



## Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas Pada Karakteristik Mekanis dan Termal Biofoam Berbasis Pati Sagu dengan Metode *Thermopressing*

Rozanna Dewi<sup>a,\*</sup>, Novi Sylvia<sup>a</sup>, Zulnazri<sup>a</sup>, Medyan Riza<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

<sup>b</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

\* corresponding author: [rozanna.dewi@unimal.ac.id](mailto:rozanna.dewi@unimal.ac.id)

DOI : 10.20885/ijca.vol6.iss1.art4

### ARTIKEL INFO

Diterima : 02 November 2022  
Direvisi : 08 December 2022  
Diterbitkan : 25 Maret 2023  
Kata kunci : Biofoam, Serat Daun Nanas, Mekanis, Termal

### ABSTRAK

*Biofoam* dapat dijadikan sebagai kemasan alternatif pengganti *styrofoam*. *Biofoam* yang terbuat dari pati dan serat selulosa memiliki sifat dapat terbiodegradasi. Penelitian ini menggunakan serat daun nanas sebagai bahan aditif untuk memperkuat sifat mekanis dari *biofoam*. Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap, pemasakan serat daun nanas, preparasi *biofoam*, dan tahap pengujian pada *biofoam* yang dihasilkan. Adapun uji karakteristik mekanis *biofoam* yang dilakukan adalah uji kuat tarik 1,66 – 2,86 Mpa. Uji komposisi senyawa melalui *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* bersifat hidrofilik yang berikatan dengan air sehingga mudah terdegradasi oleh tanah, karakteristik termal dengan uji termogram DSC sampel *biofoam* serat daun nanas 15 gr menunjukkan pada suhu 98.04 °C terjadi puncak termogram yang menunjukkan perubahan fisika dan hasil analisa TGA menunjukkan *biofoam* memiliki kestabilan termal yang baik. Pada morfologi *biofoam* terlihat gumpalan putih dan lekukan-lekukan pada permukaan yang menunjukkan kelarutan yang tidak terlalu sempurna disebabkan pengaruh waktu pengadukan.

### ARTICLE INFO

Received : 02 November 2022  
Revised : 08 December 2022  
Published : 25 Maret 2023  
Keywords : Biofoam, Pineapple Leaf Fibers, Pati Sagu, Mechanical, Thermal

### ABSTRACT

*Biofoam can be used as an alternative packaging to Styrofoam. Biofoam made from starch and cellulose fibers has biodegradable properties. In this study used pineapple leaf fiber as an additive to strengthen on mechanical properties of biofoam. The research method consists of several stages, cooking pineapple leaf fiber, biofoam preparation, and testing phase on the resulting biofoam. The mechanical characteristics test of biofoam is a tensile strength test of 1.66-2.86 Mpa. Compound composition test through Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) is hydrophilic which binds to water so that it is easily degraded by soil, thermal characteristics with DSC thermogram test of pineapple leaf fiber biofoam sample 15 gr shows at a temperature of 98.04 °C occurs*



---

*peak thermogram showing physical changes. TGA analysis showed that biofoam has good thermal stability. In the morphology of biofoam visible white lumps and grooves on the surface that shows the solubility is not too perfect due to the influence of stirring time.*

---

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan *styrofoam* telah menjadi salah satu dari gaya hidup manusia yang menjadikannya sebagai wadah makanan sekali pakai yang praktis dan mudah digunakan dalam kehidupan sehari-hari. *Styrofoam* memiliki sifat tahan air sehingga tidak mudah bocor, mampu menahan suhu panas dan suhu dingin serta tahan lama. Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) menyatakan bahwa *styrofoam* mengandung stirena yang sangat berbahaya. Selain itu *styrofoam* juga sangat sulit terurai oleh alam dengan mikroorganisme sehingga *Environmentally Protection Agency (EPA)* menetapkan *styrofoam* merupakan urutan kelima penghasil limbah di dunia sehingga membahayakan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu diperlukan menggantikan *styrofoam* dengan *biodegradable foam (biofoam)* yang ramah lingkungan sehingga mudah terurai oleh alam dalam waktu yang singkat, dengan menggunakan sumber pati sebagai bahan dasar pembuatan *biofoam* [1]. Pati memiliki sifat biodegradabilitas yang tinggi, murah, ketersediaan yang melimpah dan sangat cocok dijadikan sebagai bahan dasar *biofoam* untuk pengganti *styrofoam*. *Styrofoam* menghasilkan sampah yang jika dibakar menghasilkan gas-gas berbahaya dan merusak sistem respirasi manusia [2].

Salah satu alternatif untuk menggantikan *styrofoam* adalah *biodegradable foam (biofoam)* [3]. Biopolimer yang aman dan ramah lingkungan menggunakan bahan-bahan alami yang akan digunakan sebagai bahan untuk pembuatan *biodegradable* plastik. Biopolimer yang dapat digunakan adalah pati dan selulosa berbasis produk pertanian atau limbah pertanian. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan *biodegradable foam* sebagai bahan pengganti *styrofoam* yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan pati sebagai bahan dasar. Penggunaan bahan dasar pati pada *biofoam* telah diakui secara luas sebagai salah satu pilihan terbaik untuk aplikasi kemasan sekali pakai [4]. P Luna et al, 2020 menggunakan sorgum (*Sorghum Bicolor L. Moench*) untuk pengembangan *biofoam* karena sorgum memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga menghasilkan sifat mekanik yang baik dan tahan air [5]. Upaya peningkatan kualitas *biofoam* dari pati dikembangkan dengan menggunakan bahan dasar dari sagu. Sagu mengandung 65,7% pati dan sisanya mengandung serat, protein, lemak, dan abu. Pati sagu mengandung selulosa sebagai bahan makromolekul [4].

Pati banyak digunakan sebagai pengental, pengemulsi, dan bahan pengikat dalam makanan dan sektor non-makanan. Karena pati memiliki sifat biodegradasi, biaya rendah, dapat diperbaharui, dan melimpah, maka pati dianggap sebagai "jalur hijau" sebagai bahan baku untuk menghasilkan zat berpori seperti *aerogels*, *biofoams*, dan bioplastik [6]. Meningkatnya permintaan pemakaian biopolimer merupakan hal menarik bagi seluruh dunia. Tepatnya, kawasan Asia-Pasifik telah menggunakan *biofoam* sebagai pengemas makanan, yang telah di diikuti juga oleh Amerika, termasuk Amerika Serikat, Kanada, dan Meksiko [6]. Seperti pada penelitian Chongpeng Qiu et all 2021, membuat *biofoam* berbasis serat bambu yang mengandung sejumlah besar lignoselulosa yang dikonversi menjadi produk bernilai tinggi [7]. Selulosa serat daun nanas sebagai salah satu polimer alami dan bersifat *biodegradable* dalam ukuran nanometer dapat dijadikan sebagai *filler* dalam komposit *Polivinil Alkohol (PVA)* yang diharapkan mampu meningkatkan sifat fisik, termal dan sifat *barrier* film komposit yang setara plastik konvensional.

Coniwanti et al, 2018 melakukan penelitian pengaruh variasi konsentrasi NaOH serta rasio massa serat daun nanas dan ampas tebu terhadap kualitas *biofoam*. Karakteristik *biofoam* tersebut ditandai dengan adanya uji kuat tarik, kuat tekan, daya serap air, kadar air, dan *biodegradable* [10]. Semakin tinggi konsentrasi NaOH nilai kuat tarik, kuat tekan, dan sifat *biodegradable biofoam* naik sampai dengan konsentrasi NaOH 5% dan turun setelah konsentrasi NaOH lebih dari 5% dan

nilai daya serap air dan kadar air *biofoam* semakin rendah. Semakin banyak serat daun nanas dibandingkan ampas tebu maka nilai tarik dan kuat tekan *biofoam* naik pada rasio 75:25 dan nilai daya serap air, kadar air, dan sifat *biofoam* semakin rendah [10].

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh rasio penambahan serat dalam pembuatan *biofoam* berbasis pati dengan menggunakan metode *thermopressing*. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pembuatan *biofoam* serat daun nanas berbasis pati sagu dengan menggunakan konsentrasi NaOH 2.5% dengan rasio massa serat daun nanas 20 gr, 60 gr, 120 gr dan 180 gr. Pada paper ini, penelitian *biofoam* serat daun nanas berbasis pati sagu menggunakan konsentrasi NaOH 5% dengan rasio massa serat daun nanas untuk mendapatkan hasil karakteristik mekanis dan termal yang optimal. Jenis pati yang digunakan yaitu pati sagu dan serat yang digunakan adalah serat daun nanas 15 gr, 30 gr, 45 gr dan 60 gr. Komposisi daun nanas kering yaitu selulosa 69,5-71,5%, petosan 17%, lignin 4%, pektin 1% dan lemak 3% [8]. Variasi berat serat daun nanas yang berbeda digunakan untuk mengetahui karakteristik terbaik *biofoam* yang dihasilkan dari segi sifat mekanik, sifat termal, gugus fungsi dan morfologi.

## 2. METODE

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap, pemasakan serat daun nanas, preparasi *biofoam*, dan tahap pengujian pada *biofoam* yang dihasilkan.

### 2.1 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu, serat daun nanas, magnesium stearat, aquades, dan NaOH. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu blender, oven, termometer, hot plate, pH digital, erlenmeyer, timbangan digital, jangka sorong, mesh 50, pemberat, dan cetakan.

### 2.2 Preparasi Biofoam

Proses pembuatan *biofoam* dilakukan dengan menghaluskan serat daun nanas kemudian dimasak menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 5%. Penggunaan konsentrasi NaOH untuk meningkatkan presentase kadar selulosa dan hemiselulosa. Semakin tinggi konsentrasi NaOH maka presentase selulosa semakin tinggi, dan sebaliknya semakin kecil konsentrasi NaOH maka presentase selulosa semakin kecil juga. Hal ini di karenakan tingginya konsentrasi NaOH dapat mendegradasi polisakarida yang terdapat pada serat daun nanas sehingga jumlah selulosa akan semakin besar [10]. Pemasakan dilakukan selama 1 jam pada suhu 100 °C, kemudian disaring dan dicuci sampai pH netral dan dikeringkan. Setelah serat daun nanas dimasak, ditimbang sesuai rasio serat daun nanas 15 gram, 30 gram, 45 gram, 60 gram, kemudian dicampur dengan pati sagu 100 gram dan magnesium stearat 10 gram. Ditambahkan aquades 60 ml dan diaduk hingga bahan tercampur rata. Kemudian tahap pencetakan menggunakan metode *thermopressing*, dimasukkan adonan sebanyak 100 gram kedalam cetakan dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 170 °C selama 30 menit dengan pemberat 4 kg.

### 2.3 Studi Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas

Sifat mekanis dari *biofoam* menjadi berkurang karena kandungan *filler* yang rendah, menyebabkan sifat *biofoam* mudah rapuh. Salah satu upaya agar menambahkan kekuatan mekanis dari *biofoam* yaitu penambahan serat. *Biofoam* dengan penguat serat yang ditambahkan bisa menggantikan *styrofoam* yang selama ini digunakan oleh kalangan publik yang memiliki dampak buruk bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Penelitian ini menggunakan serat daun nanas sebagai bahan aditif untuk memperkuat sifat mekanis *biofoam* berbasis pati sagu. Serat daun nanas memiliki kandungan selulosa yang tinggi 69,5-71,5; lignin 4,4-4,7; dan pektin 1,0-1,2. Dengan kandungan selulosa yang cukup tinggi maka serat daun nanas dapat dijadikan sebagai pilihan alternatif dalam pembuatan *biofoam*. Daun nanas mempunyai lapisan luar yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Diantara lapisan tersebut terdapat banyak ikatan atau helai-helai serat yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat yang terdapat di dalam daun. Serat daun nanas juga lebih ramah lingkungan dan dapat meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi limbah pertanian.

## 2.4 Karakterisasi dan Pengujian

Karakteristik mekanis *biofoam* serat daun nanas dilakukan dengan uji kuat tarik (*tensile test*), elongasi dan *modulus young*. Uji kuat tarik (*tensile test*) menggunakan standar ASTM D-638 (*American Standard Testing and Material*). Analisa kuat tarik dilakukan dengan menggunakan alat *Mechanical Universal Testing Machine*. Dipotong sampel sesuai dengan ukuran. Kuat tarik dapat ditentukan dengan persamaan 1:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Kuat tarik (MPa)       $F_{maks}$  = Tegangan maksimum (N)  
 $A$  = Luas penampang film yang dikenai tegangan (mm<sup>2</sup>)

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan *Fourier Transformation Infra-Red (FTIR)* bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada *biofoam* yang dihasilkan. Pengujian sifat termal *biofoam* dilakukan dengan analisa *Differential scanning Calorimetry (DSC)* untuk mengetahui energi yang diserap dan *Thermal Gravimetry Analysis (TGA)* untuk mengetahui kestabilan termal *biofoam*. *Scanning electron Macroscopy (SEM)* digunakan untuk menganalisa morfologi permukaan *biofoam* untuk melihat kompatibilitas pati sagu dengan serat daun nanas.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Uji Kuat Tarik

Pengukuran sifat mekanik yaitu kuat tarik (*tensile*), elongasi (*elongation*) dan *modulus young* dilakukan dengan menggunakan *texture analyzer*. Kuat tarik merupakan kemampuan maksimum *biofoam* dalam menahan gaya dari luar sebelum *biofoam* tersebut rusak atau patah. Kerusakan bisa terjadi oleh perpecahan karena tekanan yang berlebihan atau kemungkinan juga disebabkan oleh deformasi struktur. Elongasi dilakukan untuk mengetahui rasio pertambahan panjang pada *biofoam* terhadap panjang awal, sedangkan *modulus young* adalah mengukur nilai elastisitas pada *biofoam*. Nilai kuat tarik berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan elongasi dan *modulus young* sebanding dengan nilai elongasi. Hasil uji kuat tarik dengan berbagai variasi berat serat daun nanas dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini.

TABEL I. Nilai Kuat Tarik pada *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Serat Daun Nanas

No	Berat Serat Daun Nanas (gram)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Young (Mpa)
1	15	1,66	14,40	12
2	30	2,64	15,40	17
3	45	2,86	26,54	17
4	60	2,54	23,22	11

Nilai kuat tarik *biofoam* yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 1,66 Mpa – 2,86 Mpa. Kuat tarik *biofoam* paling rendah adalah *biofoam* serat daun nanas dengan berat 15 gram sedangkan kuat tarik *biofoam* paling tinggi adalah *biofoam* serat daun nanas dengan berat 45 gram. Nilai kuat tarik pada penelitian ini lebih rendah dari pada penelitian yang dilakukan Iriani 2013, yaitu sebesar 37,63 - 43,24 MPa. Penambahan *Polivinyl Alkohol (PVOH)* pada penelitian tersebut yang berkisar antara 10-30%, memungkinkan terjadinya peningkatan pada kuat tarik *biofoam*, namun polimer sintetik dapat menyebabkan laju *biodegradability* dari *biofoam* terhambat sehingga tujuan untuk menghasilkan *biofoam* yang ramah lingkungan tidak dapat tercapai. Selama proses pencetakan, PVOH akan meleleh dan lelehannya tersebut akan mengisi rongga-rongga yang terbentuk selama proses ekspansi [9]. Kuat tarik yang tinggi pada *biofoam* diharapkan, karena *biofoam* dengan kuat

tekan yang tinggi mampu menahan beban, sehingga *biofoam* tidak mudah patah saat dipakai sebagai wadah makanan.

Menurut Coniwanti (2018) rendahnya nilai kuat tarik dapat terjadi karena konsentrasi serat yang ditambahkan terlalu tinggi sehingga kadar selulosa pada *biofoam* yang tinggi dapat menyebabkan kurang bisa menyerap air. Akibatnya air tidak dalam keadaan terikat sehingga adonan *biofoam* menjadi encer. Encernya adonan *biofoam* mengakibatkan *biofoam* yang dihasilkan menjadi rapuh saat dipanaskan sehingga kuat tarik *biofoam* menurun [10]. Pengaruh peningkatan sifat mekanik dari *biofoam* dapat disebabkan juga karena penambahan *plasticizer* dan serat yang berimbang sehingga dapat meningkatkan ketahanan dari *biofoam* tersebut [11]. Arnold Cabanilas et al, 2019 menggunakan serat cangkang nanas, yang dianggap sebagai limbah dalam industri, digunakan sebagai bahan penguat untuk menghasilkan *biofoam* berbasis pati singkong dengan proses pencetakan kompresi. *Biofoam* disiapkan dengan rasio pati/serat dan kemudian dikarakterisasi sesuai dengan struktur mikro dan sifat fisik dan mekaniknya [12]. Dari Tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa penambahan serat pada berat tertentu dapat meningkatkan kuat tarik, namun jika terlalu banyak maka cenderung menurunkan nilai kuat tarik *biofoam*.

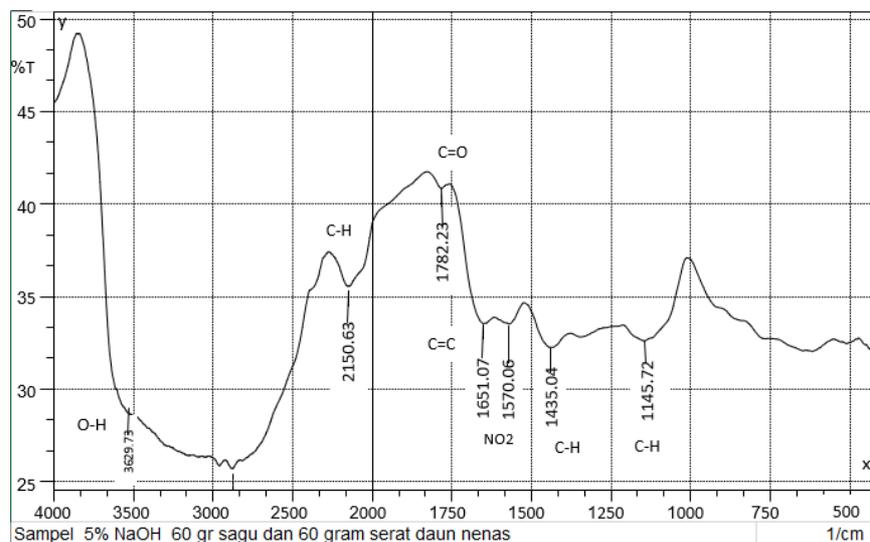
Elongasi bahan merupakan ukuran kemampuan bahan untuk meregang saat ditarik dan menentukan ke elastisan suatu material. Semakin tinggi nilai elongasi maka *biofoam* tersebut semakin elastis sehingga bahan tersebut memiliki nilai mulur yang besar. Dari Tabel 1. dapat diketahui nilai uji elongasi tertinggi terdapat berat serat daun nanas 45 gram dengan nilai elongasinya 26,54%. Setelah konsentrasi tertentu nilai elongasi *biofoam* dengan serat daun nanas menurun. Nilai elongasi yang diperoleh pada *biofoam* berbasis pati sagu dengan menggunakan serat daun nanas adalah 14,40-26,54%. Untuk aplikasi *biofoam* sebagai wadah makanan tidak diperlukan elongasi yang tinggi.

Modulus elastisitas bahan sebanding dengan nilai elongasi, dimana *modulus young* atau modulus elastisitas adalah ukuran kekakuan bahan elastis dan merupakan besaran yang digunakan untuk mengkarakterisasi bahan yaitu berkaitan dengan ukuran tegangan dan regangan suatu benda. Apabila gaya atau tegangan dihentikan maka benda akan kembali seperti semula. Perbandingan tegangan dan regangan konstan dan besarnya konstanta disebut dengan modulus elastisitas. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka bahan akan semakin kaku dan tidak mudah berubah bentuk. Pada penelitian yang dilakukan oleh Resti Marlina, et al 2021 nilai modulus elastisitas yang diperoleh berkisar 5,69 – 45,16 Mpa. Nilai modulus elastisitas pada *biofoam* berbasis pati sagu dengan menggunakan serat daun nanas adalah 11 – 17 Mpa. Penambahan pati dapat mempengaruhi nilai elastisitas karena pati merupakan polisakarida yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan *biofoam* dan berfungsi sebagai pengikat gugus polimer. Semakin banyak pati yang ditambahkan maka *biofoam* yang dihasilkan semakin kaku yang menyebabkan nilai modulus elastisitasnya semakin besar [13].

### 3.2 Uji Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Analisis gugus fungsi dengan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam *biofoam* yang dihasilkan. Sampel ditempatkan ke dalam *set holder*, kemudian dicari *spectrum* yang sesuai. Hasil akan didapatkan difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. Gambar 1. Menunjukkan uji *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* pada sampel *biofoam* serat daun nanas dengan berat nanas 60 gr. Pada Gambar 1. dapat diamati bahwa bilangan gelombang  $3.629,73\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur O-H. Hal ini menandakan bahwa pada selulosa serat kulit nanas hasil sintesa dari *biofoam* terdapat gugus hidroksil -OH yang lebih bebas yang disebabkan oleh berkurangnya atom-atom yang dapat berikatan hidrogen. Gugus -OH pada selulosa yang berasal dari lignin, hemiselulosa maupun dari zat-zat ekstraktif. Puncak serapan pada bilangan gelombang  $2.150,63\text{ cm}^{-1}$  dicirikan sebagai vibrasi ulur C-H pada gugus metil yang terdapat pada pati sagu. Kandungan gugus yang terdapat pada analisa FTIR tersebut merupakan gugus organik, sehingga bahan *biofoam* serat daun nanas bersifat hidrofilik yang berikatan dengan air sehingga mudah terdegradasi oleh tanah. Analisa FTIR mengidentifikasi gugus fungsi dari *biofoam*, unsur-unsur senyawa *biofoam* secara umum dalam bentuk karbon (C) dan hidrogen (H) karena sebagian besar penyusun bahan-bahan yang terdiri dari karbon dan unsur hidrogen [3]. Coniwanti et al, 2018 melakukan analisa FTIR

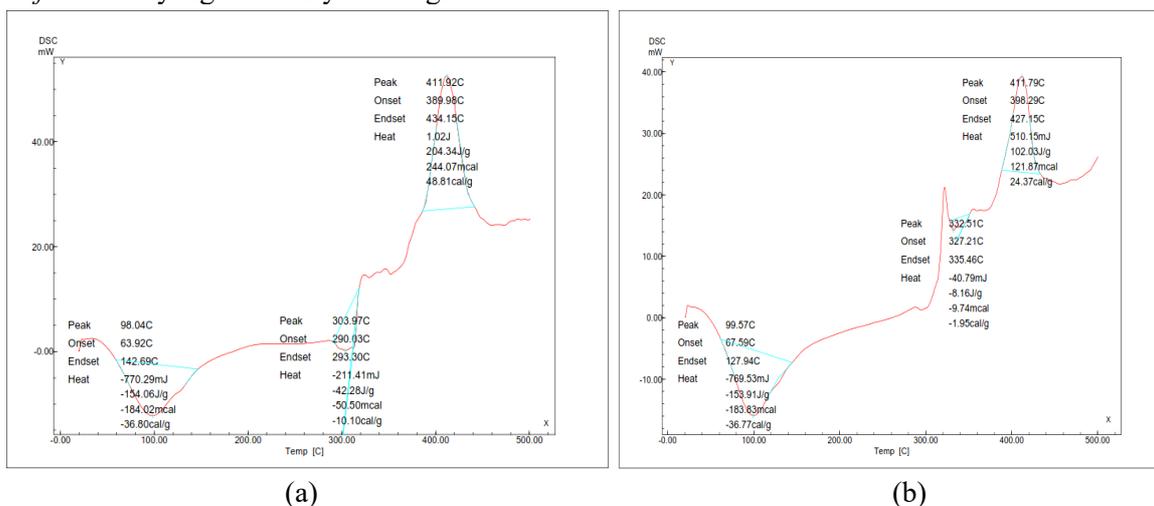
pada biofoam serat daun nanas dan ampas tebu didapatkan bahwa *biofoam* memiliki gugus fungsi C-H, C=C, alkuna, C-N dan O-H. Gugus fungsi yang paling banyak yaitu gugus fungsi alkana. *Biofoam* juga mengandung gugus O-H yang banyak sehingga *biofoam* dapat dengan mudah menyerap air. Gugus O-H ini juga mempengaruhi sifat *biodegradable biofoam* [10].



Gambar 1. Hasil Analisa FTIR pada Biofoam Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas

### 3.3 Uji Differential Scanning Callorimetry (DSC)

Prinsip dasar yang mendasari teknik analisa DSC adalah bahwa ketika sampel mengalami transformasi fisik seperti transisi fase, perubahan panas akan diperlukan untuk mengalir dari referensi dan sampel untuk mempertahankan keduanya pada suhu yang sama. Apakah panas yang dibutuhkan kurang atau lebih yang harus mengalir ke sampel tergantung pada apakah proses ini eksotermik (pelepasan panas) atau endotermik (penyerapan panas). Pada penelitian ini, DSC dilakukan untuk mengetahui seberapa besar energi yang diserap oleh *biofoam*. Hasil pengujian DSC pada *biofoam* dengan serat daun nanas 15 gr dan 60 gr serat daun nanas dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini. Massa penambahan berat dipilih dari variasi massa penggunaan serat daun nanas pada *biofoam* dari yang terkecil yaitu 15 gr dan massa penggunaan serat daun nanas pada *biofoam* dari yang terbesar yaitu 60 gr.



Gambar 2. (a) Hasil DSC *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas 15 gr, (b) Hasil DSC Hasil DSC *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas 60 gr

Salah satu indikator mutu plastik yaitu sifat atau ketahanannya terhadap panas, yang dapat dianalisa dengan DSC. Gambar 2 diatas mengilustrasikan perubahan reversibel yang dimulai dengan material terhidrasi, dehidrasi menjadi proses pertama yang terjadi pada pemanasan dan ditunjukkan oleh suatu *endoterm*. Material terdehidrasi mengalami transisi polimorfik, yang juga *endoterm*, pada suhu yang lebih tinggi. Akhirnya, sampel meleleh, memberikan *endoterm* ketiga. Pada pendinginan, lelehan mengkristal, seperti yang ditunjukkan pada puncak eksotermik, dan perubahan polimorfik juga berlangsung, secara eksotermal, namun rehidrasi tidak terjadi. Bagi proses sejenis ini, bila pada pemanasan adalah endotermik, maka pada proses kebalikannya, yaitu pendinginan haruslah eksotermik.

Pada termogram sampel *biofoam* serat daun nanas 15 gr menunjukkan beberapa artifak yaitu pada suhu 98,04 °C menunjukkan puncak termogram yang sangat tajam. Puncak ini menunjukkan perubahan fisika, yaitu mulai hilangnya gugus air yang masih ada pada hasil sintesis. Diketahui bahwa air mulai menguap pada suhu 100 °C. Dehidrasi ini berhubungan dengan kehilangan molekul H<sub>2</sub>O dari sampel yang terikat secara fisika pada permukaannya. Pada suhu 303,97 °C mulai terjadi puncak endotermik. Hal ini menunjukkan keadaan transisi gelas. Titik ini penting bagi penyusunan kisi-kisi senyawa *biofoam*. Pada suhu 411,92 °C muncul puncak termogram dengan karakter entalpi eksotermik menunjukkan suatu proses kristalisasi. Pada suhu ini, proses penyusunan kisi kisi kristal dari bentuk semula adalah *amorph* telah terjadi.

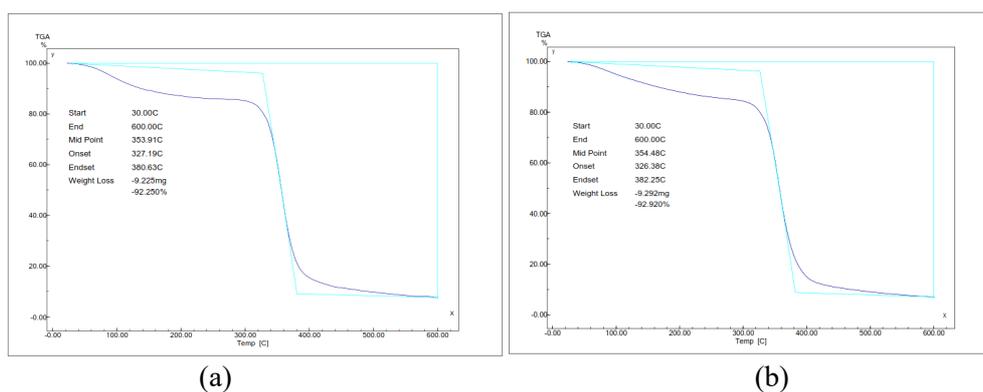
Untuk termogram sampel *biofoam* serat daun nanas 60 gr menunjukkan dehidrasi terjadi pada suhu 99,57 °C, sedikit lebih tinggi dari sampel *biofoam* dengan kandungan serat daun nanas 15 gr. Pada suhu 332,51°C terbentuk puncak yang melandai yang merupakan karakteristik entalpi endotermik dan ini dapat diidentifikasi sebagai transisi gelas. Pada suhu 411,79 °C juga muncul puncak termogram dengan karakter entalpi eksotermik menunjukkan suatu proses kristalisasi. Panas laten peleburan ( $\Delta H$ ) untuk *biofoam* dengan serat daun nanas 15% adalah 204,34 J/g, sedangkan untuk *biofoam* serat daun nanas 60 gr adalah 102,03 J/g. Titik leleh sampel *biofoam* serat daun nanas 15 gr yang diperoleh hampir sama dengan titik leleh sampel *biofoam* serat kulit nanas 60 gr yang menunjukkan bahwa terjadi pembentukan homogenisasi antara pati dan serat daun nanas, jika dibandingkan dengan titik leleh pati sagu yang hanya sekitar 70 °C. Penambahan serat daun nanas dan NaOH kedalam *biofoam* telah meningkatkan titik leleh dari *biofoam* serat daun nanas. Semakin tinggi titik leleh menunjukkan semakin banyak pencampuran serat selulosa yang ditambahkan. Titik leleh dipengaruhi oleh ikatan hidrogen yang terkandung dalam plastik. Semakin banyak ikatan hidrogen dalam *biofoam* maka akan semakin tinggi pula titik lelehnya, karena energi yang dibutuhkan untuk memutuskan ikatan juga akan semakin besar [14].

Penelitian yang dilakukan oleh Yuli Darul et al, 2021 pada pembuatan *biofoam* berbahan baku campuran pati dan batang sorgum menunjukkan titik leleh <sup>TM</sup> pada *biofoam* sebesar 93,25 °C dengan *heatflow* sebesar -15,28 Mw. Pada penelitian ini *biofoam* yang dihasilkan memiliki titik leleh (T<sub>m</sub>) yang cukup rendah sehingga masih belum bisa dijadikan kemasan anti panas [15].

### 3.4 Uji Thermogravimetric Analysis (TGA)

Uji TGA biasanya digunakan untuk menentukan kemurnian sampel, dekomposisi, degradasi termal, reaksi kimia yang melibatkan perubahan berat bahan karena adsorpsi, desorpsi dan kinetika kimia. TGA adalah teknik pengukuran menggunakan variasi berat sebagai fungsi suhu pemanasan. Karakterisasi ini digunakan untuk menentukan kehilangan berat (*weight loss*) atau peningkatan berat sampel (*gas fixation*). Hasil pengujian TGA pada serat daun nanas 15 gr dan 60 gr serat daun nanas dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini. Pengujian TGA diambil dari penggunaan massa serat daun nanas terkecil yaitu 15 gr dan penggunaan massa serat daun nanas terbesar yaitu 60 gr. Kurva yang dihasilkan pada analisis TGA adalah perubahan massa vs temperatur sebagai kurva TGA yang ditunjukkan pada Gambar 3. Kurva TGA merupakan plot dari % penurunan massa pada sumbu y dan peningkatan temperatur pada sumbu x. Gambar 3 menunjukkan pada suhu termal dari masing-masing variasi tersebut telah mengalami proses endotermik karena terjadinya pembentukan antara pati, NaOH, serat selulosa dari bahan yang digunakan *biofoam* serat daun nanas 15 gr dan 60 gr serat daun nanas menunjukkan terjadinya penurunan massa (dekomposisi) pada masing-masing sampel yang dimulai secara perlahan pada suhu 30 °C. Pada suhu ini kehilangan berat di akibatkan oleh kontaminan dan bahan tambahan lain yang terkandung dalam *biofoam*. Kehilangan berat

secara ekstrim dimulai pada suhu 350 °C sehingga 400 °C. Pada kondisi ini sebagian besar bahan terkomposisi dan habis total pada suhu 600 °C. Total *weight loss* untuk kedua sampel sama yaitu 92,92%. Polimer *PVC (Poli Vinil Chlorida)* memiliki kestabilan termal yang lebih rendah yaitu 250 °C dan *PS (Poly Styrena)* memiliki kestabilan yang lebih tinggi yaitu tidak kehilangan berat dibawah suhu 500 °C dan dekomposisi terjadi pada suhu 600 °C. Jika dibandingkan antara *biofoam* yang dihasilkan dengan *PVC* maka ketahanan termal *biofoam* yang dihasilkan lebih baik. Sedangkan jika dibandingkan dengan *PS* maka *biofoam* yang dihasilkan memiliki suhu dekomposisi yang hampir mendekati. Sebuah dataran tinggi yang panjang ditunjukkan pada kisaran suhu 50-350 °C menunjukkan bahwa sampel mempunyai stabilitas termal yang tinggi. Informasi yang dihasilkan oleh kurva TGA ini dapat digunakan untuk memilih material yang cocok pada penggunaan akhir aplikasi, memprediksi performa produk dan meningkatkan kualitas produk *biofoam* yang dihasilkan.

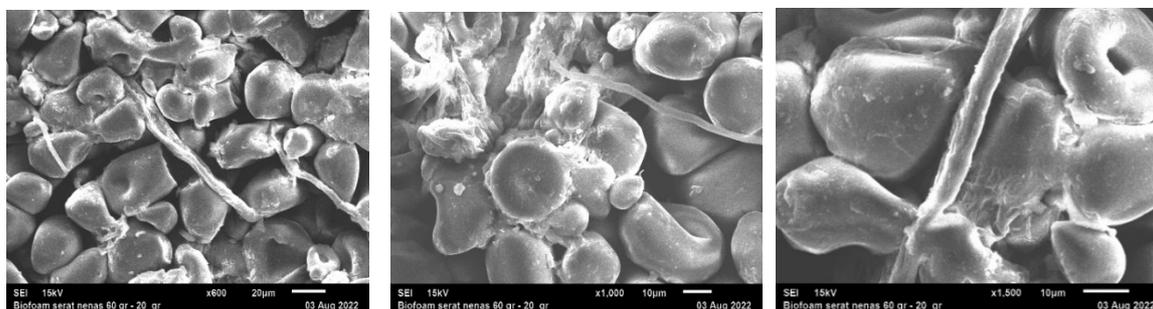


Gambar 3. (a) Hasil TGA *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas 15 gr, (b) Hasil TGA *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas 60 gr

Penelitian yang dilakukan oleh Harunsiyah et al, 2020 pada *biofoam* berbahan pati dengan serat ampas tebu dari hasil analisa TGA yang diperoleh *biofoam* serat ampas tebu pada suhu 387,86 °C terdekomposisi 9,130 mg dan masih bersisa 1,13 mg. perubahan *thermogram* TGA terjadi karena perubahan panas *biofoam* tetapi juga oleh terjadinya reaksi perubahan struktur dan perubahan fasa *biofoam* tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi berat sisa yang terdekomposisi maka semakin bagus pula ketahanan termal *biofoam* tersebut [16].

### 3.5 Uji *Scanning Electron Macroscopy (SEM)*

Hasil dari analisis SEM digunakan untuk menunjukkan morfologi dari partikel *filler* dalam matriks sehingga dapat dilihat bahwa morfologi partikel dalam matriks merata atau tidak merata [3]. Pengujian SEM dilakukan untuk melihat bentuk morfologi dari *biofoam* serat daun nanas 15 gr dan 60 gr seperti dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 4. Hasil SEM *Biofoam* Berbasis Pati Sagu dengan Menggunakan Serat Daun Nanas 15 gr dengan perbesaran 600 kali, 1000 kali, dan 1500 kali



### Daftar Pustaka

- [1] N. Hendrawati, R. Dwi, and A. A. Wibowo, "Biodegradable foam tray based on sago starch with beeswax as coating agent," *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 1073, pp. 012006, 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1073/1/012006.
- [2] S. Sumardiono, Pudhjiastuti, R Amalia, and Y A Yudanto, "Characteristics of biodegradable foam (Bio-foam) made from cassava flour and corn fiber", *IOP Conf. Series: Materials Science & Engineering*, vol. 1053, pp. 0122082, 2021, doi: 10.1088/1755-899X/1053/1/012082.
- [3] G. F. Sari, "The effect of proportion of ganyong starch and waste of straw rice on biodegradable foam production as sustainable packaging", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1041, pp. 012003, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1041/1/012003.
- [4] E. R. M. Saleh, K. A. Rakhman, and S. Samad, "Synthesis of Biofoam From Sago Waste as a Biodegradable Food Storage Candidate", *In First Asian PGPR Indoesian Chapter International e-Conference 2021, KnE Life Science*, pp. 162-169, 2022, doi: 10.18502/kl.v7i3.11117.
- [5] P. Luna, S. Darniadi, A Chatzifragkou, and A Charalampopoulos, "Biodegradable foam based on extracted fractions from sorghum by-products", *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 749, pp. 012057, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/749/1/012057.
- [6] K. J. Falua, A. Fokharel, A. Babaei-Ghazvini, Y. Ai, and B. Acharya, "Valorization of Starch to Biobased Materials: A Review", *Polymers*, vol. 14, pp. 2215, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/polym14112215>.
- [7] C. P. Qiu, X. Zhang, Y. Zhang, Q. Tang, Z. Yuan, C. F. D. Hoop, J. Cao, S. Hao, T. Liang, F. Li, and X. Huang, "Bamboo-Based Biofoam Adsorbents for the Adsorption of Cationic Pollutants in Wastewater: Methylene Blue and Cu(II)", *ACS Omega*, vol. 6, pp. 23447-23459, 2021, <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03438>.
- [8] K. Wahyuningsih, E. S. Iriani, and F. Fahma, "Utilization of Cellulose from Pineapple Leaf Fiber as Nanofiller in Polyvinyl Alcohol Based-Film", *Indonesia J Chem*, vol. 16 no. 2, pp. 181-189, 2016.
- [9] E.S. Iriani, "Product Development Cassava and Corn Hominy Based Biodegradable Foam", *Scientific Repository*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia, 2013.
- [10] P. Coniwanti, R. Mu'in, M. Saputra., R. A. Andre, and R. Robinsyah, "Pengaruh Konsentrasi NaOH serta Rasio Serat Daun Nanas dan Ampas Tebu pada Pembuatan Biofoam", *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya*, vol. 24, 2018
- [11] N. H. P. Rodrigues, J. T de Souza, R. L. Rodrigues, M. H. G. Canteri, S. M K. Tramontin, and A. C. de Fransisco, "Starch-Based Foam Packaging Development from a By-Product of Potato Industrialization (*Solanum tuberosum* L.)", *Applied Sciences*, vol. 10, pp. 1-11, 2020, doi: 10.3390/app10072235.
- [12] A. Carbanilas, J. Nuñez, J.P. Cruz-Tirado, R. Vejarano, D. R. Tapia-Blácido. H. Arteaga, and R. Siche, "Pineapple shell fiber as reinforcement in cassava starch foam trays.", *Polymers and Polymer Composites*, vol. 27 no. 8, pp. 496-506, 2019, doi: 10.1177/0967391119848187.
- [13] R. Marlina, Y. Sumantri, S.S. Kusumah, A. Syarbini, A. Agustina, A. Cahyaningtyas, I. Ismadi, "Karakterisasi Komposit Biodegradable Foam Dari Limbah Serat Kertas Dan Kulit Jeruk Untuk Aplikasi Kemasan Pangan", *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 43(1), pp. 1-11, 2021.
- [14] H.P. O. Gunawardene, C. Gunathilake, S. M. Amaraweera, N. M. L. Fernando, D. B. Wanninayaka, A. Manamperi, A. K. Kulatunga, S. M. Rajapaksha, R. S. Dassanayake, C. A. N. Fernando and A. Manipura, "Compatibilization of Starch/Synthetic Biodegradable Polymer Blends for Packaging Applications: A Review", *Journal of Composite Science*, vol. 5, pp. 300, 2021.
- [15] Y. Darni, A. Aryanti, H. Utami, L. Lismeri, M. Haviz, "Kajian Awal Pembuatan Biofoam Berbahan Baku Campuran Pati dan Batang Sorgum", *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, vol. 02(02), pp. 013-019, 2021.
- [16] H. Harunsyah, R. Sari, M. Yunus, and R. Fauzan, "Pemanfaatan Serat Ampas Tebu Sebagai Bahan Biodegradable Foam Pengganti Styrofoam Sebagai Bahan Kemasan Makanan Yang Ramah Lingkungan", *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 4(1), 2020.

- [17] J. B. Engel, A. Ambrosi, and I. C. Tessaro, “Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 225 pp. 115234, 2019.