



Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Sifat *Biodegradable Foam* Berbahan Baku Pati

The Effect of Addition of Chitosan on the Property of Biodegradable Foam Prepared from Starch

Nanik Hendrawati*, Yulia Irna Lestari, Putri Anggraini Wulansari

Politeknik Negeri Malang Jln Soekarno Hatta No. 9 Malang.

*E-mail: hannike_71@yahoo.com.

Abstrak

Biodegradable foam merupakan kemasan alternatif pengganti *styrofoam* yang akhir-akhir ini banyak digunakan. Pati digunakan sebagai bahan baku pembuatan foam karena biayanya yang murah, kepadatan rendah, toksisitas rendah, dan mudah terurai. Kitosan digunakan sebagai *filler* untuk memperkuat struktur *biodegradable foam* yang dihasilkan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dan jenis pati terhadap karakteristik *biodegradable foam*. Pada penelitian ini jenis pati yang digunakan adalah pati jagung, singkong, dan sagu sedangkan jumlah kitosan divariasikan mulai 0; 5; 10; 15; 20; 25; s.d 30% w/w. Pembuatan *Biodegradable Foam* dibuat dengan metode *baking process*. Semua bahan dilakukan pengadukan. Setelah adonan homogen dan mengembang, pati dimasukkan ke dalam campuran dan diaduk hingga rata. Selanjutnya, adonan dimasukkan ke dalam cetakan dan dilakukan proses pengovenan pada suhu 125°C selama 1 jam. Karakteristik *biodegradable foam* yang dihasilkan dilakukan pengujian yang meliputi uji *water absorption*, *biodegradability* (uji daya urai), *tensile strength* (kuat tarik), dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap *foam* yang menggunakan bahan baku pati sagu lebih rendah dari pada *foam* yang menggunakan bahan baku pati singkong dan pati jagung. *Foam* yang berbahan baku pati singkong lebih mudah terurai dibandingkan dengan sampel yang terbuat dari pati sagu dan jagung. *Biodegradable foam* berbahan baku pati sagu dengan kadar kitosan 30% w/w memiliki nilai kuat tarik yang paling tinggi yaitu sebesar 20 MPa.

Kata kunci: *biodegradable foam*, kitosan, pati jagung, pati sagu, pati singkong

Abstract

Biodegradable foam is an alternative packaging to replace the expanded polystyrene foam packaging currently in use. Starch has been used to produce foam because of its low cost, low density, low toxicity, and biodegradability. Chitosan has been added to improve mechanical properties of product. The effect of various chitosan amount and starch types are investigated in this study. The amount of chitosan is varied as much of 0; 5; 10; 15; 20; 25; and 30% w/w, and starch types used in this research a cassava, corn, and sago starch. Biodegradable foam is produced by using baking process method. All of materials (starch, chitosan solution, magnesium stearate, carrageenan, glyserol, protein isolates, and polyvinil alcohol (PVOH) a mixed with kitchen aid mixer. The mixture is poured into mold and heated in an oven at 125°C for 1 hour. Then, foam is tested for its mechanical properties, water absorption biodegradability, and morphology (SEM). The results show that foam made from sago starch had lower water absorption than those made from cassava and corn starch, while foam made from cassava starch is more biodegradable than the other foam. Biodegradable foam based sago starch with addition 30% w/w of chitosan gave the best performance in tensile stress that is 20 Mpa.

Keywords: biodegradable foam, chitosan, corn starch, cassava starch, sago starch

1. Pendahuluan

Styrofoam yang selama ini kita gunakan mengandung berbagai macam zat kimia yang dapat membahayakan makhluk hidup. Selain itu, *styrofoam* terbukti tidak ramah lingkungan, karena tidak dapat diuraikan sama sekali. Bahkan pada proses produksinya sendiri, menghasilkan limbah yang tidak sedikit, sehingga dikategorikan

sebagai penghasil limbah berbahaya ke-5 terbesar di dunia oleh EPA (*Environmental Protection Agency*). Salah satu pilihan untuk pengganti polimer berbasis minyak bumi dan sintesis adalah polimer alam seperti pati dan kitosan (Tharanathan, 2003).

Pati telah digunakan untuk menghasilkan foam karena biayanya yang murah,

kepadatan rendah, toksisitas rendah dan mudah terurai (Stevens dkk., 2010). Schmidt (2006) mengatakan bahwa *biodegradable foam* yang diproduksi dari pati singkong, 30% serat, dan 4% kitosan memiliki bentuk yang hampir sama dengan *styrofoam*. Kitosan sangat mempengaruhi daya serap air pada *biodegradable foam*, semakin tinggi kitosan yang ditambahkan dalam adonan, maka akan semakin baik daya serap airnya (Nattapon dkk., 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shogren (2002), ampok jagung memiliki kadar pati yang cukup tinggi serta serat yang diharapkan dapat memperbaiki sifat mekanisnya (Iriani dkk., 2011).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Hendrawati dkk. (2015), menunjukkan bahwa kandungan protein terbanyak yang terdapat pada kacang kedelai sebesar 35% mempengaruhi daya serap air, daya urai dan daya tarik suatu *biodegradable foam*. *Foam* yang dihasilkan dari penelitian tersebut belum membentuk *foam* dengan baik, dikarenakan isolat protein yang bertindak sebagai *blowing agent* belum bekerja dengan baik. Selain itu, uji tarik *biodegradable foam* juga dipengaruhi oleh penambahan kitosan. Penambahan kitosan pada adonan *biodegradable foam* akan berpengaruh terhadap daya tarik dan elongisitas (elastisitas) dari *biodegradable foam* (Nattapon dkk., 2012).

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan kitosan dan jenis pati terhadap karakteristik *biodegradable foam*. Jenis pati yang digunakan meliputi pati singkong, jagung, dan sagu. *Biodegradable foam* yang dihasilkan selanjutnya dilakukan empat jenis pengujian, yaitu uji kemampuan menyerap air, uji kemampuan terdegradasi, dan uji kuat tarik.

2. Metodologi

2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu (lokal), isolat protein murni (lokal), kitosan (lokal), magnesium stearat (Sigma Aldrich), asam asetat glasial (Merck, 36,5%), gliserol (Merck), karaginan, PVOH, dan air.

2.2. Prosedur Penelitian

a. Perlakuan awal

Pati yang akan digunakan pada pembuatan *biodegradable foam* dikeringkan dalam oven

dengan suhu 80°C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air dalam pati, kemudian diletakkan di dalam desikator

b. Pembuatan *Biodegradable Foam*

Kitosan yang telah ditimbang sesuai variabel percobaan, dilarutkan dalam asam asetat pekat. Kemudian larutan tersebut diaduk hingga menjadi homogen. Larutan kitosan, 5,56% magnesium stearat, 2,08% karaginan, 16,67% gliserol, 29% isolat protein murni, dan 40% polivinil alkohol (PVOH) dari berat pati dimasukkan dalam satu wadah kemudian dilakukan pengadukan cepat menggunakan *mixer*. Tunggu hingga adonan mengembang. Pati sebanyak 36 gram yang telah kering dimasukkan ke dalam adonan dan dilakukan pengadukan lambat. Setelah semua tercampur rata, adonan dituang ke dalam cetakan. Selanjutnya, adonan tersebut dimasukkan ke dalam oven pada suhu 125°C dan di panggang selama 1 jam. Setelah itu, *foam* didinginkan pada suhu ruang selama 4 hari.

2.3. Uji *Water Absorption*

Pengujian *water absorption* pada produk *biodegradable foam* mengacu pada standar ABNT NBR NM ISO 535, 1999. *Foam* dipotong dengan ukuran 2,5 x 5 cm. Sampel terlebih dahulu dioven selama 5 menit pada suhu 40 - 50°C untuk menghilangkan kandungan airnya. Kemudian sampel diletakkan dalam desikator selama 20 menit dan ditimbang, prosedur tersebut diulangi hingga berat sampel konstan. Selanjutnya sampel ditimbang dan dicatat berat awalnya. Kemudian sampel direndam di dalam air selama 1 menit untuk mengetahui daya serap sampel terhadap air. Setelah itu, air dihilangkan di permukaan sampel menggunakan tisu kering dan ditimbang berat sampel setelah direndam dalam air. Perubahan berat yang terjadi dicatat.

Perhitungan pertambahan berat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Pertambahan berat (\%)} = \left[\frac{W_1 - W_0}{W_0} \right] \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W_0 = Berat awal (gram)

W_1 = Berat akhir (gram)

2.4. Uji *Biodegradability*

Foam dipotong masing-masing berukuran 2,5 x 5 cm, kemudian sampel direndam di dalam air hingga jenuh. Setelah itu, berat awal

sampel yang telah jenuh ditimbang sebagai berat awal. Sampel *biodegradable foam* ditanam di dalam tanah selama 14 hari. Setelah dilakukan pemendaman selama 14 hari, sampel dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang menempel dan ditimbang berat akhir sampel (Ghorpade dkk., 1995). Untuk mengetahui persen kehilangan berat dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{weight loss (\%)} = \frac{(W_0 - W_1)}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

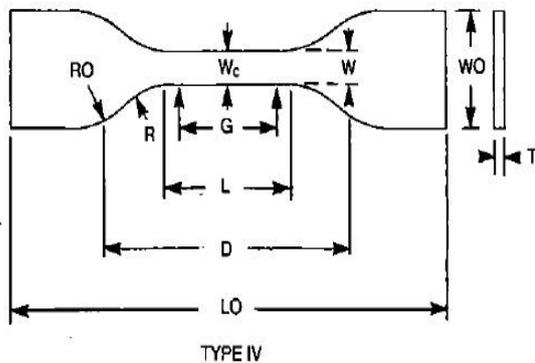
Keterangan:

W_0 = Berat awal (gram)

W_1 = Berat akhir (gram)

2.5. Uji tarik

Analisis mengacu pada *Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) No. T404*. Pada aplikasinya, *biodegradable foam* dipotong sesuai dengan standar ASTM D-638 *American Standard Testing and Material*.



Gambar 1. Dimensi spesimen kuat tarik standar ASTM D-638

Keterangan:

T (ketebalan)	= 3,2 mm
W (width of narrow section)	= 6 mm
L (length of narrow section)	= 33 mm
WO (lebar keseluruhan)	= 19 mm
LO (panjang keseluruhan)	= 115 mm
G (gage length)	= 25 mm
D (jarak antar grips)	= 65 mm
R (radius of fillet)	= 14 mm
RO (outer radius)	= 25 mm

Kemudian *biodegradable foam* diuji tarik dengan menggunakan alat Autograph AG-10 TE Shimadzu. Selanjutnya memasang asesoris pada perangkat, dan memilih beban (*load cell*) yang sesuai dengan kekuatan bahan uji. Sampel dijepitkan pada alat uji tarik, menyalakan *power supply*, dan *set up*. Mengatur jarak maksimum, kecepatan pembebanan, dan *range* beban atau gaya. Sampel ditarik secara perlahan hingga sampel patah. Data langsung di tampilkan ke

PC. Besarnya nilai kuat tarik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (3)$$

Keterangan:

σ = Kuat tarik (MPa)

F_{maks} = Tegangan maksimum (N)

A = Luas penampang film yang dikenai tegangan (mm²)

2.6 Uji Scanning Electron Microscope (SEM)

Analisis sifat permukaan dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* untuk mengetahui morfologi *biodegradable foam* yang dihasilkan. Prinsip kerja SEM adalah deteksi elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel padatan ketika ditembak oleh berkas elektron berenergi tinggi secara kontinyu yang dipercepat di dalam *electromagnetic coil* yang dihubungkan dengan *Cathode Ray Tube (CRT)* sehingga dihasilkan suatu informasi mengenai keadaan permukaan suatu sampel senyawa. Jenis mikroskop SEM yang digunakan untuk pengujian sampel adalah Phenom tipe G2 Pro.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penyerapan Air

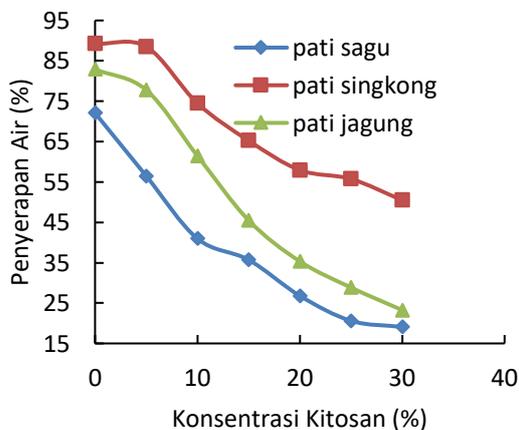
Uji penyerapan air (*water absorption*) dilakukan dengan cara menghitung perubahan berat yang terjadi sebelum dan sesudah dimasukkan dalam air. Selanjutnya, jumlah air yang terserap dalam sampel ditulis sebagai persen air yang terserap.

Biodegradable foam yang terbuat dari pati sagu lebih sukar menyerap air dibandingkan *biodegradable foam* dari pati jagung dan singkong seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Hal ini dikarenakan kandungan amilopektin dalam pati sagu lebih tinggi dibandingkan pada pati singkong dan jagung. Amilopektin adalah senyawa non polar yang tidak larut dalam air. Amilopektin yang terkandung dalam pati sagu sebesar 76,06%. Sedangkan pada pati singkong sebesar 72,62% dan pada pati jagung berkisar antara 74 - 76% (Ahmad dan Williams, 1998).

Menurut Winarno (1984), Pati terdiri dari dua fraksi yaitu fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Sifat kelarutan amilopektin dapat dilihat dari kepolaran zat tersebut. Dimana air adalah senyawa polar sedangkan amilopektin

senyawa non polar, sehingga kedua zat tersebut tidak dapat saling larut.

Jumlah kitosan yang ditambahkan juga mempengaruhi banyaknya air yang terserap oleh *foam*. Semakin banyak jumlah kitosan yang ditambahkan semakin rendah persen *water absorption* (jumlah air yang terserap). Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian yang dilakukan Schmidt (2006) yaitu semakin bertambahnya kitosan maka daya serap *biodegradable foam* terhadap air akan semakin berkurang. Berdasarkan penelitian Setiani dkk. (2013) adanya gugus amina (NH_2) pada posisi C_2 dan juga karena gugus hidroksil primer dan sekunder pada posisi C_3 dan C_6 pada kitosan. Kehadiran amino bermuatan positif menyebabkan molekul dapat mengikat muatan negatif permukaan melalui ikatan ionik atau hidrogen. Ikatan inilah yang menyebabkan kitosan memiliki sifat sukar mengikat air atau disebut juga hidrofobik. *Foam* dengan persen penyerapan air terendah dihasilkan dari pati sagu dengan jumlah penambahan kitosan sebesar 30% w/w yaitu sebesar 19,08%.



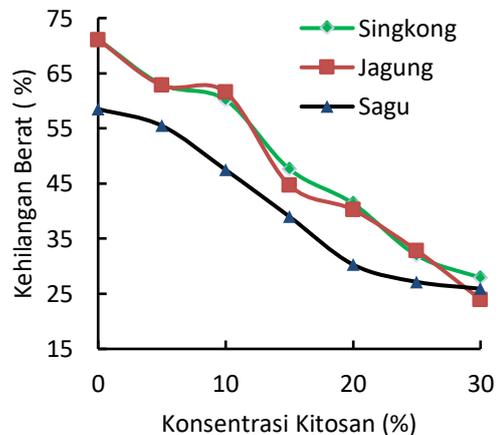
Gambar 2. Pengaruh penambahan kitosan terhadap water adsorption pada *biodegradable foam*

3.2. Daya Urai *Foam*

Uji daya urai (uji *biodegradability*) dilakukan dengan cara mengubur sampel di dalam tanah dalam kurun waktu 14 hari, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat sampel dapat terdegradasi di dalam tanah. Pada uji daya urai *biodegradable foam*, *foam* yang berbahan baku pati singkong lebih mudah terurai dibandingkan dengan sampel yang terbuat dari pati sagu dan jagung sebagaimana ditunjukkan Gambar 3.

Kemampuan daya urai sampel dengan bahan baku pati sagu sebesar 25,9% - 58,5%.

Sedangkan sampel dengan bahan baku pati jagung sebesar 23% - 71% dan sampel berbahan baku pati singkong daya urainya sebesar 27,8% - 71,07%. Hal ini dipengaruhi kandungan amilopektin pada pati. Sampel dengan kandungan amilopektin lebih sedikit akan lebih mudah terurai. Sifat amilopektin yang sukar larut dalam air atau hidrofobik akan mempengaruhi daya urai sampel, karena mikroorganisme di dalam tanah membutuhkan air untuk metabolisme (Hendritomo, 2010). Begitu pula dengan pengaruh penambahan kitosan terhadap daya urai sampel, semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka semakin sulit pula sampel tersebut terurai. Penambahan kitosan menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat antara NH_3^+ dari kitosan dan OH^- dari pati. Gugus NH_2 yang terkandung pada kitosan akan terprotonasi menjadi NH_3^+ dalam larutan asam asetat. Nilai dari NH_3^+ akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kitosan dalam pembentukan *foam* sehingga *foam* menjadi lebih kuat dan tidak mudah terdegradasi oleh mikroba (Bourtoom dan Chinnan, 2008).



Gambar 3. Pengaruh penambahan kitosan terhadap *weight loss* dari *biodegradable foam*

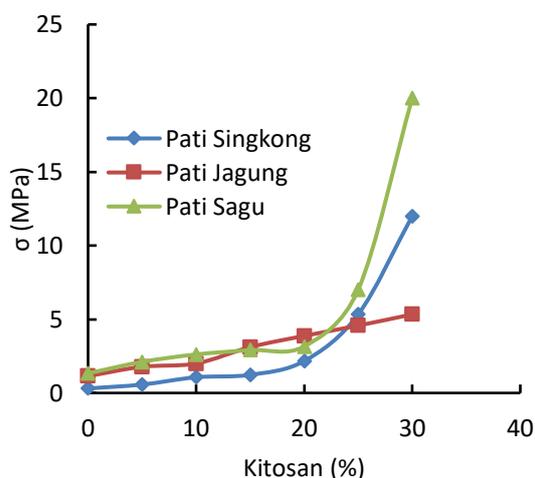
3.3. Sifat Mekanik *Foam*

Sifat mekanis *biodegradable foam* dilihat dengan melakukan uji tarik. *Tensile Strength* atau kuat tarik adalah kekuatan putus suatu bahan yang dihitung dari pembagian gaya maksimum yang mampu ditanggung bahan terhadap luas penampang bahan mula-mula. Tujuan melakukan uji tarik adalah untuk mengetahui kekuatan tarik *biodegradable foam*. Hasil uji tarik *biodegradable foam* diolah dalam bentuk grafik pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik *biodegradable foam* meningkat seiring

dengan bertambahnya konsentrasi penambahan kitosan. Pada konsentrasi penambahan kitosan kurang dari 25% (w/w), jenis pati tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada foam berbahan baku pati sagu dengan penambahan kitosan sebesar 30% w/w yaitu sebesar 20 MPa.

Kitosan berperan dalam peningkatan kuat tarik foam karena kitosan memiliki gugus fungsi amin, hidroksil primer dan sekunder (Dallan dkk., 2006). Dengan adanya gugus fungsi tersebut mengakibatkan kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen yang bersifat hidrofobik. Selain itu kitosan dapat membentuk ikatan hidrogen antara rantai dengan amilosa dan amilopektin pada pati.



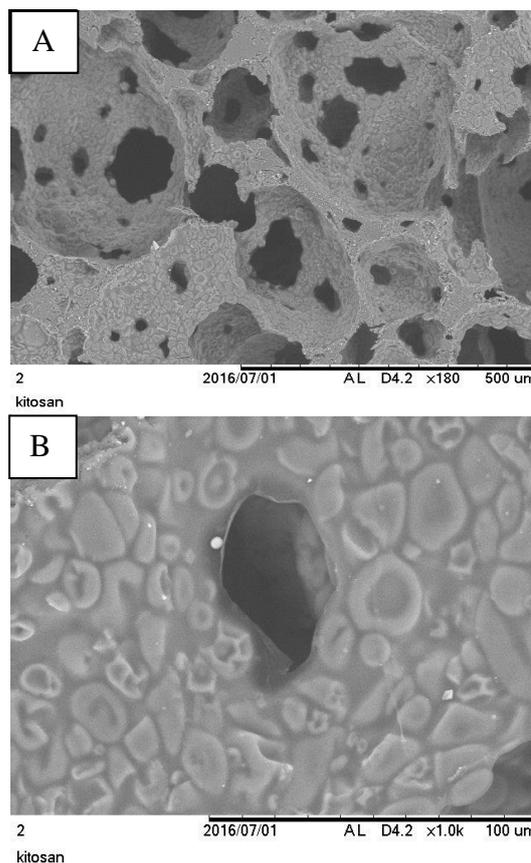
Gambar 4. Pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik dari *biodegradable foam*

Sehingga semakin tinggi kadar kitosan maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat di dalam *biodegradable foam* sehingga ikatan antar molekul dari *biodegradable foam* akan semakin kuat. Hasil uji tarik mempunyai kecenderungan yang sama dengan penelitian yang dilakukan Rokhati (2012) yang menyatakan, prosentase kitosan terhadap nilai kuat tarik berbanding lurus karena terbentuk ikatan molekul yang kuat pada *biodegradable foam* sehingga sulit putus

3.4. Struktur Morfologi

Morfologi *biodegradable foam* dilihat dengan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Sampel *foam* yang diuji adalah *foam* dari pati sagu dan penambahan kitosan 25% w/w. Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur dari *biodegradable foam* yang

dihasilkan. Hasil uji SEM disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji SEM pada foam berbahan baku pati sagu dengan penambahan kitosan 25% w/w dengan perbesaran A.180x ; B. 1000x.

Tampak struktur morfologi yang memiliki rongga yang rapat dan tidak homogen. Hasil penampang *biodegradable foam* pada SEM dibedakan menjadi dua yaitu *closed cell* dan *open cell*. *Biodegradable foam* yang mempunyai *closed cell* lebih tidak menyerap air, dinding sel terlihat jelas dan homogen. Sedangkan *open cell* merupakan kebalikannya yaitu dinding sel tidak jelas dan tidak homogen, serta lebih banyak menyerap air. Hasil *biodegradable foam* yang dihasilkan pada percobaan ini termasuk *open cell* karena struktur yang terbentuk tidak sama sehingga ada celah antara dinding sel. Hal inilah yang menyebabkan *biodegradable* ini lebih bersifat hidrofilik yaitu lebih menyerap air.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data penelitian, dapat disimpulkan beberapa

informasi berhubungan dengan karakteristik *biodegradable foam* dari bahan pati. Semakin besar kandungan amilopektin yang terdapat pada pati mengakibatkan karakteristik *biodegradable foam* memiliki daya serap yang rendah, sukar terdegradasi, dan memiliki sifat kuat tarik yang tinggi. Semakin besar kandungan kitosan yang terdapat pada *biodegradable foam* maka material menjadi tidak mudah menyerap air, sukar terdegradasi, dan nilai kuat tarik semakin besar. Sampel yang menggunakan bahan baku pati sago menyerap air sebesar 72% pada kitosan 0% w/w dan 19% pada kitosan 30% w/w. Sampel yang mengandung 0 % w/w kitosan dapat terurai didalam tanah sebesar 58,5% - 78,3%. Sedangkan sampel yang menggunakan 30% w/w kitosan terurai didalam tanah hanya sebesar 18,2% - 28,6%. Pati sago dan 25% w/w kitosan memiliki nilai kuat tarik sebesar 7 MPa. Berdasarkan hasil uji morfologi, dapat disimpulkan bahwa *biodegradable foam* memiliki struktur *open cell*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak politeknik Negeri Malang yang telah memberikan Dana melalui Hibah Penelitian DIPA Politeknik Negeri Malang, Pihak Jurusan Teknik Kimia yang memberikan fasilitas untuk penelitian ini, dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung terlibat dan membantu pelaksanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- Ahmad F.B., Williams P.A. (1998) Rheological properties of sago starch, *Jurnal Agricultural Food Chemical*, 46, 4060 - 4065.
- ABNT NBR NM ISO 535:1999 Errata 1: 2002
- Bourtoom, T., Chinnan, M.S. (2008) Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film, *Food Science and Technology*, 41(9), 1633 - 1641.
- Dallan, P. R. M., Moreira, P. da Luz., Petinari, L., Malmonge, S. M., Beppu, M. M., Genari, S. C., Moraes, A. M. (2006) Effects of chitosan solution concentration and incorporation of chitin and glycerol on dense chitosan membrane properties,

Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 394 - 405.

- Ghorpade, V.M., Gennadios, A., Hanna, M.A., Weller, C.L. (1995) Soy protein isolate polyethylene oxide film, *Biological System Engineering*, 72(6), 559 - 563.
- Hendrawati, N., Anna R.S., Ilmi N.W. (2015) Pengaruh penambahan magnesium stearat dan protein pada pembuatan biodegradable foam dengan metode baking process, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4, 2, 34 - 39.
- Hendritomo, H.I. (2010) *Pengaruh Pertumbuhan Mikroba terhadap Mutu Kecap Selama Penyimpanan*, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Bioindustri, Thamrin, Jakarta.
- Iriani, E.S., Sunarti, T.C., Richana, N. (2011) Pengembangan biodegradable foam berbahan baku pati, *Buletin Teknologi Pasca Panen Pertanian*, 7(1), 30 - 40.
- Ismawati, H. (2013) Makalah Proses Industri Petro dan Oleokimia. Teknik Kimia. Universitas Riau Pekanbaru. <https://www.scribd.com/doc/169689974/Gliserol>. diakses tanggal 05 Maret 2016.
- Nattapon, K., Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N. (2012) Biodegradable foam tray from cassava starch blended with natural fiber and chitosan, *Ind Crops Prod*, 37, 542 - 546.
- Rokhati, N. (2012) *Hidrolisis Kitosan Menggunakan Katalis Asam Klorida (HCl)*, Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Diponegoro.
- Schmidt, V. C. (2006) Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis a partir da e'cula de cassava, calca'rio e fibra de cellulose, *Rh. D. Dissertation*, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.
- Setiani, W., Sudiarti, T., Rahmidar, L. (2013) Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun-kitosan, *Valensi*, 3(2), 100 - 109.
- Shogren, R.L., Lawton, J.W., Tiefenbacher, K.F. (2002) Baked starch foams: starch modifications and additives improve process parameters, structure and Properties, *Industrial Crops Product*, 16, 69 - 79.

Stevens, E.S., Klamczynski, A., Glenn, G.M.
(2010) Starch–lignin foams, *Express
Polymer*, 4, 311 – 320.

coatings: past, present and future,
Trends Food Science and Technology,
14, 71 – 78.

Tharanathan, R.N. (2003) Review:
Biodegradable films and composite

Winarno, F.G. (1984) *Pengantar teknologi
pangan*, Gramedia, Jakarta.