

OPTIMASI PROSES PEMBUATAN BIOFOAM DARI JERAMI DAN KULIT SINGKONG DENGAN RSM

Isni Utami*, Fadiatul Rachmawati, Puput Srianah, Nurul Widji Triana

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur

Jalan Raya rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur 60294, Telp. (031) 87062179

*Penulis korespondensi: isniutami@yahoo.com

Abstrak

Biofoam merupakan alternatif kemasan styrofoam yang aman dan ramah lingkungan dengan bahan baku yang memiliki biodegradabilitas tinggi, toksisitas rendah, tahan air, tahan suhu panas dan dingin. Biofoam dapat dibuat dari pati dan serat. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis karakteristik (uji daya serap air, uji biodegradasi, dan uji kuat tarik) dan didapatkan komposisi terbaik pada biofoam dari selulosa jerami dan pati kulit singkong dengan Response Surface Methodology. Metode yang digunakan dalam pembuatan biofoam adalah thermopressing. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi rasio antara selulosa jerami padi dengan tepung kulit singkong (5:95 gr, 10:90 gr, 15:85 gr, 20:80 gr, 25:75 gr) dan variasi rasio antara gliserol dengan (6:24 gr, 8:22 gr, 10:20 gr, 12:18 gr, 14:16 gr). Hasil optimasi menggunakan perangkat lunak Design Expert 13 dengan Central Composite Design, mengindikasikan titik optimum pada faktor biodegradable foam, yaitu pada rasio komposisi selulosa jerami dan pati kulit singkong sebesar 20:80, serta rasio komposisi gliserol dan PVA sebesar 10:20 dengan nilai respon daya serap air sebesar 12,0044%, kehilangan berat pada biofoam karena terdegradasi selama 14 hari sebesar 23,8812% dan kuat tarik sebesar 2,0197 MPa.

Kata kunci: biofoam; pati kulit singkong; response surface methodology; selulosa jerami

OPTIMIZATION OF BIOFOAM PRODUCTION PROCESS FROM STRAW AND CASSAVA PEEL USING RSM

Abstract

Biofoam is a safe and environmentally friendly alternative to Styrofoam packaging with raw materials that have high biodegradability, low toxicity, water resistance, and can withstand hot and cold temperatures. Biofoam can be made from starch and fiber. The aim of this research is to analyze the characteristics (water absorption test, biodegradation test, and tensile strength test) and obtain the best composition of biofoam from straw cellulose and cassava peel starch using Response Surface Methodology. The method used in making biofoam is thermopressing. This research was carried out by varying the ratio between rice straw cellulose and cassava peel flour (5:95 gr, 10:90 gr, 15:85 gr, 20:80 gr, 25:75 gr) and varying the ratio between glycerol and (6:24 gr, 8:22 gr, 10:20 gr, 12:18 gr, 14:16 gr). Optimization results using Design Expert 13 software with Central Composite Design indicate the optimum point in the biodegradable foam factor, namely at a composition ratio of cellulose straw and cassava peel starch of 20:80, and a composition ratio of glycerol and PVA of 10:20 with a power response value water absorption was 12.0044%, weight loss in biofoam due to degradation for 14 days was 23.8812% and tensile strength was 2.0197 MPa.

Keywords: biofoam; cassava peel starch; cellulose straw; response surface methodology

PENDAHULUAN

Styrofoam umumnya digunakan sebagai bahan kemasan atau wadah makanan karena memiliki beberapa keunggulan, seperti ketahanan terhadap air, kemampuan mempertahankan panas, kesegaran, dan keutuhan bahan yang dikemas, serta sifatnya yang ringan dan harga yang terjangkau. Meskipun memiliki kegunaan praktis, *styrofoam* memiliki dampak negatif pada lingkungan karena mengandung senyawa *polystyrene* yang berbahaya bagi kesehatannya, sulit diuraikan, menyebabkan penumpukan limbah, pencemaran lingkungan, serta dapat mengurangi kualitas lingkungan (Wirahadi, 2017). Banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan dari penggunaan *styrofoam* mendorong pencarian bahan alternatif dengan sifat yang mirip dengan *styrofoam* yaitu *biofoam* (*biodegradable foam*). Menurut standart SNI *biofoam* mempunyai kemampuan daya serap sebesar 26,12%, memiliki kuat tarik 29,16 MPa dan dapat terdegradasi 100% selama 60 hari. Bahan-bahan pembuatan *biofoam* biasanya terdiri bahan baku dari pati dan serat, serta bahan tambahan *plasticizer* yang berfungsi sebagai menunjang pembuatan *biofoam*.

Menurut Adil (2020), kulit singkong memiliki kandungan pati kurang lebih 22-59%. Pati kulit singkong dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan kemasan *biodegradable foam*. Pemilihan kulit singkong sebagai sumber pati dalam pembuatan *biofoam* karena ketersediaan kulit singkong yang melimpah, mudah terdegradasi, limbahnya belum banyak dimanfaatkan, dan tidak mengganggu kepentingan pangan di Indonesia. Perolehan pati dari kulit singkong dilakukan dengan proses ekstraksi. Namun, produk yang berasal dari pati umumnya memiliki sifat yang rapuh, kaku, dan hidrofilik, sehingga perlu ditambahkan beberapa aditif untuk menciptakan produk kemasan dengan karakteristik yang diinginkan (Isabella, 2022).

Selain berbahan dasar pati, diperlukan serat atau selulosa untuk meningkatkan kristalinitas produk *biofoam*. Sifat ini memberikan kemampuan untuk menghambat proses penyerapan air, sehingga memengaruhi tingkat daya serap air pada *biofoam*. Selain itu, pemilihan jerami sebagai sumber selulosa, karena memiliki karakteristik yang sesuai dengan *biofoam* antara lain, murah, dapat diperbarui, dan bersifat *biodegradable*. Menurut Pratiwi (2016), jerami padi mengandung selulosa sebanyak 28-36%, hemiselulosa sebanyak 23-28%, dan lignin sebanyak 12-18%. Perolehan kandungan selulosa dalam jerami dilakukan melalui proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH. Penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin dan mengekstraksi hemiselulosa secara bersamaan. Dengan demikian, hanya selulosa yang masih ada dalam pulp jerami. Serat yang berasal dari proses delignifikasi masih menyimpan kromofor pada lignin, sehingga perlu

dilakukan proses *bleaching* untuk menghasilkan selulosa. *Bleaching* adalah proses kimia yang bertujuan untuk menguraikan sisa-sisa lignin dengan memutus rantai pendek lignin, sehingga lignin dapat larut dengan mudah selama pencucian dan menghasilkan pulp jerami berwarna lebih putih. Salah satu agen pemutih yang digunakan adalah hidrogen peroksida (H_2O_2).

Biofoam yang dibuat dari pati murni menunjukkan sifat fisika dan mekanik yang kurang memuaskan, seperti kekakuan dan kelarutan yang tinggi dalam air. Oleh karena itu, modifikasi diperlukan dengan menambahkan *plasticizer* seperti gliserol. Penambahan gliserol dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik serta melindungi *biofoam* dari kerusakan oleh mikroorganisme. Penambahan gliserol dalam pembuatan *biofoam* dapat meningkatkan fleksibilitas foam (Mudaffar, 2020). Selain ditambahkan gliserol *biofoam* dapat juga ditambahkan polivinil alkohol. Polivinil alkohol (PVA) umumnya digunakan sebagai lapisan film dan perekat yang dapat meningkatkan sifat mekanik dari *biofoam*, selain itu adanya sifat hidrofilik membuat *biofoam* tidak mudah menyerap air dan rusak akibat kandungan air pada makanan yang dikemas. Peningkatan konsentrasi polivinil alkohol pada *biofoam* akan meningkatkan kuat tarik yang dihasilkan (Putri, 2021).

Biofoam dapat dicetak dengan menggunakan *thermopressing*. Keunggulan tersebut terletak pada kemampuan teknologi *thermopressing* untuk menyesuaikan bentuk dan ukuran *biofoam* sesuai kebutuhan. Proses *thermopressing* ini melibatkan pencetakan adonan dan pemanasan pada suhu dan tekanan yang ditentukan selama periode waktu tertentu. Suhu, waktu, dan volume adonan dalam proses *thermopressing* berpengaruh pada kapabilitas ekspansi bahan baku, yang akhirnya memengaruhi karakteristik *biofoam* yang dihasilkan (Rasdiana, 2021).

Optimasi proses dapat membantu peneliti menentukan kondisi operasi yang paling efisien, menghasilkan penghematan biaya, waktu, dan tenaga. Optimasi proses dapat dilakukan dengan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). *Response Surface Methodology* adalah sebuah teknik pengolahan data yang bertujuan untuk menemukan titik optimum dalam suatu penelitian. Untuk mencapai titik optimum dengan RSM, minimal diperlukan dua variabel bebas dan satu variabel terikat dalam penelitian. Keuntungan utama dari metode RSM termasuk kemampuannya untuk bekerja dengan jumlah data eksperimen yang relatif kecil dan meminimalkan waktu yang dibutuhkan (Putalan, 2022).

Hipotesis penelitian ini menyatakan bahwa *biofoam* dapat dibuat dari pati kulit singkong dan selulosa jerami melalui proses *thermopressing*. *Biofoam* memiliki hasil yang bagus apabila

karakteristik *biofoam* sesuai standar. Dimana, karakteristik *biofoam* dipengaruhi oleh faktor perbandingan selulosa jerami dengan pati kulit singkong dan perbandingan gliserol dengan PVA.

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik (uji daya serap air, uji biodegradasi, dan uji kuat tarik) serta memperoleh komposisi terbaik pada pembuatan *biodegradable foam* dari selulosa jerami dan pati kulit singkong dengan *Response Surface Methodology* (RSM).

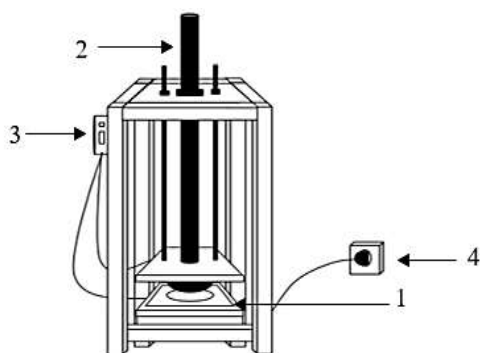
METODE PENELITIAN

Bahan

Pada penelitian ini bahan utama yang digunakan adalah kulit singkong, didapatkan dari limbah salah satu UMKM singkong keju di Desa Cerme Lor, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Jerami padi yang didapatkan dari limbah pertanian di Desa Babatan, Kecamatan Balongpanggang, Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Sedangkan bahan pembantu yang digunakan meliputi polivinil alkohol (PVA), gliserol dengan konsentrasi 98%, magnesium stearat, natrium hidroksida (NaOH), hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan konsentrasi 50%, dan air. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari salah satu toko bahan kimia di Surabaya.

Alat

Pada penelitian ini digunakan alat thermopressing sebagai pencetak *biofoam* (Gambar 1).



Gambar 1. Rangkaian alat *thermopressing*

Keterangan :

1. Pencetak
2. Pengepress
3. PID Control
4. Stop kontak

Prosedur

Proses penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap, diantaranya yaitu persiapan bahan baku, pembuatan *biofoam* dan analisa *biofoam*.

Persiapan bahan baku

Pembuatan pati kulit singkong

Kulit singkong bagian dalam dipisahkan dari kulit bagian luar kemudian dicuci hingga bersih, selanjutnya dipotong kecil-kecil. Setelah itu, kulit singkong dihaluskan dengan blender untuk mendapatkan bubur kulit singkong dengan perbandingan air dan kulit singkong yaitu 1:4. Bubur kulit singkong yang diperoleh kemudian disaring menggunakan kain saring dan diendapkan selama 1 hari. Air rendaman dibuang sehingga diperoleh pati kulit singkong basah, pati dikeringkan dalam oven pada suhu $60^{\circ}C$ selama 6 jam. Selanjutnya, dihaluskan dengan blender dan disaring dengan ayakan 80 mesh.

Pembuatan selulosa jerami

Jerami padi dibersihkan kemudian dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari, selanjutnya dipotong kecil-kecil dan dihaluskan. Setelah itu, dilakukan proses delignifikasi. Serbuk jerami padi didelignifikasi di atas *hotplate* selama 1 jam dengan suhu $120^{\circ}C$. Perbandingan serbuk jerami dan larutan NaOH yaitu 1:17, dengan konsentrasi larutan NaOH 8%. Serat hasil delignifikasi dicuci bersih dengan air sampai pH netral. Setelah itu, dilakukan proses *bleaching* (pemutihan) dengan merendam jerami dalam larutan H_2O_2 3% dan NaOH 2,25% kemudian dipanaskan dengan suhu $70^{\circ}C$ selama 1 jam. Serat hasil *bleaching* dicuci bersih dengan air sampai pH netral. Setelah itu, dikeringkan dengan oven.

Pembuatan *biofoam*

Pembuatan *biofoam* diawali dengan mencampurkan PVA dengan air 1:1 (perbandingan seluruh bahan kering:air) kemudian dipanaskan sambil diaduk cepat agar PVA mengembang sempurna dan menjadi seperti adonan lem. Kedalam larutan PVA ditambahkan, gliserol dengan variasi komposisi PVA dengan gliserol (6:24 gr, 8:22 gr, 10:20 gr, 12:18 gr, 14:16 gr), selulosa jerami dan pati kulit singkong dengan variasi komposisi pati kulit singkong dan selulosa jerami (5:95 gr, 10:90 gr, 15:85 gr, 20:80 gr, 25:75 gr), dan magnesium stearat sebanyak 1 gr, kemudian diaduk hingga homogen. Adonan *biofoam* dimasukkan ke dalam mesin pencetak *biofoam thermopressing* dengan suhu operasi $150^{\circ}C$ selama 15 menit. *Biofoam* didinginkan pada suhu ruang minimal selama 24 jam, selanjutnya dilakukan uji karakteristik diantaranya uji daya serap air, uji biodegradasi, dan uji kuat tarik.

Analisa *biofoam*

Analisa daya serap

Analisa daya serap air dilakukan dengan cara memotong sampel *biofoam* berukuran $2,5 \times 5$ cm. Sampel dioven selama 5 menit pada suhu $40-50^{\circ}C$ untuk menghilangkan kandungan air pada sampel. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 5

menit lalu ditimbang berat awalnya. Setelah itu *biofoam* dicelupkan ke dalam air selama 1 menit dan keringkan dengan tisu, lalu ditimbang kembali berat akhirnya.

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{M_1 - M_0}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

M_0 = berat awal sampel (gram)

M_1 = berat akhir sampel (gram)

(Isabella, 2022)

Analisa biodegradasi

Analisa Biodegradasi dilakukan dengan cara sampel *biofoam* dipotong dengan ukuran 2,5 cm x 5 cm, lalu sampel direndam ke dalam air selama 1 menit. Kemudian sampel ditimbang sebagai berat awal dan ditanam ke dalam tanah pada kedalaman 10 cm selama 14 hari. Setelah itu, sampel dibersihkan dari tanah yang menempel dan ditimbang sebagai berat akhir.

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

W_0 = berat awal sampel (gram)

W_1 = berat akhir sampel (gram)

(Darni, 2022)

Analisa kuat tarik

Uji kuat tarik dilakukan dengan cara menyiapkan sampel dari setiap titik dan sampel dijepit pada mesin pengujian pada kedua sisi sampel. Sampel diberikan tegangan maksimum hingga sampel putus.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (3)$$

Keterangan :

σ = Kuat tarik (N/mm²)

F_{maks} = Tegangan maksimum (N)

A = Luas Permukaan (mm²)

(Ruscahyani, 2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil analisis karakteristik *biodegradable foam*

Karakteristik <i>Biodegradable foam</i>	Rasio Gliserol:PVA	Rasio Selulosa Jerami:Pati Kulit Singkong				
		5:95	10:90	15:85	20:80	25:75
		6:24	12,5628	11,8385	11,1358	10,1538
Daya Serap Air (%)	8:22	13,8269	12,4789	11,6235	11,4317	10,8265
	10:20	14,3205	13,4522	12,3615	12,0614	11,6486
	12:18	15,9750	15,6048	14,1915	13,5000	11,9927
	14:16	17,5555	16,4462	15,7398	14,8235	12,5609
	6:24	13,3959	15,8593	15,3874	20,9539	23,3011
Kehilangan Berat (%)	8:22	14,1013	17,6694	19,1742	21,3366	24,4217
	10:20	16,8169	17,4732	20,3916	24,0859	25,8085
	12:18	17,9478	20,3854	21,2645	25,4002	26,2292
	14:16	18,0871	21,7984	24,1079	26,8749	28,4725

	6:24	4,6165	3,4624	2,8853	2,5968	1,8754
	8:22	3,0296	3,3181	3,6066	2,0197	1,7312
Kuat Tarik (MPa)	10:20	4,0394	3,0296	4,1837	2,3082	2,4525
	12:18	4,4722	3,3181	2,8853	2,3082	2,0197
	14:16	3,8951	3,3181	3,0296	2,8853	2,8853

Setelah pembuatan *biodegradable foam* dari bahan baku selulosa jerami padi dan pati kulit singkong dengan alat *thermopressing* selanjutnya akan dilakukan analisis pada *biofoam*. Analisis yang dilakukan melibatkan daya serap air, biodegradasi, dan kekuatan tarik pada *biofoam*. Analisa daya serap air adalah kemampuan serap air dari *biofoam* Analisa *biodegradable* bertujuan untuk mengetahui berapa lama sampel *biofoam* terurai di dalam tanah dengan metode penguburan (soil burial test). Dan analisa kuat tarik untuk mengukur maksimum gaya tarik yang dapat ditahan oleh *biodegradable foam* sebelum mengalami patah atau sobek.

Optimasi hasil dengan *response surface methodology* (RSM)

Data hasil percobaan dengan faktor perbandingan selulosa jerami:pati kulit singkong dan perbandingan gliserol:PVA terhadap respon daya serap air, biodegradasi dan kuat tarik. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Rancangan RSM dilakukan menggunakan *Design Expert 13* dengan *Central Composite Design* dengan 11 percobaan. Data hasil pengujian menggunakan aplikasi *Design Expert 13* disajikan dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. *Design* aktual faktor selulosa jerami:pati kulit singkong dan gliserol:pva dengan ketiga respon yang diperoleh dari percobaan

Std	Faktor 1 (X ₁): Selulosa Jerami: Pati Kulit Singkong (gr/gr)	Faktor 2 (X ₂): Gliserol:PVA (gr/gr)	Respon 1 (Y ₁): Daya Serap Air (%)	Respon 2 (Y ₂): Biodegradasi (%)	Respon 3 (Y ₃): Kuat Tarik (MPa)
1.	15 : 85	10 : 20	13,8186	17,9731	4,1836
2.	15 : 85	10 : 20	13,0727	18,0997	4,6164
3.	25 : 75	6 : 24	9,7493	23,3011	1,8754
4.	15 : 75	6 : 24	11,1358	15,3874	2,8852
5.	5 : 85	14 : 16	17,5555	18,0871	3,8951
6.	5 : 85	10 : 20	14,3205	16,8168	4,0394
7.	25 : 75	10 : 20	11,6485	25,8085	2,4525
8.	5 : 95	6 : 24	12,5628	13,3959	4,6164
9.	15 : 85	14 : 16	15,7398	24,1079	3,0295
10.	15 : 85	10 : 20	12,3615	20,3196	3,8951
11.	25 : 75	14 : 16	12,5609	28,4714	2,8852

Selanjutnya, *software* akan melakukan pemilihan model berdasarkan nilai respon yang dimasukkan. Pemilihan model dilakukan oleh beberapa parameter, yakni *Sequential Model Sum of*

Squares, *Model Summary Statistics*, dan *Lack of Fit Tests*. *Software Design Expert 13* akan menunjukkan model yang disarankan dengan memberikan keterangan berupa *suggested* (disarankan) atau *aliased* (tidak disarankan).

Analisis ANOVA Respon Daya Serap Air

Model linear yang terpilih untuk respon daya serap air kemudian dianalisis melalui *Analysis of Varians* (ANOVA) untuk mengetahui hubungan antara sejumlah variabel yang menjadi fokus penelitian. Hasil dari analisis ANOVA ini akan memberikan indikasi apakah model tersebut memiliki signifikansi terhadap hasil penelitian atau tidak.

Berdasarkan ANOVA, model linear memiliki nilai *p-value* sebesar $<0,0001$, rasio selulosa jerami:pati kulit singkong sebesar $0,0001$ dan rasio gliserol:PVA sebesar $<0,0001$. Hal ini berarti pada model linear, rasio selulosa jerami:pati kulit singkong dan rasio gliserol:PVA mempunyai dampak yang signifikan pada respon daya serap air karena mempunyai nilai *p-value* yang kurang dari $0,05$. *F-value* pada uji *lack of fit* sebesar $0,6589$ dengan *p-value* sekitar $0,7072$ menunjukkan bahwa model tersebut tidak signifikan, mengindikasikan kesesuaian model dengan plot linear. Tidak adanya signifikansi dalam pengujian ketidaksesuaian menunjukkan bahwa model cocok dengan semua nilai rancangan.

Menggunakan program *Design Expert 13*, dapat disimpulkan bahwa dalam pemodelan matematis untuk respons daya serap air, jenis model yang dihasilkan adalah model linear dalam bentuk variabel actual. Persamaan yang diperoleh dalam bentuk sebenarnya (Actual Variable) yaitu:

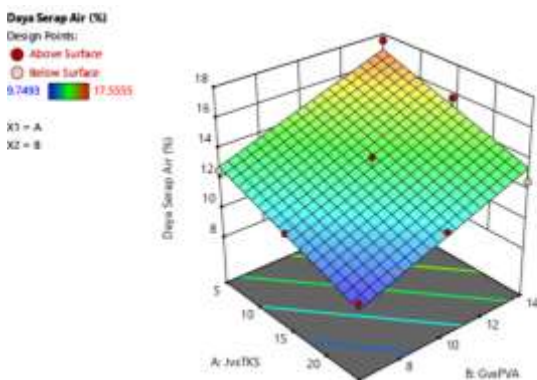
$$Y = 10,58862 - 0,174668X_1 + 0,517013X_2$$

Keterangan:

Y = Respon daya serap air (%)

X₁ = Selulosa jerami:pati kulit singkong (gr/gr)

X₂ = Gliserol:PVA (gr/gr)



Gambar 2. Response surface hubungan antara selulosa jerami, pati kulit singkong, gliserol dan PVA terhadap daya serap air pada biofoam

Hubungan antara perlakuan rasio perbandingan selulosa jerami:pati kulit singkong dan rasio gliserol:PVA dapat digambarkan dalam bentuk kurva permukaan respon yang sesuai dengan gambar 2 yaitu model kurva linier. Kedua faktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap daya serap air. Faktor rasio selulosa jerami:pati kulit singkong dan gliserol:PVA memperlihatkan adanya perubahan warna. Warna-warna yang berbeda pada grafik respon permukaan menunjukkan nilai respon. Semakin merah menunjukkan daya serap air semakin tinggi yang didapatkan dari rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (25:75) dan rasio gliserol:PVA (14:16) dengan nilai daya serap air sebesar $17,5555\%$. Semakin biru menunjukkan nilai daya serap air semakin rendah yang didapatkan oleh perlakuan rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (5:95) dan rasio gliserol:PVA (6:24) dengan nilai daya serap air sebesar $9,7493\%$.

Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putri (2021), yang menjelaskan bahwa PVA juga dapat meningkatkan kualitas dari *biofoam* yang dihasilkan terutama dalam mengurangi sifat menyerap air dan meningkatkan hidrofobisitas dari *biofoam* karena mengurangi rongga udara yang terbentuk. Selain itu, Iriani (2013), menyebutkan untuk meningkatkan ketahanan *biofoam* terhadap air, jerami padi dianggap sebagai solusi. Jerami padi yang mengandung serat, dapat menahan pelarutan bahan dalam air. Khususnya selulosa, komponen utama dalam serat, dapat meningkatkan kristalinitas *biofoam* dan memperlambat proses penyerapan air. Selanjutnya sesuai dengan Etikaningrum (2017), menyebutkan pati memiliki sifat hidrofilik yang cenderung berikatan dengan air, sifat ini membuat *biofoam* rentan terhadap penyerapan air yang lebih besar. *Biofoam* yang terbuat dari pati menjadi tidak tahan terhadap air karena molekul air menyerang ikatan hidrogen pati.

Analisis ANOVA respon biodegradasi

Model linear yang dipilih untuk respon biodegradasi kemudian dianalisis melalui *Analysis of Varians* (ANOVA) untuk mengetahui hubungan antara sejumlah variabel yang menjadi fokus penelitian. Hasil dari analisis ANOVA ini akan memberikan indikasi apakah model tersebut memiliki signifikansi terhadap hasil penelitian atau tidak.

Berdasarkan ANOVA, model linear memiliki nilai *p-value* sebesar $<0,0001$, rasio selulosa jerami:pati kulit singkong sebesar $<0,0001$, rasio gliserol:PVA sebesar $0,0012$. Hal ini berarti model linear, rasio selulosa jerami:pati kulit singkong dan gliserol:PVA memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon biodegradasi karena memiliki nilai *p-value* kurang dari $0,05$. Nilai *F-value* pada *lack of fit* sebesar $0,4544$ dan *p-value* sebesar $0,1650$ menunjukkan model tersebut tidak signifikan yang

berarti model sesuai dengan plot model linear. Ketidaktepatan pengujian tidak signifikan yang berarti bahwa model sesuai dengan seluruh nilai rancangan.

Menggunakan program *Design Expert* 13, dapat disimpulkan bahwa dalam pemodelan matematis untuk respons biodegradasi, jenis model yang dihasilkan adalah model linear dalam bentuk variabel aktual. persamaan yang diperoleh dalam bentuk sebenarnya (Actual variable) yaitu:

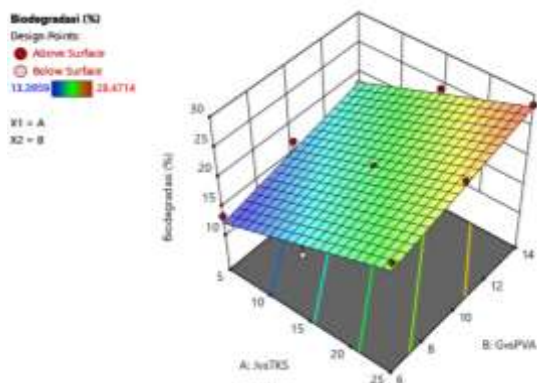
$$Y = 5,09797 + 0,488020X_1 + 0,774250X_2$$

Keterangan:

Y = Respon biodegradasi (%)

X1 = Selulosa Jerami:pati kulit singkong (gr/gr)

X2 = Gliserol:PVA (gr/gr)



Gambar 3. Response surface hubungan antara selulosa jerami, pati kulit singkong, gliserol dan PVA terhadap biodegradasi pada biofoam

Hubungan antara perlakuan rasio perbandingan selulosa jerami:pati kulit singkong dan rasio gliserol:PVA dapat digambarkan dalam bentuk kurva permukaan respon yang sesuai dengan gambar 3 yaitu model kurva linier. Kedua faktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap biodegradasi. Faktor rasio selulosa jerami:pati kulit singkong dan gliserol:PVA memperlihatkan adanya perubahan warna. Warna-warna yang berbeda pada grafik respon permukaan menunjukkan nilai respon. Semakin biru menunjukkan biodegradasi semakin kecil didapatkan oleh perlakuan rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (5:95) dan rasio gliserol:PVA (6:24) dengan nilai biodegradasi sebesar 13,3959%. Semakin merah atau biodegradasi semakin besar didapatkan dari rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (25:75) dan rasio gliserol:PVA (14:16) dengan nilai biodegradasi sebesar 28,4725%.

Dalam penelitian Iriani (2013), diperoleh %kehilangan berat *biofoam* selama 14 hari berkisar antara 28,47 hingga 38,79%. Hal ini menandakan bahwa dalam waktu sekitar 50 hari, *biofoam* telah

mengalami degradasi sepenuhnya di dalam tanah. Penambahan PVA sedikit mengurangi tingkat degradasi dari *biodegradable foam* karena PVA merupakan polimer sintetik yang berasal dari minyak bumi. Meskipun demikian, penambahan serat dapat meningkatkan kemampuan degradasi dari *biodegradable foam*. Menurut Sarlinda (2022) terdapat banyak mikroorganisme pengurai serat di alam, baik yang berasal dari golongan bakteri seperti *Streptomyces sp.* maupun golongan kapang *Actinomycetes*. Demikian pula pada penelitian oleh Yudhanto (2020) yang menyatakan bahwa penambahan selulosa dapat mempengaruhi persentase kerusakan biofoam di dalam tanah karena selulosa merupakan biofiller yang menyebabkan *biofoam* mudah terurai di dalam tanah dan organik.

Analisis ANOVA respon kuat tarik

Model linear yang terpilih kemudian dianalisis melalui *Analisis of Varians* (ANOVA) untuk mengetahui hubungan antara sejumlah variabel yang menjadi fokus penelitian. Hasil dari analisis ANOVA ini akan memberikan indikasi apakah model tersebut memiliki signifikansi terhadap hasil penelitian atau tidak.

Berdasarkan ANOVA, model linear memiliki nilai *p-value* sebesar 0,0318, untuk rasio selulosa jerami:pati kulit singkong sebesar 0,0109 dan rasio gliserol:PVA sebesar 0,7960. Hal ini berarti model linear dan rasio selulosa jerami:pati kulit singkong memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon kuat tarik karena memiliki nilai *p-value* kurang dari 0,05. Sedangkan rasio gliserol:PVA tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon kuat Tarik karena *p* lebih besar dari 0,05. Nilai *F-value* pada *lack of fit* sebesar 4,09 dan *p-value* sebesar 0,2096 menunjukkan model tsb tidak signifikan yang berarti model sesuai dengan plot model linear. Ketidaktepatan pengujian tidak signifikan yang berarti bahwa model sesuai dengan seluruh nilai rancangan. Menggunakan program *Design Expert* 13, dapat disimpulkan bahwa dalam pemodelan matematis untuk respons kuat tarik, jenis model yang dihasilkan adalah model linear dalam bentuk variabel aktual. Persamaan yang diperoleh dalam bentuk sebenarnya (Actual variable) yaitu:

$$Y = 4,64264 - 0,088963X_1 + 0,018033X_2$$

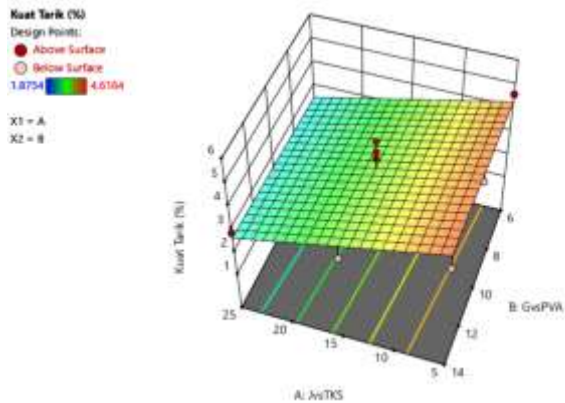
Keterangan:

Y = Respon kuat tarik (%)

X1 = Selulosa Jerami:pati kulit singkong (gr/gr)

X2 = Gliserol:PVA (gr/gr)

J:TKS	G:PVA	Daya Serap Air	Biodegradasi	Kuat Tarik	Desirability
20:80	10:20	12,157	23,180	2,958	0,562



Gambar 4. Response surface hubungan antara selulosa jerami, pati kulit singkong, gliserol dan PVA terhadap kuat tarik pada biofoam

Hubungan antara perlakuan rasio perbandingan selulosa jerami:pati kulit singkong dan rasio gliserol:PVA dapat digambarkan dalam bentuk kurva permukaan respon yang sesuai dengan gambar 4 yaitu model kurva linier. Kedua faktor memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik. Faktor rasio selulosa jerami:pati kulit singkong dan gliserol:PVA memperlihatkan adanya perubahan warna. Warna-warna yang berbeda pada grafik respon permukaan menunjukkan nilai respon. Semakin biru menunjukkan nilai kuat tarik semakin rendah didapatkan oleh perlakuan rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (25:75) dan rasio gliserol:PVA (6:24) dengan nilai kuat tarik sebesar 1,8754 Mpa. Semakin merah menunjukkan nilai kuat tarik semakin tinggi didapatkan dari rasio selulosa jerami:pati kulit singkong (5:95) dan rasio gliserol:PVA (6:24) dengan nilai kuat tarik sebesar 4,6164 MPa.

Peningkatan kekuatan tarik dapat disebabkan oleh peningkatan konsentrasi PVA yang digunakan. Hal ini terjadi karena PVA memiliki sifat plastis yang memungkinkannya menahan gaya tarik yang lebih besar. Gugus hidroksil yang dimiliki oleh PVA berkontribusi pada pembentukan komposit yang kuat, terutama ketika dicampur dengan pati, karena dapat membentuk ikatan hidrogen (Nurfitasari, 2018). Penambahan selulosa dalam jumlah besar juga dapat mengurangi kompatibilitas antara pati, serat, gliserol, dan PVA. Perbedaan tingkat kompatibilitas ini menyebabkan distribusi yang tidak merata dari polimer pada permukaan biofoam selama proses pencetakan (Coniwanti, 2018). Begitu pula dengan penambahan pemlastis gliserol yang terlalu banyak

juga dapat menyebabkan kerapuhan dan fleksibilitas biofoam, sehingga kuat tarik pada *biofoam* akan menurun (Bonchaisuriya, 2011).

Solusi optimal faktor dan respon berdasarkan design expert 13

Diperoleh nilai yang sesuai target bersama dengan nilai *desirability*. Hasil pengolahan data menggunakan *Software Design Expert 13* menghasilkan solusi nilai optimum yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Solusi Optimal Faktor dan Respon Berdasarkan Design Expert 13

Dengan mematuhi batasan yang telah diatur, perlakuan optimal ditemukan dengan menggunakan rasio selulosa jerami:pati kulit singkong sebesar 20:80 (gr/gr) dan rasio gliserol:PVA sebesar 10:20 (gr/gr). Hasil dari perlakuan ini mencapai titik optimal dengan nilai daya serap air sebesar 12,157%, biodegradasi sebesar 23,180%, dan kuat tarik sebesar 2,958 MPa. Nilai *desirability* yang diperoleh adalah sebesar 0,562, menunjukkan tingkat ketepatan respons sebesar 56,2%. Kisaran nilai *desirability* yaitu 0 hingga 1,0. Nilai 1 mencerminkan ketepatan hasil optimalisasi, sedangkan nilai 0 menunjukkan ketidakakuratan terhadap hasil yang diinginkan dari proses optimisasi (Ramadhani, 2017).

Hasil verifikasi kondisi optimum

Verifikasi data yang dilakukan pada tahap terakhir dalam proses optimisasi menggunakan *Design Expert 13* adalah langkah akhir untuk menguji keakuratan model. Dalam verifikasi hasil optimisasi, perbandingan dilakukan antara nilai prediksi dari model dengan nilai aktual yang berasal dari eksperimen. Validitas model dievaluasi melalui analisis *Confidence Interval (CI)* dan *Prediction Interval (PI)* yang memiliki batas bawah (low) dan batas atas (high) pada tingkat kepercayaan 95%. Perbandingan antara CI dan PI diperlukan untuk memastikan bahwa hasil verifikasi dalam rentang menunjukkan tingkat keakuratan respon yang sesuai. Rentang nilai CI akan lebih sempit dibandingkan dengan rentang nilai karena pengukuran PI mengikutsertakan variasi sampel yang beragam, memberikan gambaran hasil sampel dengan tingkat kepercayaan tertentu berdasarkan observasi yang telah dilakukan.

Tabel 4. Verifikasi solusi formula optimum *biodegradable foam*

Response	Prediction	Verifikasi	95% CI low	95% CI high	95% PI low	95% PI high
Daya serap air	12,1572	12,0044	11,5943	12,7202	10,6023	13,7121
Biodegradasi	23,1799	23,8812	21,7979	24,5618	19,3626	26,9971
Kuat Tarik	2,9580	2,0197	2,3659	3,5500	1,3227	4,5933

Proses optimalisasi dianggap valid dalam memprediksi nilai daya serap air dan biodegradasi, sesuai dengan pendapat Kusnandar (2020), yang menyatakan bahwa perbandingan nilai prediksi dan aktual dapat dikonfirmasi melalui verifikasi hasil optimasi. Meskipun demikian, model kurang valid dalam memprediksi nilai kuat tarik, yang sesuai persamaan model untuk kuat tarik memiliki nilai $R^2 < 0,90$. Perbedaan antara hasil prediksi dan hasil verifikasi dapat disebabkan oleh faktor teknis selama penelitian.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa melalui optimasi menggunakan *Respon Surface Methodology* dengan menggunakan perangkat lunak *Design Expert 13* menggunakan *Central Composite* mengindikasikan titik optimum faktor *biodegradable foam* terletak pada rasio komposisi selulosa jerami dan pati kulit singkong sebesar 20:80 (gr/gr) dan rasio komposisi gliserol dan PVA sebesar 10:20 (gr/gr). Titik optimum tersebut menghasilkan nilai respon daya serap air sebesar 12,0044%, kehilangan berat pada *biofoam* karena terdegradasi selama 14 hari sebesar 23,881% dan kuat tarik sebesar 2,0197 MPa. Nilai daya serap air dan biodegradasi yang diperoleh telah sesuai dengan SNI *biodegradable foam*, sedangkan nilai kuat tarik tidak sesuai dengan SNI *biodegradable foam*.

SARAN

Diperlukan penelitian serupa tentang pembuatan *biofoam* digunakan pati atau selulosa dari bahan lain atau dilakukan penambahan zat kimia lain agar *biofoam* yang dihasilkan berwarna lebih putih. Selain itu, mempelajari lebih lanjut teknik pencampuran komponen yang efektif, sehingga seluruh bahan dalam campuran dapat terdistribusi secara merata untuk peningkatan kualitas *biofoam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Patang & Sukainah, S., 2020. Sintesis Kulit Ubi Kayu (*Manihot Ssculenta*) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kemasan Biodegradable. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pangan*, 6(1), pp. 65-74.
- Boonchaisuriya, A. & Chungsiriporn, J., 2011. *Biodegradable foams* Based On Cassava Starch By Compression Process. *International Conference on Engineering and Technology*, 1(1), pp. 71-74.
- Coniwanti, P., Mu'in, R., Saputra, H. W., M. Andre, R. A. & Robinsyah, 2018. Pengaruh konsentrasi NaOH serta rasio serat daun nanas dan ampas tebu pada pembuatan biofoam. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(1), pp.1-7.
- Darni, Y., Amalia, F., Azwar, E., Utami, H., Lismeri, L., Azhar & Haviz, M., 2022. Pemanfaatan Jerami Padi sebagai Filler dalam Pembuatan *Biodegradable foam (Biofoam)*. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 3(2), pp. 18–26.
- Etikaningrum, N., Hermanianto, J., Iriani, E. S., Syarief, R. & Permana, A. W., 2018. Pengaruh Penambahan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit pada Sifat Fungsional *Biodegradable foam*. *Indonesian Journal of Agricultural Postharvest Research*, 13(3), pp.146-155.
- Iriani, E. S., 2013. *Pengembangan Produk Biodegradable Foam Berbahan Baku Campuran Tapioka dan Ampok*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Isabella, H., & Hendrawati, N., 2022. Perbandingan Karakteristik *Biodegradable foam* dari Pati Ubi Jalar dan Pati Kentang dengan Penambahan Serat Selulosa. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 6(2), pp.104-111.
- Kusnandar, F., 2020. Optimasi Proses Pembuatan Sohun Dari Pati Ubi Banggai (*Dioscorea Alata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 8(3), pp.163-174.
- Mudaffar, A. R., 2020. Karakteristik Edible Film Dari Limbah Kulit Singkong dengan Penambahan Kombinasi *Plasticizer* Serta Aplikasinya Pada Buah Nanas Terolah Minimal. *Journal TABARO*, 4(2), pp.473-483.
- Nurfitasari, I., 2018. *Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gelatin terhadap Kualitas Biodegradable foam Berbahan Baku Pati Biji Nangka (Artocarpus Heterophyllus)* Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Pratiwi, R., Rahayu, D. & Barliana, M. I., 2016. Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik. *JPST*, 3(3), pp.83-91.
- Putri, M., Putri, D. K. & Putri, A., 2021. Pengaruh Penambahan Gliserin dan Polivinil Alkohol Terhadap Karakteristik Biofoam dari Kulit Singkong dan Daun Angsana. *Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 2(1), pp.15-18.
- Putalan, R., Arany, S. P., Kasadi, A. & Hidayat, T., 2022. Optimasi Proses Penggaraman dan Pengeringan Ikan Nike Asin Kering dengan Metode Response Surface Method. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), pp.345-351.
- Ramadhani, R., A., Riyadi, D., H., S., Triwibowo, B. & Kusumaningtyas, R., D., 2017. Review

- Pemanfaatan *Design Expert* untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), pp.11-16.
- Rasdiana, F. Z. & Refdi, C. W., 2021. Kajian Teknologi Produksi *Biodegradable foam* Berbasis Pati Dan Selulosa Sebagai Kemasan Ramah Lingkungan : Studi Pustaka. *J. Sains dan Teknologi Pangan*, 6(3), pp.3947-3954.
- Ruscahyani, Y., Oktorina, S. & Hakim, A., 2021. Pemanfaatan Kulit Jagung Sebagai Bahan Pembuatan *Biodegradable foam*, *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 14(1), pp.25-30.
- Sarlinda, F., Hasan A., & Ulma, Z., 2022. Pengaruh Penambahan Serat Kulit Kopi dan Polivinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik *Biodegradable foam* dari Pati Kulit Singkong'. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 4(2), pp.9-20.
- Wirahadi, M., 2017. Elemen Interior Berbahan Baku Pengolahan Sampah *Styrofoam* dan Sampah Kulit Jeruk. *Jurnal Intra*, 5(2), pp.144-153.
- Yudanto, Y. A. & Pudjihastuti, I., 2020. Characterization Of Physical And Mechanical Properties of *Biodegradable foam* From Maizena Flour and Paper Waste For Sustainable Packaging Material. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 5(8), pp.1-8.