

Karakteristik Kemasan Biofoam Berbahan Dasar Pati Umbi Garut dan Selulosa Sekam Padi dengan Penambahan Kitosan

Characteristics of Biofoam Packaging made from Garut Tumber Starch and Rice Husk Cellulose with the addition of Chitosan

Rina Ningtyas¹, Najuari Syawalia², Deli Silvia³, Muryeti^{4*}

^{1,2,3,4} Program Studi Teknologi Industri Cetak Kemasan, Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta

*Muryeti@grafika.pnj.ac.id

ABSTRAK

Kemasan biofoam merupakan kemasan biodegradable yang menjadi alternatif pengganti kemasan styrofoam, yang merupakan jenis kemasan pangan yang tidak dapat terdegradasi di tanah maupun air. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan kemasan biofoam berbahan dasar alami (pati dan selulosa) dengan tambahan kitosan. Penambahan kitosan (1%, 3% dan 5%) dilakukan untuk memperbaiki struktur biofoam dan penghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini menggunakan metode baking, dengan bahan utama yaitu pati garut dan selulosa sekam padi. Uji karakteristik yang dilakukan adalah ketebalan, kecerahan, daya serap air, kuat tarik, antibakteri, biodegradasi, dan analisis FTIR. Hasil penelitian menunjukkan nilai kecerahan dan ketebalan tertinggi terdapat pada kitosan 5% yaitu 93,37%, dan 0,47 mm. Nilai daya serap air terendah pada kitosan 5% sebesar 8,00%. Pengujian kuat tarik tertinggi pada kitosan 5% sebesar 0,22 MPa. Ketahanan terhadap bakteri tertinggi pada kitosan 3% dan 5% memiliki zona hambat 25 mm. Hasil analisis FTIR mengindikasikan kandungan gugus fungsi O-H dan C-O pada biofoam. Biofoam tanpa penambahan kitosan lebih mudah terdegradasi dibanding dengan penambahan kitosan.

Kata kunci — biofoam, kitosan, pati garut, sekam padi

ABSTRACT

Biofoam packaging is biodegradable packaging which is an alternative to styrofoam packaging, which is a type of food packaging that cannot be degraded in soil or water. The aim of this research is to develop natural-based biofoam packaging (starch and cellulose) with the addition of chitosan. The addition of chitosan (1%, 3% and 5%) is carried out to improve the structure of biofoam and inhibit bacterial growth. This research uses the baking method, with the main ingredients namely arrowroot starch and rice husk cellulose. The characteristic tests carried out were thickness, brightness, water absorption, tensile strength, antibacterial, biodegradation and FTIR analysis. The research results showed that the highest brightness and thickness values were found in 5% chitosan, namely 93.37% and 0.47 mm. The lowest water absorption value for 5% chitosan was 8.00%. The highest tensile strength test on 5% chitosan was 0.22 MPa. The highest resistance to bacteria was 3% and 5% chitosan which had an inhibition zone of 25 mm. The results of FTIR analysis indicate the content of O-H and C-O functional groups in biofoam. Biofoam without the addition of chitosan is more easily degraded than with the addition of chitosan.

Keywords — biofoam, chitosan, arrowroot starch, rice husks.

1. Pendahuluan

Hasil Penelitian Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) menunjukkan styrofoam adalah sampah kemasan yang ditemukan lebih dominan dari sampah lainnya [1]. Styrofoam menjadi salah satu limbah berbahaya kelima terbesar di dunia menurut *Environmental Protection Agency* (EPA). Hal ini diakibatkan oleh zat stirena yang terdapat pada *styrofoam* yang diproses menggunakan benzena dapat menimbulkan banyak penyakit [2]. Selain itu, limbah styrofoam tidak dapat terdegradasi oleh lingkungan baik itu tanah maupun air. Salah satu cara untuk mengatasi dampak tersebut yaitu penggunaan kemasan ramah lingkungan dan dapat terdegradasi.

Kemasan *biodegradable* adalah kemasan yang dapat didaur ulang dan dapat terurai secara alami. Bahan yang umumnya digunakan sebagai kemasan *biodegradable* adalah pati. Pati adalah salah satu jenis polisakarida dari tanaman dan bersifat mudah terurai [3]. *Biodegradable foam* (biofoam) menjadi alternatif pengganti styrofoam karena terbuat dari bahan baku alami seperti pati dan juga tambahan serat untuk memperbaiki strukturnya [4]. Pembuatan biofoam tidak menggunakan bahan kimia berbahaya seperti styrofoam yang mengandung benzena dan stirena yang bersifat *neurotoxic* yaitu dapat menyerang saraf [5]. Biofoam yang terbuat dari pati murni memiliki sifat fisik dan mekanik yang kurang baik dan mudah larut dalam air [6], sehingga untuk memperbaiki sifat biofoam dari pati dapat dilakukan dengan menambahkan pemlastis, serat, dan beberapa bahan tambahan lainnya [7].

Penelitian ini akan menggunakan pati garut, yang memiliki kandungan pati yang tinggi sehingga bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan film [8]. Pati garut sudah banyak diteliti sebagai bahan yang berpotensi sebagai kemasan film *biodegradable* [9],[10], tetapi masih belum dieksplor kemampuannya sebagai biofoam. Penelitian ini akan mengembangkan biofoam dengan bahan dasar pati umbi garut sebagai aplikasinya sebagai pengganti styrofoam.

Serat yang berasal dari alam memiliki karakteristik yang kaku dan kuat sehingga dapat untuk dijadikan bahan pengisi [11]. Sekam padi merupakan limbah pertanian yang kurang

digunakan secara optimal. Selain itu, sekam padi memiliki kandungan selulosa sebanyak 58,85% [12] dan disumber lain dikatakan mencapai 59,2% [13]. Penambahan kitosan juga dilakukan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik *biofoam* serta sebagai penghambat pertumbuhan bakteri, hal ini dikarenakan kitosan memiliki kandungan gugus amino polisakarida dan dijadikan sebagai antibakteri [14].

Penelitian ini bertujuan membuat kemasan menggunakan bahan dasar pati umbi garut, dan selulosa sekam padi dengan penambahan kitosan sebagai bahan pembuatan biofoam. Pengembangan biofoam ini diharapkan dapat menjadi kemasan alternatif pengganti styrofoam yang dapat terdegradasi.

2. Metodologi

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pati umbi garut komersial, selulosa sekam padi, magnesium stearate, PVA, gliserol, kitosan, asam asetat, NaOH, larutan hipoklorit, dan aquades. Peralatan yang digunakan antara lain terdiri dari neraca analitik, desikator, oven, cawan kursible, cawan petri, magnetic stirrer, gelas ukur, labu erlenmeyer, blender, mixer, ayakan 100 mesh, spatula, thermometer, pipet volumetric, *thickness gauge*, universal tensile machine, pH meter, dan *spektrodens*.

Penelitian ini terdiri dari tiga proses yaitu pembuatan selulosa sekam padi, pembuatan biofoam, dan pengujian karakteristik biofoam. Pembuatan selulosa sekam padi dilakukan dengan menimbang 800 gram sekam padi dan dikeringkan pada suhu 80°C selama 6 jam, kemudian dihaluskan menggunakan blender. Sekam padi didelignifikasi dengan larutan NaOH 10% selama 2 jam pada suhu 90°C untuk menghilangkan lignin yang masih menempel. Sekam padi dibilas hingga mencapai pH netral, kemudian dilakukan proses bleaching dengan merendam sekam padi menggunakan larutan hipoklorit selama 30 menit. Selulosa sekam padi dibilas kembali hingga pH netral, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 90°C selama 5 jam. Selulosa sekam padi yang sudah kering dihaluskan dan diayak dengan ayakan 100 mesh.

Pembuatan biofoam dilakukan dengan proses pemanggangan atau baking. Kitosan sebanyak 1 gram, 3 gram, dan 5 gram dilarutkan

dengan asam asetat 1% kemudian diaduk sampai homogen. Larutan kitosan, magnesium stearate, 10 gram pati, PVA yang sudah dipolimerisasikan, gliserol, aquades dan 0,3 gram selulosa dimasukan kedalam satu wadah. Bahan-bahan tersebut diaduk menggunakan mixer dengan kecepatan tinggi. Adonan yang sudah tercampur sempurna dicetak pada cawan petri kemudian dioven pada suhu 70°C selama 8 jam. Setelah itu didinginkan dalam suhu ruang selama 5 jam.

Pengujian karakteristik biofoam ini meliputi uji ketebalan, tingkat kecerahan, daya serap air, kuat tarik, antibakteri, uji biodegradasi dan uji FTIR.

2. 1. Uji Ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan dengan alat thickness gauge dengan cara mengukur 5 titik yang berbeda.

2. 2. Uji Kecerahan

Pengujian kecerahan dilakukan dengan alat spektrodens untuk mengetahui nilai L (lightness) dari biofoam yang dihasilkan.

2. 3. Uji Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui kemampuan biofoam untuk menyerap air. Pengujian dilakukan memotong sampel 25 x 50 mm dan ditimbang sebagai berat awal. Sampel direndam kedalam aquades selama 1 menit kemudian dikeringkan menggunakan tisu. Sampel yang sudah dikeringkan ditimbang sebagai berat akhir.

$$DSA (\%) = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

2. 4. Uji Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk mengetahui ketahanan biofoam terhadap tarikan yang diberikan sampai putus. Pengujian dilakukan dengan cara menjepit kedua ujung sampel dengan mesin penguji, menyalakan power dan set up. Sampel ditarik secara perlahan sampai putus [6]. Perhitungan nilai kuat tarik adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F \text{ maks}}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik (N/mm²)

F maks = Tegangan maksimum

A = Luas permukaan (mm²)

2. 5. Uji Antibakteri

Pengujian antibakteri dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dalam menghambat tumbuhnya bakteri. Metode antibakteri yang digunakan adalah metode difusi cakram dengan bakteri *Escherichia coli* (perwakilan Bakteri Gram Negatif) dan *Staphylococcus aureus* (perwakilan Bakteri Gram Positif).

2. 6. Uji Biodegradasi

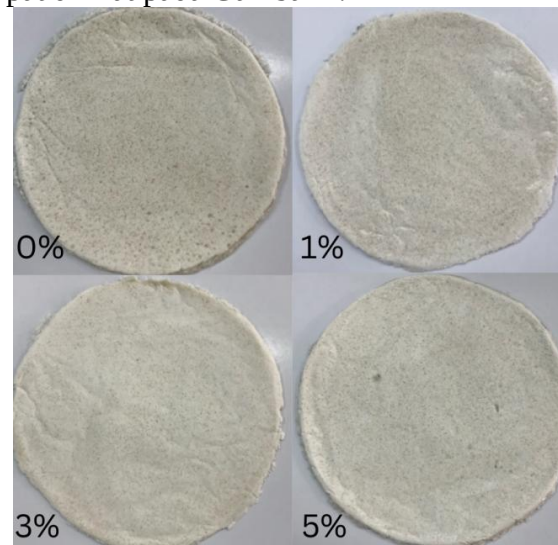
Pengujian biodegradasi dilakukan dengan memotong sampel menjadi 25 x 50 mm kemudian sampel biofoam dikubur selama 14 hari didalam tanah. Penguburan dilakukan didalam ruangan untuk menghindari faktor luar seperti cuaca yang buruk.

2. 7. Uji FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Pengujian ini dilakukan dengan spektroskopi infrared yaitu sebagian radiasi infrared diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan. Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi senyawa yang terdeteksi pada sampel.

3. Pembahasan

Hasil Gambar kemasan biofoam yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 1.

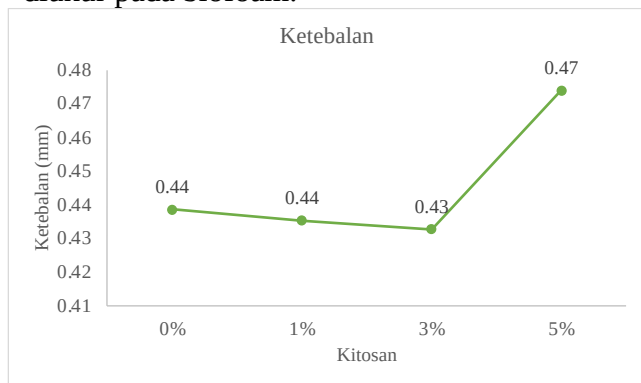


Gambar 1 Kemasan Biofoam pati umbi garut, dan selulosa sekam padi dengan penambahan berbagai konsentrasi kitosan (0%, 1%, 3% dan 5%)

3. 1. Pengujian Ketebalan

Ketebalan biofoam dilakukan dengan mengukur pada lima titik yang berbeda menggunakan alat thickness gauge. Pada gambar

2 merupakan nilai rata-rata dari lima titik yang diukur pada biofoam.

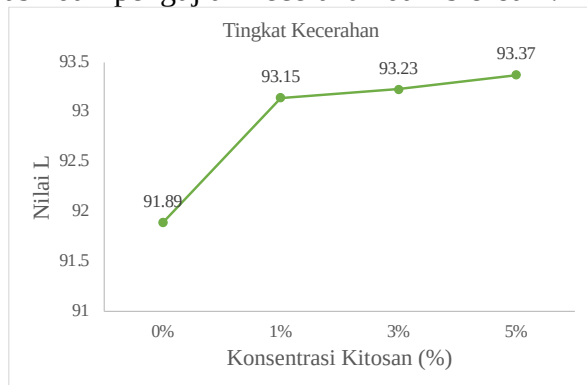


Gambar 2 Hasil ketebalan biofoam

Nilai ketebalan yang dihasilkan berkisar antara 0,43 – 0,47 mm. Pada gambar 2 menunjukkan penurunan nilai ketebalan pada kitosan 3% dan meningkat kembali pada kitosan 5% sebesar 0,04 mm. hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kitosan, akan meningkatkan total padatan pada larutan [15] sehingga membuat biofoam menjadi semakin tebal. Sedangkan terjadinya penurunan ketebalan pada biofoam dimungkinkan karena proses pembuatan biofoam ini dilakukan dengan metode baking yang mengakibatkan ketebalan permukaan yang kurang merata [16].

3. 2. Pengujian Kecerahan

Pengujian tingkat kecerahan dilakukan dengan spektrodens. Parameter yang digunakan adalah L (*lightness*), bila nilai L=0 menunjukkan warna hitam dan apabila nilai L=100 menunjukkan warna putih. Gambar 3 menunjukkan hasil dari pengujian kecerahan dari biofoam.



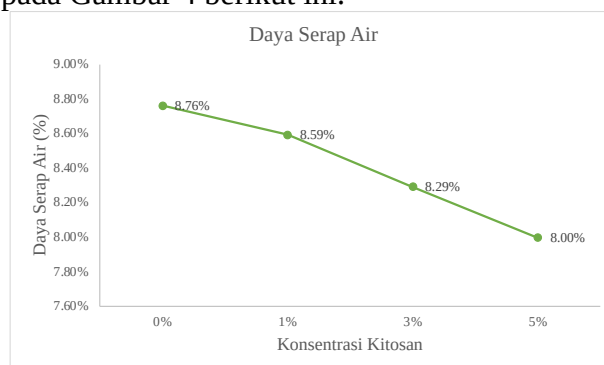
Gambar 3 Hasil pengujian kecerahan

Pada penelitian ini nilai L berkisar antara 91,89 – 93,37. Berdasarkan data diatas, nilai L meningkat seiring dengan bertambahnya kitosan. Nilai L meningkat menunjukkan bahwa

kecerahannya semakin meningkat. Nilai L terendah terdapat pada biofoam tanpa penambahan kitosan, sedangkan nilai L tertinggi terdapat pada kitosan 5%. Nilai kecerahan biofoam memiliki pengaruh terhadap kualitas cetakan yang dihasilkan [17]. Biofoam dengan tingkat kecerahan tinggi akan menghasilkan cetakan yang baik dan memiliki kontras warna yang tinggi [18].

3. 3. Pengujian Daya Serap Air

Daya serap air adalah pengujian untuk mendapatkan kemampuan biofoam dalam menyerap air secara optimum [19]. Pengujian daya serap air dilakukan dengan prosedur ABNT NBR NM ISO 535 dengan cara merendam sampel kedalam aquades kemudian dikeringkan lalu ditimbang. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.

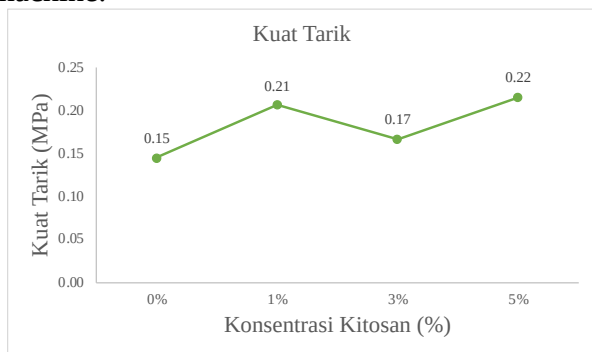


Gambar 4 Hasil pengujian daya serap air

Nilai daya serap air pada penelitian ini sedikit lebih tinggi dari penelitian Nurfitasati yang memiliki nilai daya serap air sebesar 8,14% [20]. Nilai daya serap air berkisar antara 7,99 – 8,76%. Penambahan kitosan berbanding terbalik dengan nilai daya serap air yang dihasilkan. Semakin meingkatnya kitosan, nilai daya serap air yang duhasilkan menjadi turun. Biofoam tanpa penambahan kitosan menunjukkan ketidaktahanan terhadap air yang tinggi, hal ini dikarenakan oleh pati yang memiliki sifat hidrofilik yang menyebabkan banyak air yang terikat [20]. Penurunan nilai daya serap air dikarenakan kitosan memiliki sifat hidrofobik yaitu bisa menolak air masuk kedalam biofoam. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hendrawati [21], semakin bertambahnya kitosan maka daya serap air yang dihasilkan semakin berkurang.

3. 4. Pengujian Kuat Tarik

Uji kuat tarik merupakan kekuatan putus suatu material yang dihitung dengan membagi gaya maksimum yang dapat ditanggung material terhadap luas penampang material [21]. Pengujian kuat tarik dilakukan untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada area biofoam, sehingga ketika digunakan sebagai kemasan tidak mudah putus. Pengujian dilakukan dengan standar ASTM D882 menggunakan alat universal tensile machine.

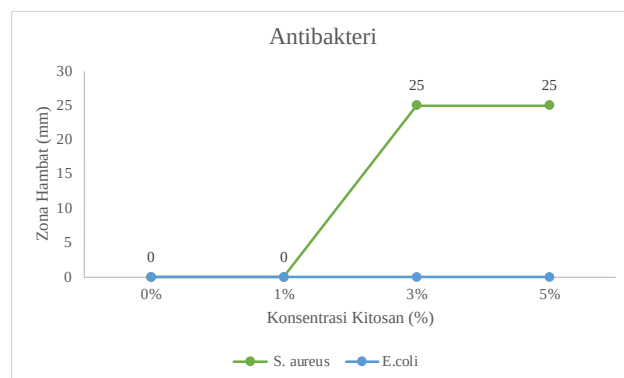


Gambar 5 Hasil pengujian kuat tarik biofoam

Hasil pengujian kuat tarik pada penelitian ini (Gambar 5) berkisar antara 0,15 – 0,22 MPa. Nilai kuat tarik yang paling optimal terdapat pada kitosan 5% dengan nilai 0,22 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik terendah terdapat pada biofoam tanpa penambahan kitosan. Penambahan kitosan memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tarik yang dihasilkan karena kitosan memiliki gugus fungsi amin, hidroksil primer dan sekunder sehingga menyebabkan kereaktifan terhadap kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen yang hidrofobik [21].

3. 5. Uji Antibakteri

Pengujian antibakteri menggunakan metode difusi cakram dengan mengukur zona hambat yang terbentuk, pada dua jenis bakteri perwakilan gram positif (*S. aureus*) dan gram negatif (*E. coli*). Kedua bakteri ini juga merupakan bakteri kontaminan penyebab kerusakan pangan [22]. Pada Gambar 6 menunjukkan adanya aktivitas antibakteri pada sampel *biofoam* yang ditandai dengan zona hambat yang terbentuk disekitarnya.



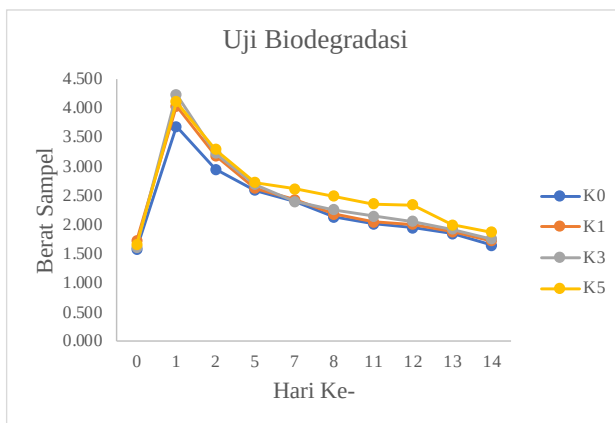
Gambar 6 Hasil pengujian antibakteri

Diameter zona hambat yang paling besar terdapat pada kitosan 3% dan 5%, yaitu masing-masing 25 mm. Sedangkan pada biofoam tanpa kitosan dan kitosan 1% tidak terdeteksi oleh kedua bakteri tersebut. Perbedaan kedua aktivitas bakteri tersebut terdapat pada dinding selnya. Bakteri *S. aureus* memiliki dinding sel tunggal dan relatif lebih mudah masuknya zat-zat yang bisa merusak sel bakteri. Sedangkan bakteri *E. coli* memiliki dinding sel sebanyak tiga lapis (Septiyawati et al., 2020). Tebalnya dinding sel ini menyebabkan sukar masuknya zat-zat yang dapat merusak bakteri.

Hasil ini menunjukkan bahwa biofoam memiliki kemampuan bakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*, namun belum mampu menghambat bakteri *E. coli*. Aktivitas antibakteri dilihat dari sebesar zona hambat yang dihasilkan. Semakin meningkatnya kitosan, maka semakin besar zona hambat yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kitosan mampu menghambat pertumbuhan bakteri.

3. 6. Uji Biodegradasi

Pengujian biodegradasi dilakukan dengan melihat penurunan berat biofoam setelah dikubur selama 14 hari didalam ruangan. Faktor kimia dapat mempengaruhi proses biodegradasi biofoam. Faktor kimia meliputi pH, suhu, kadar air, ketersediaan nutrisi, dan potensi redoks.



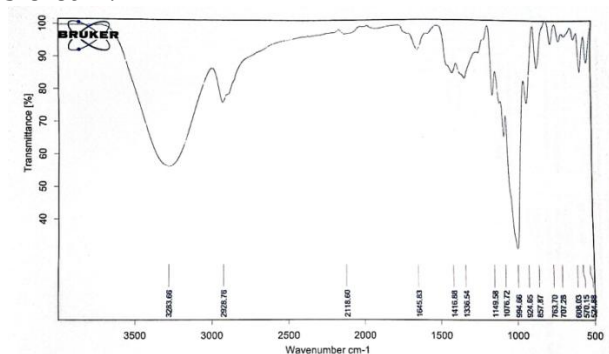
Gambar 7 Hasil uji biodegradasi

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pada hari pertama terjadi peningkatan massa pada biofoam. Hal ini disebabkan karena sampel biofoam menyerap air didalam tanah dan sekitarnya, sehingga sampel biofoam menjadi lembap ketika ditimbang.

Biofoam dengan penambahan kitosan 1%, 3%, dan 5% memiliki nilai berat akhir yang lebih besar adri pada biofoam tanpa penambahan kitosan. Hasil uji biodegradasi biofoam dengan penambahan kitosan lebih sukar terdegradasi dalam tanah. Hal ini disebabkan penambahan kitosan bisa membentuk ikatan hidrogen yang kuat antara NH_3^+ dari kitosan dan OH^- dari pati. Semakin bertambahnya jumlah kitosan maka nilai NH_3^+ semakin meningkat, sehingga *biofoam* menjadi lebih kuat dan tidak mudah terdegradasi oleh lingkungan [21].

3. 7. Uji FTIR

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari sampel biofoam dengan konsentrasi kitosan 5%. Hasil analisis didasarkan dari panjang gelombang puncak-puncak yang menunjukan adanya gugus fungsi yang terdapat pada sampel biofoam.



Gambar 8 Hasil pengujian FTIR

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat hasil spektrum yang diperoleh yaitu adanya serapan 3283.66 cm^{-1} pada sampel biofoam yang menunjukan daerah serapan $3000 \text{ cm}^{-1} - 3500 \text{ cm}^{-1}$ yang mana merupakan daerah khas gugus O-H. Gugus O-H ini mengindikasikan komponen yang berasal dari pati, yakni amilosa dan amilopektin [24]. Selain itu muncul spektrum 1076.72 cm^{-1} , 1149.58 cm^{-1} yang menunjukan daerah serapan $1000 \text{ cm}^{-1} - 1300 \text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah khas gugus fungsi C-O. Spektrum 1336.54 cm^{-1} , 1416.88 cm^{-1} yang menunjukan daerah serapan $1150 \text{ cm}^{-1} - 1460 \text{ cm}^{-1}$ merupakan daerah khas gugus fungsi C-N.

4. Kesimpulan

Semakin meningkatnya penambahan kitosan, maka karakteristik biofoam terhadap ketebalan, tingkat kecerahan, kekuatan tarik, dan antibakteri akan semakin meningkat. Penambahan kitosan berbanding terbalik dengan daya serap air yang dihasilkan, semakin meningkatnya kitosan nilai daya serap air yang dihasilkan menjadi rendah dan akan sulit terdegradasi. Berdasarkan analisis gugus fungsi, adanya gugus O-H dan C-O. Gugus O-H merupakan gugus yang bersifat hidrofilik, dalam hal ini pati pada biofoam memiliki sifat hidrofilik. Sebaiknya pada pengujian biodegradasi waktu penguburan lebih ditambah menjadi 3-6 minggu.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Jakartayang telah memberikan dana Hibah Penelitian Bidang Ilmu dan Pengembangan Institusi (BIL) tahun 2023 atas kesempatan untuk melaksanakan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. M. Setiawan, Suparni, and T. Nurhayati, "Pengetahuan dan Sikap Masyarakat Terhadap Penggunaan Styrofoam Sebagai Wadah Makanan," *Jurnal Sehat Masada*, vol. 16, no. 1, 2022.
- [2] P. Suhaila, "Faktor Yang Berhubungan Dengan Penggunaan Wadah Styrofoam Sebagai Kemasan Makanan Pada Penjual Jajanan Di Kecamatan Medan Johor Kota Medan Tahun 2019," Institut Kesehatan Helvetia, Medan, 2019.
- [3] R. Ningtyas, *Tren Teknologi Kemasan Pangan*. Depok: PNJ Press, 2021.

- [4] B. Sipahutar, "Pembuatan Biodegradable Foam Dari Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus*) Dan Nanoserat Selulosa Ampas Teh (*Camellia Sinensis*) Dengan Proses Pemanggangan," Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [5] N. Suprpto, "Pemanfaatan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Adhesive Untuk Kayu dan Papan Partikel," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [6] N. Hendrawati, E. Novika Dewi, and S. Santosa, "Karakterisasi Biodegradable Foam dari Pati Sagu Termodifikasi dengan Kitosan Sebagai Aditif," vol. 2019, no. 1, pp. 47–52, 2019, [Online]. Available: www.jtkl.polinema.ac.id
- [7] M. P. Paramita, "Pengaruh Variasi Waktu Dan Suhu Proses Thermopressing Pada Pengembangan Biodegradable Foam Berbasis Tapioka Dan α - Selulosa Kulit Singkong," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2019.
- [8] Afriyanti, N. W. Asmoro, and R. Widyastuti, "Karakteristik Edible Film dari Pati Umbi Garut (*Maranta arundinacea*) dengan Penambahan Carboxymethylcellulose Batang Jagung (*Zea mays*) [Characteristics of Arrowroot (*Maranta arundinacea*) Starch Edible Film with the Addition of Corn Stalks (*Zea mays*) Carboxymethylcellulose]," 2021. [Online]. Available: <http://journal.univetbantara.ac.id/index.php/jfap>
- [9] Rr. D. A. Putri, D. Sulistyowati, and T. Ardhiyanti, "Analisis Penambahan Carboxymethyl Cellulose terhadap Edible Film Pati Umbi Garut sebagai Pengemas Buah Strawberry," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 3, no. 2, p. 77, Sep. 2019, doi: 10.30595/jrst.v3i2.4911.
- [10] A. Wijayanti and Harijono, "The Use of Arrowroot Fluor (*Marantha arundinaceae* l) in Edible paper Production With Addition of Sorbitol," 2015.
- [11] Y. Darni, L. Lismeri, G. Devi, M. Hanif, and M. Ridho Ulya, "Pengaruh proses ultrasonikasi terhadap ukuran serat selulosa dari batang sorgum," *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, vol. 01, no. 01, pp. 1–007, 2020.
- [12] Cengristitama and V. Dwi Nur Insan, "Pemanfaatan Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Bioplastik," vol. 14, no. 1, 2020.
- [13] N. Fiqinanti, Zulferiyenni, Susilawati, and F. Nuariny, "Karakteristik Biodegradable Film dari Bekatul Beras dan Selulosa Sekam Padi," *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, vol. 1, no. 2, pp. 283–293, 2022.
- [14] R. Aprianda and T. Rihayat, "Pemanfaatan Kitosan sebagai Biofilm dengan Penambahan Turmeric Essential Oil untuk Meningkatkan Aktivitas Antibakteri," in *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2018, pp. 2598–3954.
- [15] R. Mustapa, F. Restuhadi, and R. Efendi, "Pemanfaatan Kitosan Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Edible Film Dari Pati Ubi Jalar Kuning," 2017.
- [16] S. R. Matondang, "Pembuatan Biofoam Dari Pati Tapioka Dan Serabut Kelapa (*Cocos Nucifera*) Sebagai Alternatif Pengganti Styrofoam," Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 2019.
- [17] M. Nugraha, Ponadi, and N. N. Zahra, "Analysis Of Duplex Cartons Quality Available In The Market," 2021.
- [18] L. Hucadinota, A. Amri, E. Muchtar, and I. Zahra Pradipta, "Kesesuaian Sifat Mutu Kemasan Karton Ivory 250 Gram Berdasarkan Persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) Karton Dupleks," 2020.
- [19] A. Ritonga, "Pembuatan Dan Karakterisasi Biofoam Berbasis Komposit Serbuk Daun Keladi Yang Diperkuat Oleh Polivinil Asetat (PVAc)," Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [20] I. Nurfitasari, "Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gelatin Terhadap Kualitas Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)," Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar, 2018.
- [21] N. Hendrawati, Y. I. Lestari, and P. A. Wulansari, "Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 12, no. 1, p. 1, May 2017, doi: 10.23955/rkl.v11i2.5002.
- [22] S. Goudarzvand Chegini and H. Abbasipour, "Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom, *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*," *Toxin Rev*, vol. 36, no. 1, pp. 12–17, Jan. 2017, doi: 10.1080/15569543.2016.1250100.
- [23] F. Septiyawati, A. Massinai, A. Haris, and M. Mursyid, "Potensi Antibakteri *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli* dari Ekstrak Kasar Bakteri Asosiasi Karang Batu yang Terinfeksi Penyakit Brown Band (Brb)," *BIOMA*, vol. 2, no. 2, pp. 9–17, 2020.
- [24] J. Insan and A. Malik, "Pembuatan Styrofoam Ramah Lingkungan Dari Pati Singkong Dengan Penambahan Tongkol Jagung Sebagai Filler," *Jurnal RISTERA (Jurnal Riset, Inovasi, Teknologi dan Terapan)*, vol. 1, no. 1, 2022.

