery, 2017)

Untuk menentukan *stationary point*, maka dapat menggunakan model dan matrix anotasi:

$$\hat{y} = \beta_0 + \mathbf{x}'\mathbf{b} + \mathbf{x}'\mathbf{B}\mathbf{x} \quad (2.6)$$

Dimana,

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{bmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_k \end{bmatrix} \quad \text{and} \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{11}, \hat{\beta}_{12}/2, \dots, \hat{\beta}_{1k}/2 \\ \hat{\beta}_{22}, & & \dots, \hat{\beta}_{2k}/2 \\ & & \ddots & \\ \text{sym.} & & & \hat{\beta}_{kk} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Komponen \mathbf{b} adalah vektor ($k \times 1$) dari koefisien regresi *first-order model* dan \mathbf{B} adalah matriks simetris ($k \times k$) yang utamanya elemen diagonal adalah koefisien kuadrat murni ($\hat{\beta}_{ii}$) dan elemen di luar diagonalnya adalah setengah dari campuran koefisien kuadrat ($\hat{\beta}_{ij}$, $i \neq j$). Sehingga dapat ditentukan *stationary point* dengan menentukan turunan dari terhadap elemen vektor \mathbf{x} yang disamakan dengan 0:

$$\frac{\partial y}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{b} + 2\mathbf{B}\mathbf{x} = 0 \quad (2.8)$$

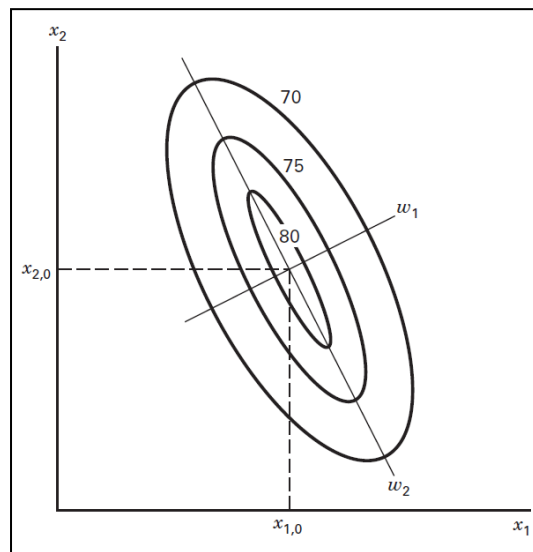
Atau dengan menentukan titik \mathbf{x} dan y sebagai berikut:

$$\mathbf{x}_s = -\frac{1}{2}\mathbf{B}^{-1}\mathbf{b} \quad (2.9)$$

$$y_s = \beta_0 + \frac{1}{2} \mathbf{x}_s' \mathbf{b} \quad (2.10)$$

Setelah menemukan *stationary point*, maka dapat dilakukan *characterizing* permukaan respon. Dengan *characterizing*, dapat menentukan *stationary point* merupakan respon maksimum atau minimum atau *saddle point*. *Characterizing* permukaan respon dapat diamati melalui *contour plot* dari model. Selanjutnya, dilakukan perubahan model kedalam koordinat sistem yang baru dengan titik asal pada *stationary point* x_s kemudian memutar sumbu dari sistem hingga sejajar dengan sumbu utama dari permukaan respon. Langkah ini disebut sebagai analisis kanonik. Persamaan yang digunakan disebut dengan bentuk kanonik yaitu:

$$\hat{y} = \hat{y}_s + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + \dots + \lambda_k w_k^2 \quad (2.11)$$



Gambar 2.5 Bentuk Kanonik dari *Second-Order Model* (Sumber: Montgomery, 2017)

Menurut Montgomery (2017) RSM merupakan prosedur yang berurutan. Seringkali, pada titik dipermukaan respons yang jauh dari optimal, terdapat sedikit kelengkungan dalam sistem, maka model orde pertama akan sesuai dan dapat diimplementasikan. Tujuan dari RSM adalah untuk melakukan eksperimen dengan cepat dan efisien bersamaan dengan peningkatan menuju hasil respon yang optimal. Setelah daerah optimum dapat ditentukan, model RSM seperti *first-order model*

dan *second-order model* dapat digunakan, sehingga analisis dapat dilakukan untuk menemukan hasil respon optimal. Tujuan akhir dari metode RSM adalah untuk menentukan kondisi operasi yang optimum untuk suatu sistem atau untuk menentukan wilayah dari faktor dimana persyaratan operasi harus terpenuhi.

2.5 Penelitian Terdahulu

Trihaditia, dkk (2018) melakukan penelitian menggunakan metode *Response Surface Methodology*. Objek penelitian yang diamati adalah pembuatan *cookies* dari bekatul Pandanwangi dengan penambahan bahan baku tepung terigu. Menurut Trihaditia, dkk (2018) bekatul merupakan limbah dari pengolahan padi yang memiliki potensi dapat digunakan sebagai produk pangan yaitu *cookies*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formulasi bekatul dengan tepung terigu terhadap kualitas organoleptik *cookies* bekatul serta mengetahui respon optimum dari uji organoleptik *cookies* bekatul sebagai produk diversifikasi pangan. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain perbedaan formulasi dari bekatul dan tepung terigu (F1, F2, F3, dan F4), sedangkan parameter uji yang diamati antara lain tekstur, warna, aroma dan rasa dari *cookies*. Penelitian ini melibatkan 25 panelis biasa dan 1 panelis ahli sebagai objek penelitian. Hasil dari penelitian ini yaitu dari empat sampel *cookies* bekatul menurut formulasinya, didapatkan bahwa berdasarkan parameter warna dan aroma yang diminati panelis yaitu sampel F4 dengan nilai optimasi warna 1 dan aroma 3, sedangkan untuk parameter tekstur dan rasa yang diminati panelis yaitu sampel F2 dengan nilai optimasi yaitu 1.

Hidayat, dkk (2020) melakukan penelitian menggunakan metode *Response Surface Methodology* dengan model *Central Composite Design*. Objek penelitian yang diamati adalah pengembangan tepung komposit berbasis tepung onggok fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi tepung komposit berbahan baku tepung onggok fermentasi (TOF), tapioka dan gum xanthan (GX) untuk menghasilkan tepung komposit dengan karakteristik optimal sebagai tepung bebas gluten. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain perbedaan formulasi dari TOF, tapioka, dan GX. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa tepung komposit dengan formulasi TOF: 82,64%, tapioka: 17,54%, dan GX: 0,10%

merupakan perlakuan terbaik yang dapat digunakan sebagai alternatif tepung bebas gluten berbahan baku lokal.

Ratnawati, dkk (2018) melakukan penelitian menggunakan metode *Response Surface Methodology* menggunakan desain faktorial. Objek penelitian yang diamati adalah proses ekstraksi kalsium dari tulang ikan lele dengan 13 perlakuan berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel konsentrasi pelarut dan lama waktu ekstraksi terhadap jumlah kalsium pada tepung tulang. Hasil dari penelitian ini didapatkan model respon permukaan linier yang dapat digunakan untuk memprediksi respon yang optimum.

Octaviani, dkk (2017) melakukan penelitian menggunakan metode *Response Surface*. Objek penelitian yang diamati yaitu kualitas lilin dengan faktor-faktor antara lain suhu peleburan (X_1), suhu tuang *stearic acid* sebelum pencetakan (X_2), dan lama waktu pencetakan (X_3). Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi faktor-faktor tersebut terhadap kualitas lilin di suatu instansi. Penelitian dilakukan dengan percobaan struktur perlakuan faktorial 2^3 dalam 3 tahapan. Tahap pertama dilakukan perluasan pada titik pusat yang nantinya digunakan sebagai model respon orde pertama. Tahap kedua adalah menentukan daerah permukaan respon maksimum dengan menggunakan metode dakian tercuram (*steepest ascent*). Tahap ketiga adalah menggunakan rancangan komposit pusat dengan sifat ketelitian seragam sebagai menduga model permukaan respon orde kedua. Penentuan kombinasi titik-titik stasioner untuk mendapatkan permukaan respon maksimum dianalisis menggunakan analisis kanonik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model permukaan respon mencapai maksimum yaitu didapatkan massa lilin maksimum adalah sebesar 50,6254 gram yang dihasilkan dari suhu peleburan sebesar 113°C , suhu tuang 66°C , dan dengan waktu pencetakkan 47 menit.

Persamaan dari penelitian yang dilakukan ini dengan penelitian terdahulu yaitu penelitian ini sama-sama menggunakan metode *Response Surface Methodology* sebagai sarana pengoptimalan respon penelitian. Sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu terdapat pada variabel atau faktor yang digunakan, banyaknya faktor dan level, dan teknik pengambilan data eksperimen.