



## ARTIKEL PENELITIAN

Karakterisasi *biodegradable foam* dari tepung tapioka dan ampas tehMeilana Puji Astuti<sup>1,\*</sup> and Heny Kusumayanti<sup>1</sup><sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

Disubmit 20 Desember 2022; direvisi 08 Maret 2023; diterima 17 Januari 2024



**OBJECTIVES** Biodegradable foam, abbreviated as biofoam is a bioplastic packaging made from natural materials as an alternative to styrofoam which is more environmentally friendly. Making biodegradable foam is an attempt to reduce plastic waste in Indonesia. In addition, this biodegradable foam is intended to replace styrofoam which is carcinogenic due to the presence of a chemical, namely styrene. This study aimed to determine the characteristics of biodegradable foam from tapioca flour and tea waste fiber. **METHODS** The method for making biodegradable foam in this study is the baking process. Biodegradable foam is made with a starch:cellulose ratio of 12.5:10.5 grams and 20.5:2.5 grams which will be mold in an oven with an operating temperature of 80°C and 130°C and an operating time of 30 minutes and 60 minutes. The biodegradable foam is then tested for physical and mechanical properties. **RESULTS** The optimum conditions for biodegradable foam in this study were at a cooking temperature of 130°C for 30 minutes with an absorption value of 28.54%. **CONCLUSIONS** A tensile strength value of 0.79 MPa which already met the Indonesian National Standard (SNI) for plastic foam/styrofoam 06-1004-1989 as well as biodegradable properties with a value of 8.99% for 14 days which meets International Standards (ASTM 5336).

**KEYWORDS** Biodegradable foam; tapioca flour; tea waste

**TUJUAN** *Biodegradable foam* atau yang disingkat dengan *biofoam* merupakan kemasan bioplastik yang terbuat dari bahan alami sebagai alternatif pengganti *styrofoam* yang lebih ramah lingkungan. Pembuatan *biodegradable foam* merupakan salah satu upaya untuk mengurangi sampah plastik

di Indonesia. Selain itu, pembuatan *biodegradable foam* untuk menggantikan *styrofoam* yang bersifat karsinogenik karena adanya zat kimia yaitu *styrene*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *biodegradable foam* dari tepung tapioka dan serat ampas teh. **METODE** Metode pembuatan *biodegradable foam* pada penelitian ini yaitu *baking process*. *Biodegradable foam* dibuat dengan rasio pati:selulosa sebesar 12,5:10,5 gram dan 20,5:2,5 gram yang akan dicetak dengan oven dengan suhu operasi 80°C dan 130°C serta waktu operasi (pengovenan) 30 menit dan 60 menit. *Biodegradable foam* diuji sifat fisik dan mekanik. **HASIL** Kondisi optimum yang dihasilkan pada *biodegradable foam* pada penelitian ini yaitu pada suhu pemasakan 130°C selama 30 menit dengan nilai daya serap 28,54%. **KESIMPULAN** Nilai kuat tarik 0,79 Mpa yang sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik *foam/styrofoam* 06-1004-1989 serta sifat biodegradasi dengan nilai sebesar 8,99% selama 14 hari yang sudah memenuhi Standar Internasional (ASTM 5336).

**KATA KUNCI** ampas teh; *biodegradable foam*; tepung tapioka

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, konsumsi plastik semakin lama semakin meningkat. Plastik yang umum digunakan adalah *styrofoam*. *Styrofoam* mempunyai kelebihan yaitu ringan, murah, dapat menjaga keutuhan dan kesegaran bahan yang dikemas, mempunyai ketahanan terhadap suhu panas dan dingin. Dengan kelebihan tersebut *styrofoam* semakin banyak digunakan sebagai kemasan makanan. Namun, *styrofoam* mempunyai dampak buruk, *World Health Organization* (WHO) dan *Environmental Protection Agency* (EPA) menyatakan bahwa *styrofoam* bersifat karsinogen dikarenakan adanya kandungan zat kimia yaitu *styrene*. Zat tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi pemakainya dan dapat menyebabkan kanker (Coniwanti dkk. 2018).

Melihat dampak dari penggunaan *styrofoam*, maka perlu adanya pengganti *styrofoam* sebagai kemasan makanan. Karakteristik kemasan harus mendekati karakteristik *styrofoam*, seperti ringan, kedap air, dan murah. Bahan yang digunakan untuk kemasan alternatif ini harus dapat diperbarui, tidak beracun, dan dapat terurai (Febriani dkk. 2021). Bahan baku yang dapat digunakan pada *biodegradable foam* yaitu pati, sehingga kemasan alternatif *biodegradable* ini secara

\*Korespondensi: meilanapujiastuti@yahoo.com

TABEL 1. Rancangan variabel penelitian pembuatan *biodegradable foam*.

Run	Temperatur (°C)	Waktu pengovenan (Menit)	Rasio tepung tapioka : ampas teh (Gram)
1	80	30	12,5 : 10,5
2	130	30	12,5 : 10,5
3	80	60	12,5 : 10,5
4	130	60	12,5 : 10,5
5	80	30	20,5 : 2,5
6	130	30	20,5 : 2,5
7	80	60	20,5 : 2,5
8	130	60	20,5 : 2,5

alami dapat terurai (Hendrawati dkk. 2019). Tepung tapioka merupakan butiran halus yang berasal dari ubi kayu (singkong) yang dihaluskan dengan komposisi pati yang terkandung sebesar 73-84,9% (Herawati, 2012). Namun, pembuatan *biodegradable foam* dengan hanya menggunakan pati saja dapat menurunkan nilai kekuatan dan nilai resistensi yang rendah terhadap penyerapan air sehingga dibutuhkan penambahan serat untuk meningkatkan nilai kekuatan, fleksibilitas, dan sifat mekanis dari produk *biodegradable foam*. Penambahan serat alami seperti serat selulosa sebagai *biofiller* dapat meningkatkan sifat dari *biodegradable*. Beberapa penelitian yang menggunakan serat yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Coniwanti dkk. (2018) dengan menggunakan serat daun nanas, Etikaningrum dkk. (2018) menggunakan serat tandan kosong sawit, Sipahutar (2020) menggunakan nanoserat selulosa ampas teh, dan Sumardiono dkk. (2021) menggunakan serat limbah batang jagung. Bahan tambahan yang dapat ditambahkan dalam proses pembuatan *biodegradable foam* ini yaitu serat ampas teh. Pemanfaatan ampas teh sebagai *biofiller* pada *biodegradable foam* sangat dimungkinkan karena ampas teh mempunyai kandungan selulosa sebesar 33,54% (Maulana dkk. 2017). Serat selulosa ini berguna sebagai bahan pengisi yang dapat meningkatkan kekuatan mekanik. Sehingga diharapkan *biodegradable foam* yang terbuat dari tepung tapioka dan ampas teh ini dapat memenuhi persyaratan *styrofoam* komersial dan mengurangi pencemaran lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan penelitian

Dalam pembuatan serat ampas teh bahan yang dipakai yaitu ampas teh, aquadest dan NaOH 5%, serta bahan yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable foam* adalah serat ampas teh, tepung tapioka, magnesium stearat 4%, PVA 10% dan aquadest.

### 2.2 Cara penelitian

#### 2.2.1 Persiapan serat ampas teh

Pengolahan serat ampas teh pada penelitian ini merujuk pada penelitian Coniwanti dkk. (2018) yaitu ampas teh yang sudah kering diblender untuk dihaluskan dan diayak lolos 60 mesh. Timbang 50 gr ampas teh yang sudah diblender dan diberi 50 ml aquadest dan NaOH 5%. Campuran tersebut selanjutnya dipanaskan menggunakan *water bath* selama 30 menit dengan suhu 85°C. Setelah itu, ampas teh yang sudah dipanaskan dengan *water bath* disaring dan dicuci dengan air

sampai pH netral. Setelah itu dikeringkan lagi di oven selama 60 menit dengan suhu 105°C.

#### 2.2.2 Pembuatan *biodegradable foam* (biofoam)

Pembuatan *biodegradable foam* pada penelitian ini merujuk pada penelitian Sipahutar (2020) yaitu timbang bahan (tepung tapioka, serat ampas teh, magnesium stearat) sesuai variabel yang digunakan dalam penelitian. Perbandingan massa kering dan massa basah (air) yaitu 30 gram:20 gram. Kemudian campur semua bahan dengan PVA 10% yang telah diencerkan dengan aquadest. Kemudian adonan dituang ke cetakan dan di masukkan ke dalam oven dengan suhu dan waktu sesuai dengan variabel pada Tabel 1.

#### 2.2.3 Analisa daya serap air (water absorption)

Analisis daya serap air terhadap *biodegradable foam* dilakukan dengan mengacu penelitian yang telah dilakukan oleh (Hendrawati dkk. 2016; Sipahutar 2020). Sampel biofoam dipotong dengan ukuran 2,5 x 5 cm kemudian ditimbang dan dicatat sebagai berat sampel awal (Mo). Sampel kemudian direndam di dalam air selama beberapa menit lalu dikeringkan untuk menghilangkan sisa air yang menempel pada permukaan sampel. Sampel ditimbang kembali dan dicatat sebagai berat sampel setelah perendaman (Mt). Perhitungan daya serap air dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Daya Serap (\%)} = \frac{Mt - Mo}{Mo} \times 100\% \tag{1}$$

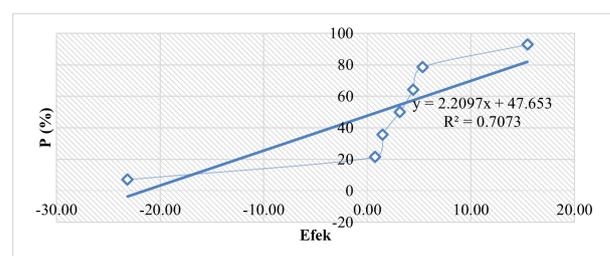
Keterangan :

Mt : Berat sampel setelah perendaman.

Mo : Berat sampel awal.

#### 2.2.4 Analisa biodegradasi

Analisa biodegradasi terhadap *biodegradable foam* mengacu pada penelitian (Hendrawati dkk. 2019; Sipahutar 2020).



GAMBAR 1. Grafik normal probability plot (P vs EfeK) daya serap air biofoam.

Sampel *biofoam* dipotong dengan ukuran 2,5 x 5 cm dan dimasukkan ke dalam desikator. Kemudian ditimbang dan dicatat sebagai berat awal ( $W_0$ ). Kemudian sampel dikubur atau dipendam di dalam tanah yang telah ditambahkan EM-4 selama 14 hari dengan kedalaman 20 cm. Setelah itu sampel diambil, dibersihkan dan ditimbang. Setelah ditimbang, catat sebagai berat akhir ( $W_1$ ). *Weight loss* dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\text{Weight loss (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \quad (2)$$

Dengan,  $W_0$  yaitu berat awal (gram), dan  $W_1$  yaitu berat akhir (gram).

### 2.2.5 Analisa kuat tarik (*tensile atrength*)

Analisa kuat tarik (*Tensile Strength*) terhadap *biodegradable foam* dilakukan merujuk pada (Sipahutar 2020). Alat yang digunakan dalam uji ini yaitu *Ultimate Tensile Machine*. Pengujian ini dilakukan dengan memotong sampel dan menempatkan spesimen pada genggamannya mesin uji. Lalu indikator ekstensi (*extensometer*) dan alat pengukur rengangan melintang dipasang. Kemudian dilakukan pengukuran beban dan tegangan, kecepatan pengujian diatur sesuai dengan laju yang diperlukan. Catat kurva tegangan-beban. Selain itu dicatat juga nilai tegangan dan beban pada saat putus. Kekuatan tarik dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\text{Kekuatan tarik (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{Luas permukaan (A)}} \quad (3)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi sifat fisis *biodegradable foam (biofoam)* yang dibuat dengan bahan baku tepung tapioka dan serat selulosa dari ampas teh dengan menggunakan metode *baking process* (pemanggangan) menghasilkan produk yang ditunjukkan Tabel 2. Penentuan variabel pada penelitian ini menggu-

nakan metode *factorial design* dengan tiga variabel berubah yaitu temperatur operasi (pengovenan), waktu operasi (pengovenan), dan rasio pati:serat selulosa.

Variabel yang paling berpengaruh pada penelitian ini diketahui dengan menggunakan *quicker method*. Metode ini digunakan untuk menghitung efek utama dan efek interaksi pada daya serap air, biodegradasi, dan daya kuat tarik yang dihasilkan oleh *biodegradable foam*.

Tabel 3 menunjukkan bahwa efek utama pada daya serap air *biofoam* ini adalah temperatur operasi yaitu sebesar 3,14 sedangkan efek interaksi pada daya serap air *biofoam* yaitu temperatur operasi dan waktu operasi yaitu sebesar 15,47.

Pada Gambar 1 menampilkan grafik *normal probability plot* untuk daya serap air *biofoam* antara nilai P dengan efek yang diperoleh regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,7073, Artinya 70,73% dari total variasi model bisa diwakilkan dengan persamaan regresi. Persamaan yang menunjukkan korelasi antara nilai daya serap air dan parameter proses penelitian (temperatur operasi) yaitu  $y = 2,2097x + 47,653$ . Dari hasil yang didapat, dapat disimpulkan bahwa temperatur operasi pada penelitian ini merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap daya serap air *biofoam*.

### 3.1 Karakterisasi sifat fisis *biodegradable foam*

#### 3.1.1 Pengaruh rasio pati tepung tapioka dan serat selulosa ampas teh terhadap daya serap air (*water absorption*) *biodegradable foam (biofoam)*

*Biofoam* yang dihasilkan dari tepung tapioka dan serat selulosa ampas teh dengan variasi rasio pati dan serat selulosa dianalisa daya serap air (*water absorption*) dan laju biodegradasi (*biodegradability*) sebagai parameter penentuan karakter fisis *biofoam*. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan apakah *biofoam* yang direndam dalam air akan mengalami kerusakan dalam waktu tertentu. Ketika *biofoam* direndam dalam air, air berdifusi ke dalam bahan *biofoam*. Hal ini harus dihindari karena terlalu banyak air akan merusak struktur material dari dalam dan menurunkan ku-

TABEL 2. Hasil pembuatan *biodegradable foam (biofoam)*.

Run	Variabel Berubah		Interaksi				Output			
	T	t	R	Tt	TR	tR	TtR	Daya Serap Air (%)	Biodegradasi (%)	Kuat Tarik (MPa)
1	-	-	-	+	+	+	-	52.71	11.80	0.75
2	+	-	-	-	-	+	+	44.27	10.29	0.79
3	-	+	-	-	+	-	+	38.89	9.43	0.53
4	+	+	-	+	-	-	-	50.70	15.24	0.55
5	-	-	+	+	-	-	+	29.02	5.15	0.33
6	+	-	+	-	+	-	-	12.82	7.69	0.28
7	-	+	+	-	-	+	-	13.37	9.48	0.34
8	+	+	+	+	+	+	+	38.79	8.04	0.12

Keterangan :

Temperatur Operasi (T)

- = 80°C

+ = 130°C

Waktu Operasi (t)

- = 30 menit

+ = 60 menit

Rasio Pati:Serat Selulosa (R)

- = 12,5:10,5 gram

+ = 20,5:2,5 gram

**TABEL 3.** Hasil perhitungan efek utama dan efek interaksi terhadap nilai daya serap air *biodegradable foam* (*biofoam*).

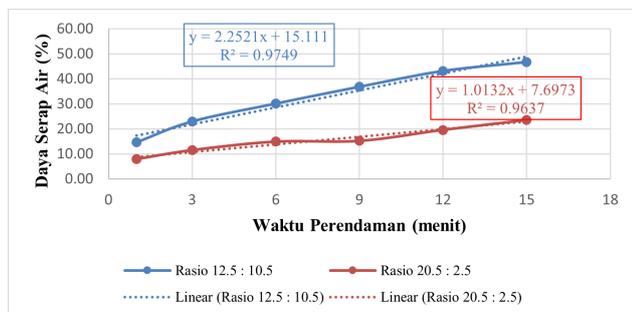
Efek	Nilai	
T	3,14	Efek Utama
t	0,73	
R	-23,14	
Tt	15,47	Efek Interaksi
TR	1,46	
tR	4,43	
TtR	5,34	

**TABEL 4.** Penentuan variabel berpengaruh terhadap biodegradasi *biodegradable foam*.

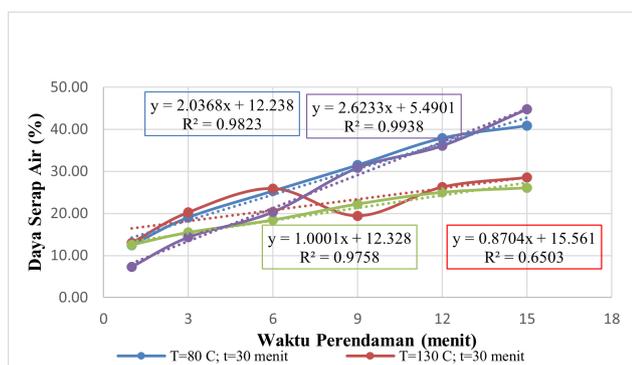
Efek (I)	Identitas Efek	P(%)
-23.14	R	7.142857143
0.73	t	21.42857143
1.46	TR	35.71428571
3.14	T	50
4.43	tR	64.28571429
5.34	TtR	78.57142857
15.47	Tt	92.85714286

alitas *biofoam* yang dihasilkan (Sipahutar 2020).

Dari Gambar 2 terlihat bahwa daya serap air semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu perendaman. Rasio pati dari tepung tapioka dan serat selulosa dari ampas teh menjadi salah satu pengaruh penambahan daya serap pada *biofoam*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sipahutar (2020) nilai daya serap air meningkat dengan bertam-



**GAMBAR 2.** Grafik hubungan rasio pati : serat selulosa terhadap daya serap air *biofoam*.

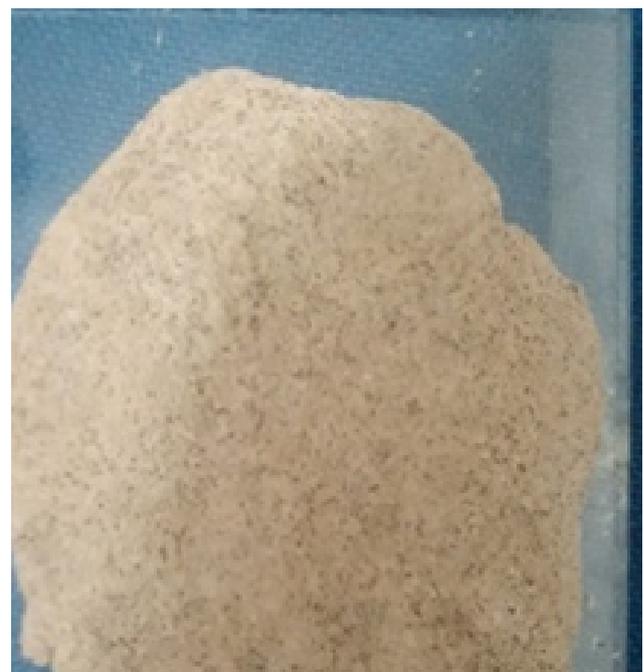


**GAMBAR 3.** Grafik hubungan kondisi operasi terhadap daya serap air *biofoam*.

bahnya komposisi serat selulosa, hal ini disebabkan karena serat selulosa mempunyai sifat higroskopis yang mampu larut dalam air. Peningkatan daya serap air dengan penambahan serat selulosa menunjukkan bahwa serat selulosa memiliki tingkat hidrofilik yang sangat tinggi (Dayangku dan Wan 2011; Sipahutar 2020). Hal tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian ini dimana daya serap air pada *biofoam* dengan rasio pati:selulosa sebesar 12,5:10,5 lebih besar dari *biofoam* dengan rasio pati:selulosa sebesar 20,5:2,5.

Saat perendaman dalam air selama 15 menit, *biofoam* dengan rasio pati:selulosa sebesar 20,5:2,5 menghasilkan daya serap air yaitu 23,50% yang dapat dikatakan lebih baik daripada *biofoam* yang dibuat dengan rasio pati:selulosa sebesar 12,5:10,5 dengan daya serap air yaitu 46,64%.

Sejauh ini belum ada standar nasional (SNI) mengenai nilai acuan untuk produk *biodegradable foam*. Namun, jika dibandingkan dengan *styrofoam*, berdasarkan data dari *Product Information Commercial* mengenai *styrofoam* komersil, daya serap air pada *styrofoam* komersil sebesar 0,3% (Sipahutar 2020), berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik *foam/styrofoam* 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai kekuatan tarik untuk plastik *foam/styrofoam* adalah minimal 0,70 N/cm<sup>2</sup> atau 0,7 MPa dan berdasarkan standar plastik internasional (ASTM 5336) bahwa besarnya nilai biodegradasi untuk *styrofoam* adalah maksimal 60 hari. Hasil daya serap air yang diperoleh dalam penelitian ini masih sangat jauh dari *styrofoam* komersil (0,3%), hal ini disebabkan karena serat alam seperti serat selulosa dari ampas teh mempunyai sifat hidrofilik yang tinggi, sehingga penambahan serat selulosa dari ampas teh yang semakin besar akan menaikkan sifat hidrofilik yang akan menaikkan kadar air *biofoam* dan memiliki penyerapan air yang lebih besar dari *styrofoam* komersial (Sipahutar 2020).



**GAMBAR 4.** Tampilan *biofoam* yang dihasilkan.

TABEL 5. Visual biofoam.

Kondisi Operasi		Visual Biofoam	
Temperatur (°C)	Waktu (Menit)	Rasio 12,5:10,5	Rasio 20,5:2,5
80	30	Warna coklat tua, tekstur agak keras, kasar, tidak sulit diambil dari cetakan.	Warna coklat muda, tekstur lunak kasar, mudah diambil dari cetakan.
130	30	Warna coklat tua, tekstur kasar bergelombang, mudah diambil dari cetakan.	Warna coklat muda, tekstur kasar bergelombang, mudah diambil dari cetakan.
80	60	Warna coklat tua, tekstur keras kasar, mudah diambil dari cetakan.	Warna coklat muda, tekstur keras kasar, mudah diambil dari cetakan, retak di beberapa bagian.
130	60	Warna coklat tua, tekstur keras kasar bergelombang, sulit diambil dari cetakan.	Warna coklat muda, tekstur keras, mudah diambil dari cetakan, retak di beberapa bagian.

TABEL 6. Hasil perhitungan efek utama dan efek interaksi terhadap daya kuat tarik *biodegradable foam* (*biofoam*).

Efek	Nilai	
T	-0.053	Efek Utama
t	-0.153	
R	-0.388	
Tt	-0.048	
TR	-0.083	
tR	0.078	Efek Interaksi
TtR	-0.038	

TABEL 7. Variabel berpengaruh terhadap daya kuat tarik *biofoam*.

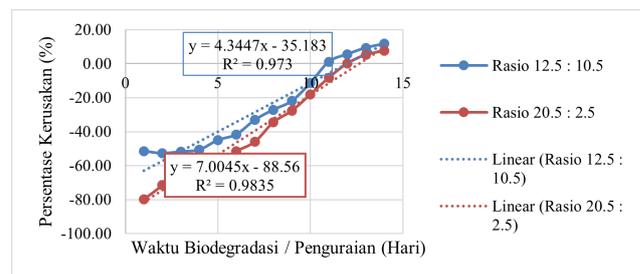
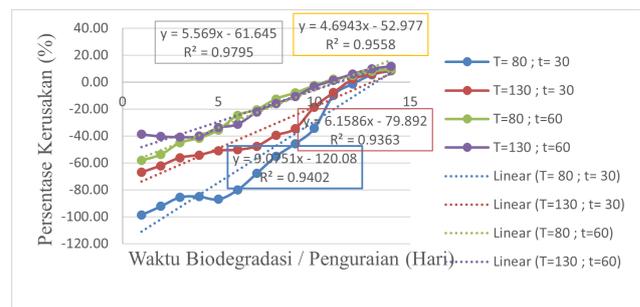
Nomor Order (i)	Efek (I)	Identitas Efek	P (%)
1	-0.388	R	7.142857143
2	-0.153	t	21.42857143
3	-0.083	TR	35.71428571
4	-0.053	T	50
5	-0.048	Tt	64.28571429
6	-0.038	TtR	78.57142857
7	0.078	tR	92.85714286

(jumlah order) = 7.

### 3.1.2 Pengaruh kondisi operasi terhadap daya serap air (*water absorption*) pada *biodegradable foam*

Pada Gambar 3 temperatur dan waktu saat pengeringan dapat mempengaruhi daya serap air. Hal ini dikarenakan butiran pati akan mengental sementara air yang terperangkap akan menguap dengan cepat yang akan mengakibatkan adonan mengembang dan memenuhi cetakan (gelatinisasi). Waktu pemanasan gelatinisasi dapat mempengaruhi viskositas pati, dimana semakin lama prosesnya maka akan mengakibatkan viskositasnya semakin tinggi. Sedangkan pada suhu gelatinisasi, jika melewati suhu optimum, maka pati akan membentuk pasta (Akmala dan Supriyo 2020).

Dalam penelitian ini, variasi penentuan kondisi proses pencetakan *biofoam* dalam oven berpengaruh secara signifikan. Hal ini dibuktikan pada Tabel 3 yang memperlihatkan bahwa efek utama pada nilai daya serap adalah temperatur operasi yaitu sebesar 3,14. Tampilan visual dari *biodegradable foam* yang dihasilkan tertera pada Tabel 5.

GAMBAR 5. Grafik hubungan rasio pati:selulosa terhadap daya biodegradasi *biofoam*.GAMBAR 6. Grafik hubungan kondisi operasi terhadap daya biodegradasi *biofoam*.

Berdasarkan Tabel 5 produk *biodegradable foam* yang dihasilkan dengan kondisi operasi terbaik adalah pada temperatur 130°C selama 30 menit dengan rasio pati:selulosa sebesar 12,5:10,5.

### 3.1.3 Pengaruh rasio pati tepung tapioka:serat selulosa ampas teh dan kondisi operasi terhadap sifat biodegradasi pada *biodegradable foam* (*biofoam*)

Pengujian biodegradasi dilakukan terhadap *biofoam* yang dihasilkan bertujuan untuk mengetahui berapa banyak komponen *biofoam* yang mampu terurai secara alami di tanah.

Berdasarkan Gambar 5, hasil tertinggi persentase kerusakan pada penelitian ini yaitu pada rasio pati:serat selulosa 12,5:10,5 sebesar 11,69% pada hari ke 14 sedangkan kerusakan pada rasio pati:serat selulosa 20,5:2,5 yaitu sebesar 7,59%. Hal ini disebabkan karena semakin banyak serat selulosa yang ditambahkan pada *biofoam* maka akan semakin mudah terurai, karena serat selulosa merupakan *biofiller* yang menyebabkan produk *biofoam* menjadi mudah terurai di tanah bersifat organik (Sipahutar 2020), dimana pada pembuatan *biofoam*

foam pada penelitian ini menggunakan bahan tambahan serat ampas teh yang mengandung selulosa 33,54% (Maulana dkk. 2017). Pada penelitian ini, persentase kerusakan pada *biofoam* mencapai nilai negatif, hal ini diduga karena cairan *Effective Microorganism-4* (EM-4) yang ditambahkan ke dalam tanah sebelum penimbunan *biofoam* dan juga mengandung bakteri fotosintetik (*actinomycetes*) (Yudanto 2020).

Berdasarkan Standar Internasional (ASTM 5336), *styrofoam* membutuhkan waktu 60 hari untuk terdegradasi sepenuhnya. Pada penelitian ini, waktu degradasi *biodegradable foam* selama 14 hari yang mendekati standar yaitu rasio pati:serat selulosa 12,5:10,5 dengan persen terdegradasinya sebesar 11,69% yang mana nilai ini akan terus bertambah dengan seiring berjalannya waktu sampai *biofoam* dapat terdegradasi sepenuhnya di dalam tanah.

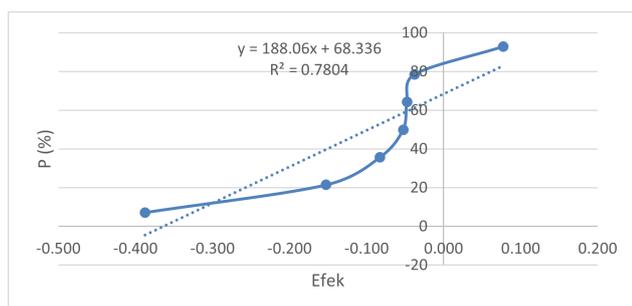
Berdasarkan Gambar 6, hasil tertinggi persentase kerusakan pada penelitian ini yaitu pada perlakuan temperatur 130°C dengan waktu 60 menit sebesar 11,64%, sedangkan hasil terendah pada temperatur 80°C dengan waktu 60 menit. Berdasarkan hasil, dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur yang tinggi menyebabkan kemampuan biodegradabilitas juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan ketika suhu meningkat, mengakibatkan partikel *biofoam* banyak mengalami perubahan fisik dan kimia yang membuat *biodegradable foam* semakin homogen dan strukturnya merapat yang dapat mengakibatkan mikroorganisme sulit mengurai partikel penyusun *biodegradable foam* (Akmala dan Supriyo 2020). Pada penelitian ini, persentase kerusakan pada *biofoam* mencapai nilai negatif, hal ini diduga karena cairan *Effective Microorganism-4* (EM-4) yang ditambahkan ke dalam tanah sebelum penimbunan *biofoam* dan juga mengandung bakteri fotosintetik (*actinomycetes*) (Yudanto 2020).

### 3.2 Karakterisasi sifat mekanik *biodegradable foam* (*biofoam*)

*Biofoam* yang dihasilkan juga dilakukan uji sifat mekaniknya. Adapun pengujian secara mekanik yaitu pengujian kuat tarik (*tensile strength*). Variabel yang paling berpengaruh terhadap daya kuat tarik *biofoam* dianalisa dengan menggunakan *quicker method* melalui perhitungan efek utama dan efek interaksi yang tertera pada Tabel 6 dan 7.

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa efek utama kuat tarik *biodegradable foam* pada penelitian ini yaitu temperatur operasi sebesar -0,053 dan efek interaksi yaitu waktu operasi dan rasio pati:serat selulosa sebesar 0,078.

Pada Gambar 7 dapat dilihat grafik *normal probability plot* antara nilai P dengan efek yang diperoleh regresi ( $R^2$ ) se-



GAMBAR 7. Grafik *normal probability plot* terhadap daya kuat tarik *biofoam* untuk *rasio factorial desain 2<sup>3</sup>*.

besar 0,7804. Hal ini berarti 78,04% dari total variasi model bisa diwakilkan dengan persamaan regresi. Adapun persamaan yang menunjukkan korelasi antara nilai daya kuat tarik dan parameter proses penelitian (temperatur operasi) adalah  $y = 188,06x + 68,336$ . Dari hasil yang didapat, temperatur operasi merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap daya kuat tarik *biofoam*.

#### 3.2.1 Pengaruh rasio pati:serat selulosa dan kondisi operasi terhadap kuat tarik (*tensile strength*) pada *biodegradable foam* (*biofoam*)

Produk *biodegradable foam* dari tepung tapioka dan serat selulosa ampas teh, diuji sifat mekaniknya dengan melakukan uji kuat tarik (*tensile strength*). Tujuan dilakukan uji kuat tarik yaitu untuk mengetahui kuat tarik pada *biofoam* yang dihasilkan (Hendrawati dkk. 2017).

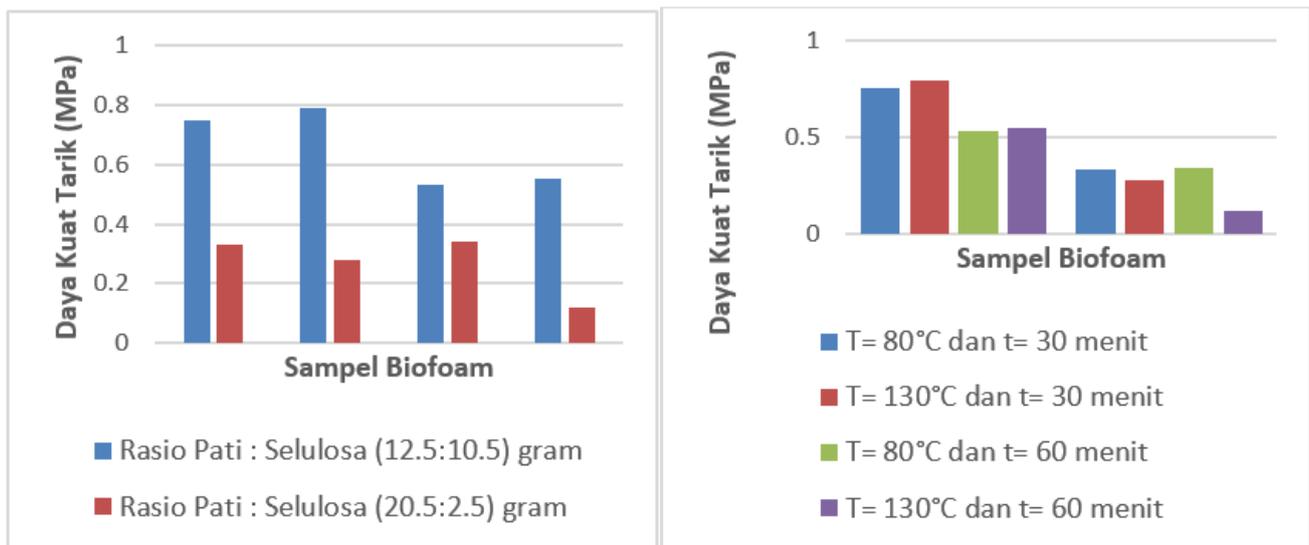
Penambahan serat selulosa dari ampas teh berfungsi sebagai bahan pengisi material untuk memperkuat kuat tarik *biodegradable foam*. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Kaisangsri dkk. 2012; Salgado dkk. 2007) bahwa penambahan serat dapat membantu meningkatkan sifat mekanik dari *biodegradable foam*. Menurut Ga'spa'r dkk. (2005) penambahan serat berperan sebagai *reinforcing filler* karena serat yang ditambahkan akan mengisi celah pada matriks pati sehingga memberikan nilai kuat tekan yang besar.

Dari Tabel 8 terlihat bahwa nilai kuat tarik tertinggi dihasilkan pada sampel 2 dengan rasio pati:serat selulosa 12,5:10,5 gram dengan kondisi operasi temperatur 130°C dan waktu 30 menit dan nilai kuat tarik *biofoam* meningkat seiring dengan bertambahnya komposisi pengisi serat selulosa dari ampas teh. Hal ini dikarenakan ampas teh mempunyai kandungan serat kasar sebesar 20,94% (Kartika dkk. 2012) dan selulosa sebesar 33,54% (Maulana dkk. 2017).

Berdasarkan hasil penelitian ini, hubungan kondisi operasi dengan kuat tarik *biofoam* ditunjukkan pada Gambar 8, dimana sampel dengan nilai kuat tarik yang tinggi saat kondisi operasi 130°C selama 30 menit sebesar 0,79 Mpa, dan nilai terendah kuat tarik pada sampel 8 saat kondisi operasi 130°C selama 60 menit sebesar 0,12 Mpa. Dari data *Product Information Commercial* mengenai sifat mekanik dari *styrofoam* komersial, kekuatan tarik *styrofoam* komersial sebesar 0,1 MPa (Sipahutar 2020) dan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik *foam/styrofoam* 06-1004-1989 bahwa besarnya nilai kekuatan tarik untuk plastik *foam/styrofoam* adalah minimal 0,70 N/cm<sup>2</sup> atau 0,7 MPa. Sehingga produk *biofoam* yang dihasilkan dari pati tepung tapioka dan serat selulosa memiliki kekuatan tarik yang lebih besar dan memenuhi standar kekuatan tarik komersial.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, *biofoam* dari tepung tapioka dan ampas teh berpotensi digunakan sebagai pengganti *styrofoam*. Karakteristik *biodegradable foam* dari tepung tapioka dan ampas teh yang dihasilkan telah dilakukan pengujian daya serap air, biodegradasi dan kuat tarik. Kondisi operasi saat pengovenan dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *biofoam* yang dihasilkan. Kondisi optimum yang dihasilkan pada *biofoam* yaitu pada suhu pemasakan 130°C selama 30 menit dengan nilai daya serap 28,54%, nilai kuat tarik 0,79 MPa dan sifat biodegradasi sebesar 8,99% sela-



GAMBAR 8. Pengaruh rasio pati:serat selulosa dan kondisi Operasi terhadap Daya Kuat tarik (MPa) biofoam.

TABEL 8. Hasil pengamatan daya kuat tarik biofoam.

Sampel	Kondisi Operasi		Rasio Pati:Serat Selulosa (gram)	Tensile Strenght (MPa)
	Temperatur (°C)	Waktu (menit)		
1	80	30	12,5:10,5	0,75
2	130	30	12,5:10,5	0,79
3	80	60	12,5:10,5	0,53
4	130	60	12,5:10,5	0,55
5	80	30	20,5:2,5	0,33
6	130	30	20,5:2,5	0,28
7	80	60	20,5:2,5	0,34
8	130	60	20,5:2,5	0,12

ma 14 hari dengan visual dari biofoam yaitu warna coklat tua, tekstur kasar bergelombang, mudah diambil dari cetakan.

## 5. DAFTAR NOTASI

Mt : Berat sampel setelah perendaman (gram)

Mo : Berat sampel awal (gram)

WO : Berat awal (gram)

W1 : Berat akhir (gram)

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro atas fasilitas yang telah diberikan dalam melaksanakan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmala A, Supriyo E. 2020. Optimasi konsentrasi selulosa pada pembuatan biodegradable foam dari selulosa dan tepung singkong. 01(1):27. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pentana/article/view/11597>.
- Coniwanti P, Mu'in R, Saputra HW, RA MA, Robinsyah R. 2018. Pengaruh konsentrasi NaOH serta rasio serat daun nenas dan ampas tebu pada pembuatan biofoam. Jurnal Teknik Kimia. 24(1):1-7. <https://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/183>.

- Dayangku IM, Wan AWAR. 2011. Tensile and water Absorption Properties of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer (Sifat-sifat Tegangan dan Penyerapan Air oleh Komposit Biosot daripada Kulit Ubi Kayu/Polivinil Alkohol dengan G. Sains Malaysiana. 40(7):713-718. [https://journalarticle.ukm.my/2544/1/07\\_Dayangku\\_Intan.pdf](https://journalarticle.ukm.my/2544/1/07_Dayangku_Intan.pdf).

- Etikaningrum N, Hermanianto J, Iriani ES, Syarief R, Permana AW. 2018. Pengaruh penambahan berbagai modifikasi serat tandan kosong sawit pada sifat fungsional biodegradable foam. Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian. 13(3):146-155. doi:10.21082/JPASCA.V13N3.2016.146-155.

- Febriani H, Kurnia KIF, Pangarso ZD. 2021. Pembuatan dan karakterisasi fisik biodegradable foam pati kulit pisang dan selulosa ampas tebu. Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa. 5:1-13. <https://jurnal.ukmpenelitianuny.id/index.php/jippm/article/view/210>.

- Ga' spa' r M, Ga' spa' r G, Benkt Z, Dogossy G, Re' czey KR, Cziga' nycziga' ny T. 2005. Reducing water absorption in compostable starch-based plastics. doi:10.1016/j.polymdegradstab.2005.03.012.

- Hendrawati N, Dewi EN, Santosa S. 2019. Karakterisasi biodegradable foam dari pati sagu termodifikasi dengan kitosan sebagai aditif. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan. 3(1):47-52. doi:10.33795/JTKL.V3I1.100.

- Hendrawati N, Irna Lestari Y, Anggraini Wulansari Politeknik

- Negeri Malang Jln Soekarno Hatta No P. 2017. Pengaruh penambahan kitosan terhadap sifat biodegradable foam berbahan baku pati the effect of addition of chitosan on the property of biodegradable foam prepared from starch. *Jurnal Reayasa Kimia dan Lingkungan*. 12(1). doi: 10.23955/rkl.v11i2.5002.
- Hendrawati N, Sofiana AR, Widyantini IN. 2016. Pengaruh penambahan magnesium stearat dan jenis protein pada pembuatan biodegradable foam dengan metode baking process. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(2):34–39. doi:10.15294/JBAT.V4I2.4166.
- Kaisangsri N, Kerdchoechuen O, Laohakunjit N. 2012. Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan. *Industrial Crops and Products*. 37:542–546. doi:10.1016/j.indcrop.2011.07.034.
- Kartika ND, Tanuwiria uU, Hidayat R. 2012. Pengaruh tingkat pemberian tepung ampas teh (*Camellia sinensis*) terhadap pencernaan bahan kering (kcbk) dan pencernaan bahan organik (kcbo) ransum sapi potong (in vitro). *Students e-Journal*. 1(1):15. <https://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/891>.
- Maulana I, Iryani A, Nashrianto H. 2017. Pemanfaatan ampas teh sebagai adsorben ion kalsium (Ca 2+) dan ion magnesium (Mg 2+) dalam air sadah. *ResearchGate*. 2017(June):1–7. [https://repository.unpak.ac.id/tukan\\_gna/repo/file/files-20190101070029.pdf](https://repository.unpak.ac.id/tukan_gna/repo/file/files-20190101070029.pdf).
- Salgado PR, Schmidt VC, Molina Ortiz SE, Mauri AN, Laurindo JB. 2007. Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.08.005.
- Sipahutar BKS. 2020. Pembuatan biodegradable foam dari pati biji durian (*Durio zibethinus*) dan nanoserat selulosa ampas teh (*Camellia sinensis*) dengan proses pemanggangan. [[Doctoral thesis]]: .
- Sumardiono S, Pudjihastuti I, Amalia R. 2021. Kajian sifat morfologi dan mekanis biofoam dari tepung tapioka dan serat limbah batang jagung. *METANA*. 17(1):22–26. doi: 10.14710/METANA.V17I1.37911.
- Yudanto YA. 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. <https://ijeast.com/papers/1-8,Tesma508,IJEAST.pdf>.