

Karakteristik *Biodegradable Foam* Berbasis Pati Singkong Dengan Variasi Penambahan Tepung Ampas Tebu dan *Polyvinyl Alcohol*

Characteristics of Biodegradable Foam Based on Cassava Starch with Variations of Additional Powdered Bagasse and Polyvinyl Alcohol

Andrew Setiawan Rusdianto^{1*}, Winda Amilia², Miftahul Choiron³,
Andi Eko Wiyono⁴, Ucik Nurul Hidayati⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Jember

*Email Koresponden: andrew.ftp@unej.ac.id

Received : 18-06-2022 | Accepted : 14-07-2022 | Published : 15-07-2022

Kata Kunci

ampas tebu, *baking process*, *biodegradable foam*, *styrofoam*, *polyvinyl alcohol*

Copyright (c) 2022 Andrew Setiawan Rusdianto, Winda Amilia, Miftahul Choiron, Andi Eko Wiyono, Ucik Nurul Hidayati



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRAK

Biodegradable foam merupakan jenis kemasan ramah lingkungan yang terbuat dari biopolimer berupa pati yang dapat terdegradasi secara alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *biodegradable foam* dan prototipenya berbahan dasar pati singkong sebagai biopolimer pengganti polimer sintetik dengan menambahkan variasi tepung ampas tebu untuk memadatkan struktur dan *polyvinyl alcohol* (PVA) yang berfungsi menurunkan daya serap air. Tahapan pembuatan *biodegradable foam* ini dimulai dengan membuat tepung ampas tebu, pembuatan *biodegradable foam* lembaran dengan metode *baking process*, dan membuat *prototype* mangkok *biodegradable foam*. Pembuatan *biodegradable foam* ini terdiri dari 6 formula dengan menambahkan variasi tepung ampas tebu (5%, 10%, 15%) dan PVA (20%, 40%) dari massa pati 36 gram. Uji yang dilakukan berupa uji daya serap air, biodegradasi, ketebalan, kuat tarik, dan kerapatan. Perlakuan terbaik terdapat pada formula A3B1 yang digunakan sebagai dasar membuat *prototype* mangkok *biodegradable foam*. Penambahan variasi tepung ampas tebu dan PVA berpengaruh nyata terhadap karakteristik daya serap air dan biodegradasi, sedangkan karakteristik lainnya hanya PVA yang berpengaruh nyata. Hasil perlakuan terbaik tersebut sebagai dasar pembuatan *prototype* mangkok *biodegradable foam* dengan karakteristik daya serap air sebesar 25,93% dan biodegradasinya 45,95%.

Keywords

bagasse, baking process, biodegradable foam, styrofoam, polyvinyl alcohol

ABSTRACT

Biodegradable foam is a type of environmentally friendly packaging made from biopolymers in the form of starch that can be degraded naturally. This study aims to determine the characteristics of biodegradable foam and its prototype made from cassava starch as a biopolymer substitute for synthetic polymers by adding variations of bagasse flour to compact the structure and polyvinyl alcohol (PVA) which functions to reduce water absorption. The stages of making biodegradable foam are started by making bagasse flour, making biodegradable foam sheets using the baking process, and making a prototype bowl of biodegradable foam. The making of this biodegradable foam consists of 6 formulas by adding variations of bagasse flour (5%, 10%, 15%) and PVA (20%, 40%) from 36 grams of starch mass. The tests carried out were in the form of water absorption, biodegradation, thickness, tensile strength, and density tests. The best treatment was found in the A3B1 formula which was used as the basis for making a prototype bowl of biodegradable foam. The addition of variations of bagasse flour and PVA had a significant effect on the characteristics of water absorption and biodegradation, while the other characteristics were only PVA which had a significant effect. The results of the best treatment as the basis for making a prototype bowl of biodegradable foam with water absorption characteristics of 25.93% and biodegradation of 45.95%.

1. PENDAHULUAN

Styrofoam merupakan salah satu jenis kemasan plastik yang terbuat dari 5% polistirene dan 95% gas n-butana maupun pentane yang permintaannya semakin tinggi seiring perkembangan zaman. Tingginya permintaan *styrofoam* dikalangan masyarakat terutama penjual makanan dikarenakan *styrofoam* merupakan kemasan dengan harga yang murah, praktis, dapat menahan air, dan dapat mempertahankan suhu pangan. Kelemahan penggunaan yakni *styrofoam* sangat sulit untuk terdegradasi secara alami yang menyebabkan sampah *styrofoam* menumpuk. Penumpukan sampah tersebut biasanya dikurangi dengan cara dibakar yang mengakibatkan terjadinya polusi udara dan efek rumah kaca. Salah satu kemasan sebagai pengganti *styrofoam* adalah kemasan yang terbuat dari karton. Kemasan ini dapat terdegradasi selama 2 hingga 6 minggu namun kekurangannya adalah sangat mudah sekali menyerap air.

Pengembangan kemasan alternatif lainnya adalah membuat *styrofoam* dari bahan alami yang disebut dengan *biodegradable foam*. *Biodegradable foam* merupakan kemasan yang terbuat dari biopolimer berupa pati sehingga mudah terdegradasi oleh alam. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai *biodegradable foam* menggunakan bahan yang berbeda-beda. Salah satunya yang dilakukan oleh Hendrawati *et al.*, (2015) menggunakan pati singkong sebagai bahan utama, protein, kitosan, dan magnesium stearat dengan metode *baking process*. Penelitian tersebut menghasilkan karakteristik daya serap air terendah 51,04% sedangkan tertinggi 86,61%; biodegradasi

terendah 18% dan tertinggi 42%; dan uji kuat tarik yang dilakukan menghasilkan kekuatan sebesar 0,0193 MPa sampai dengan 0,0249 MPa dengan penambahan jenis protein yang berbeda.

Penelitian ini menggunakan pati singkong dengan menambahkan variasi konsentrasi tepung ampas tebu dan *polyvinyl alcohol* (PVA). Pati singkong merupakan biopolimer yang dapat digunakan sebagai pengganti polimer sintetik, harganya terjangkau, *biodegradable*, dan dapat diperbaharui. Penggunaan ampas tebu tidak optimal padahal didalamnya terdapat kandungan selulosa sebanyak 52,42% yang dapat memadatkan struktur *biodegradable foam*. PVA digunakan untuk memperbaiki karakteristik *biodegradable foam* karena dapat menurunkan daya serap air, fleksibilitas dan daya tarik tinggi, serta tahan terhadap minyak. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi tepung ampas tebu dan PVA terhadap karakteristik *biodegradable foam* berbasis pati singkong dan mengetahui hasil *prototype* mangkok *biodegradable foam* dari perlakuan terbaik.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah pati singkong (merk Pak Tani), ampas tebu, gliserol, PVA (teknis), aquades, magnesium stearate (teknis), air, dan media tanah.

Peralatan yang digunakan berupa neraca analitik, gelas ukur, ayakan 80 mesh, gunting, pengaduk, *mixer*, blender, oven, loyang cetakan, cetakan mangkok, *baking paper*, baskom, pemberat 500 g, botol semprot, sendok, lap, tissue, penggaris, *stopwatch*, alat ukur ketebalan (*Thickness gauge*), dan alat uji kuat tarik (*Tensile Strength Tester*).

2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor yaitu tepung ampas tebu 3 taraf (5%, 10%, 15%) dan PVA (20%, 40%) dari massa pati sebesar 36 g. Kombinasi perlakuan kedua faktor tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan faktor 1 dan 2

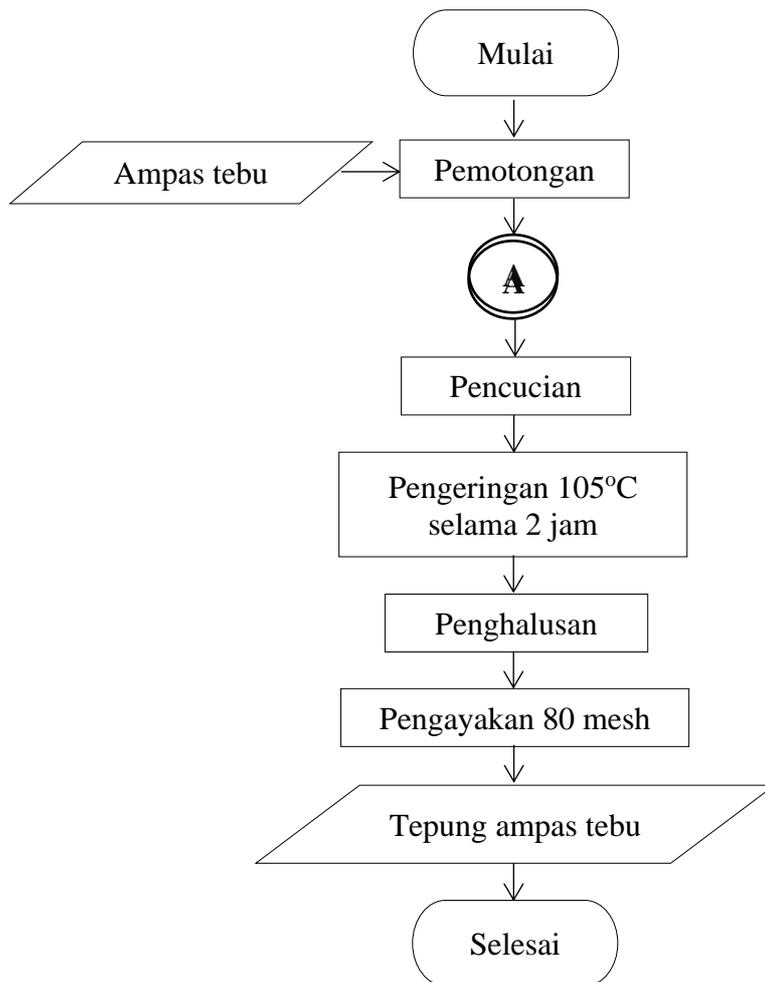
Konsentrasi PVA (B)	Tepung Ampas Tebu (A)		
	A1	A2	A3
B1	A1B1	A2B1	A3B1
B2	A1B2	A2B2	A3B2

Sumber: (Hendrawati *et al.*, 2019), dimodifikasi

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan tepung ampas tebu

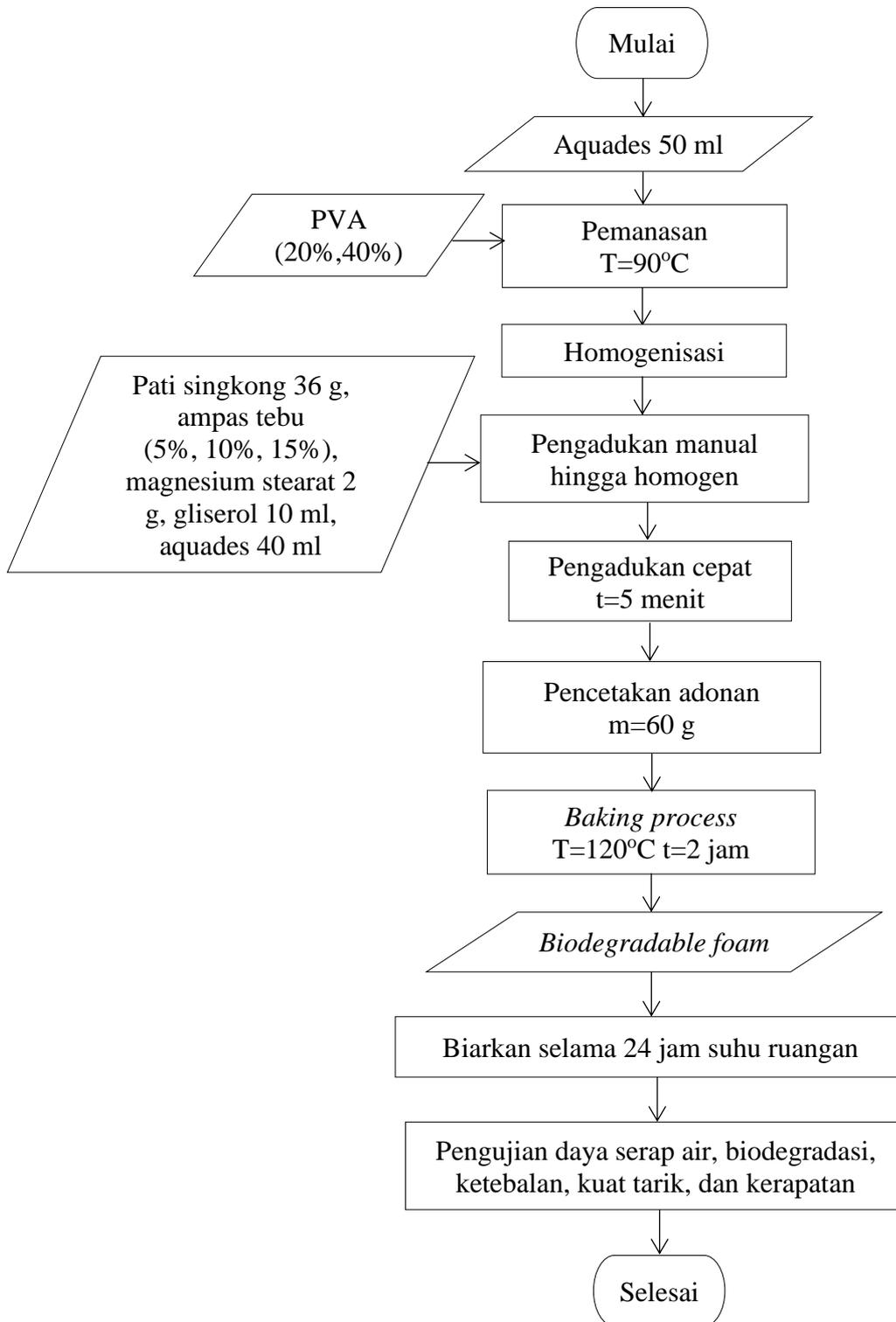
Ampas tebu dipotong terlebih dahulu dengan ukuran ± 10 cm lalu dicuci hingga bersih. Kemudian ampas tebu dikeringkan menggunakan oven 105°C selama 2 jam. Setelah ampas tebu dikeringkan, dilakukan penghalusan menggunakan blender agar didapatkan ukuran yang lebih kecil. Tepung ampas tebu yang didapatkan diayak menggunakan ayakan 80 mesh agar didapatkan tepung ampas tebu yang halus dan seragam. Pembuatan tepung ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan tepung ampas tebu.

2.3.2 Pembuatan *biodegradable foam*

Pembuatan *biodegradable foam* diawali dengan menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan antara lain pati singkong, ampas tebu (5%, 10%, 15%), PVA (20%, 40%) dari massa pati sebanyak 36 g yang dilarutkan ke dalam 50 ml aquades yang telah dipanaskan, 2 g magnesium stearat, dan 10 ml gliserol lalu bahan tersebut dihomogenisasi secara manual kemudian dilanjutkan pengadukan cepat selama 5 menit menggunakan *mixer*. Pengadukan tersebut bertujuan agar semua bahan tercampur sempurna dengan menambahkan aquades sebanyak 40 ml. Selanjutnya dilakukan penimbangan adonan sebanyak 60 g kemudian dicetak menggunakan loyang yang telah diberi *baking paper* serta tambahkan pemberat 500 g di atas loyang dan mulai pengovenan pada suhu 120°C selama 2 jam. *Biodegradable foam* yang didapatkan dibiarkan selama 24 jam lalu dilanjutkan dengan uji karakteristik *biodegradable foam*. Pembuatan *prototype mangkok biodegradable foam* sama seperti pembuatan lembaran *biodegradable foam*. Perbedaannya pada bahan yang digunakan didapatkan dari formula terbaik, cetakan yang digunakan berbentuk mangkok dan uji yang dilakukan hanya uji daya serap air serta biodegradasi. Pembuatan *biodegradable foam* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan *biodegradable foam*

2.4 Uji Karakteristik *Biodegradable Foam*

2.4.1 Uji daya serap air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui ketahanan *biodegradable foam* terhadap air. Sampel *biodegradable foam* dipotong dengan ukuran 2,5 cm x 5 cm kemudian sampel tersebut ditimbang sebagai massa awal (W_0). Setelah itu sampel direndam selama 1 menit dalam air lalu diangkat dan dicatat sebagai massa akhir (W_1) (Hendrawati *et al.*, 2019). Perhitungan daya serap air dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\%$$

2.4.2 Uji biodegradasi

Uji bioedgradasi merupakan uji untuk mengetahui apakah *biodegradable foam* dapat terurai dengan baik. Uji biodegradasi dilakukan dengan merendam sampel berukuran 2,5 cm x 5 cm dalam air selama 60 detik kemudian diangkat dan dicatat sebagai massa awal (W_0). Setelah itu, sampel tersebut ditanam dalam tanah selama 14 hari. Setelah 14 hari sampel ditimbang sebagai massa akhir (W_1) (Prasetya *et al.*, 2016). Adapun perhitungan biodegradasi sebagai berikut:

$$\text{Kehilangan berat (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

2.4.3 Uji ketebalan

Uji ketebalan dilakukan dengan cara mengaplikasikan alat ukur ketebalan yakni *thickness gauge* pada tiga titik berbeda sampel *biodegradable foam*. Ketebalan *biodegradable foam* didapatkan dari rata-rata ketiga titik tersebut (Zuwanna dan Meilina, 2017).

2.4.4 Uji kuat tarik

Uji kuat tarik merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui besarnya tegangan maksimum yang dapat dijangkau oleh *biodegradable foam*. Prinsipnya adalah *biodegradable foam* ditarik terus-menerus hingga putus (Salindeho *et al.*, 2013).

2.4.5 Uji kerapatan

Kerapatan (*density*) suatu *biodegradable foam* berpengaruh pada sifat mekaniknya. Uji *biodegradable foam* dilakukan dengan cara mengambil sampel dengan ukuran 2,5 cm x 5 cm kemudian ditimbang massa sampel dan dihitung volumenya (Widyaningsih *et al.*, 2012). Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

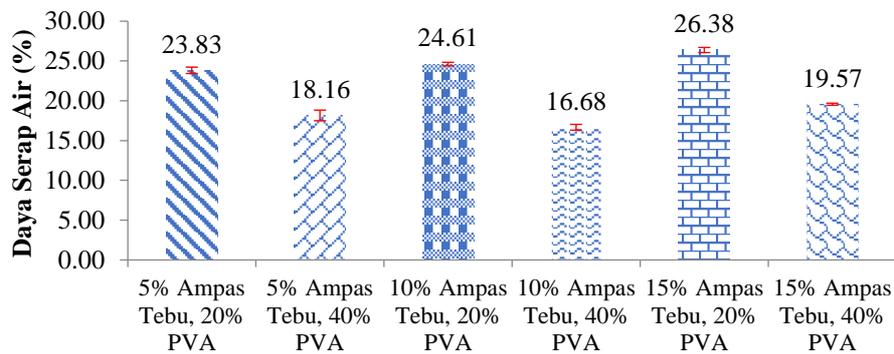
$$\rho = \frac{m}{v}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik *Biodegradable Foam*

3.1.1 Daya serap air

Hasil uji daya serap air dengan cera merendam tiap sampel ke dalam air selama 60 detik dapat dilihat pada Gambar 3.

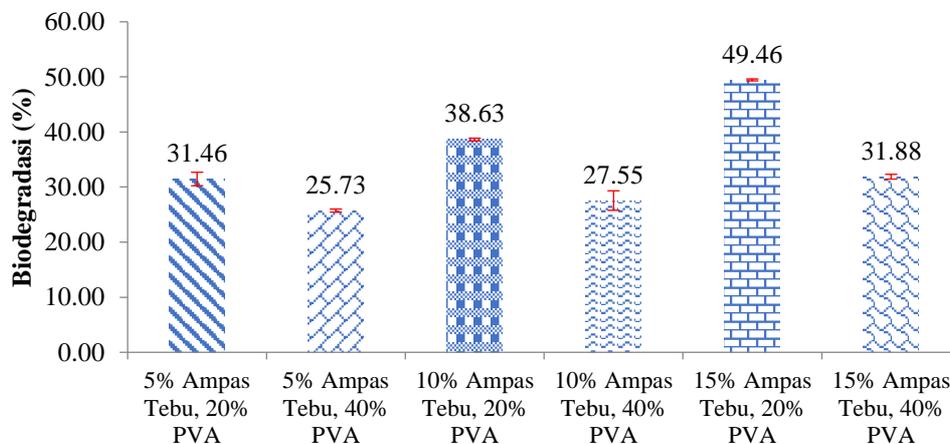


Gambar 3. Uji daya serap air

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa daya serap air terendah yakni 16,68% terdapat pada penambahan 10% tepung ampas tebu dan 40% PVA sedangkan yang tertinggi sebesar 26,38% dengan penambahan 15% tepung ampas tebu dan 20% PVA. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa daya serap air meningkat seiring bertambahnya tepung ampas tebu dan menurun apabila konsentrasi PVA yang ditambahkan lebih banyak. Pati singkong sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable foam* bersifat hidrofilik sedangkan tepung ampas tebu bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap air. Menurut Alghiffari (2008) menyatakan bahwa kemungkinan *biodegradable foam* menyerap air dikarenakan empulur pada ampas tebu masih banyak dan dapat menyerap air tujuh kali lipat menyebabkan *biodegradable foam* memiliki daya serap air tinggi. Selain itu daya serap air juga dipengaruhi oleh PVA dimana penambahan PVA dapat menurunkan daya serap air. PVA memiliki karakteristik hidrofobik dan berfungsi sebagai perekat antara bahan satu dengan yang lain sehingga saat direndam dalam air PVA sulit menyerap air. PVA mudah larut dalam apabila direndam atau dilarutkan dalam air pada suhu 90°C (Irmaya, 2018).

3.1.2 Biodegradasi

Biodegradasi pada tiap sampel *biodegradable* dilakukan dengan merendam sampel dalam air selama satu menit kemudian ditanam dalam tanah selama 14 hari. Hasil uji biodegradasi setelah 14 hari dapat dilihat pada Gambar 4.

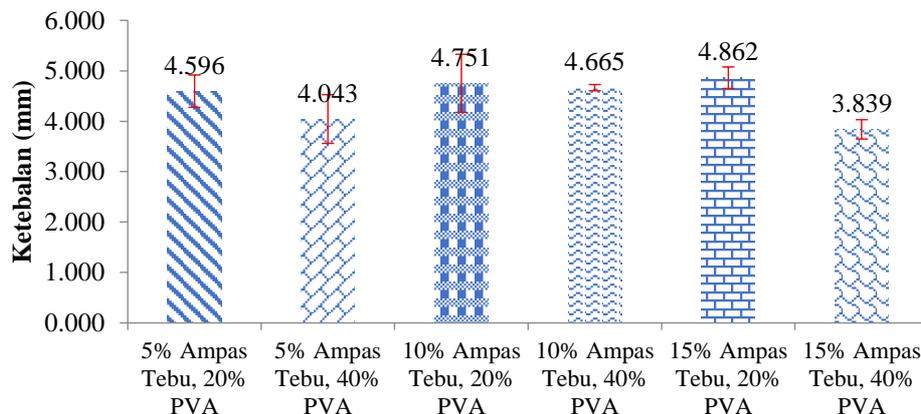


Gambar 4. Uji biodegradasi

Gambar 4 menunjukkan bahwa tingkat biodegradasi tertinggi yakni terjadi pada sampel dengan penambahan tepung ampas tebu konsentrasi 15%, namun menurun apabila PVA yang ditambahkan dalam adonan *biodegradable foam* semakin tinggi. Persentasi biodegradasi tertinggi sebesar 49,46% dan terendah 25,55%. *Biodegradable foam* dapat terdegradasi oleh tanah karena bahan penyusunnya terdapat bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme tanah yang telah bercampur dengan kompos. Mikroorganisme cepat tumbuh karena sebelum ditanam, sampel direndam terlebih dahulu yang menyebabkan kondisi sampel saat ditanam lembab dan menyebabkan mikroorganisme berkembang. Behjat *et al.* (2009) menyatakan bahwa tingkat biodegradabilitas meningkat seiring dengan penambahan selulosa. Hasil uji biodegradasi sesuai dengan literatur tersebut karena dalam ampas tebu terdapat selulosa. Penambahan PVA pada pembuatan *biodegradable foam* menyebabkan tingkat biodegradasi menurun. Hal ini dikarenakan meskipun PVA bersifat *biodegradable* tapi masih lebih sulit untuk diurai daripada bahan organik lainnya karena PVA mampu menjaga komponen campuran dalam suatu bahan dari komponen aktif seperti mikroorganisme (Swandaru, 2011).

3.1.3 Ketebalan

Pengukuran ketebalan pada *biodegradable foam* dilakukan dengan menggunakan alat *thickness gauge* di mana hasil pengukuran disajikan pada Gambar 5.

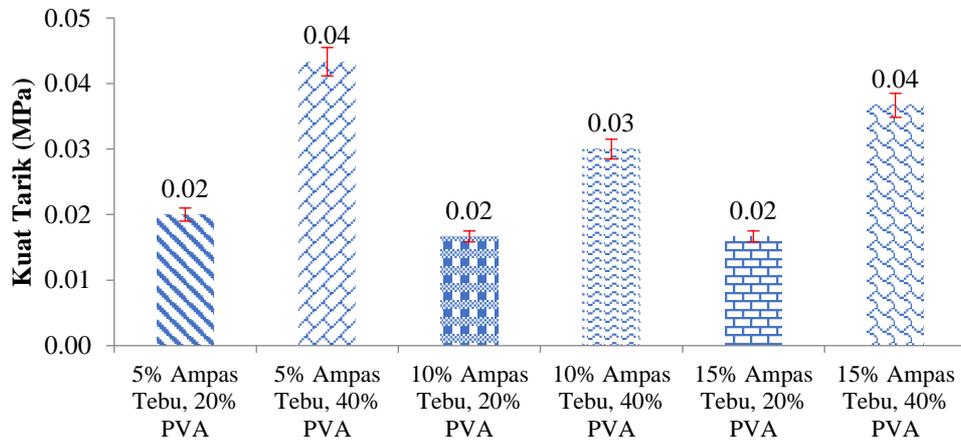


Gambar 5. Uji ketebalan

Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa ketebalan *biodegradable foam* tertinggi yakni 4,862 mm dan terendah 3,839 mm. Penambahan komposisi bahan yang semakin tinggi berpengaruh terhadap ketebalan *biodegradable foam*. Gela (2016) menyatakan bahwa penambahan konsentrasi padatan terlarut yang tinggi daripada larutan akan mempengaruhi produk *biodegradable* yang semakin tebal. Penambahan PVA berpengaruh terhadap ketebalan karena sifat perekat yang dimiliki oleh PVA. Konsentrasi PVA 20% lebih tebal daripada *biodegradable foam* dengan konsentrasi PVA 40%. Hal tersebut dikarenakan kemampuan merekatkan komponen antar satu dengan yang lain lebih kuat PVA 40% sehingga rongga-rongga kosong terisi dan *biodegradable foam* menjadi agak tipis daripada *biodegradable foam* dengan penambahan PVA 20%.

3.1.4 Kuat Tarik

Kuat tarik *biodegradable foam* dilakukan dengan menggunakan alat *tensile strength* dimana sampel *biodegradable foam* ditarik terus hingga putus. Hasil uji kuat tarik disajikan pada Gambar 6.

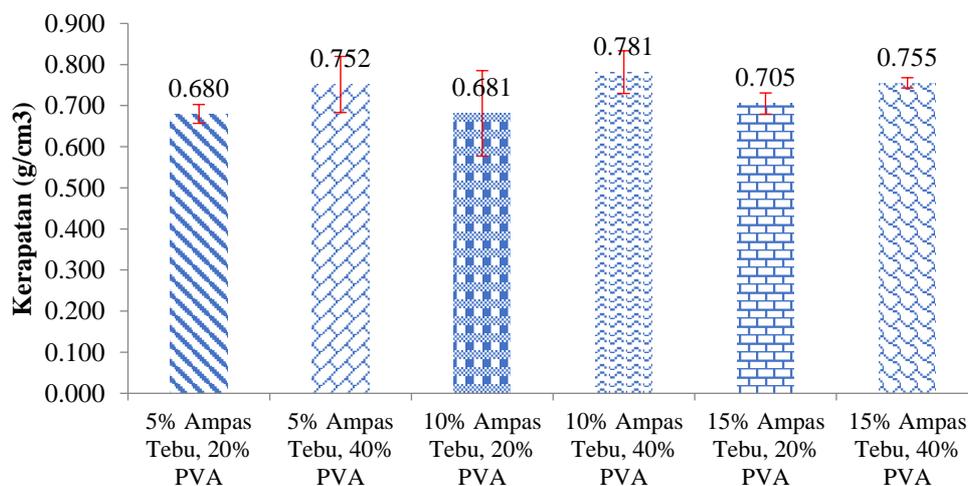


Gambar 6. Uji kuat tarik

Diagram yang disajikan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan PVA berpengaruh terhadap kuat tarik *biodegradable foam*. Kuat tarik tertinggi sebesar 0,04 MPa dan terendah 0,02 Mpa. Penambahan ampas tebu menyebabkan kekuatan tarik *biodegradable foam* menurun karena kurangnya pati maupun perekat sebagai *filler* sehingga menyebabkan lemahnya tarikan antar penyusun bahan *biodegradable foam* (Irawan *et al.*, 2018). PVA yang ditambahkan dapat meningkatkan kuat tarik dan elongasi. Hal ini sesuai penelitian Iriani (2013) yang menyatakan bahwa penambahan 25% PVA dapat meningkatkan kuat tarik sedangkan PVA konsentrasi 50% dapat menurunkan kuat tarik *biodegradable foam*.

3.1.5 Kerapatan

Kerapatan *biodegradable foam* dilakukan dengan cara membagi antara massa sampel dan volume. Hasil uji kerapatan *biodegradable foam* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Uji kerapatan

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa penambahan ampas tebu dan PVA dapat meningkatkan kerapatan *biodegradable foam*. Kerapatan tertinggi yakni $0,781 \text{ g/cm}^3$ sedangkan terendah $0,680 \text{ g/cm}^3$. Pada penelitian Iriani (2013) dijelaskan bahwa serat dan PVA yang ditambahkan pada pembuatan *biodegradable foam* menghasilkan kerapatan yang tinggi karena bahan-bahan tersebut mengisi ruang-ruang kosong dan bahan akan terikat satu sama lain oleh PVA yang berperan sebagai perekat. Kerapatan akan menurun apabila bahan pengisinya pada penelitian ini berupa ampas tebu dan PVA telah mencapai titik optimum sehingga terdapat bahan yang keterikatannya rendah (Clareyna & Lizda, 2013).

3.1.6 Perlakuan terbaik

Perlakuan terbaik dilakukan dengan menggunakan uji indeks efektivitas dengan cara memberikan bobot pada setiap parameter pengamatan atau uji yang dilakukan. Perhitungan perlakuan terbaik yakni pada *biodegradable foam* dengan penambahan 15% tepung ampas tebu dan 20% PVA (formula A3B1). Karakteristik yang dimiliki oleh *biodegradable foam* A3B1 yakni daya serap airnya 26,38%; biodegradasi 49,46%; ketebalan *biodegradable foam* 4,862 mm; kuat tarik 0,02 MPa; dan kerapatannya sebesar $0,705 \text{ g/cm}^3$.

3.2 Prototype Biodegradable Foam

Pembuatan *prototype biodegradable foam* dilakukan berdasarkan hasil perlakuan terbaik yakni perlakuan A3B1 dengan menambahkan 15% tepung ampas tebu dan 20% PVA. Adapun *prototype biodegradable foam* berupa mangkok yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Prototype mangkok biodegradable foam*

Mangkok *biodegradable foam* memiliki daya serap air sebesar 25,93% sedangkan biodegradasinya sebesar 43,95%. Hasil daya serap air dan biodegradasi ini tidak jauh berbeda dengan *biodegradable foam* perlakuan A3B1 yang berbentuk lembaran. Ampas tebu dan PVA berpengaruh terhadap karakteristik mangkok. Penambahan tepung ampas tebu dapat meningkatkan daya serap air karena sifatnya yang higroskopis sedangkan PVA dapat mengurangi penyerapan air dengan sifatnya yang hidrofobik karena PVA

larut dalam air dengan suhu 90°C. Mangkok dapat diuraikan secara alami dalam tanah karena didalmnya terdapat mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan organik. Keadaan sampel mangkok lembab saat ditanam dalam tanah karena sebelum ditanam diredam dalam air selama 60 detik. Hal tersebut menyebabkan mikroorganisme cepat tumbuh karena menyukai keadaan yang lembab.

4. KESIMPULAN

Penambahan tepung ampas tebu dan PVA berpengaruh terhadap daya serap air dan biodegradasi *biodegradable foam*. Karakteristik lainnya seperti ketebalan, kuat tarik, dan kerapatan hanya dipengaruhi oleh PVA. Perlakuan terbaik yakni terdapat pada perlakuan A3B1 dengan menambahkan 15% tepung ampas tebu dan 20% PVA. Hasil perlakuan terbaik digunakan sebagai dasar untuk membuat *prototype* berupa mangkok menghasilkan daya serap air sebesar 25,93% dan biodegradasinya 45,95%

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini baik dosen dan teman-teman yang memberikan saran sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada almamater tercinta Program Studi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghiffari AF. 2008. *Pengaruh Kadar Resin Perekat Urea Formaldehida Terhadap Sifat-Sifat Papan Partikel dari Ampas Tebu*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Behjat, T., Russly, A. R., Luqman, C. A., Yus, A. Y. and Nor Azowa, I. 2009. Effect of PEG on The Biodegradability Studies of Kenaf Cellulose - Polyethylene Composites. *International Food Research Journal*. 16: 243–247.
- Clareyna, E., D dan Lizda, J., M. 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Bagasse. *Jurnal Teknik ITS*. 2(2): 208–213.
- Gela, D.T. 2016. *Karakteristik Edible Film dari Gelatin Kulit Kuda (Equus Caballus) serta Aplikasinya untuk Kemasan Makanan*. UIN Alauddin Makassar.
- Hendrawati, Nanik., Ernia Novika, Dwi., Sandra, Santosa. 2019. Karakterisasi Biodegradable Foam Dari Pati Sagu Termodifikasi Dengan Kitosan Sebagai Aditif. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 3: 1.
- Irawan, C., Aliah, A., & Ardiansyah, A. 2018. Biodegradable Foam Dari Bonggol Pisang Dan Ubi Nagara Sebagai Kemasan Makanan yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 10 (1): 33–42.
- Iriani, Evi Safitri. 2013. *Pengembangan Produk Biodegradable Foam Berbahan Baku Campuran Tapioka dan Ampok*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Irmaya, Ratih. 2018. *Karakterisasi Polivinil Alkohol yang Dimodifikasi dengan Asam Adipat*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Swandaru, R. 2011. *Pengaruh Penambahan Polivinil Alkohol dan Perbedaan Rasio Campuran Ampok Jagung dan Tapioka Terhadap Karakter Fisik Biodegradable Foam*. Makassar: UIN Alauddin Makassar.