

## **Penentuan Nilai Optimum Konsentrasi $KMnO_4$ dan Minyak Jarak pada Kemasan Aktif Bioplastik**

### *Determination Optimum Value Concentration of $KMnO_4$ and Castor Oil on Bioplastic Active Packaging*

**Ni Kadek Tia Putri Ana, Ni Luh Yulianti<sup>\*</sup>, I Putu Surya Wirawan**

*Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia*

<sup>\*</sup>email: yulianti@unud.ac.id

#### **Abstrak**

Kemasan aktif merupakan konsep kemasan inovatif untuk menjaga mutu dan meningkatkan umur simpan produk di mana senyawa aktif yang ditambahkan dalam kemasan dapat berinteraksi dengan produk makanan dan lingkungannya, sehingga penelitian tentang kemasan aktif layak untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan kombinasi konsentrasi  $KMnO_4$  dan konsentrasi minyak jarak yang paling optimum untuk menghasilkan karakteristik kemasan aktif bioplastik yang sesuai dengan Standar SNI dan Standar Internasional, serta mengetahui model matematika respon kuat tarik, perpanjangan, elastisitas, menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Data diolah menggunakan *software Design Expert* ® 12. Hasil pengujian dan analisis memperoleh model kuadratik pada respon yang diamati. Konsentrasi  $KMnO_4$  1,75 % dan konsentrasi minyak jarak 1 % adalah kombinasi optimum terpilih. Hasil uji verifikasi menunjukkan nilai aktual kuat tarik 18,56 MPa, perpanjangan 0,02 % elastisitas 659.15 MPa. Respon kombinasi konsentrasi  $KMnO_4$  dan konsentrasi minyak jarak optimum memiliki nilai *desirability* sebesar 0,751% menandakan sebesar 75,1% kriteria respon yang diharapkan dapat terpenuhi.

**Kata Kunci:** *Kemasan Aktif,  $KMnO_4$ , Minyak Jarak, Optimasi, Response Surface Methodology.*

#### **Abstract**

Active packaging is an innovative packaging concept to maintain quality and increase product shelf life where active compounds added to the packaging can interact with food products and the environment, so research on active packaging is worth developing. This study aims to produce the most optimum combination of  $KMnO_4$  concentration and castor oil concentration to produce bioplastic active packaging characteristics that are in accordance with SNI Standards and International standards, and to determine the mathematical model of tensile strength response, elongation, elasticity, using Response Surface Methodology (RSM). Data was processed using Design Expert ® 12 software. The results of testing and analysis obtained a quadratic model on the observed responses.  $KMnO_4$  concentration of 1.75% and castor oil concentration of 1% was the optimum combination selected. The verification test results showed the actual value of tensile strength 18.56 MPa, elongation 0.02 % modulus young 659.15 MPa. The response of the combination of  $KMnO_4$  concentration and optimum castor oil concentration has a *desirability* value of 0.751% indicating that 75.1% of the expected response criteria can be met.

**Keywords:** *Active packaging,  $KMnO_4$ , Castor Oil, Optimization, Response Surface Methodology.*

## **PENDAHULUAN**

Kemasan menjadi faktor penting dalam mempertahankan karakteristik pangan yang dikemas (Kusumawati et al., 2013). Plastik saat ini salah satu material yang umumnya dipakai. Namun menggunakan plastik memberikan dampak buruk terhadap pencemaran lingkungan sehingga memerlukan alternatif kemasan yang lebih ramah lingkungan (Waryat et al, 2013). Salah satu pilihan untuk mengurangi penggunaan plastik yaitu penggunaan bioplastik yang terbuat dari polimer organik. Bioplastik adalah salah satu jenis plastik yang dibuat dari komponen alami dan akan terdegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah

sehingga disebut sebagai plastik ramah lingkungan (Agustin, 2016; Situmorang et al., 2019).

Bioplastik jenis plastik banyak dikembangkan, adalah bioplastik dengan konsep kemasan aktif. Salah satu bahan kemasan aktif banyak dimanfaatkan untuk menjaga kualitas buah segar, khususnya buah klimaterik, adalah kemasan aktif dengan ditambahkan senyawa  $KMnO_4$ , yang dimanfaatkan untuk menyerap etilen yang terjadi di buah klimaterik (Nurdiani et al., 2020). Selain konsentrasi  $KMnO_4$  konsentrasi *plasticizer* juga dapat mempengaruhi karakteristik fisik kemasan aktif bioplastik. Salah satu jenis *plasticizer* yang saat ini mulai digunakan pada pembuatan bioplastik adalah minyak jarak (Rozanna Dewi, 2015 ; Ilhani, 2021). Beberapa

penelitian terkait konsentrasi minyak jarak yang dipadukan dengan penggunaan  $\text{KMnO}_4$  sebagai bahan aktif telah dilakukan namun belum menemukan konsentrasi minyak jarak yang dipadukan dengan penggunaan  $\text{KMnO}_4$  optimum yang menghasilkan karakteristik fisik dan mekanis bioplastik untuk kedua faktor tersebut.

Salah satu cara untuk mendapatkan kondisi optimum dari perlakuan terhadap respon yang diinginkan dapat memanfaatkan *Responses Surface Methodology*. Sekelompok metode yang membantu dalam menentukan kondisi optimal untuk suatu proses yang dipengaruhi oleh beberapa variabel (variabel bebas), serta model hubungan antara variabel bebas dan respon statistik dan matematika adalah *Responses Surface Methodology* (Hidayati et al., 2019). Selain itu, metode RSM dibantu dalam kemudahan analisis dengan memanfaatkan *Software Design Expert*® 12. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nilai optimum konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak pada pembuatan bioplastik dan mendapatkan model matematika masing-masing respon dari proses optimasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak pada pembuatan bioplastik.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Proses dan Nutrisi serta Teknik Pasca Panen, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana pada bulan November 2023 sampai dengan Februari 2024.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu timbangan analitik (Pioneer), *beaker glass* 100 ml (Iwakitg32 Pyrex), gelas ukur 100 ml (Iwaki Te33), pipet tetes, *hot plate*, *oven*, thermometer (batang skala -2+110), batang pengaduk, *Refractometer digital* Atago, cetakan teflon (IKEA kavalkad 20 cm), dan alat uji mekanik Texture Analyzer. Alat yang digunakan untuk mengolah data adalah laptop Acer model Aspire A145-54 dengan fitur sebagai berikut: CPU Intel® Core™ i5-1135G7, *processor* 2.40 GHz, *windows* 11, *home memory* 8 GB SSD 512, serta memiliki aplikasi *Design-Expert*® 12. Bahan yang digunakan pati singkong, kappa karagenan, polivinil alkohol (PVA), minyak jarak, kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ), asam asetat 1%, akuades ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### Diagram Alir Penelitian

Tahap awal adalah menggunakan *RSM Design Expert*® 12 untuk proses desain optimasi perlakuan konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak. Selanjutnya tahap kedua proses pembuatan kemasan aktif bioplastik. Kemudian tahapan ketiga adalah

mengukur respon, yaitu kuat tarik (*tensile strength*), perpanjangan (*elongation*), elastisitas (*modulus young*). Tahap keempat adalah pengolahan data dengan menggunakan *RSM Design Expert*® 12.

### Desain Optimasi Konsentrasi $\text{KMnO}_4$ dan Minyak Jarak

Desain rancang percobaan menggunakan *RSM-Central Composite Design* (CCD) dengan 2 variabel bebas yaitu konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  (1.75%) dan minyak jarak (1%). Model CCD dilakukan dengan menambahkan perlakuan 4 *axial point* pada nilai  $\alpha = 1,414$  sehingga secara total ada 2 perlakuan dengan 13 titik variasi pengamatan.

### Proses Pembuatan Kemasan Aktif Bioplastik

Menimbang bahan yaitu pati singkong dan kappa karagenan sebanyak 6 g (1,5 g : 4,5 g), kemudian PVA sebanyak 10 g (Sipayung et al., 2022), menimbang *plasticizer* minyak jarak dan larutan  $\text{KMnO}_4$  sesuai dengan rancangan *Design-Expert*® 12, dan mengukur 1% asam asetat hingga 100 ml. Selanjutnya pati singkong dan PVA dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1, kappa karagenan dimasukkan ke dalam *beaker glass* 2 dan asam asetat yang telah dibagi dituangkan ke dalam *beaker glass* 1 dan 2 lalu aduk dengan batang pengaduk hingga homogen. Kemudian ditambahkan *plasticizer* minyak jarak sesuai dengan rancangan *Design-Expert*® 12 proses gelatinisasi dilakukan dengan suhu yang sesuai perlakuan. Larutan  $\text{KMnO}_4$  sesuai dengan rancangan *Design-Expert*® 12 ditambahkan ke dalam campuran, kemudian campuran dihomogenkan selama 10 menit menggunakan batang pengaduk pada suhu tetap hingga terbentuk gel. Selanjutnya untuk membuat lembaran film kemasan aktif dituangkan ke dalam cetakan teflon dan didiamkan selama 1 jam kemudian film kemasan aktif dibiarkan kering selama 15 jam pada suhu 45°C di dalam oven.

### Variabel yang diamati

#### Kuat tarik (Tensile strength)

Persamaan berikut digunakan menghitung nilai kuat tarik (Dwi Pradana Putra et al., 2019):

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots [1]$$

Keterangan:

$\sigma$  : Kuat tarik (MPa)

$F$  : Beban (N)

$A_0$ : Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

#### Perpanjangan (Elongation)

Berikut perhitungan persamaan (Dwi Pradana Putra et al., 2019):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \dots \dots \dots [2]$$

Keterangan:

$\varepsilon$  : Elongation (%)

$\Delta l$  : Pertambahan panjang (panjang akhir – panjang awal) (cm)

$l_0$  : Panjang awal (cm)

### Elastisitas (Modulus Young)

Persamaan berikut digunakan untuk mendapatkan nilai elastisitas (Nurhabibah dan Kusumaningrum, 2021):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots \dots \dots [3]$$

Keterangan:

$E$  : Elastisitas (MPa)

$\sigma$ : Kuat Tarik (MPa)

$\varepsilon$  : Perpanjangan (%)

### Optimasi Data

Tahapan optimasi adalah untuk memperoleh kombinasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan minyak jarak yang memiliki respon optimal dan sesuai dengan kriteria. Data di input ke dalam program RSM dan diolah berdasarkan hasil pengukuran respon yang diperoleh. Kemudian target respon ditetapkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia bioplastik (SNI). Data respon yang diperoleh kemudian diolah dengan *Design-Expert*® 12.

### Validasi Hasil Optimasi

Untuk menetapkan validasi model, diuji kesesuaian model dengan hasil penelitian. Dengan menggunakan kombinasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan konsentrasi minyak jarak yang dipilih, validasi model dilakukan untuk memverifikasi keadaan optimum. Nilai 95% *Confident Interval* (CI) dan 95% *Prediction Interval* (PI) harus berada dalam rentang hasil validasi (Syahrul et al., 2017). Kriteria respon yang diharapkan dapat dicapai dengan kombinasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan konsentrasi minyak jarak optimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Model Hubungan Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan Minyak jarak Terhadap Respon

Sebanyak 13 sampel perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan minyak jarak yang diperoleh respon. Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 1,75% dengan konsentrasi minyak jarak 1% menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi yaitu sebesar 18,567 MPa. Respon kuat tarik terendah diperoleh dari perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 2,5% dan minyak jarak 1,25% menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 13,136 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan minyak jarak yang tinggi akan menghasilkan nilai kuat tarik yang rendah (Meysyaranta et al., 2022). Sedangkan respon perpanjangan terendah diperoleh dari perlakuan

konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 1,75% dan minyak jarak 1% sebesar 0,035% nilai perpanjangan akan menurun seiring meningkatnya nilai kuat tarik (Hutabalian et al., 2020). Respon elastisitas 659.151 MPa yang merupakan nilai tertinggi diperoleh dari perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 1,75% dengan konsentrasi minyak jarak 1% dan nilai elastisitas terendah diperoleh dari perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 1% dengan konsentrasi minyak jarak 1,25% yaitu sebesar 262.315 MPa hubungan antara elastisitas, elongasi, dan kuat tarik menunjukkan bahwa elastisitas memiliki korelasi negatif dengan elongasi dan korelasi positif dengan kuat tarik (Darni dan Utami, 2010). Pada perlakuan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> 1,75 % lainnya diperoleh hasil respon kuat tarik, perpanjangan dan elastisitas yang berbeda hal ini disebabkan pada proses pembuatan kemasan aktif bioplastik gelatinisasi berlangsung, hal ini sesuai dengan pernyataan Irma et al., (2024) dimana suhu tinggi yang diterapkan saat gelatinisasi berlangsung menyebabkan butiran pati membengkak karena menyerap air berdampak pada viskositas larutan film sehingga berpengaruh terhadap karakteristik fisik kemasan aktif bioplastik yang dihasilkan. Model kuadratik menggambarkan hubungan antara variabel bebas (konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan konsentrasi minyak jarak) dengan variabel terikat (kuat tarik, perpanjangan dan elastisitas). Hasil uji ANOVA dihitung menggunakan program *Design Expert*® 12 meliputi nilai signifikan pada model (*p-value*), uji ketidaksesuaian (*Lack of Fit*) dan koefisien determinasi (*adjusted R-square*, *predicted R-square*) yang menunjukkan kesesuaian antara distribusi data dengan model (Hepi et al., 2021).

Berdasarkan karakteristik bioplastik yaitu kuat tarik, perpanjangan, elastisitas dan penyerapan air pada Tabel 1 menunjukkan konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan minyak jarak yang berpengaruh nyata (signifikan). Model dinyatakan signifikan dengan nilai  $P < 0,05$  dan nilai kecukupan presisi (*Adeq Precision*)  $> 4$  sehingga model ini sesuai dan bisa digunakan (Nurmiah et al., 2013).

### Model Respon Kuat Tarik Kemasan Aktif Bioplastik

Model RSM untuk optimasi konsentrasi KMnO<sub>4</sub> dan minyak jarak pada respon kuat tarik kemasan aktif bioplastik ditunjukkan pada persamaan (4):

$$\text{Kuat Tarik} = -0,6222A + 0,3467B - 0,5551AB - 1,55A^2 - 1,84B^2 + 17,67 \dots \dots \dots [4]$$

Keterangan:

A = Konsentrasi KMnO<sub>4</sub> (%)

B = Konsentrasi minyak jarak (%)

Jenis persamaan kuadratik yang digambarkan oleh program menunjukkan bahwa respon kuat tarik dipengaruhi oleh interaksi antara konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak. Persamaan menunjukkan pengaruh konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  berbanding terbalik dengan respon kuat tarik, sementara konsentrasi minyak jarak berbanding lurus dengan respon kuat

tarik yang dihasilkan. Hal ini terlihat pada koefisien A mempunyai nilai lebih besar yaitu  $-0.622$  sedangkan koefisien B  $+0.346$  mempunyai nilai lebih kecil. Model menunjukkan pada koefisien A bernilai (-) dan berlawanan dengan konstanta model dan model konstanta pada koefisien B yang memiliki nilai (+).

**Tabel 1.** Respon pada perlakuan konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak

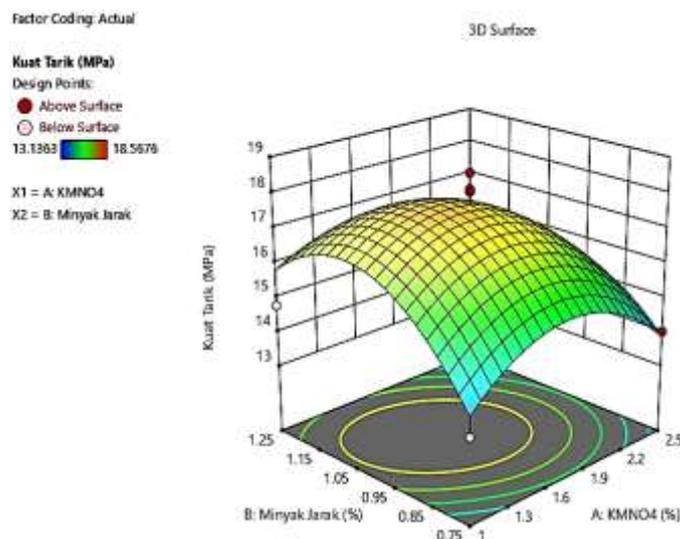
Kode Sampel	Konsentrasi $\text{KMnO}_4$ (%)	Konsentrasi Minyak Jarak (%)	Kuat tarik (MPa)	Perpanjangan (%)	Elastisitas (MPa)
1	2,5	0,052083333	14,008	0,042	331,537
2	1	1,25	14,778	0,056	262.315
3	0,09375	1	18,103	0,038	474,297
4	0,68	1	16,379	0,056	290,733
5	1,75	1,35	15,236	0,049	309,085
6	1,75	0,64	13,611	0,049	276.121
7	1,75	1	18,037	0,035	512.254
8	2,81	1	13,611	0,042	322.141
9	2,5	1,25	13,136	0,049	266.479
10	1,75	1	18,567	0,028	659.151
11	1,75	1	17,241	0,035	489.655
12	1,75	1	16,379	0,035	465.172
13	1	0,75	13,43	0,049	272.439

**Tabel 2.** Analisis model matematika respon kuat tarik, perpanjangan, elastisitas

Respon	Model Matematika	Signifikasi ( <i>p-value</i> )	<i>Lack of Fit</i>	<i>Adj R2 Model</i>	<i>Pred R2 Model</i>	<i>Adeq Precision</i>
Kuat Tarik (MPa)	Kuadratik	0.0048	0.3845	0.7835	0.4541	6.7540
Perpanjangan (%)	Kuadratik	0.0015	0.5974	0.8462	0.6877	8.8831
Elastisitas (MPa)	Kuadratik	0.0076	0.9389	0.7503	0.7019	5.8873

Keterangan:

\**Adj* = Adjusted; *Pred* = Predicted; *Adeq* = Adequated



**Gambar 1.** Grafik permukaan tiga dimensi hubungan antara kombinasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak terhadap kuat tarik.

### Model Respon Perpanjangan Kemasan Aktif Bioplastik

Model RSM untuk optimasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak pada respon perpanjangan kemasan aktif bioplastik ditunjukkan pada persamaan (5):

$$\text{Perpanjangan} = -0,0043A + 0,0018B + 0,0000AB + 0,0075A^2 + 0,0075B^2 + 0,0344 \quad [5]$$

Keterangan:

A = Konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  (%)

B = Konsentrasi minyak jarak (%)

Jenis persamaan kuadrat yang digambarkan oleh program menunjukkan bahwa respon elongasi hanya dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak serta interaksinya. Persamaan menunjukkan pengaruh konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  berbanding terbalik dengan respon perpanjangan, sementara konsentrasi minyak jarak berbanding lurus dengan respon perpanjangan yang dihasilkan. Hal ini terlihat pada koefisien A mempunyai nilai -0,0043 lebih besar sedangkan koefisien B +0,0018 mempunyai nilai lebih kecil. Model menunjukkan pada koefisien A bernilai (-) pada model dan berlawanan pada koefisien B bernilai (+) dan konstanta pada model.

### Model Respon Elastisitas Kemasan Aktif Bioplastik

Model RSM untuk optimasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak pada terhadap respon elastisitas ditunjukkan pada persamaan (6):

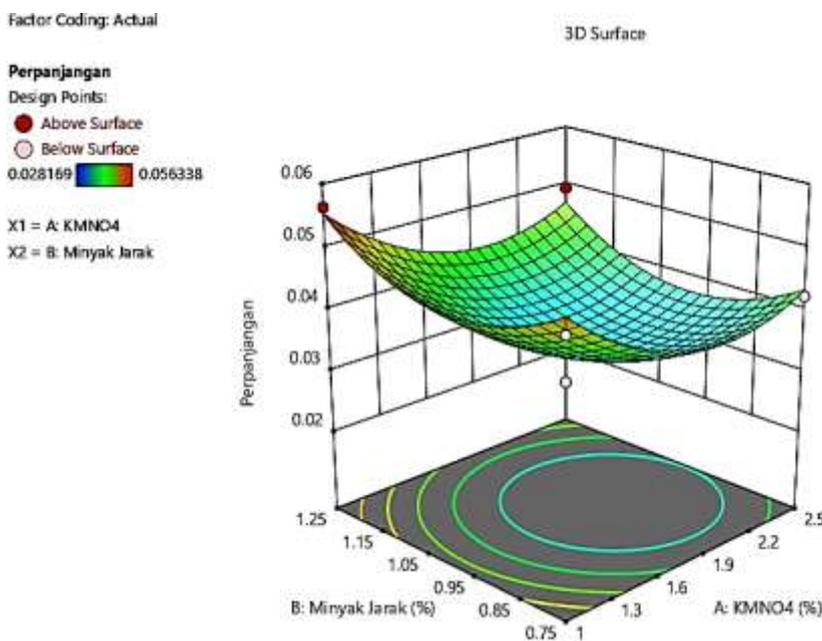
$$\text{Elastisitas} = 13,46A - 3,57B - 13,73AB - 110,92A^2 - 117,83B^2 + 520,11 \quad [6]$$

Keterangan:

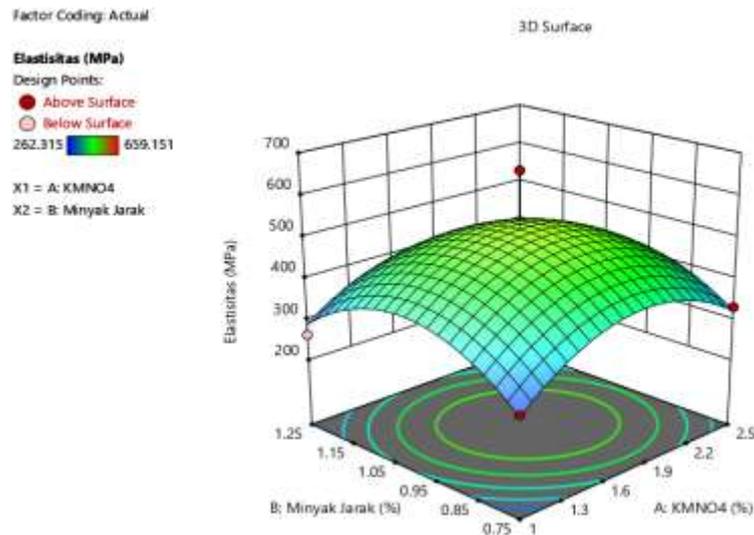
A = Konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  (%)

B = Konsentrasi minyak jarak (%)

Jenis persamaan kuadrat yang digambarkan oleh program menunjukkan bahwa respon elastisitas hanya dipengaruhi oleh konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak serta interaksinya. Persamaan menunjukkan pengaruh konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  berbanding terbalik dengan respon elastisitas, sementara konsentrasi minyak jarak sejalan pada respon elastisitas yang dihasilkan. Di buktikan dari nilai koefisien A lebih besar yaitu 13,46 jika dibandingkan dengan nilai koefisien B yaitu 3,57 hal ini juga ditunjukkan pada koefisien A memiliki nilai positif (+) konstan pada model dan koefisien B memiliki nilai (-) yang berlawanan dengan konstanta dalam model.



**Gambar 2.** Grafik permukaan tiga dimensi hubungan antara kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak terhadap perpanjangan



**Gambar 3.** Grafik permukaan tiga dimensi hubungan antara kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak terhadap elastisitas

### Optimasi Konsentrasi $\text{KMnO}_4$ dan Minyak jarak

Tabel 3 menunjukkan nilai sasaran, batas atas dan batas bawah, tingkat kepentingan dari setiap variabel optimasi. Konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  ditetapkan dalam rentang 1-2,5% dan konsentrasi minyak jarak ditargetkan dalam kisaran 0,75-1,25%. Pada respon kuat tarik ditetapkan dengan target maksimal, diharapkan dapat memberikan hasil mendekati nilai batas atas dalam kriteria 18,567 MPa dengan nilai kuat tarik tertinggi bioplastik mampu menahan kerusakan fisik selama proses pengemasan bahan pangan (Supeni et al., 2015). Respon perpanjangan saat putus ditetapkan dengan sasaran minimal, yang diharapkan respon perpanjangan mendekati nilai batas bawah kriteria 0,028%. Semakin rendah nilai perpanjangan saat putus pada bioplastik maka karakteristik bioplastik yang dihasilkan akan semakin bagus (Maryuni et al., 2018). Respon elastisitas ditetapkan dengan target maksimal, dimana nantinya respon elastisitas yang dihasilkan akan mendekati nilai 659,151 MPa yang merupakan nilai batas atas semakin tinggi nilai elastisitas pada bioplastik maka karakteristik dari bioplastik akan semakin bagus

(Situmorang et al., 2019). Penentuan kriteria dalam respon tersebut mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) bioplastik dengan tujuan mendapatkan bioplastik yang sesuai dengan standar bioplastik yang ditetapkan. Kriteria mencapai target yang diuraikan pada Tabel 3 menghasilkan kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak sesuai Tabel 4. Uji validasi dilakukan pada kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak terpilih yang mempunyai nilai *desirability* paling tinggi, yaitu konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  1,787% dan konsentrasi minyak jarak 0,997%. Model menunjukkan bahwa semakin mendekati nilai satu, nilai *desirability* menjadi lebih diinginkan karena menunjukkan ketepatan optimasi yang lebih tinggi (Prabudi et al., 2018). Nilai validasi didapatkan dari nilai prediksi pada Tabel 4 dan hasil pengujian dari parameter kuat tarik, perpanjangan, elastisitas. Validasi model dilakukan untuk mengkonfirmasi keadaan prediksi optimum dengan menggunakan kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak terpilih.

**Tabel 3.** Kriteria penentuan kombinasi optimum konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan Minyak jarak.

Variabel	Sasaran	Batas Bawah	Batas Atas	Kepentingan
Konsentrasi $\text{KMnO}_4$ (a)	Dalam Kisaran	1	2,5	3 (++++)
Konsentrasi Minyak Jarak (b)	Dalam Kisaran	0,75	1,25	3 (++++)
Kuat Tarik (c)	Maksimal	13,136	18,567	5 (+++++)
Perpanjangan (d)	Minimal	0,028	0,056	4 (++++)
Elastisitas (e)	Maksimal	262,315	659,151	4 (++++)

Keterangan:

\*Kepentingan 1 (tidak terlalu penting), 2 (agak penting), 3 (penting), 4 (sangat penting) dan 5 (sangat-sangat penting).

**Tabel 4.** Solusi kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan Minyak jarak optimum.

No	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	Desirability	
1	1.787	0.997	17.628	0.034	520.530	0.751	<i>Selected</i>
2	1.789	0.995	17.613	0.034	520.555	0.751	

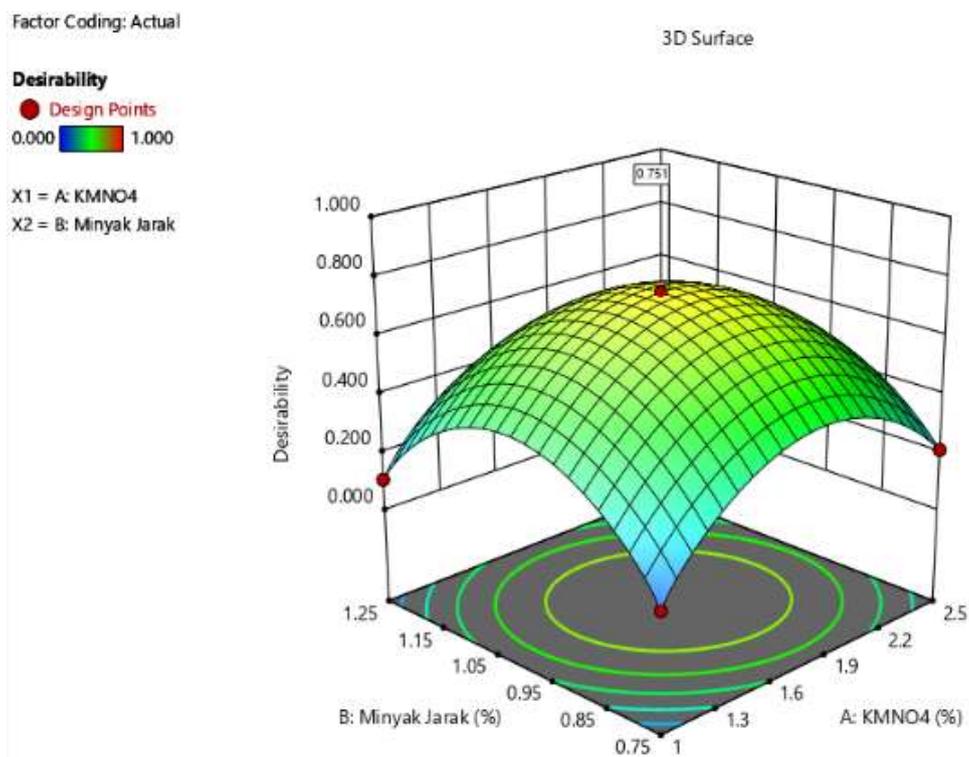
Keterangan:

(a) Konsentrasi  $\text{KMnO}_4$ ; (b) Konsentrasi Minyak Jarak; (c) Kuat Tarik; (d) Perpanjangan; (e) Elastisitas.

### Validasi Model

**Tabel 5.** Respon verifikasi model kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak.

Respon	Prediksi	Verifikasi	95% PI low	95% PI high	95% CI low	95% CI high
Kuat Tarik	17.628	18,567	15.845	19.486	16.656	18.601
Perpajangan	0.034	0.035	0.027	0.041	0.030	0.037
Elastisitas	520.528	659.151	397.272	644.941	453.831	587.225



**Gambar 4.** Grafik permukaan tiga dimensi hubungan antara kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak terhadap nilai *desirability* optimasi.

Hasil uji validasi kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  1.787% dan konsentrasi minyak jarak 0.997% telah terpilih. Nilai actual yang dihasilkan pada Tabel 5 konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak menghasilkan respon kuat tarik MPa 18,567, Perpanjangan 0.035%, elastisitas 659.151 MPa. Angka ini menunjukkan bahwa nilai jawaban berada di antara rentang 95% *Prediction Interval* (PI) dan 95% *Confident Interval* (CI). 95% dari rata-rata data jawaban yang diukur berada di dalam 95% *Confident Interval*, sesuai dengan nilai interval tersebut. Sembilan puluh lima persen dari data respons sampel

yang diukur masuk ke dalam interval prediksi, sesuai dengan data tersebut (Widhiardani et al, 2023). Permukaan respon optimum kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan konsentrasi minyak jarak dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan kesesuaian setiap respon dengan keadaan optimum sesuai dengan standar yang diharapkan. Dengan kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  yang dipilih dan konsentrasi minyak jarak yang, 75,1% dari kriteria respon yang diharapkan dapat dipenuhi, sesuai dengan nilai daya tarik model

sebesar 0,751. Karena nilai ini mendekati 1,0, maka dianggap cukup tinggi dan cocok untuk digunakan sebagai model.

## KESIMPULAN

*Response Surface Methodology* (RSM) membentuk model kuadratik. Model respon kuat tarik, perpanjangan, dan elastisitas yang terbentuk sesuai dengan kriteria dan dapat digunakan untuk memprediksi nilai respon dengan baik. Hasil verifikasi model menunjukkan kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak optimum terpilih adalah 1,75% dan 1%. Kemasan aktif bioplastik dengan kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  1,75% dan minyak jarak 1% optimum menghasilkan kuat tarik sebesar 18,567 MPa, perpanjangan 0,028% elastisitas 659.151 MPa, Respon dari kombinasi konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan minyak jarak optimum yang terpilih dapat memenuhi kriteria dengan nilai *desirability* 75,1%. Nilai respon berada pada kisaran 95% *Confident Interval* (CI) dan 95% *Prediction Interval* (PI). Hasil pengujian aktual menunjukkan bahwa model dapat digunakan untuk memprediksi ketiga respon dan berada dalam kisaran prediksi

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y. E. dan K. S. P. (2016). Sintesis Bioplastik Dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok Dengan Penambahan Zat Aditif. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 40–48.
- Dwi Pradana Putra, D. M., Harsojuwono, B. A., & Hartiati, A. (2019). Studi Suhu Dan Ph Gelatinisasi Pada Pembuatan Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 441. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i03.p11>
- Hepi, D. A., Yulianti, N. L., & Setiyo, Y. (2021). Optimasi Suhu Pengeringan dan Ketebalan Irisan pada Proses Pengeringan Jahe Merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dengan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 9(1), 66–75. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2021.v09.i01.p07>
- Hidayati, S., Zulferiyenni, & Satyajaya, W. (2019). Optimasi Pembuatan Biodegradable Film Dari Selulosa Limbah Padat Rumpun Laut *Eucheuma Cottonii* Dengan Penambahan Gliserol, Kitosan, CMC dan Tapioka. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)*, 22(2), 340–354.
- Hutabalian, P., Harsujowono, B. A., & Hartati, A. (2020). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Filler terhadap Karakteristik Bioplastik dari Tepung Maizena. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(4), 580–586. <https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i04.p11>
- Ilhani, V. (2021). Pembuatan Poliuretan Elastomer Ramah Lingkungan Berazaskan *Jatropha Oil*. *Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology)*, 19(1), 1–10.
- Irma, K., Lestari, D., Yulianti, N. L., & Gunadnya, I. B. P. (2024). Pengaruh Variasi Konsentrasi  $\text{KMnO}_4$  dan Suhu Gelatinisasi terhadap Karakteristik Fisik dan Efektivitas Kemasan Aktif Bioplastik. *BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 12(1), 117–125.
- Kusumawati, D. H., & Putri, W. D. R. (2013). Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi Dengan Perasan Temu Hitam. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 1(1), 90–100. <http://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/9>
- Maryuni, Agnes Eri . Mangiwa, septiani . Dewi, W. K. (2018). Karakterisasi Bioplastik Dari Karaginan Dari Rumpun Laut Merah Asal Kabupaten Biak Yang Dibuat Dengan Metode Blending Menggunakan Pemplastis Sorbitol. *Jurnal Kimia*, 2(1), 1–9.
- Meysyaranta, S., Effendy, M., & Yudo Wardhono, E. (2022). Pengaruh Penambahan Kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) Terhadap Umur Simpan Buah Pisang yang Tersalut oleh Coating Berbasis Chitosan. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 7(1), 16–27. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.2875>
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno, S., Peranginangin, R., & Nurmata, B. (2013). Aplikasi Response Surface Methodology Pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan Alkali Treated Cottonii (ATC). *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 8(1), 1–92. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v8i1.49>
- Prabudi, M., B. Nurtama, & E. H. P. (2018). Aplikasi Response Surface Methodology (RSM) dengan Historical Data pada Optimasi Proses Produksi Burger. *Jurnal Mutu Pangan*, 5, 109–115.
- Rozanna Dewi. (2015). Cross-Linking Pati Sagu Termoplastik Biodegradable (Modified Thermoplastic Starch/TPS) Dengan Difenilmetana Diisosiyanat (Mdi) Dan Minyak Jarak. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(1), 15–34. [http://ft.unimal.ac.id/teknik\\_kimia/jurnal](http://ft.unimal.ac.id/teknik_kimia/jurnal)
- Sipayung, H., Hartiati, A., & Gunam, I. . (2022).

- Pengaruh Konsentrasi Bahan Penguat terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Talas (*Xanthosoma sagittifolium*) dan Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 34. <https://doi.org/10.24843/jrma.2022.v10.i01.p04>
- Situmorang, F. U., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2019). Pengaruh Konsentrasi Pati Ubi Talas (*Colocasia esculenta*) dan Jenis *Plasticizer* Terhadap Karakteristik Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 457. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i03.p13>
- Syahrul, Syarief, R., Hermanianto, J., & Nurtama, B. (2017). Optimasi Proses Penggorengan Tumpi-Tumpi Dari Ikan Bandeng Menggunakan Response Surface Methodology. *JPHPI*, 20(3), 432–445.
- Widhiardani, F. A. F., & Setiyadi, G. (2023). Optimasi Gliserol Sebagai Humectant Dan HPMC Sebagai Gelling Agent Dalam Formula Gel Antioksidan Ekstrak Wortel (*Daucus carota* L.). *Journal of Pharmacy*, 2(3), 278–290. <https://doi.org/10.23917/ujp.v2i3.86>