

# Optimasi Konsentrasi Selulosa pada Pembuatan Biodegradable Foam dari Selulosa dan Tepung Singkong

Aulya Akmala<sup>1</sup>, Edy Supriyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Prodi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi

<sup>2</sup> Prodi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia.

\*Email : aulyaakmala24@gmail.com

## Abstrak

*Biodegradable foam* adalah bahan kemasan alami pengganti *Styrofoam* berbahan baku utama tepung tapioka (pati: 81,60%) memiliki kemampuan untuk mengembang yang baik, namun memiliki kelemahan pada kemampuan menahan air. Penambahan bahan aditif alfa selulosa, PVAc, dan magnesium stearate berfungsi untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas strukturnya. Proses pembuatan *biofoam* menggunakan metode baking. Berdasarkan hasil penelitian, *biofoam* berbahan pati tapioka dan alfa selulosa mempengaruhi sifat fisik dan morfologi pada produk. Kondisi optimum *biofoam* terdapat pada rasio alfa selulosa 8%, dengan nilai daya serap air 26,30% dan nilai sifat biodegradasi 29,39%. Alfa selulosa dengan ikatan gugus fungsi C=C aromatic, C=O ikatan karbonil hidrofilik untuk mengikat molekul air dari pada lingkungan sehingga mudah terjadi degradasi serta bahan pengisi untuk menutupi rongga pada *biofoam* pati yang mengalami ekspansi, sehingga mengurangi nilai daya serap air. Variasi kondisi operasi berpengaruh pada visual dan tekstur *biofoam* yang dihasilkan dengan kondisi optimum temperatur operasi 70°C dan waktu operasi 90 menit. Hasil analisis morfologi menunjukkan pati tapioka dan alfa selulosa yang terdistribusi dengan baik namun proses gelatinisasi kurang merata menyebabkan pati tidak terbentuk pasta dengan baik dan ikatan antarfasa antara bahan pengisi alfa selulosa dan matriks berupa pati tapioka dan PVAc masih kurang.

**Kata Kunci :** *Biodegradable Foam, Alfa Selulosa, Tepung Tapioka, Pati, Selulosa*

## (Concentration Optimization Cellulose In Production Biodegradable Foam From Cellulose and Cassava Starch)

### Abstract

*Biodegradable foam is a natural packaging material with the main raw material of tapioca flour (starch: 81.60%), which can expand well, but weak ability to hold water. The addition of alpha-cellulose, PVAc, and magnesium stearate as fillers improves the structure quality. The process of making bio-foam uses the baking method. Results shown bio-foam made from tapioca starch and alpha-cellulose affects the physical and morphological properties. The optimum condition for bio-foam was found in an alpha-cellulose ratio of 8%, with a water absorption value of 26.30% and the bio-foam degradation value of about 29.39%. Alpha cellulose has a bond structure of functional groups C=C aromatic and C=O carbonyl hydrophilic to bind water molecules from the environment to facilitate degradation as well as fillers to cover cavities in starch bio-foam, thereby reducing the water absorption value. Variations in operating conditions affect the visual and texture of the bio-foam produced with an optimum temperature is 70°C and time is 90 minutes. Morphological analysis showed that tapioca starch and alpha-cellulose were well distributed but lack a gelatinization process, causing not well-forming paste, and the interphase bonds between the alpha-cellulose fillers and the matrix in the form of tapioca starch and PVAc was still lacking.*

**Keywords :** *Biodegradable Foam, Alpha Cellulose, Tapioca Flour, Starch, Cellulose*

## PENDAHULUAN

Perkembangan jaman membuat kebutuhan hidup manusia semakin berkembang terus, penggunaan plastik sebagai bahan pengemas semakin tinggi. *Styrofoam* berasal dari polimer sintetik jenis polistirena yang asal bahan bakunya berupa hasil minyak bumi. *Styrofoam* banyak digunakan sebagai bahan pengemas makanan maupun minuman baik itu untuk produk siap saji, produk sekali pakai, pengemas produk segar, maupun produk makanan olahan. Hal tersebut karena *styrofoam* memiliki banyak kelebihan antara lain mudah digunakan, tahan bocor, struktur ringan, tahan terhadap suhu panas serta dingin, dan ekonomis. Tetapi disamping kelebihannya, *styrofoam* mempunyai dampak buruk karena kandungan stirena didalamnya dapat membahayakan Kesehatan dalam jangka panjang. Selain itu, bahan *styrofoam* juga sulit terurai di alam. (Harefa et al., 2019; Ningrum et al., 2019).

Untuk mengurangi ketergantungan produk berbahan dasar turunan minyak bumi, ada banyak pengembangan produk *bio-based* dan teknologi inovatif lainnya. Kemasan *biodegradable foam* menjadi alternatif kemasan pengganti *styrofoam*. Karakteristik *biofoam* harus mudah terbentuk, tahan air, ringan, bisa tahan pada suhu dingin dan panas, dan memiliki harga produksi yang murah. *Biofoam* harus berasal dari bahan murah dan gampang ditemukan. *Biofoam* berbahan dasar pati sudah terkenal sebagai opsi terbaik sebagai aplikasi kemasan sekali pakai, karena bahannya yang mudah namun menghasilkan kualitas yang baik. Namun kelemahan dari *biofoam* tersebut yaitu memiliki sifat kelenturan bahan yang buruk dan tingkat daya serap air yang tinggi yang perlu diatasi (Etikaningrum et al., 2018; Harefa et al., 2019; Rahmatunisa, 2015; Ritonga, 2019). Derajat polimerisasi pada polimer mempengaruhi sifat serta keadaan, untuk terbentuk kualitas *biofoam* yang baik maka diperlukan nilai derajat polimerisasi (n) sebesar 1000 (Iman Saefuloh et al., 2019)

Tapioka diperoleh pada ubi akar pohon singkong dimana memiliki kadar pati tertinggi 81.60%, sehingga sangat cocok untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *biofoam*. (Pakartiko, 2019). Lalu selulosa adalah *biofiller* yang dapat membuat *biofoam* mudah terurai dalam tanah serta merupakan senyawa organik dengan struktur ikatan gugus fungsi C=C aromatik yang memiliki sifat tahan air dan C=O karbonil hidrofilik dimana mengikat molekul air sekitar lingkungan hingga mudah terjadi degradasi (Dewi dkk, 2015; Suwandi, 2016).

Metode pembuatan *biofoam* ini yaitu metode *baking*, dimana bahan baku berupa pati dan selulosa pisang dicampur dengan aquades dan diaduk hingga menjadi adonan kental dan dipanggang pada suhu antara 60°C – 170°C hingga menjadi *biofoam*. (Soykeabkaew dkk, 2015). Kelemahan pada *biofoam* pati yang terletak pada kelenturan bahan, dapat ditingkatkan dengan penggabungan bahan pengisi berupa selulosa. (Sanhawong et al., 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah meneliti efek konsentrasi pati juga alfa selulosa terhadap daya serap air, sifat biodegradasi, dan sifat morfologi *biofoam*. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap kemampuan serap air, sifat biodegradasi, serta sifat morfologi *biofoam*.

## METODOLOGI

### *Alat dan Bahan*

Alat yang dipakai antara lain gelas ukur, *beaker glass*, pengaduk, sendok, neraca digital, cetakan kaca 10 x 10 cm, *cutter*, oven, *mixer*, mangkuk kaca, dan kaca arloji. Alat untuk analisis antara lain *polybag* tanaman, cawan porselin, penggaris, dan neraca analitik.

Sedangkan bahan – bahan yang digunakan yaitu pati singkong, *alfa selulosa*, *Polivinil Acetate* (PVAc), Magnesium Stearat, dan aquades.

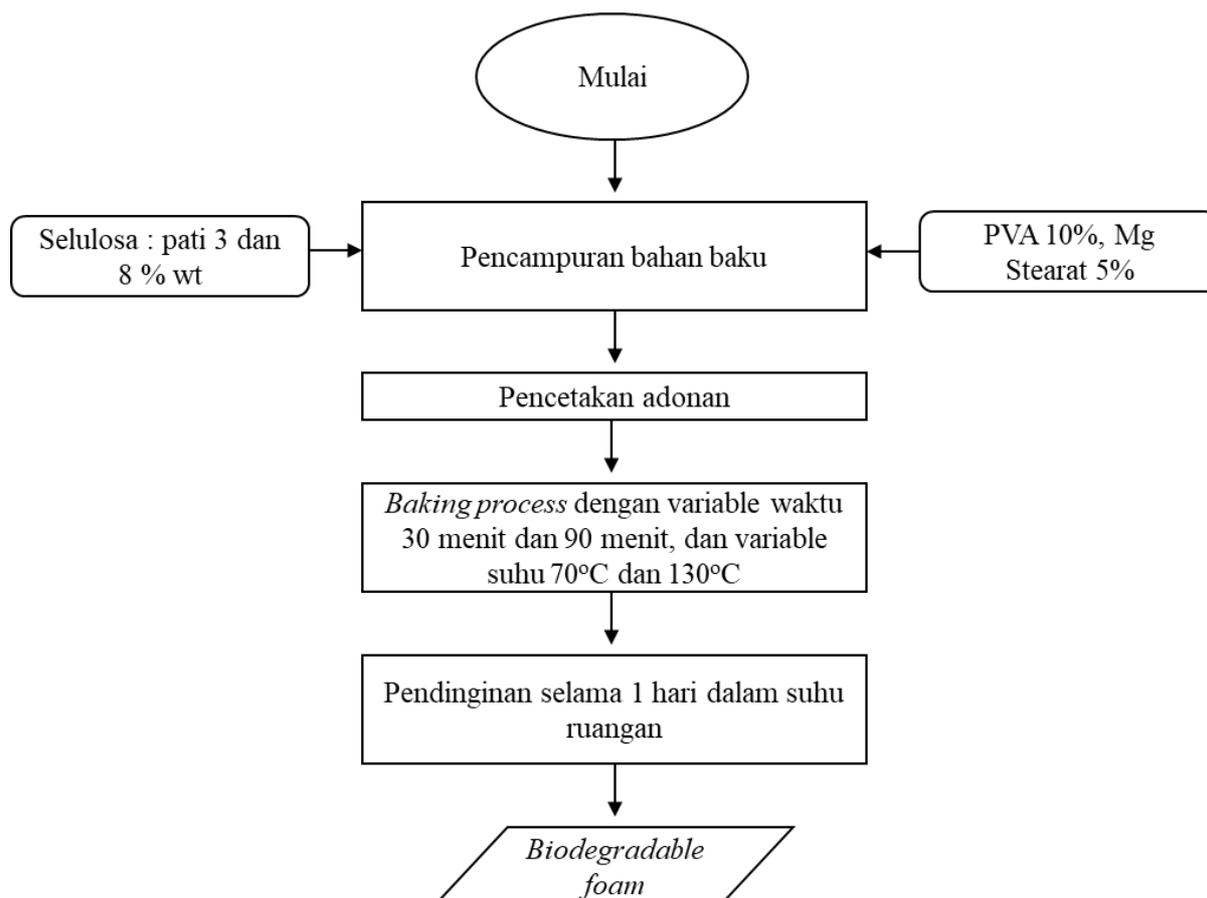
#### *Pembuatan Biofoam*

Pembuatan *biofoam* memakai metode rujukan (Etikaningrum et al., 2018; Hendrawati et al., 2019). Variabel terdiri dari dua, variabel bebas dengan variabel berubah. Pada variabel bebas terdapat PVAc 20% dan Magnesium Stearat 5%. Untuk variabel berubah yaitu pada rasio antara pati singkong dan *alfa selulosa*, waktu proses, dan suhu proses dengan data yang ditunjukkan tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel Penelitian

No	Temperatur (°C)	Waktu Pengovenan (menit)	Konsentrasi Selulosa (% wt)
1	70	30	3
2	130	30	3
3	70	90	3
4	130	90	3
5	70	30	8
6	130	30	8
7	70	90	8
8	130	90	8

Sebelumnya, PVAc dilarutkan terlebih dahulu dengan aquadest sebanyak 10% dari berat total PVAc, kemudian semua bahan dan aquadest dicampurkan dalam wadah kemudian diaduk dengan pengaduk hingga tercampur dan diaduk Kembali dengan *mixer* hingga terbentuk adonan homogen. Selanjutnya adonan dituang ke cetakan kaca, lalu dimasukkan kedalam oven dengan waktu dan suhu sesuai variabel. Perbandingan antara bahan padatan dan cair yaitu (60:40). *Biofoam* yang telah selesai di oven kemudian didiamkan dalam suhu ruangan selama 1 hari. Selanjutnya produk *biofoam* dilakukan analisa daya serap air, analisa biodegradasi, dan analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM).



**Gambar 1.** Diagram Alir Pembuatan *Biodegradable Foam*

#### *Analisa Daya Serap Air (Water Absorption)*

Analisa kemampuan serap air dari bahan dilakukan dengan metode yaitu ABNT NBR NM ISO 535 (1999) dan SNI 1969:2008 dengan prosedur (Hendrawati et al., 2019; Sipahutar, 2020). Sampel *biofoam* dipotong dengan ukuran 2,5 cm × 5 cm lalu ditimbang sebagai berat awal ( $M_0$ ), kemudian sampel direndam dalam air selama beberapa menit, dan diangkat dan keringkan dengan tisu secara perlahan untuk menghilangkan sisa air, lalu ditimbang sebagai berat akhir ( $M_t$ ). Berat akhir sampel dibandingkan dengan berat awal sampel, lalu dilakukan perhitungan banyaknya air yang terserap dengan menggunakan persamaan:

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

#### *Analisa Sifat Biodegradasi (Biodegradation Test)*

Analisa daya urai dari *biofoam* dilakukan dengan mengacu pada penelitian oleh (Hendrawati et al., 2019). Sampel dipotong dengan ukuran 2,5 cm × 5 cm lalu masukan kedalam desikator dan timbang sebagai berat awal ( $W_0$ ), lalu sampel dipendam kedalam kotak berisi tanah dengan ketinggian 20 cm dan dilakukan selama 14 hari. Setelah 14 hari, bersihkan sampel dari sisa – sisa tanah, lalu timbang hasilnya sebagai berat akhir ( $W_i$ ) dan lakukan perhitungan berapa banyak kehilangan sampel dengan persamaan :

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

### Analisa Sifat Morfologi (*Scanning Electron Microscope*)

Tujuan dari analisis sifat morfologi adalah untuk mengetahui persebaran partikel pengisi matriks agar ditemukan apakah persebaran partikel matriks merata atau tidak (Sipahutar, 2020). Analisa dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu UNDIP.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi sifat fisik *biofoam* yang dihasilkan dengan *Baking Process* menggunakan bahan baku pati tapioka dan *alfa* selulosa. Penentuan variabel untuk penelitian ini menggunakan percobaan Faktorial Desain tiga variabel diubah yaitu Rasio pati:selulosa, Temperatur operasi, dan waktu operasi. Produk yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2.** Produk *Biodegradable Foam* Variasi Kondisi Operasi dan Rasio Pati:Selulosa

Run	Variable Berubah			Interaksi				Output		
	T	t	R	Tt	TR	tR	TtR	Water Absorp (%)	Biodegradasi (%)	SEM
1	-	-	-	+	+	+	-	22.42	35.98	-
2	+	-	-	-	-	+	+	23.76	25.29	-
3	-	+	-	-	+	-	+	22.99	14.32	-
4	+	+	-	+	-	-	-	36.12	35.06	-
5	-	-	+	+	-	-	+	35.67	51.50	Persebaran baik, ikatan antar fasa kurang
6	+	-	+	-	+	-	-	23.96	31.02	-
7	-	+	+	-	-	+	-	24.68	28.57	-
8	+	+	+	+	+	+	+	20.87	6.47	-

Keterangan :

- Temperatur Operasi (T), yaitu :
  - = 80°C
  - + = 120°C
- Waktu Operasi (t), yaitu :
  - = 30 menit
  - + = 90 menit
- Rasio Pati:Selulosa (R), yaitu :
  - = 3% seluloas
  - + = 8% selulosa

Variabel paling berpengaruh dapat diidentifikasi dengan *Quiucker Method* untuk menghitung efek utama dan interaksi sejauh mana penyerapan air dan biodegradasi yang dihasilkan. Hasil perhitungan variabel yang paling mempengaruhi laju penyerapan air dapat dilihat pada data berikut:

**Tabel 3.** Perhitungan Efek Utama dan Efek Interaksi terhadap *Water Absorption Biofoam*

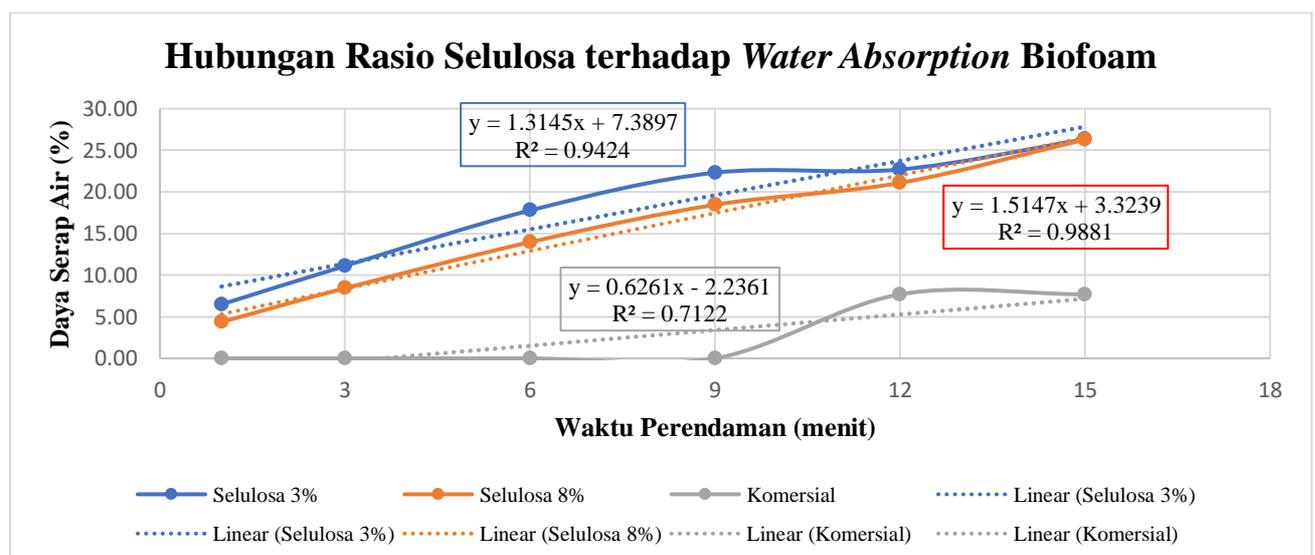
Efek	Nilai	
T	-1.04	
t	-1.14	
R	-0.10	→ Efek Utama
Tt	19.68	→ Efek Interaksi
TR	-29.99	
tR	-27.00	
TtR	-3.88	

**Tabel 4.** Perhitungan Efek Utama dan Efek Interaksi terhadap Biodegradasi *Biofoam*

Efek	Nilai	
T	-32.54	
t	-59.38	
R	6.91	→ Efek Utama
Tt	29.80	→ Efek Interaksi
TR	-52.63	
tR	-35.60	
TtR	-33.05	

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 diketahui Efek Utama pada Daya Serap Air dan Sifat Biodegradasi yaitu Rasio Pati:Selulosa dengan nilai sebesar -0,10 untuk Daya Serap Air dan Sifat Biodegradasi dengan nilai sebesar 6,91. Efek Interaksi pada Daya Serap Air dan Sifat Biodegradasi yaitu Temperatur Operasi dan Waktu Operasi sebesar 19,68 untuk Daya Serap Air dan Sifat Biodegradasi dengan nilai sebesar 29,80.

*Hubungan Rasio Pati:Selulosa terhadap Daya Serap Air (Water Absorption)*



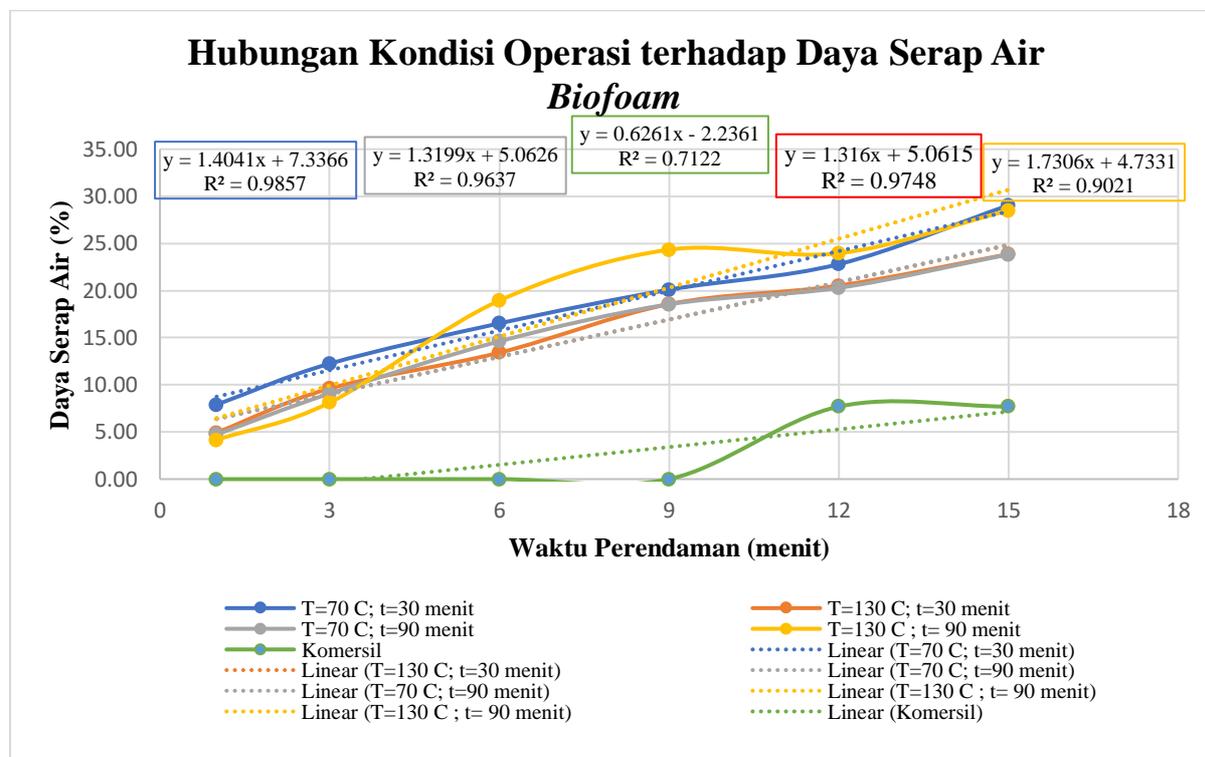
**Gambar 2.** Grafik Hubungan Rasio Selulosa terhadap *Water Absorption Biofoam*

*Water absorption* adalah bisa tidaknya material untuk menyerap air (Nurfitasari, 2018). Singkong tergolong kedalam polisakarida pati dengan kandungan amilopektin tinggi, yaitu 83%, sedangkan amilosa 17%, dengan kandungan pati 81.60 %. (Agustina, 2011; Mustafa A, 2015; Pakartiko, 2019). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya tahan *biofoam* dalam menyerap air. *Biofoam* yang terbuat dari pati sangat sensitif terhadap air karena hidrofilisitasnya. Molekul air menyerang ikatan hidrogen dalam pati, melemahkan dan menurunkan sifat fungsional *biofoam*. Proses ekspansi pada proses pembuatan *biofoam* berbahan dasar pati akan menghasilkan struktur berongga yang akan mudah dimasuki oleh air, maka perlu adanya bahan pengisi material berupa *alfa selulosa* untuk mengisi rongga – rongga pada *biofoam* (Sumardiono et al., 2021).

Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa daya serap air akan semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu perendaman. Nilai daya serap air pada rasio alfa selulosa 3% selama 15 menit sebesar 26,32% sedangkan pada rasio alfa selulosa 8% didapat nilai sebesar 26,30%. Dari data berikut, maka sudah selaras dengan penelitian (Ritonga, 2019) yaitu *water absorption* pada material *biofoam* sebanding dengan massa alfa selulosa karena tersusun atas gugus karbonil aromatik ( $C = C$ ) yang memiliki sifat tahan air yang membuat komposit *biofoam* pada kondisi optimum tidak mudah dimasuki air.

Pada penelitian ini juga menguji *styrofoam* komersil yang berada di pasaran yang didapatkan nilai daya serap air selama perendaman 15 menit sebesar 7,69%. Hasil antara *styrofoam* komersil dengan *biofoam* masih sangat jauh, karena sifat serat alam seperti alfa selulosa memiliki sifat hidrofilik yang cukup tinggi dengan penambahan yang tidak sesuai akan meningkatkan sifat *hidrofilik* sehingga akan meningkatkan daya serap air yang lebih besar dari *Styrofoam* komersil (Sipahutar, 2020).

#### Hubungan Kondisi Operasi terhadap Daya Serap Air (Water Absorption)



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Kondisi Operasi terhadap Daya Serap Air *Biofoam*

Berdasarkan grafik diatas suhu dan waktu pengeringan dapat mempengaruhi daya serap air. Hal tersebut dikarenakan pada proses pembuatan *biofoam* dengan metode *baking* dimana butiran pati akan mengental sementara air yang terperangkap akan menguap dengan cepat, menyebabkan adonan mengembang dan memenuhi cetakan (gelatenisasi). Waktu pemanasan gelatenisasi dapat mempengaruhi viskositas pati, dimana semakin lama prosesnya maka viskositas semakin tinggi (Perdana, 2018). Sedangkan pada temperatur gelatenisasi, jika melewati suhu optimum, maka pati akan membentuk pasta (Yudanto, 2020). Karakteristik gelatenisasi pada tapioka adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.** Karakteristik Gelatenasi Pati Jagung dan Pati Tapioka

Properties**	Corn starch	Cassava starch
Paste initial temperature (°C)	81.4	63.8
Temperature of the maximal viscosity peak (°C)	90	64.5
Maximal Brabender Viscosity (B.U.)	280	950
Viscosity after 20 minutes at 90 °C (B.U.)	280	310
Viscosity on cooling at 50 °C (B.U.)	310	410

\*Starch suspension at 6% (DBW); \*\*average values determined from Brabender amylograph curves.

Berdasarkan tabel diatas, menunjukkan suhu gelatenisasi pati tapioka berkisar antara 64 – 65°C. Hal ini menunjukkan bahwa pembuatan *biofoam* berbasis pati yang dimasak melebihi suhu optimum cenderung meningkatkan daya serap air. Pemasakan pada waktu 90 menit menghasilkan daya serap lebih tinggi dibandingkan pemasakan pada waktu 30 menit yaitu 28,50% untuk suhu gelatenisasi 130°C dan 23,84% untuk suhu gelatenisasi 70°C.

#### *Hubungan Rasio Pati:Selulosa terhadap Sifat Biodegradasi (Biodegradation Test)*

Proses pencetakan dan pengovenan *biofoam* tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Hal ini sudah ditunjukkan pada tabel bahwa efek utama pada penyerapan air adalah Rasio Pati:Selulosa dengan nilai -0,10. Secara visualisasi produk *biofoam* yang dihasilkan berdasarkan variasi kondisi operasi dan rasio bahan adalah sebagai berikut :

**Tabel 6.** Visualisasi *Biofoam* dengan Variasi Kondisi Operasi

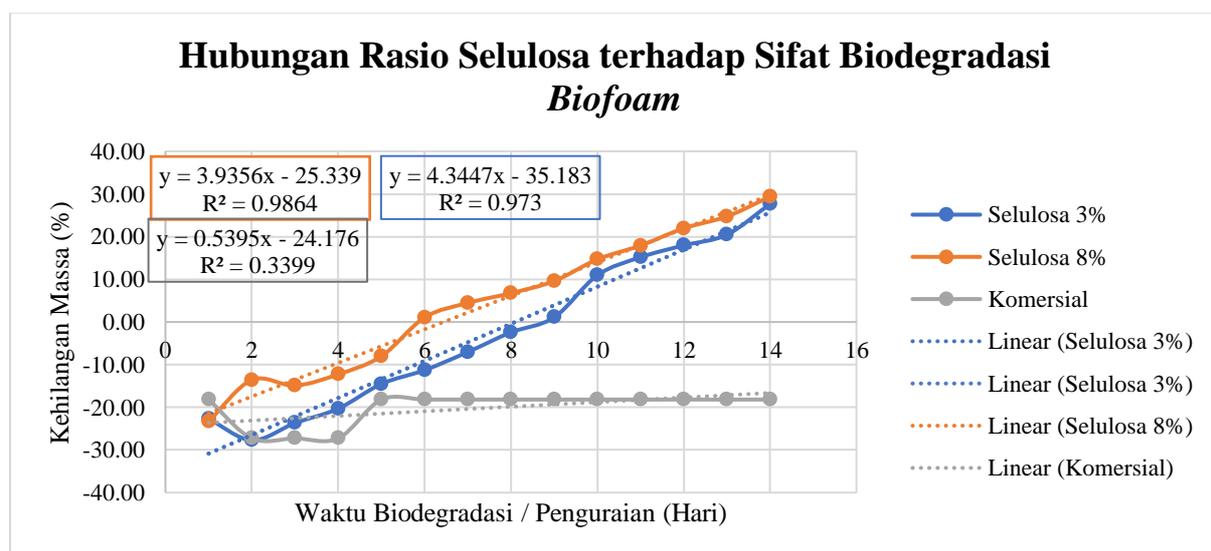
Kondisi Operasi		Penampakan Visual <i>Biofoam</i>	
Temperatur (oC)	Waktu (Menit)	Selulosa 3%	Selulosa 8%
70	30	Warna putih tepung, tekstur lunak kasar lengket di cetakan, retak dibeberapa bagian	Warna putih tepung, tekstur lunak kasar lengket di cetakan
130	30	Warna putih gading, tekstur kasar bergelombang, lepas dari cetakan, retak dibeberapa bagian	Warna putih gading, tekstur kasar bergelombang, lepas dari cetakan

70	90	Warna putih tepung, tekstur lunak kasar lepas di cetakan, retak di beberapa bagian	Warna putih tepung, tekstur lunak kasar lepas di cetakan
130	90	Warna putih gading, tekstur kasar bergelombang, lepas dari cetakan, retak di beberapa bagian	Warna putih gading, tekstur kasar bergelombang, lepas dari cetakan

Berdasarkan tabel produk *biofoam* dengan kondisi terbaik yaitu pada waktu pemasakan selama 90 menit dengan temperatur 70°C dengan rasio selulosa 8%. Pada hasil produk *biofoam* yang dihasilkan masih belum sesuai dengan *biofoam* yang menggunakan teknologi *thermopressing* dimana tingkat tekstur *biofoam* pada penelitian masih cenderung keras dan kaku yang seharusnya produk tersebut bertekstur seperti busa dan tidak kaku.



Gambar 4. Visual *Biodegradable Foam* yang dihasilkan



Gambar 5. Grafik Hubungan Rasio Selulosa terhadap Sifat Biodegradasi *Biofoam*

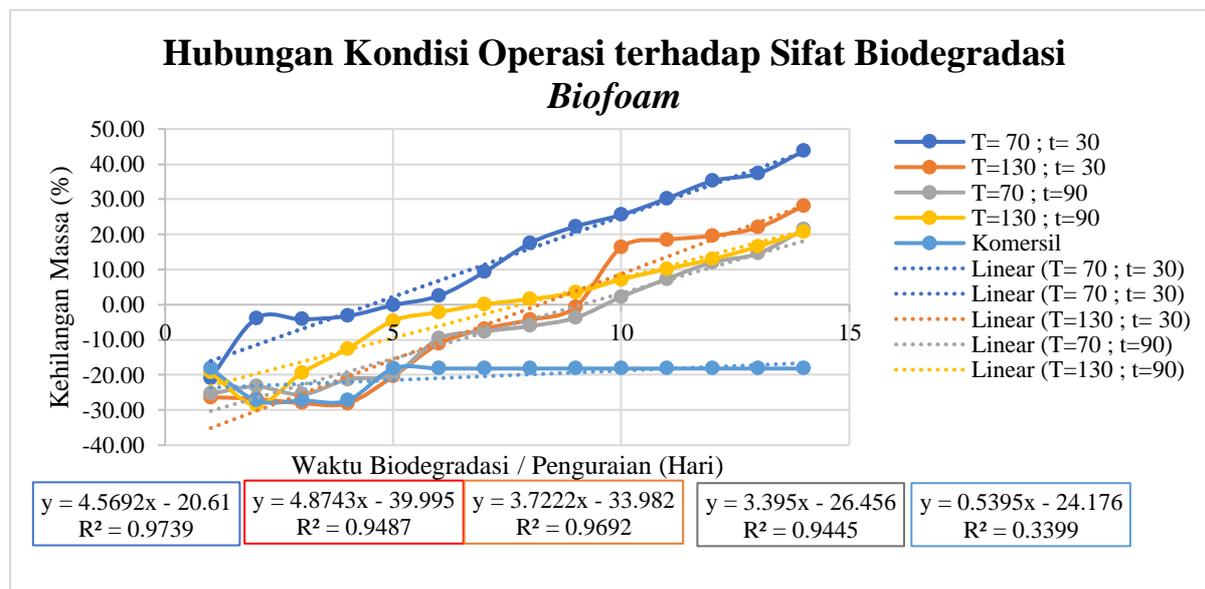
Uji biodegradabilitas yaitu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui baik tidaknya *biofoam* tersebut dapat oleh lingkungan. Terdapat beberapa proses biodegradabilitas yaitu hidrolisis (penguraian kimiawi), bakteri/jamur, enzimatik (penguraian enzimatik), angin dan abrasi (penguraian mekanis) dan cahaya (penguraian optik) (Nurfitasari, 2018; Ruscahyani,

2020). Pengujian biodegradasi dalam penelitian ini dilakukan dengan Kondisi aerobik menggunakan bakteri tanah dengan metode uji *soil burial* variasi rasio selulosa 3% dan 8%.

Berdasarkan grafik diatas, kemampuan biodegradasi *biofoam* dapat terdegradasi setelah hari ke 9. Hasil penelitian ini memiliki laju degradasi lebih cepat dibandingkan dengan penelitian Sipahutar (2020) dimana *biofoam* campuran dari pati biji durian dan nanosat selulosa ampas teh baru terdegradasi setelah 28 hari dengan metode yang sama. Hasil persentasi kerusakan pada rasio selulosa 3% sebesar 27,66% pada hari ke 14 sedangkan kerusakan pada rasio selulosa 8% sebesar 29,39%. Berdasarkan kajian (Ritonga, 2019; Sipahutar, 2020) penambahan selulosa sebagai bahan pengisi dapat mempengaruhi persentase kerusakan *biofoam* dalam tanah karena selulosa adalah *biofiller* yang dapat membuat *biofoam* mudah terurai dalam tanah serta merupakan senyawa organik dengan ikatan gugus fungsi C = C aromatik dan C=O karbonil hidrofilik ini dapat mengikat molekul air di lingkungan sekitarnya dan mempercepat dekomposisinya.

Berdasarkan data standar internasional ASTM 5336 menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk *Styrofoam* komersil terdegradasi yaitu 60 hari. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian pada *Styrofoam* komersil dengan persentasi -18,18% dalam 14 hari, dimana penyebab penambahan berat bisa jadi adanya air dari dalam tanah yang terserap oleh *Styrofoam* sebelum terurai oleh bakteri tanah. Dibutuhkan waktu lebih lama agar *Styrofoam* dapat terdegradasi. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *biofoam* lebih mudah terurai ketimbang *Styrofoam*.

#### Hubungan Kondisi Operasi terhadap Sifat Biodegradasi (Biodegradation Test)



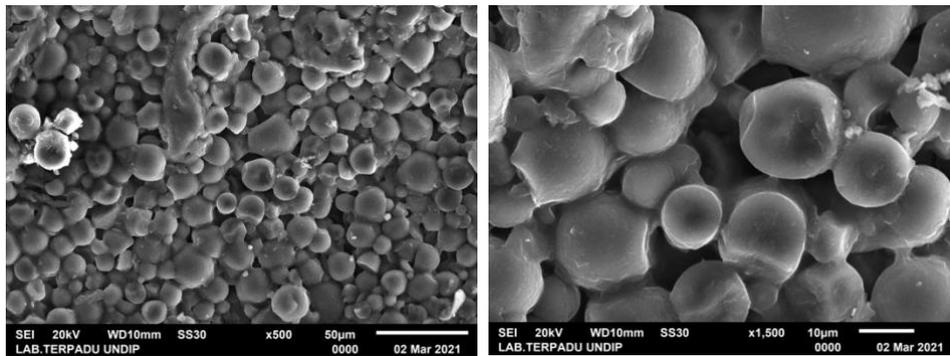
**Gambar 6.** Grafik Hubungan Kondisi Operasi terhadap Sifat Biodegradasi *Biofoam*

Berdasarkan grafik diatas suhu dan waktu pengeringan dapat mempengaruhi sifat biodegradasi. Pada hasil tersebut *biofoam* dengan penyusutan massa tertinggi terdapat pada perlakuan suhu 70°C dengan lama pengeringan 30 menit sebesar 43,74%, sedangkan hasil terendah terdapat pada perlakuan suhu 130°C dengan lama pengeringan 60 menit sebesar 20,76%. Berdasarkan hasil ini, kita dapat menyimpulkan bahwa semakin tinggi suhu menyebabkan kemampuan biodegradabilitas produk semakin tinggi. Sama dengan suhu, semakin lama waktu pengeringan produk menyebabkan kemampuan biodegradabilitas produk semakin tinggi. Hal tersebut karena saat pada suhu yang lebih tinggi, partikel *biofoam*

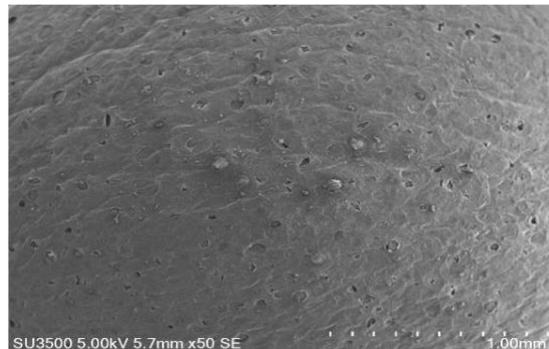
mengalami banyak transformasi fisik dan kimia, membuat *biofoam* lebih homogen, strukturnya lebih dekat satu sama lain dan menyulitkan komponen bio-foam untuk didegradasi oleh mikroorganisme. (Epriyanti et al., 2016).

Dari data standar internasional ASTM 5336 menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk *Styrofoam* komersil terdegradasi yaitu 60 hari. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian pada *Styrofoam* komersil dengan persentasi  $-18,18\%$  dalam 14 hari, dimana penyebab penambahan berat bisa jadi adanya air dari dalam tanah yang terserap oleh *Styrofoam* sebelum terurai oleh bakteri tanah. Dibutuhkan waktu lebih lama agar *Styrofoam* dapat terdegradasi. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *biofoam* lebih mudah terurai ketimbang *Styrofoam*.

#### Karakterisasi Sifat Morfologi Scanning Electron Microscopy (SEM) Biodegradable Foam



**Gambar 7.** Hasil Karakterisasi *Biofoam* menggunakan Analisa SEM



**Gambar 8.** Hasil Karakterisasi *Styrofoam* menggunakan Analisa SEM

Karakterisasi *biofoam* dilakukan menggunakan metode SEM EDX (*Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X – Ray*) dilakukan untuk melihat struktur morfologi. (Sipahutar, 2020). Morfologi *biofoam* memungkinkan untuk menentukan struktur dan ketebalan *biofoam*. (Irawan et al., 2018). Ukuran diameter sel mempengaruhi ukuran sel *foam* pada saat *baking process* pati dimana *biofoam* akan berkontak dengan panas dari oven, dimana butiran pati akan mengental dan air yang terperangkap lalu menguap dengan cepat, menyebabkan adonan mengembang dan memenuhi cetakan (gelatinisasi) lalu terjadi ekspansi. Semakin besar ekspansi, semakin besar pori-pori sel pembentuk *foam*. Produk *biofoam* yang diuji yaitu menggunakan sampel pada kondisi terbaik yang ditunjukkan gambar a dan b yang dilakukan perbesaran 500 kali dan 1500 kali. Pada gambar tersebut terlihat struktur pada pati, alfa selulosa 8%, dan PVAc 10% pada perbesaran 500 kali terlihat permukaan yang berongga dengan bulatan dari pati dan alfa selulosa yang saling merekat.

Semua *foam* berbahan dasar pati memiliki kandungan sel terbuka yang tinggi yang disebabkan oleh proses ekspansi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan *foam*, ukuran matriks/sel, dan distribusi matriks yaitu konsentrasi air, suhu *foaming*, dan konsentrasi bahan pengisi (Rahmatunisa, 2015).

Morfologi permukaan pada sampel *biofoam* pada perbesaran 1500 kali, terlihat permukaan sampel yang berbentuk bulatan – bulatan yang saling melekat dan adanya beberapa rongga. Hal ini menandakan pati tapioka dan alfa selulosa yang terdistribusi dengan baik namun proses pemanggangan yang kurang merata menyebabkan proses gelatenisasi kurang merata dan menyebabkan pati tidak terbentuk pasta dengan baik dan ikatan antarfasa antara bahan pengisi alfa selulosa dan matriks berupa pati tapioka dan PVAc yang masih kurang (Sipahutar, 2020).

Magnesium stearate yang digunakan pada penelitian ini berfungsi sebagai *demolding agent*, yaitu pencegah lengketnya campuran dengan cetakan agar mudah dilepaskan. Sifat dari magnesium stearate yang tidak larut dalam campuran akan tetap berbentuk gumpalan serbuk. (Sipahutar, 2020). Hasil analisis *biofoam* menggunakan metode SEM EDX (*Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X – Ray*) pada gambar, diketahui kandungan unsur magnesium (Mg) pada produk *biofoam* sebesar 0,58 (%berat).

Sedangkan pada *Styrofoam* komersil, memiliki struktur yang lebih halus dan tidak terdapat retakan serta pori – pori yang lebih kecil ketimbang dengan sampel *biofoam* yang diuji. Hal ini disebabkan kandungan pada *Styrofoam* yang berupa polimer polistirena yang terdistribusi/terdispersi secara beragam sehingga menghasilkan pori – pori yang sedikit. *Styrofoam* adalah jenis bahan plastik dengan struktur kerapatan butiran rendah, ringan, juga memiliki ruang antar partikel berisi udara yang tidak dapat mentransfer panas, menjadikannya sebagai isolator yang sangat baik. Dari hasil morfologi, dapat disimpulkan bahwa struktur pada *Styrofoam* yang halus dan pori - pori yang lebih sedikit ketimbang produk *biofoam*.

## KESIMPULAN

Penambahan alfa selulosa sebagai bahan pengisi dapat mempengaruhi sifat fisik serta morfologi dari *biofoam* yang dihasilkan. Kondisi optimum yang dihasilkan pada *biofoam* yaitu pada variasi rasio selulosa 8% dengan nilai daya serap air sebesar 26,30% serta sifat biodegradasi dengan nilai sebesar 29,39% dengan waktu degradasi 14 hari. Variasi kondisi operasi proses pembuatan *biofoam* dengan bahan pengisi *alfa* selulosa tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil daya serap air maupun sifat biodegradasi, namun berpengaruh terhadap visual *biofoam* yang dihasilkan. Kondisi optimum dari *biofoam* yang dihasilkan yaitu pada temperatur operasi 70°C dan waktu operasi 90 menit. Hasil analisis morfologi dengan metode SEM EDX, permukaan sampel yang berbentuk bulatan – bulatan yang saling melekat dan adanya beberapa rongga. Hal ini menandakan pati tapioka dan alfa selulosa yang terdistribusi dengan baik namun proses pemanggangan yang kurang merata menyebabkan proses gelatenisasi kurang merata dan menyebabkan pati tidak terbentuk pasta dengan baik dan ikatan antarfasa antara bahan pengisi alfa selulosa dan matriks berupa pati tapioka dan PVAc yang masih kurang.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih oleh penulis kepada Fakultas Sekolah Vokasi Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri yang telah memberikan fasilitas serta kelancaran dalam menjalankan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Agustina, F. (2011). *Modifikasi Tepung Tapioka* [Diponegoro University]. <http://eprints.undip.ac.id/36635/>
- Dewi, I. A., Ihwah, A., Setyawan, H. Y., Kurniasari, A. A. N., & Ulfah, A. (2015). Optimasi Proses Delignifikasi Pelepah Pisang Untuk Bahan. *Sebatik*, 447–454. <https://jurnal.wicida.ac.id/index.php/sebatik/article/download/797/214/>
- Epriyanti, N. M. H., Harsojuwono, B. A., & Arnata, I. W. (2016). Pengaruh Suhu Dan Lama Pengeringan Terhadap Karakteristik Komposit Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 4(1), 21–30.
- Etikaningrum, N., Hermanianto, J., Iriani, E. S., Syarif, R., & Permana, A. W. (2018). Pengaruh Penambahan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit Pada Sifat Fungsional Biodegradable Foam. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(3), 146. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v13n3.2016.146-155>
- Harefa, B. I., Permana, M. M. G., & Ilcham, A. (2019). Pembuatan Bahan Pengemas Alami dari Serat Nanas dan Serat Pandan dengan Pati Sagu sebagai Perikat. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, April*, K11-1-K11-6. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/2868>
- Hendrawati, N., Dewi, E. N., & Santosa, S. (2019). Karakterisasi Biodegradable Foam dari Pati Sagu Termomodifikasi dengan Kitosan Sebagai Aditif. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 3(1), 47. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i1.100>
- Hortikultura, B. P. S. dan D. J. (2019). *Produksi Pisang Menurut Provinsi , Tahun 2015-2019*. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id>
- Iman Saefuloh, Ahmad Rifa'i, Haryadi, Yusvardi Yusuf, Sidik Susilo, A. (2019). Pengaruh Temperatur dan Reduksi Hasil Proses Rolling Terhadap Sifat Mekanik Ultra High Molecular Weight Polyethylene ( UHMWPE ) Sebagai Material Pengganti Lutut Tiruan. *Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. V, No. 1, V(1)*, 105–112.
- Irawan, C., Ahmad Yani Km, J., & Selatan, K. (2018). Biodegradable Foam dari Bonggol Pisang dan Ubi Nagara sebagai Kemasan Makanan yang Ramah Lingkungan. *Chairul Irawan*, 33–42.
- Mustafa A. (2015). Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu (Tapioka) Berbasis Neraca Massa. *Agrointek*, 9(2), 127–133.
- Ningrum, E. O., Ardiani, L., Rohmah, N. A., & Fajar, N. (2019). Modifikasi Biokomposit Kitosan dari Cangkang Rajungan ( Portunus Pelagicus ) dan Pektin untuk Aplikasi Edible Film. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, 25 April*, 4–9.
- Nurfitasari, I. (2018). *PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN DAN GELATIN TERHADAP KUALITAS BIODEGRADABLE FOAM BERBAHAN BAKU PATI BIJI NANGKA (Artocarpus heterophyllus)*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Online, R. W. E. (2019). *Keren, Produksi dan Ekspor Komoditas Pisang Indonesia Membanggakan*. Warta Ekonomi. <https://www.wartaekonomi.co.id/read249493/keren-produksi-dan-ekspor-komoditas-pisang-indonesia-membanggakan>
- Pakartiko, B. (2019). *Sifat Fisik Dan Mekanik Plastik Biodegradable Dari Pati Singkong Dengan Variasi Penambahan Ampas Tebu Dan Gliserol* [Jember University].

<http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/97888%0A>

- Perdana. (2018). Pengaruh Suhu Dan Waktu Terhadap Kuat Tarik Pada Proses Pembuatan Plastik Dari Ganas (Gadung Dan Serat Daun Nanas). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3(1), 16–21.
- Rahmatunisa, R. (2015). *PENGARUH PENAMBAHAN NANOPARTIKEL ZnO DAN ETILEN GLIKOL PADA SIFAT FUNGSIONAL KEMASAN BIODEGRADABLE FOAM DARI TAPIOKA DAN AMPOK JAGUNG* (Vol. 13, Issue 3). Institut Pertanian Bogor.
- Ritonga, A. (2019). *Pembuatan dan Karakterisasi Biofoam Berbasis Komposit Serbuk Daun Keladi yang Diperkuat oleh Polivinil Asetat (PVAc)* [Universitas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/20186>
- Ruscahyani, Y. (2020). *PEMANFAATAN KULIT JAGUNG SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN BIODEGRADABLE FOAM*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Sanhawong, W., Banhalee, P., Boonsang, S., & Kaewpirom, S. (2017). Effect of concentrated natural rubber latex on the properties and degradation behavior of cotton-fiber-reinforced cassava starch biofoam. *Industrial Crops and Products*, 108(December 2016), 756–766. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.046>
- Sipahutar, B. K. S. (2020). *Pembuatan Biodegradable Foam dari Pati Biji Durian (Durio zibethinus) dan Nanoserat Selulosa Ampas Teh (Camellia sinensis) dengan Proses Pemangangan* [Universitas Sumatera Utara]. <http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/25568>
- Soykeabkaew, N., Thanomsilp, C., & Suwanton, O. (2015). A review: Starch-based composite foams. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 78, 246–263. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.014>
- Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., Amalia, R., & Yudanto, Y. A. (2021). Characteristics of Biodegradable Foam (Bio-foam) Made from Cassava Flour and Corn Fiber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012082>
- Suwandi. (2016). Outlook Komoditas Pisang. In B. W. Leli Nuryati (Ed.), *Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura* (Vol. 19, Issue 7). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian. [http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/167090-\[\\_Konten\\_\]-Konten D1900.pdf](http://perpustakaan.bappenas.go.id/lontar/file?file=digital/167090-[_Konten_]-Konten D1900.pdf)
- Yudanto, Y. A. (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), 1–8.