

OPTIMASI WAKTU PENJEMURAN DAN SUHU PENGGORENGAN TERHADAP KEMEKARAN KERUPUK UDANG

Mohammad Dian Purnama

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: mohammaddian.20053@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Kerupuk udang merupakan salah satu jenis kerupuk yang digemari banyak orang karena memiliki rasa yang gurih dan renyah, sehingga sering dijadikan camilan atau pendamping makanan. Pengolahan dan penyajian merupakan faktor yang memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap kualitas kerupuk tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama pengeringan dan suhu penggorengan terhadap kualitas kerupuk udang yang dilihat dari kemekarannya. Metode yang digunakan adalah *Response Surface Methodology* (RSM). Penelitian ini akan menganalisis optimasi waktu pengeringan antara 180 hingga 540 menit dan suhu penggorengan antara 160°C hingga 180°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemuai kerupuk udang pada penelitian ini berkisar antara 221,62% hingga 317,08%. Kemudian nilai R^2 sebesar 0,9415 yang menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut mempengaruhi keragaman respon sebesar 94,15%. Nilai *Adjusted R²* sebesar 0,844 yang berarti terdapat sedikit korelasi dan data aktual untuk respon kemekaran bunga yang tercakup dalam model sebesar 84,4%. Model tersebut signifikan karena *p-value* kurang dari 0,05, yaitu 0,04554. Untuk hasil yang optimal, waktu pengeringan sekitar 269 menit dan suhu penggorengan 153°C untuk kemekaran 237,6%.

Kata Kunci: Kerupuk Udang, Metodologi Permukaan Respon, Pengeringan, Penggorengan.

Abstract

*Shrimp crackers are one type of crackers that are favored for many people because they have a savory and crunchy taste, so they are often used as snacks or food companions. Processing and presentation are factors that have a significant impact on the quality of these crackers. This study aims to analyze the effect of drying time and frying temperature on the quality of shrimp crackers as seen from its blossom. The method used is Response Surface Methodology (RSM). This research will analyze the optimization of drying time between 180 to 540 minutes and frying temperature between 160°C to 180°C. The results showed that the expansion of shrimp crackers in this study ranged from 221.62% to 317.08%. Then the R^2 value is 0.9415 which indicates that the two factors affect the diversity of the response by 94.15%. The Adjusted R^2 value is 0.844 which means that there is little correlation and the actual data for the efflorescence response covered by the model is 84.4%. The model is significant because the *p-value* is less than 0.05, which is 0.04554. For optimal results, a drying time of about 269 minutes and a frying temperature of 153°C for 237.6% efflorescence.*

Keywords: Shrimp Crackers, Response Surface Methodology, Drying, Frying.

PENDAHULUAN

Kerupuk menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia sebagai salah satu makanan tradisional. Kerupuk merupakan camilan kering yang memiliki tekstur renyah, berbentuk lembaran tipis, dan dibuat dari campuran beberapa bahan dengan pati sebagai bahan utamanya. Kekhasan kerupuk terlihat pada variasi rasa, bentuk, dan warnanya, sehingga membuatnya diminati oleh masyarakat (Anni, 2005). Ketersediaan kerupuk pun sangat meluas, dapat ditemukan dengan mudah mulai dari warung, restoran, hingga supermarket (Marzuki, 2006).

Kebanyakan kerupuk dibuat dengan menggelatinisasi campuran adonan yang

mengandung pati tinggi, ikan atau udang, dan berbagai bumbu. Setelah itu, adonan kerupuk diiris tipis dan dikeringkan, sehingga kerupuk mengembang, berpori, dan densitas rendah saat digoreng. Karena suhu yang meningkat selama proses penggorengan, air yang terperangkap dalam gel pati akan menguap. Tekanan uap membuat gel pati mengembang, yang menghasilkan rongga udara di dalam kerupuk (Koswara, 2009).

Terdapat berbagai macam kerupuk yang beredar di pasaran, salah satunya kerupuk udang yang digemari banyak masyarakat (Jannah, dkk., 2020). Kerupuk udang umumnya dihidangkan sebagai pendamping hidangan utama, dan ada juga yang mengonsumsinya sebagai camilan. Keistimewaan

kerupuk udang terletak pada teksturnya yang renyah, memberikan sensasi akustik saat digigit.

Menurut Van der Sman dan Broeze (2013), komposisi dan proses pengolahan memiliki dampak pada pembentukan struktur produk ekstrusi seperti kerupuk dan snack. Salah satu aspek yang diperhatikan oleh konsumen dalam menilai kualitas kerupuk udang adalah sejauh mana kerupuk tersebut mengembang. Kerupuk yang mengembang biasanya dinilai memiliki tekstur yang renyah oleh konsumen (Pakpahan, dkk., 2019).

Volume pengembangan diukur dengan membandingkan perubahan volume antara kerupuk yang telah digoreng dengan kerupuk mentahnya (Pakpahan, dkk., 2017). Densitas kamba (g/cm^3) diukur dengan menghitung perbandingan massa (g) terhadap volume kamba kerupuk yang telah digoreng (cm^3). Proses pengembangan kerupuk terjadi sebagai hasil dari proses termodinamika selama tahap puffing. Pada tahap ini, tekanan uap air terbentuk, mendorong matriks polimer gel kerupuk. Keseimbangan antara tekanan uap air dan viskoelastisitas polimer tersebut menentukan struktur dan pengembangan kerupuk. Besarnya tekanan uap air dan karakteristik viskoelastis dari polimer gel dipengaruhi oleh komposisi dan metode pengolahan kerupuk (Van der Sman dan Broeze, 2013).

Sebuah langkah dalam proses pembuatan kerupuk melibatkan tahap pengeringan. Pengeringan kerupuk dapat dijalani dengan dua teknik yang berbeda, yaitu pengeringan menggunakan oven dan penjemuran di bawah sinar matahari. Metode oven menggunakan energi panas dari perangkat listrik atau gas, sedangkan penjemuran adalah proses pengeringan yang mengandalkan energi matahari dan kondisi kelembaban udara sekitar. Waktu penjemuran merupakan rentan waktu yang diperlukan untuk mengeringkan sesuatu, waktu penjemuran yang lebih lama menghasilkan tingkat kerenyahan yang lebih tinggi pada kerupuk. Namun, waktu penjemuran yang terlalu lama akan membuat kerupuk tidak mencapai tingkat kemekaran yang optimal begitu pula sebaliknya saat waktu penjemurannya kurang, maka kerenyahan dan kemekaran kerupuk akan kurang optimal.

Tak sedikit orang yang membeli kerupuk udang dalam kondisi mentah atau belum digoreng.

Biasanya mereka akan mengeringkan adonan kerupuk udang tersebut sebelum digoreng. Tak sedikit masyarakat mendapatkan hasil penggorengan kerupuk yang kurang sempurna akibat kadar air ataupun suhu saat menggoreng terlalu tinggi.

KAJIAN TEORI

RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Untuk mengoptimalkan nilai variabel respon, penentuan model matematika dapat dilakukan dengan memahami nilai variabel independen. Hal ini melibatkan pemahaman terhadap hubungan antara variabel respon (y) dan variabel bebas (x) (Monthgomery, 2004). Jika hubungan antara respon dan variabel independen dapat diwakili oleh fungsi linear, model tersebut disebut sebagai model orde pertama, yang dapat dijelaskan melalui persamaan berikut:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \varepsilon_i \quad (1)$$

Apabila terjadi pembentukan fungsi kuadrat dalam keterkaitan antara respons dan variabel independen, model tersebut disebut sebagai model orde kedua, yang dapat diwakili dalam persamaan berikut:

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

METODE STEEPEST ASCENT

Salah satu cara untuk mencari titik optimum pada permukaan respon adalah dengan menggunakan cara satu faktor-satu faktor. Misalkan, pada x_2 bernilai tetap tetapi x_1 tidak, maka akan dicari nilai variabel x_1 yang akan menghasilkan y yang optimum atau mendekati optimum. Setelah diperoleh nilai x_1 dan x_2 , dirancang untuk menemukan titik optimal. Peneliti bertujuan menemukan titik ini yang dekat dengan titik optimal sesungguhnya, dengan menggunakan teknik yang simpel dan efektif. Seringkali, jika perkiraan titik optimal sangat berbeda dari nilai sebenarnya, metode steepest ascent diterapkan (Monthgomery, 2004). Metode ini bekerja secara bertahap di sepanjang permukaan respons, bergerak dengan cepat ke arah yang meningkatkan respons sampai titik optimal tercapai.

KARAKTERISTIK PERMUKAAN RESPON

Misalkan nilai x_1, x_2, \dots, x_k adalah nilai yang akan mengoptimalkan suatu respon yang diprediksi. Jika nilai tersebut ada, maka nilai variabel respon (y) pada persamaan (2) merupakan himpunan yang memiliki anggota x_1, x_2, \dots, x_k (Monthgomery, 2004). Kemudian didapatkan turunan parsialnya sebagai berikut:

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial x_1} = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_2} = \dots = \frac{\partial \hat{y}}{\partial x_k} = 0 \quad (3)$$

Persamaan di atas apabila dinotasikan dengan matriks diperoleh sebagai berikut:

$$\hat{y} = \widehat{\beta}_0 + \mathbf{x}'\mathbf{b} + \mathbf{x}'\mathbf{B}\mathbf{x} \quad (4)$$

Di mana:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_k \end{bmatrix}; \mathbf{b} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_k \end{bmatrix}; \text{ dan}$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \widehat{\beta}_{11} & \widehat{\beta}_{12}/2 & \dots & \widehat{\beta}_{1k}/2 \\ \widehat{\beta}_{12}/2 & \widehat{\beta}_{22} & \dots & \widehat{\beta}_{2k}/2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widehat{\beta}_{1k}/2 & \widehat{\beta}_{2k}/2 & \dots & \widehat{\beta}_{kk} \end{bmatrix}$$

Vektor koefisien regresi orde pertama dinyatakan dengan \mathbf{b} , sedangkan matriks orde kedua berukuran $k \times k$ yang elemen diagonal utamanya adalah \mathbf{B} yang merupakan koefisien kuadratik murni $\frac{1}{2}$ dan elemen-elemen segitiga atasnya adalah $\frac{1}{2}$ dari koefisien kuadratik campuran ($\widehat{\beta}_{ij}, i \neq j$).

Apabila \hat{y} diturunkan terhadap vektor \mathbf{x} yang sama dengan 0, maka persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{\partial \hat{y}}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{b} + 2\mathbf{B}\mathbf{x} = \mathbf{0} \quad (5)$$

Kemudian pada titik-titik stasioner yang merupakan solusi dari persamaan diatas, dinotasikan sebagai berikut:

$$\mathbf{x}_s = -\frac{1}{2}\mathbf{B}^{-1}\mathbf{b} \quad (6)$$

Jika persamaan (6) disubstitusikan ke persamaan (4) maka akan diperoleh nilai respon prediksi optimal yang terjadi pada titik-titik stasioner. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{y} = \widehat{\beta}_0 + \frac{1}{2}\mathbf{x}_s'\mathbf{b} \quad (7)$$

Titik stasioner tersebut dapat diidentifikasi dengan cara mentransformasikan fungsi respon dari titik asal $\mathbf{x} (0,0,\dots,0)$ ke titik stasioner \mathbf{x}_s kemudian merotasikan sumbu koordinatnya. Sehingga akan didapatkan fungsi respon sebagai berikut:

$$\hat{y} = \widehat{y}_0 + \lambda_1 w_1^2 + \lambda_2 w_2^2 + \dots + \lambda_k w_k^2 \quad (8)$$

dengan

w_i = Variabel independen baru hasil transformasi

\widehat{y}_0 = Harga taksiran y pada titik stasioner

λ_i = Konstanta yang merupakan eigen value dari matrik \mathbf{B} , $i = 1, 2, \dots, k$

Karakteristik dari permukaan respon tersebut ditentukan dari nilai λ_i . Jika nilainya semua positif maka \mathbf{x}_s adalah titik minimum, sedangkan jika nilainya semuanya negatif maka \mathbf{x}_s adalah titik maksimum. Kemudian apabila nilainya berbeda diantara nilai λ_i , maka \mathbf{x}_s merupakan titik pelana.

UJI DAYA KEMEKARAN

Pengujian daya kemekaran mengikuti prosedur yang dijelaskan oleh Ramesh, dkk. (2017). Pada tahap awal, sampel kerupuk mentah diberi tanda melintang menggunakan spidol, dan panjang kerupuk diukur dengan menggunakan penggaris. Langkah selanjutnya mencakup proses penggorengan kerupuk selama 30 detik untuk menghasilkan ekspansi, diikuti oleh pengukuran ulang panjang kerupuk setelah proses penggorengan. Setelah itu, dilakukan perhitungan untuk menentukan daya kemekaran. Rumus untuk menghitung daya kemekaran akan diterapkan sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Luas sesudah digoreng} - \text{sebelum digoreng}}{\text{Luas sebelum digoreng}} \times 100\%$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) dengan dua faktor dan satu respon. Faktor pertama adalah durasi penjemuran dengan variasi waktu antara 180 menit hingga 540 menit. Faktor kedua adalah suhu penggorengan dengan variasi suhu antara 160°C hingga 180°C. Variabel respon yang diukur dalam penelitian ini adalah tingkat kemekaran kerupuk. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Dipilih 9 sampel kerupuk untuk perlakuan yang berbeda.
2. Kerupuk diukur luasnya sebelum dijemur.
3. Kerupuk dijemur dengan 3 waktu yang berbeda yakni 180 menit, 360 menit, dan 540 menit.
4. Kerupuk digoreng dengan 3 suhu yang berbeda yakni 160°C, 170°C, dan 180°C.

5. Kerupuk yang telah digoreng dan ditiriskan akan diukur lagi luasnya
6. Dilakukan uji daya kemekaran dari 9 perlakuan yang berbeda.
7. Dilakukan analisis dengan metode RSM.
8. Menarik kesimpulan dengan hasil optimasi waktu penjemuran dan suhu penggorengan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menerapkan metode Response Surface Methodology (RSM) dengan dua faktor dan satu respon. Faktor pertama melibatkan durasi penjemuran dengan variasi waktu dari 180 menit hingga 540 menit. Faktor kedua melibatkan suhu penggorengan dengan variasi suhu antara 160°C hingga 180°C. Variabel respon yang diukur dalam penelitian ini adalah tingkat kemekaran kerupuk. Untuk menyederhanakan perhitungan, variabel independen akan dikodekan ke interval [-1, 1] biasa. Jadi, jika 1 menunjukkan waktu variabel alami dan 2 menunjukkan suhu variabel alami, maka variabel yang dikodekan adalah :

$$x_1 = \frac{\xi_1 - 360}{180} \text{ dan } x_2 = \frac{\xi_2 - 170}{10}$$

Berikut data hasil praktikum yang telah dilakukan:

Tabel 1. Data Hasil Praktikum

No	ξ_1	ξ_2	x_1	x_2	y
1	180	160	-1	-1	280,39%
2	180	170	-1	0	317,08%
3	180	180	-1	1	331,75%
4	360	160	0	-1	256,92%
5	360	170	0	0	261,52%
6	360	180	0	1	293,52%
7	540	160	1	-1	265,06%
8	540	170	1	0	228,40%
9	540	180	1	1	221,62%

Dengan menggunakan metode untuk desain dua tingkat, kami memperoleh model berikut:

$$\hat{y} = 266,74 - 35,69x_1 + 7,42x_2 - 23,7x_1x_2 + 3,4x_1^2 - 5,88x_2^2 \tag{9}$$

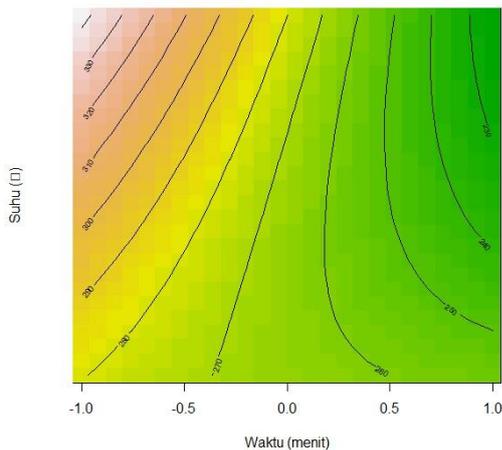
Setelah didapatkan persamaannya, akan dihitung analisis varians (ANOVA). Berikut hasil ANOVA pada respon daya kemekaran:

Tabel 2. Hasil ANOVA

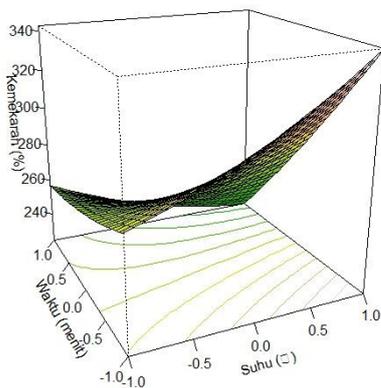
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F Hitung	P-Value
<i>First Order Model (FO)</i>	2	7973	3986,5	18,6635	0,02029
<i>Two Way Interaction (TWI)</i>	1	2246,8	2246,8	10,5186	0,04773
<i>Pure Quadratic</i>	2	92,1	46,1	0,2157	0,81748
<i>Residual Error</i>	3	640,8	213,6		
<i>Lack of Fit</i>	3	640,8	213,6		
<i>Pure Error</i>	0	0			

Tabel 2 menunjukkan bahwa daya kemekaran kerupuk udang dalam penelitian ini berkisar antara 221,62% dan 317,08%. Ini lebih tinggi dari penelitian Hendrikayanti dkk (2022), yang menemukan bahwa daya kemekaran kerupuk berkisar antara 42,857% dan 247,949%. Suhu penggorengan dan waktu penjemuran juga berperan..

Setelah analisis selesai, model kuadratik digunakan untuk memprediksi daya kemekaran kerupuk udang. Menurut Analisis Varians (ANOVA), nilai R^2 sebesar 0,9415 menunjukkan bahwa waktu penjemuran dan suhu penggorengan berkontribusi sebesar 94,15% terhadap variasi respon, sedangkan faktor lain memengaruhi sebagian besar. Nilai *Adjusted R²* yang disesuaikan sebesar 0,844 menunjukkan bahwa ada sedikit korelasi dan data aktual untuk respon daya kemekaran yang tercakup dalam model sebesar 84,4%. Model ini dianggap signifikan karena *p-value* sebesar 0,04554, yang menunjukkan bahwa. Model matematik untuk respon daya kemekaran adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Kontur Plot Respon Daya Kemekaran



Gambar 3. Grafik 3D Respon Daya Kemekaran

Pada Gambar 2 dan 3, garis luar yang diwarnai hijau menunjukkan nilai respon terendah atau minimum, dan garis yang semakin mendekat ke pusat grafik, di mana area berwarna putih menunjukkan nilai respon yang semakin tinggi atau maksimum. Nilai kemekaran berkorelasi positif dengan kualitas kerupuk. Karena mempengaruhi kerenyahannya, pengembangan adalah salah satu parameter kualitas kerupuk yang paling penting. Selama penggorengan, kerupuk mengalami pertumbuhan atau pemekaran, yang membuatnya lebih ringan dan berpori.

Tabel 4. Titik Stasioner

x_1	x_2
-0,5056027	1,6508324

Dari hasil gambar (angka) diatas menunjukkan hasil titik stasioner pada RSM (-0,5056027;-1,6508324) dimana x_1 merupakan titik untuk waktu penjemuran dan x_2 merupakan titik untuk suhu penggorengan. Perlu diingat, interval [-1,1] perlu dikembalikan ke interval awal baik pada x_1 dan x_2 . Sebagai tambahan, dari kedua titik stasioner tersebut didapatkan karakter persamaan responnya merupakan titik pelana.

PENUTUP

SIMPULAN

Setelah dianalisis dan dijelaskan pada pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa waktu penjemuran dan suhu penggorengan dapat memengaruhi uji daya kemekaran kerupuk udang. Perlu diperhatikan durasi waktu penjemuran dan suhu penggorengan kerupuk, karena dapat memengaruhi kemekaran yang sempurna. Untuk hasil yang optimal diperlukan waktu penjemuran sekitar 269 menit dan suhu penggorengan 153°C untuk hasil kemekaran sekitar 237,6%.

SARAN

Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan memfokuskan pada waktu penjemuran yang lebih lama. Hal ini dapat mencakup eksplorasi terhadap berbagai interval waktu penjemuran yang lebih panjang untuk menentukan efeknya terhadap kualitas akhir kerupuk, termasuk tekstur, rasa, dan daya simpan. Selain itu, penelitian ini juga bisa mengintegrasikan pengamatan terhadap perubahan mikrostruktur kerupuk udang selama proses penjemuran yang lebih lama. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan wawasan lebih mendalam mengenai pengaruh waktu penjemuran yang optimal terhadap kualitas kemekaran kerupuk udang.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendrikayanti, R. H., Fahmi, A. S., & Kurniasih, R. A. 2022. Optimasi Waktu Pengukusan dan Suhu Penggorengan Kerupuk Ikan Patin Menggunakan Response Surface Methodology. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 6(1): 78-90.
- Jannah, Miftakhul Jannah. 2020. "Analisis Titik Kritis Keharaman Produk Pada Umkm Kerupuk." *Jurnal Agroindustri Halal*, 6(2): 205-216.
- Koswara S. 2009. Pengolahan Aneka

- Kerupuk. Universitas Muhammadiyah Semarang: Semarang.
- Lenth, RV. 2009. Response Surface Methods in R, Using rsm. Journal of Statistical Software.
- Marzuki. 2006. Pembuatan Aneka Kerupuk. PT. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Monthgomery, Douglas C. 2004. Design And Analysis of Experiments (8 th ed). Arizon State University.
- Nugroho, Teguh Setyo, and Uji Sukmawati. 2020. "Pengaruh metode pengeringan kerupuk udang windu (*Panearius monodon*) terhadap daya kembang dan nilai organoleptik." *Manfish Journal*, 1(2): 107-114.
- Pakpahan, Novriaman, Feri Kusnandar, and Elvira Syamsir. 2017. "Perilaku Isoterm Sorpsi Air dan Perubahan Fisik Kerupuk Tapioka pada Suhu Penyimpanan yang Berbeda." *Journal of Food Technology & Industry/Jurnal Teknologi & Industri Pangan*, 28(2).
- Pakpahan, Novriaman, and Nelinda Nelinda. 2019. "Studi karakteristik kerupuk: pengaruh komposisi dan proses pengolahan." *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 1(1): 28-38.
- Ramesh, R., R. J. Shakila, B. Sivaraman, P. Ganesan, and P. Valayutham. 2018. Optimization of the gelatinization conditions to improve the expansion and crispiness of fish crackers using RSM. *Food Science and Technology*, 89: 248-254
- Suprpti, I. M. L. 2005. Teknologi Pengolahan Pangan Kerupuk Udang Sidoarjo. Kanisius.
- Susana E. Ratnawati., , N. Ekantari, R.W. Pradipta & B.L. Paramita. 2018. Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) pada Optimasi Ekstraksi Kalsium Tulang Lele. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 20 (1): 41-48.
- Van der Sman, R. G. M., and Jan Broeze. "Structuring of indirectly expanded snacks based on potato ingredients: A review." *Journal of Food Engineering*, 114(4): 413-425.
- Weiss, Neil A. 2011. Elementary Statistic (8 th ed). Scholl Of Mathematical And Statistical Science Arizona State University.