



Pengaruh Konsentrasi *Beeswax* Terhadap Karakteristik *Biodegradable Foam* Dari Pati Limbah Kulit Singkong

The Effect of Beeswax Concentration on Characteristics of Biodegradable Foam from Starch Waste Cassava Peel

Emmaria Eunike R*, Nanik Hendrawati

¹ Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

*Corresponding Author. Email: Emmaria.eunike.r@gmail.com; nanik.hendrawati@polinema.ac.id

Received: 2nd September 2022; Revised: 27th January 2023; Accepted: 11th February 2023

ABSTRAK

Biodegradable Foam digunakan sebagai alternatif untuk kemasan atau wadah makanan yang ramah lingkungan. Pati merupakan bahan utama pembuatan *biodegradable foam* karena biayanya murah, mudah ditemukan, tingkat kerapatan rendah, dan *biodegradability*nya tinggi. Namun, *biodegradable foam* dari pati memiliki kemampuan penyerapan air yang tinggi, maka dari itu penambahan *beeswax* (lilin lebah) diharapkan sebagai *coating agent* untuk mengurangi daya serap air. Penelitian ini bertujuan untuk melihat hasil penambahan dari konsentrasi *beeswax* dan lama waktu pencelupan *coating* terhadap karakteristik *biodegradable foam*. Penelitian ini menggunakan pati dari kulit singkong. Konsentrasi dari *beeswax* yang digunakan adalah 5%, dan 6% w/t berat, sedangkan waktu *coating* divariasikan mulai 1,5 ; 2 , 2,5 ; 3 sampai dengan 3,5 menit. Pengaplikasian *beeswax* pada *biodegradable foam* menghasilkan hasil terbaik pada konsentrasi *beeswax* 6% dengan waktu 3 menit, dengan hasil uji *water absorption* sebesar 3,33%, uji *biodegradability* sebesar 57,142 % dan uji kuat tarik sebesar 9,14 MPa.

Kata kunci: Biodegradable, Foam, Beeswax, Cassava peel starch, Coating

ABSTRACT

Biodegradable Foam is used as an alternative to environmentally friendly food packaging or containers. Starch is the main ingredient in making *biodegradable foam* because it is cheap, easy to find, low density, and has high *biodegradability*. However, *biodegradable foam* from starch has a high *water absorption* ability, therefore the addition of *beeswax* is expected as a coating agent to reduce water absorption. This study aims to see the results of the addition of *beeswax* concentration and the length of time of immersion of the coating to the characteristics of *biodegradable foam*. This study used starch from cassava skin. The concentration of *beeswax* used was 5%, and 6% w/t by weight, while the coating time was varied from 1.5; 2, 2,5 ; 3 to 3.5 minutes. The application of *beeswax* on *biodegradable foam* produced the best results at a *beeswax* concentration of 6% with a time of 3 minutes, with a water absorption test result of 3.33%, a *biodegradability* test of 57.142% and a tensile strength test of 9.14 MPa.

Keywords: Biodegradable, Foam, Beeswax, Cassava peel starch, Coating

Copyright © 2023 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Rappitawati, E., & Hendrawati, N. (2023). The Effect of Beeswax Concentration on Characteristics of Biodegradable Foam from Starch Waste Cassava Peel. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 7(1). doi:<http://dx.doi.org/10.32493/jitk.v7i1.24096>

Permalink/DOI: 10.32493/jitk.v7i1.24096



PENDAHULUAN

Styrofoam banyak digunakan kalangan masyarakat karena harganya terjangkau, tidak mudah bocor, ringan, dan mudah didapatkan. Namun, dibalik penggunaan *styrofoam* yang cukup tinggi ternyata berdampak negatif terhadap lingkungan karena *styrofoam* tidak mudah terurai (Tokiwa et al., 2009).

Salah satu upaya dalam mengatasi penggunaan *styrofoam* adalah dengan membuat *biodegradable foam* berbahan dasar pati. Pemanfaatan pati sebagai bahan dasar *foam* telah banyak diteliti oleh para peneliti seperti (Nanik Hendrawati et al., 2019) yang meneliti *biofoam* dari pati sagu dengan penambahan kitosan, (Kamsiati et al., 2017) meneliti *biodegradable* berbahan dasar pati sagu dan ubi kayu, (Febriani et al., 2021) meneliti *biodegradable foam* dari pati kulit pisang dengan selulosa dari ampas tebu, dan (Mabela, 2021) telah meneliti *biodegradable foam* dari limbah biji durian dan tongkol jagung. Pati banyak digunakan karena biayanya yang murah, kepadatan rendah, dan *biodegradability*nya tinggi.

Salah satu sumber pati berasal dari limbah kulit singkong. Kulit singkong menjadi salah satu alternatif limbah padat dari hasil pertanian yang dimanfaatkan sebagai pati. Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, Kabupaten Malang terkenal dengan penghasil singkong terbesar di Indonesia, hasil produksi singkong tersebut bisa mencapai 3,1 juta ton/tahunnya. Maka dari itu, penelitian ini memanfaatkan limbah dari kulit singkong tersebut untuk dilakukan penelitian. Kulit singkong mempunyai kandungan pati sekitar 44 – 59% (Mudaffar, 2020) Penggunaan bahan baku pati dari kulit singkong mempunyai sifat rapuh, kaku dan suka terhadap air, maka dilakukan beberapa penambahan bahan adiktif agar menghasilkan produk *biodegradable foam* sesuai dengan karakteristik yang di harapkan.

Pengamatan (Hendrawati dkk, 2015) terhadap *Biodegradable Foam* terbuat dari pati singkong dengan menambahkan kitosan dengan beberapa sumber protein dari kacang-kacangan dan putih telur menunjukkan bahwa

daya serap air yang dihasilkan masih sangat tinggi $\pm 56,74\%$. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Amalia dkk,2021) menunjukkan bahwa pembuatan *biodegradable foam* dengan menggunakan bahan baku dari tongkol jagung dengan tambahan pati dari tepung tapioka, kitosan, dan gliserol menghasilkan *biodegradable foam* dengan penyerapan air yang tinggi 31,47%.

Berdasarkan uraian penelitian sebelumnya diketahui bahwa permasalahan utama dalam kemasan berbahan dasar pati adalah ketahanan terhadap air yang kurang baik. Solusi untuk masalah tersebut, dapat memakai *beeswax* sebagai bahan pelapis. *Beeswax* mempunyai sifat yang tahan terhadap air, ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan tubuh. *Beeswax* merupakan komponen lemak yang didapatkan dengan membakar sari madu, yang direbus dan disaring untuk mendapatkan lilin. penelitian yang sudah dilakukan (Febriani et al., 2021) dengan membuat *biodegradable foam* dengan bahan dasar pati sagu dan penambahan *beeswax* sebagai pelapis, dan menghasilkan *biodegradable foam tray* dengan penyerapan air sebesar 1,92%. Semakin tinggi konsentrasi *beeswax* dan lama durasi pelapisan, akan berpengaruh terhadap nilai penyerapan air dan *biodegradabilitas*. Sedangkan untuk konsentrasi dan waktu pelapisan tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kuat tariknya.

Dalam penelitian ini, *beeswax* diaplikasikan pada pembuatan *biodegradable foam* berbahan dasar pati limbah kulit singkong. Pengaplikasian *beeswax* pada *biodegradable foam* yang terbuat dari pati yang terbuat dari limbah kulit singkong belum pernah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Penambahan *beeswax* sebagai *coating agent* diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap air pada produk *biodegradable foam*. Kemasan yang tahan dengan air sangat penting karena dapat menjaga kualitas dari produk makanan tersebut. Penelitian ini akan mempelajari tentang pengaruh karakteristik dari penambahan jumlah *beeswax* sebagai pelapisan *biodegradable foam* berbahan dasar pati dari limbah kulit singkong. Untuk analisa hasil *biodegradable foam*



meliputi uji water absorption, uji biodegradability dan uji kuat tarik.

BAHAN DAN METODE

Untuk pembuatan Pati Kulit Singkong menggunakan bahan kulit singkong (lokal) dan Aquades (lokal). Sedangkan bahan membuat *Biodegradable Foam* adalah pati kulit singkong (local), larutan asam asetat (Merck), aquades (local), isolate protein murni (local), gliserol (Merck), magnesium stearate (Merck), karagenan (local), PVOH (Merck) dan kitosan (local). Bahan untuk pelapisan *biodegradable foam* menggunakan beeswax (local), tween 80 (local), dan ethanol (local)

Penelitian ini menggunakan metode *Baking Process* dan dilanjutkan dengan teknik *coating*, dimana terjadi pencampuran antara bahan baku dan aditif lalu setelah menjadi adonan akan dituangkan pada cetakan dan dipanaskan. Setelah *Baking Process* selesai dilanjutkan dengan proses *coating* menggunakan *Beeswax* dengan cara memvariasikan konsentrasi *Beeswax* dengan teknik *coating* pencelupan.

Pembuatan Sampel Pati Kulit Singkong

Pada penelitian ini bahan baku pati yang digunakan dari limbah kulit singkong. Untuk pembuatan sampel pati kulit singkong, kulit singkong ditimbang sebanyak 1 kg kemudian dicuci sampai kotoran - kotoran tanah hilang, lalu kulit singkong di haluskan dengan menggunakan blender dan ditambahkan air 500 ml agar mudah saat di blender. Bubur kulit singkong disaring menggunakan saringan dan dimasukkan ke dalam wadah dan didiamkan \pm 24 jam sampai terdapat endapan dibawah larutan. Setelah 24 jam, keluarkan endapan menggunakan kertas saring dan keringkan endapan di oven dengan suhu 80°C dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam kemudian endapan yang didapat saring untuk memperoleh partikel halus dan sama bentuknya.

Pembuatan Biodegradable Foam

Pembuatan *Biodegradable foam* ini mengacu pada penelitian (Hendrawati, 2019). Pati kulit singkong di oven untuk menghilangkan kadar airnya dan simpan di dalam desikator. Masukkan Isolat protein murni 29% w/w pati, dengan penambahan aquades 40 ml. Lalu di wadah berbeda, kitosan 30% w/w pati dilarutkan kedalam larutan asam asetat pekat sebanyak 10 ml dan tambahkan 40 ml air kemudian diaduk dengan pemanasan 5 menit menggunakan pengadukan lambat sampai larutan homogen. Kemudian ditambahkan ke dalam adonan protein dan air yang telah mengembang, diikuti dengan penambahan zat aditif lainnya seperti magnesium stearat 2,08% w/w pati, gliserol 29% w/w pati, karagenan 16,67% w/w pati, dan polivinil alcohol (PVOH) 40% w/w pati, NaHCO₃ 12% w/w pati. Setelah itu masukkan ke dalam *mixer* sambil diaduk cepat hingga adonan mengembang dan berbusa. Kemudian perlahan tambahkan 36 gram pati ke dalam adonan dan aduk perlahan selama 20 menit. Adonan yang sudah teraduk semua, dituang kedalam cetakan lalu di oven pada suhu 125°C dengan kurun waktu 1 jam. Dinginkan *biodegradable foam* di suhu ruang dengan estimasi waktu 2-3 hari. Lalu sampel akan dilakukan uji water absorpsi, uji biodegradability dan uji kuat tarik.

Pelapisan Sampel Biodegradable Foam

Beeswax akan ditimbang sebanyak 5 dan 6 g. *Beeswax* dilelehkan pada suhu 65°C dan dicampurkan ke dalam 100 g etil alcohol panas dan tween 80 sebanyak 25% (w/w beeswax). Campuran tersebut akan diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Lalu *biodegradable foam* dilapisi dengan pencelupan ke dalam larutan *beeswax* selama 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 menit.

Metode Analisa Sampel

Uji Water Absorption

Sampel *biodegradable foam* yang dingin disiapkan, lalu potong sampel dengan ukuran sebesar 2,5 x 5 cm. Hilangkan kadar air yang terdapat dalam sampel dengan cara di



oven selama 5 menit pada suhu sekitar 40-50°C. Kemudian sampel *biodegradable foam* dimasukkan ke desikator selama 20 menit, lalu sampel ditimbang, di lakukan pengulangan sampai berat konstan. Sampel *biodegradable foam* ditimbang kembali sebagai berat akhir sampel. Rendam sampel di air selama satu menit untuk mengetahui daya serap airnya, sampel yang sudah direndam di air dikeringkan dengan tisu lalu timbang kembali sampai didapatkan berat konstan. Catat perbedaan berat sebelum *foam* direndam dan setelah *foam* direndam sebagai jumlah air yang dapat diserap oleh sampel *biodegradable foam*. Pengujian penyerapan air merujuk standart ABNT NBR NM ISO 535, 1999. Persamaan % *water absorption* sebagai berikut :

$$\text{Pertambahan berat (\%)} = \frac{(W1 - W0)}{W0} \times 100\% \quad ..(1)$$

Keterangan:

W0= Berat Awal

W1= Berat Akhir

Uji Biodegradability

Biodegradable foam dites kemampuan terdegradasinya dengan cara ditimbun menggunakan tanah dengan estimasi waktu 14 hari. Potong ukuran sampel sebesar 2,5 x 5 cm, rendam sampel di dalam air hingga jenuh. Setelah sampel sudah jenuh akan ditimbang sebagai berat awal. Setelah 14 hari ditanam, hilangkan kotoran tanah yang menempel di sampel, lalu timbang ulang sampel untuk mengetahui berat sampel *biodegradable foam* yang terdegradasi. Persamaan % *Biodegradability* sebagai berikut:

$$\text{weight loss (\%)} = \frac{(W0 - W1)}{W0} \times 100\% \quad ..(2)$$

Keterangan:

W0 = Berat Awal

W1 = Berat Akhir

Uji Kuat Tarik

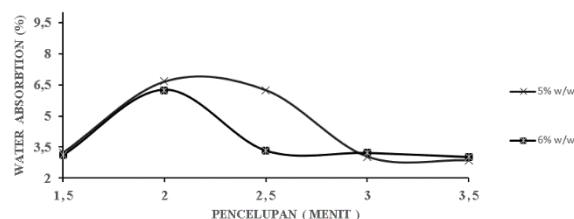
Untuk melakukan analisa kuat tarik pada produk *biodegradable foam* menggunakan alat kuat tarik MCT-2150 pada

Laboratorium Teknik Kimia. Sampel *biodegradable foam* dipotong dahulu sesuai dengan ukuran alat uji tarik dan di ukur panjang, lebar, tinggi menggunakan jangka sorong. Setelah itu menekan tombol ON pada alat dan membuka aplikasi MSATL - Lite pada komputer. Untuk uji tarik memilih *test standard Tensile*, setelah itu menentukan *test speed* dan mengisi kolom *sample info and size* sesuai sampel uji tarik. Sampel dipasang dan dijepitkan pada kepala uji penarik bawah dan mengklik return untuk menyesuaikan kepala uji penarik atas. Setelah itu mengklik *start* hingga sampel putus. Setelah sampel putus, mengklik stop dan data akan otomatis tersimpan di komputer tersebut. Hasil kuat tarik bisa dilihat dari komputer dengan satuan MPa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Water Absorption

Sampel *Biodegradable Foam* akan dicelupkan ke dalam air selama 1 menit. Lalu dihitung selisih perubahan massa antara sebelum dan sesudah dicelupkan. Penelitian ini menggunakan standar ABNT NBR NM ISO 535, 1999. Hasil analisis penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi Beeswax terhadap % *Water Absorption* Biodegradable Foam

Gambar 1. menunjukkan jika konsentrasi *beeswax* 6% menghasilkan penyerapan air lebih rendah dibandingkan penambahan konsentrasi *beeswax* 5%. Semakin besar konsentrasi *beeswax* yang digunakan maka kemampuan *beeswax* untuk melindungi *foam* dari air semakin baik, semakin banyak konsentrasi *beeswax* yang terperangkap dalam pori-pori *biodegradable foam*, maka nilai penyerapannya akan turun. Menurut penelitian yang dilakukan (N Hendrawati et al., 2021)

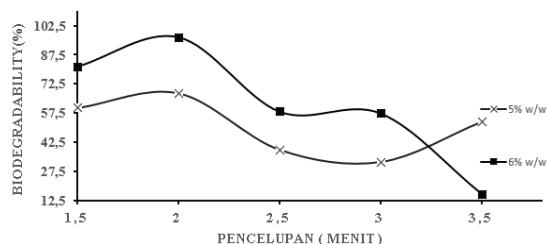


yang menggunakan *Beeswax* sebagai pelapis *Biodegradable Tray* dari pati sagu dinyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin rendah daya serap airnya. Waktu pencelupan juga berpengaruh terhadap penyerapan air pada *biodegradable foam* seperti yang terlihat pada Gambar 1. Waktu pencelupan dari 1 menit ke dua menit menghasilkan penyerapan *foam* yang semakin naik, namun setelah itu penyerapan *foam* mengalami penurunan seiring dengan bertambah lamanya waktu pelapisan, Karena semakin lama waktu yang digunakan, semakin banyak larutan *beeswax* yang terperangkap di pori-pori dan akan meningkatkan hidrofobitasnya. *Beeswax* bersifat hidrofobik yang susah bercampur dengan air. *Beeswax* dapat menahan air dan pada saat kering akan terjadi jaringan kristal yang berguna untuk melapisi *biodegradable foam*. Penelitian ini selaras dengan temuan (Reis et al., 2018) jika semakin tinggi konsentrasi *beeswax*, maka nilai penyerapan airnya semakin rendah.

Teknik *coating* pencelupan dengan konsentrasi *beeswax* 6% memberikan hasil *water absorption* terbaik yaitu sebesar 3,33% pada waktu 3 menit dan nilai *water absorption* tersebut dibawah SNI 7188.7:2016 yaitu sebesar 26,12%.

Uji Biodegradability

Analisa *Biodegradability* mempunyai tujuan untuk mengetahui kemampuan sampel untuk terurai di dalam tanah. Sampel *Biodegradable Foam* yang sudah ditimbun di dalam tanah selama 2 minggu. Hasil analisis *Biodegradability* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi Beeswax terhadap % *Biodegradability* Biodegradable Foam

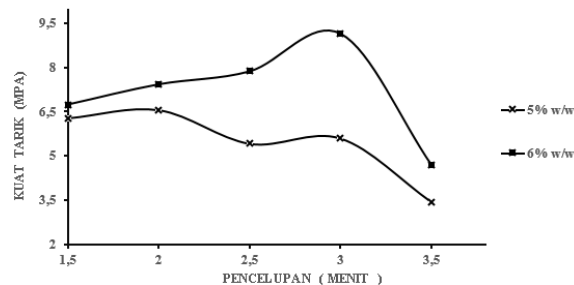
Pada Gambar 2. Terlihat jika pada konsentrasi *beeswax* 6% memiliki

kemampuan daya urai 81,25% hingga 15,625% sedangkan pada konsentrasi 5% dengan waktu 3,5 menit terjadi kenaikan persen nilai *biodegradability*nya menjadi 52,94%. Hal ini dimungkinkan terjadi karena *beeswax* tidak melindungi sampel *biodegradable foam*, sehingga membuat daya urai sampel meningkat. Penelitian (Iewkittayakorn et al., 2020) menunjukkan bahwa sifat *degradable* akan semakin turun apabila konsentrasi *beeswax*nya semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena *beeswax* memiliki sifat hidrofobik yaitu sukar larut dalam air dan sukar untuk terurai. Agar dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, mikroorganisme memerlukan air dalam jumlah banyak untuk hidup di tanah dengan kelembaban tinggi (Dian & Pandebesie, 2013). Gambar 2. turut menampilkan hasil bahwa waktu pencelupan berdampak pada *biodegradability biofoam*. Pencelupan dengan larutan *beeswax* akan memberikan perlindungan terhadap air. Durasi pelapisan yang makin panjang akan membuat kemampuan penyerapan airnya makin rendah. Namun Pada waktu 3,5 menit dengan konsentrasi 5% mengalami kenaikan persen nilai *biodegradability* menjadi 32,14%, hal ini disebabkan oleh turunnya nilai hidrofobitas *biodegradable foam* yang menyebabkan *biodegradable foam* menyerap banyak air dan terjadi kenaikan persen *biodegradability*nya. Turunnya nilai hidrofobitas ini dikarenakan air yang di serap lebih banyak. Mikroorganisme membutuhkan banyak air untuk menguraikan *biodegradable foam*. Hasil dari penelitian ini sepaham dengan penelitian (N Hendrawati et al., 2021) yang menyebutkan makin tinggi konsentrasi *beeswax* yang dipakai, makin sulit *biodegradable foam* terdegradasi. Pada uji *biodegradability* ini, proses penguraian juga dipengaruhi oleh kondisi jenis tanah yang digunakan. Tanah dengan tekstur sedikit berpasir memiliki kemampuan yang kurang bagus untuk mencegah air masuk dan memiliki pori-pori dengan ukuran besar. Hasil terbaik pada persen *biodegradability* dicapai pada penambahan *beeswax* 6% dan waktu *coating* 3 menit dengan nilai 57,142 % dalam 14 hari.



Uji Kuat Tarik

Pada pengujian kuat tarik digunakan untuk mengetahui kemampuan kuat tarik dari produk *biodegradable foam*.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Pelapisan terhadap Uji Kuat Tarik (MPa) pada *Biodegradable Foam*

Gambar 3. Menunjukkan jika hasil uji kuat tarik pada konsentrasi *beeswax* 6% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi *beeswax* 5%. Untuk konsentrasi *beeswax* 6%, semakin tinggi jumlah konsentrasi *beeswax* yang digunakan maka semakin rendah energi kuat tarik yang dibutuhkan untuk memutuskan *foam* dan semakin rapuh *foam* tersebut (Herawan & Mahatmanti, 2015). Menurut (Nandiwilastio et al., 2019) menyatakan bahwa penambahan emulsi lilin lebah memiliki efek yang signifikan terhadap penurunan kekuatan tarik dari film. Penurunan nilai kuat tarik juga disebabkan oleh oleh kejenuhan matriks bioplastik, sehingga serat yang ditambahkan tidak dapat menyebar. (Darni dkk, 2020)

Lama waktu pencelupan juga mempengaruhi nilai kuat tariknya. Seperti terlihat pada Gambar 3. Semakin lama waktu yang diberikan maka nilai kuat tariknya semakin turun. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu sampel yang tercelup maka permukaan sampel akan lebih tebal dan menjadi lebih kaku sehingga nilai kuat tariknya rendah.

Sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh (N Hendrawati et al., 2021) Pelapisan *beeswax* tidak berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, dikarenakan tidak ratanya pengadukan pada *Biodegradable Foam* dan menyebabkan porositas *Biodegradable Foam* mengembang berlebihan sehingga merusak polimer bahkan berubah bentuk dan menjadikan hasil kuat tarik yang rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh (Aji Prasetyaningrum, Nur Rokhati, Deti Nitis Kinasih, 2010) dapat diketahui bahwa jumlah *beeswax* yang besar membuat kuat tarik pada *edible film* menjadi turun. *Beeswax* adalah sebuah lipid yang tingkat kelarutannya buruk atau tidak bagus ketika berhadapan dengan air dalam proses pembuatan larutan *edible film*. Lipid memiliki sifat tidak polar akan gagal untuk larut bersama air yang mempunyai sifat polar. Akibatnya, terjadi pengikatan yang tidak sempurna dan penurunan nilai kuat tarik *biodegradable foam*. Hasil analisa kuat tarik terbaik pada konsentrasi *beeswax* 6% dengan waktu 3 menit sebesar 9,14 MPa. Hasil uji tersebut paling mendekati dengan SNI *biodegradable foam* sebesar 29,16 MPa.

KESIMPULAN

Konsentrasi *beeswax* dan lamanya waktu pelapisan sangat berpengaruh terhadap karakteristik pada *biodegradable foam*. Semakin lama waktu pelapisan dan banyak konsentrasi *beeswax* yang digunakan maka daya serapnya semakin rendah dan nilai *biodegradability*nya semakin turun. Pada uji kuat tarik, konsentrasi *Beeswax* dan waktu pelapisan dapat menurunkan nilai kekuatan tarik *Biodegradable Foam*. Pelapisan *beeswax* pada *Biodegradable foam* terbaik pada konsentrasi 6% dengan waktu pelapisan 3 menit karena paling mendekati nilai SNI 7188.7:2016, dengan hasil uji *water absorption* sebesar 3,33%, uji *biodegradability* sebesar 57,142% dalam 14 hari dan uji kuat tarik sebesar 9,14 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih ditujukan kepada Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang, serta orang tua yang telah mendukung dan memberikan fasilitas pada saat penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji Prasetyaningrum, Nur Rokhati, Deti Nitis Kinasih, dan F. D. N. (2010). *KARAKTERISASI BIOACTIVE EDIBLE FILM DARI KOMPOSIT MAKANAN BIODEGRADABLE*. 1–6.
- Darni, Y., Lismeri, L., Hanif, M., Sarkowi, S., & Evaniya, D. S. (2020). Peningkatan Kuat Tarik Bioplastik dengan Filler Microfibrillated Cellulose dari Batang Sorgum. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 18(2), 37. <https://doi.org/10.5614/jtki.2019.18.2.1>
- Dian, G., & Pandebesie, E. (2013). Pengaruh penambahan mikroorganisme terhadap kondisi operasi pemusnahan sampah plastik BIODEGRADABLE. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 1–3.
- Febriani, H., Kurnia, K. I. F., & Pangarso, Z. D. (2021). Pembuatan dan Karakterisasi Fisik Biodegradable Foam Pati Kulit Pisang dan Selulosa Ampas Tebu. *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*, 5(1), 1–13.
- Hendrawati, N., Wibowo, A. A., Chrisnandari, R. D., & Adawiyah, R. (2021). Biodegradable foam tray based on sago starch with beeswax as a coating agent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1073(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1073/1/012006>.
- Hendrawati, Nanik, Dewi, E. N., & Santosa, S. (2019). Karakterisasi Biodegradable Foam dari Pati Sagu Termodifikasi dengan Kitosan Sebagai Aditif. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 3(1), 47. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i1.100>.
- Herawan, C. D., & Mahatmanti, F. W. (2015). Sintesis Edible Film dari Pati Kulit Pisang Dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2), 1–6.
- Iewkittayakorn, J., Khunthongkaew, P., Wongnoipla, Y., Kaewtatip, K., Suybangdum, P., & Sopajarn, A. (2020). Biodegradable plates made of pineapple leaf pulp with biocoatings to improve water resistance. In *Journal of Materials Research and Technology* (Vol. 9, Nomor 3, hal. 5056–5066). <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.03.023>.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>.
- Mabela, M. K. (2021). *BIOFOAM DARI LIMBAH BIJI DURIAN DAN TONGKOL JAGUNG MEGAWATI*.
- Mudaffar, R. A. (2020). Karakteristik Edible Film dari Limbah Kulit Singkong dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer serta Aplikasinya pada Buah Nanas Terolah Minimal. *Journal TABARO*, 4(2), 473–483.
- Nandiwilastio, N., Muchtadi, T. R., Suyatma, N. E., & Yuliani, S. (2019). Pengaruh Penambahan Lilin Lebah Dan Nanopartikel Seng Oksida Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Film Berbasis Kitosan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 30(2), 119–126. <https://doi.org/10.6066/jtip.2019.30.2.119>.
- Nanik Hendrawati, Anna Rubi Sofiana, I. N. W. (2015). Pengaruh Penambahan Magnesium Stearat dan Jenis Protein Pada Pembuatan Biodegradable Foam Dengan Metode Baking Process. *Jurnal Bahan*

<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.



- Alam Terbarukan*, 4(2), 34–39.
<https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4166>.
- Reis, M. O., Olivato, J. B., Bilck, A. P., Zanela, J., Grossmann, M. V. E., & Yamashita, F. (2018). Biodegradable trays of thermoplastic starch/poly (lactic acid) coated with beeswax. *Industrial Crops and Products*, 112(December 2017), 481–487. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.045>.
- 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>.
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3722–3742. <https://doi.org/10.3390/ijms10093722>