

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KENTANG SEBAGAI PENGISI (*FILLER*) PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE*

Fahmi Nurlaila dan Yayok Suryo Purnomo

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Email: nurlailafahmi98@gmail.com

ABSTRAK

Plastik konvensional yang sulit didegradasi karena mencemari lingkungan sehingga diperlukan plastik ramah lingkungan (*biodegradable*) dari bahan yang mengandung polimer alami (pati), seperti dari kulit kentang. Dengan penambahan kitosan sebagai penguat, gliserol sebagai *plasticizer* dan CMC sebagai *stabilizer* untuk meningkatkan kualitas. Hasil penelitian terbaik plastik *biodegradable* secara visual (warna dan tekstur) pada komposisi kitosan : pati kulit kentang (5 : 5) dan gliserol 5 mL, namun untuk elastisitas visual terbaik gliserol 6 mL dan CMC 2,5 gr. Untuk hasil uji biodegradasi komposisi optimum dengan pati 10 gr (kitosan 0 gr), gliserol 6 mL dan CMC 2,5 gr yaitu sebesar 29,23% selama 9 hari. Untuk hasil uji kelarutan air dengan pengadukkan komposisi optimum pati 7 gr, kitosan 3 gr dan gliserol 6 mL yaitu 12 detik. Dan untuk uji kelarutan air tanpa pengadukan lapisan plastik dapat terlarut pada komposisi optimum pati 7 gr, kitosan 3 gr, gliserol 6 mL dan CMC 2,5 gr hasil yaitu saat 1-2 jam setelah dimasukkan dalam air. Kedua hasil uji tersebut dikarenakan semakin tinggi komposisi gliserol dan CMC maka plastik *biodegradable* akan semakin cepat terdegradasi dan semakin cepat waktu terlarutnya didalam air.

Kata kunci: *plastik biodegradable, pati kulit kentang, glierol, CMC, biodegradasi, kelarutan air*

ABSTRACT

Conventional plastics that are difficult to degrade can pollute the environment so that environmentally friendly plastics are needed (biodegradable) with manufacturing materials from natural polymeric materials (starch) it can use potato skin. With the addition of chitosan as an amplifier, glycerol as a plasticizer and CMC as a stabilizer, to improve quality.. The best research results visually biodegradable plastic (color and texture) on the composition of chitosan:potato skin starch (5:5) and glycerol 5 mL, but for the best visual elasticity with the addition of 6 mL glycerol and 2.5 gr CMC. For biodegradation test results the optimum composition 10 gr starch (chitosan 0 gr), 6 mL glycerol and 2.5 gr CMC that is 29.23% for 9 days. For the results of water solubility test with stirring the optimum composition of starch 7 gr, chitosan 3 gr and glycerol 6 mL that is 12 seconds. For the water solubility test without stirring could be dissolved in composition of 7 gr starch, chitosan 3 gr, glycerol 6 mL and 2.5 g CMC which were 1-2 hours after being put into the water. Both of the results are due to the higher composition of glycerol and CMC, the biodegradable plastic will be degraded faster at the time.

Keywords: *biodegradable plastic, potato skin starch, glierol, CMC, biodegradation, water solubility*

PENDAHULUAN

Sampah merupakan permasalahan lingkungan karena jumlah dan volumenya yang selalu bertambah dengan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan kegiatan jual beli. Sehingga menyebabkan permasalahan lingkungan dari gunung sampah. Terlebih lagi jenis sampah yang tidak bisa didegradasi oleh mikroba dalam tanah yaitu plastik. Sehingga diperlukan alternatif solusi untuk membuat plastik yang aman dibuang ke lingkungan. Bioplastik (*biodegradable*) ialah plastik ramah lingkungan karena mampu terurai atau terdekomposisi menjadi air, karbon dioksida, biomaasa atau senyawa organik. Produk bioplastik sangat membantu meringankan ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil dan krisis energi saat ini (Satria, 2015). Plastik *biodegradable* sendiri dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah organik, seperti limbah tumbuhan dan limbah hewan sehingga dapat mengurangi tumpukan limbah organik. Susunan plasti terbentuk dari polimer rantai panjang yang mengikat satu sama lain dari atom molekulnya. Plastik *biodegradable* dapat dibentuk dari pati, selulosa, *Poly Lactic Acid* (PLA), Poli Hidroksi Alkanooat (PHA) dan protein (Fetty Anggraini, 2013).

Pati ($C_6H_{10}O_5$)_n merupakan polimer organik yang termasuk golongan hidokoloid yang mudah diperoleh di alam sehingga mudah dimanfaatkan dan mudah dicari. Zat tepung dari produk pati terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin, yang mana bagian dari senyawa glukosa (Dhinniya, 2018). Kentang merupakan umbi-umbian yang terdapat kandungan pati sebagai bahan pengisi rongga-rongga *biodegradable film* yang dapat membantu menghomogenkan *biodegradable film* dan dapat memperkecil pori-pori (Satria, 2018).

Selain pati, terdapat penggunaan kitosan. Kitosan ialah sebutan dari kitin dan kitosan yang merupakan biopoliminosakarida yang harus melalui proses deasetilisasi kitin *krustase*, seperti kulit udang. Kitosan tidak terlarut dialam air dan memiliki fleksibilitas cukup baik, tidak (Hasan, Hanum, & Latifah,

2010). Keuntungan kitosan yaitu mempunyai afinitas yang besar terhadap enzim, *hydrophilicity*, *biocompatibility*, *degradability* dan sifat anti bakteri (Pandu & Edi, 2013). Film atau lapisan dari kitosan terlihat jelas, tangguh, fleksibel dan tidak ada hambatan oksigen (Bourtoom, 2008).

Melalui polimerisasi atau pencampuran bahan pembuatan plastik *biodegradable* yang dapat didegradasi di alam antara kitosan dan pati kulit kentang memiliki suhu termal yang relatif tinggi dan sifat mekanik. Digunakan *plasticizer* sebagai bahan perekat yang mempengaruhi kuat tarik *biodegradable* film dan *stabilizer* untuk meningkatkan gaya tarik menarik antar molekul penyusun. *Plasticizer* yang digunakan adalah gliserol, sedangkan *stabilizer* yang digunakan adalah CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) (Fevi Anggraini, 2019).

Gliserol ($C_3H_8O_3$) berfungsi untuk meningkatkan elastisitas (sifat elongasi) yaitu dengan cara meningkatkan jarak antara molekul di polimer serta mengurangi derajat ikatan hidrogen. Semakin banyak penggunaan semakin, maka dapat meningkatkan kelarutan terutama yang bersifat hidrofilik yaitu larut dalam air. Gliserol sebagai *plasticizer* terbaik, memberikan kelarutan tinggi pada plastik berbasis pati (Fadli, 2016).

CMC berfungsi sebagai pengental, pengemulsi, penstabil atau *stabilizer*, dapat merekatkan penyebaran antibiotik dan pembentuk gel. CMC mampu mengikat molekul air sehingga memudahkan air mudah masuk terperangkap kedalam struktur gel (Fevi Anggraini, 2019). Sedangkan sifat CMC yang lain adalah mudah terlarut dalam air dingin ataupun air panas. CMC sebagai bahan penebal pada zat yang bersifat mengikat mampu menstabilkan dalam membentuk lapisan suatu permukaan dan tidak mudah larut dalam pelarut organik (Dhinniya, 2018).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemanfaatan limbah kulit kentang yang diekstrak menjadi pati sebagai pengisi (*filler*) plastik *biodegradable*. Penambahan gliserol sebagai pemlastis dan CMC sebagai

penstabil untuk meningkatkan kecepatan biodegradasi dan kelarutan bioplastik. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat mengurangi volume timbunan sampah plastik yang sulit terurai di alam. Serta menghasilkan produk plastik *biodegradable* yang lebih aplikatif untuk digunakan yang memiliki sifat lebih unggul dalam pengembangan produk bioplastik tersebut.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini untuk bahan dan alat yang digunakan sebagai berikut

Bahan :

1. Sampah Kulit Kentang
2. Kitosan
3. Aquades
4. Asam asetat 1% (CH₃COOH)
5. Gliseol
6. CMC (Carboxy Methyl Celulose)
7. Tepung tapioka

Alat :

1. Oven
2. Gelas ukur
3. Gelas beaker
4. Pipet Neraca Digital
5. Hotplate magnetic stirrer
6. Cetakan (loyang)
7. Blender
8. Ayakan dengan ukuran 100 mesh
9. Labu ukur
10. Kain saringan

Cara Kerja :

Pembuatan Pati dari Kulit Kentang

Pertama mencuci terlebih dahulu limbah kulit kentang dan ditimbang 500 gram. Selanjutnya kulit kentang diblender untuk dihaluskan dengan menambah aquades agar mempermudah penghancurannya dengan perbandingan kulit kentang : aquades sebanyak 500 gram : 250 mL. Hasil kulit kentang yang diblender berupa bubur kemudian disaring menggunakan kain saringan dan hasil saringan (filtrat) dimasukan kedalam gelas beker 1000 mL didiamkan selama 24 jam sampai terlihat endapan dibawah. Endapan tersebut dipisahkan dari air supernatannya, selanjutnya endapan tadi ditambahkan kembali dengan aquades 250 mL kedalam beaker glass dan kemudian dibiarkan kembali selama 24 jam sampai terbentuk endapan kembali. Setelah 24 jam

diendapkan kemudian dipisahkan kembali dari supernatannya dan kemudian hasil endapannya dikeringkan didalam oven pada suhu ±105°C selama ±18 jam. Kemudian ditumbuk agar sedikit lebih halus dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh

Pengenceran Asam asetat 1%

Mengambil asam asetat 100% dengan memipetnya 10 mL lalu dimasukan kedalam labu ukur 1000 mL. Kemudian ditambahkan aquades sampai batas garis meniskus.

Pembuatan Plastik Biodegradable

Memasukan pati kulit kentang (gram) dengan 50 mL asam asetat 1% dengan pengadukan 80°C selama 10 menit. Dan melarutkan kitosan (gram) sesuai tabel perbandingan rasio dengan 100 mL asam asetat 1% dengan pengadukan 80°C selama 30 menit. Setelah kedua larutan terlarut, kemudian menambahkan gliserol dan CMC. Selanjutnya dipanaskan pada *magnetic stirrer* selama 20 - 30 menit dengan suhu 150°C dan kecepatan pengadukan 600 rpm (sampai adonan kental). Setelah mengental tuang ke loyang cetakan dioven pada suhu 70°C selama 5 jam dan kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam. Plastik *biodegradable* siap diuji biodegradabilitas, uji kelarutan air dan analisa visual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

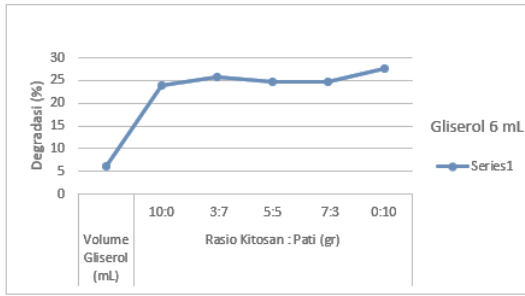
Penampakan Plastik *Biodegradable*

Beberapa hasil plastik *biodegradable* yang telah dibuat dengan variasi komposisi pati 0 gr, 7 gr, 5 gr, 3 gr, 10 gr dengan gliserol variasi komposisi 4 mL, 5 mL, 6 mL dan CMC dengan variasi 0,5 gr, 1,5 gr, 2,5 gr



Hubungan Komposisi Kitosan:Pati Terhadap Hasil Uji Biodegradasi

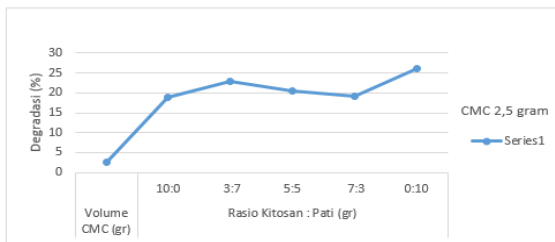
Pada penelitian ini nilai % degradasi terbesar 27,68% pada gliserol 6 mL yang digunakan untuk mengetahui komposisi kitosan:pati yang paling berpengaruh terhadap kecepatan waktu degradasi.



Gambar -2: Hubungan % Degradasi Terbaik Gliserol Terhadap Komposisi Kitosan:Pati

Komposisi optimum kitosan:pati mempengaruhi kecepatan pendegradasian plastik *biodegradable* adalah 0 : 10. Karena pati yang bersifat hidrofilik memiliki daya serap air yang tinggi membantu mikroorganisme dalam EM4 memecah rantai dari ikatan hidrogen sehingga mempercepat pendegradasian plastik (Pandu & Edi, 2013). Putusnya rantai ikatan polimer menunjukkan bahwa bioplastik terdegradasi karena proses kerusakan plastik tersebut (Aripin et al., 2017).

Pada penelitian ini nilai % degradasi terbesar 26,81% pada CMC 2,5 gr yang digunakan untuk mengetahui komposisi kitosan:pati yang paling berpengaruh terhadap kecepatan waktu degradasi.

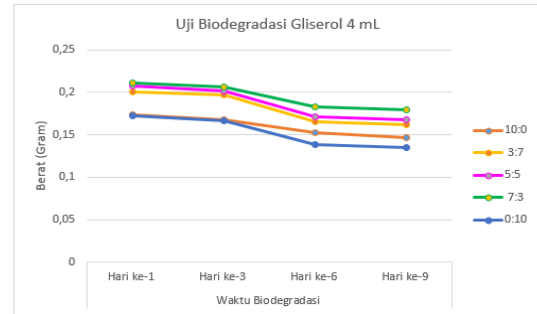


Gambar -3: Hubungan % Degradasi Terbaik CMC Terhadap Komposisi Kitosan:Pati

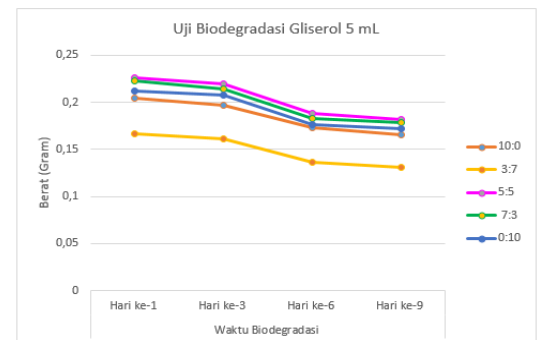
Komposisi optimum kitosan:pati yang mempengaruhi kecepatan pendegradasian 0 : 10. Karena pati bersifat hidrofilik memiliki daya serap air yang tinggi membantu mikroorganisme dalam EM4 memecah rantai dari ikatan hydrogen sehingga mempercepat pendegradasian plastik (Pandu & Edi, 2013). Polimer akan terdegradasi ditandai dengan rusaknya plastik akibat dari putusnya ikatan rantai pada polimer plastik (Aripin et al., 2017). Kitosan akan lama dapat terdegradasi dibandingkan dengan pati, karena kitosan bersifat hidrofobik tidak suka larut dalam air (Aripin et al., 2017).

Hubungan Komposisi Gliserol Terhadap Hasil Uji Biodegradasi

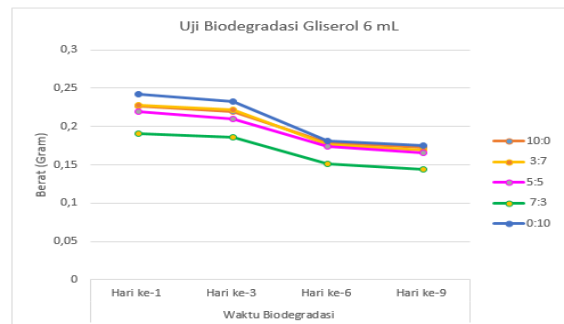
Variasi gliserol 4 mL, 5 mL dan 6 mL menunjukkan adanya penurunan berat plastik *biodegradable*.



Gambar -4: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 4 mL



Gambar -5: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 5 mL

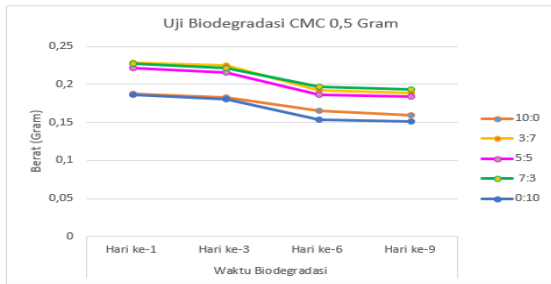


Gambar -6: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 6 mL

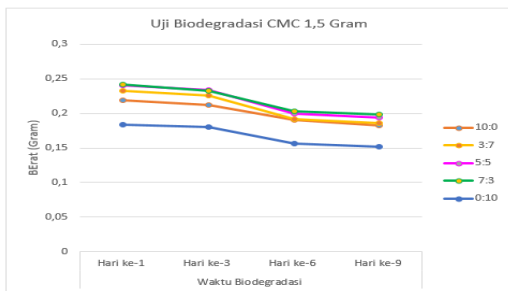
Berdasarkan ketiga gambar diatas, kandungan pemlastis mempengaruhi penurunan berat plastik *biodegradable*. Kecepatan waktu degradasi dipengaruhi oleh adanya peningkatan penambahan gliserol yang bersifat hidrofilik. Konsentrasi gliserol yang semakin bertambah akan meningkatkan kelembaban plastik yang membuat mikroorganisme mendegradasi sampel plastik *biodegradable* lebih cepat sehingga dapat mempercepat penyerapan air (Hardjono et al., 2016).

Hubungan Komposisi CMC Terhadap Hasil Uji Biodegradasi

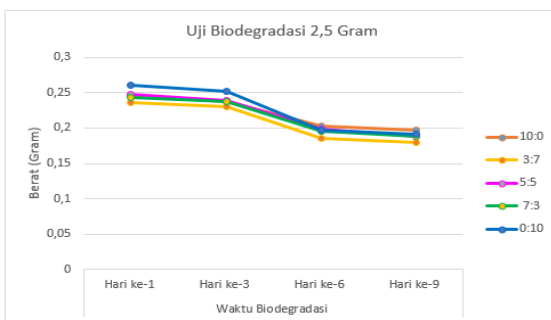
Pada penelitian ini variasi CMC 0,5 gr, 1,5 gr, 2,5 gr menunjukkan adanya penurunan berat plastik *biodegradable*.



Gambar -7: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan CMC 0,5 gr



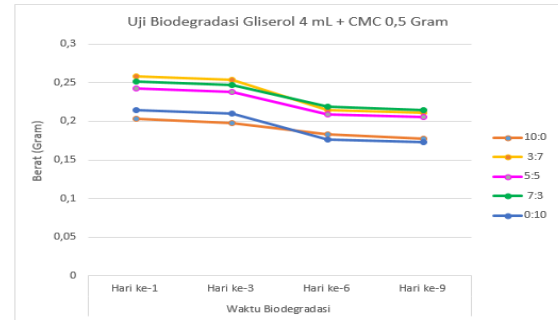
Gambar -8: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik (*Biodegradable*) Dengan CMC 1,5 gr



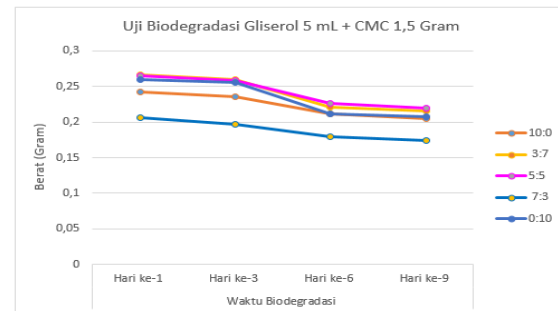
Gambar -9: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan CMC 2,5 gr

Hubungan Komposisi Pencampuran Gliserol dan CMC Terhadap Hasil Uji Biodegradasi

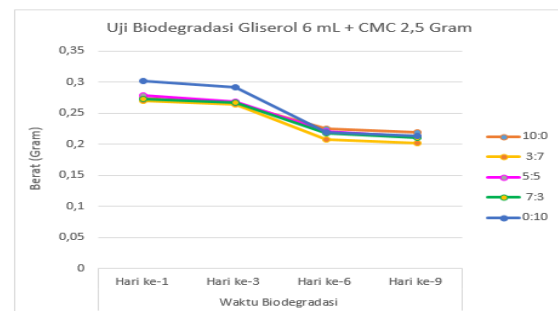
Komposisi gliserol dicampurkan CMC untuk mengetahui penurunan berat bioplastik.



Gambar -10: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 4 mL + CMC 0,5 gr



Gambar -11: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 5 mL + CMC 1,5 gr

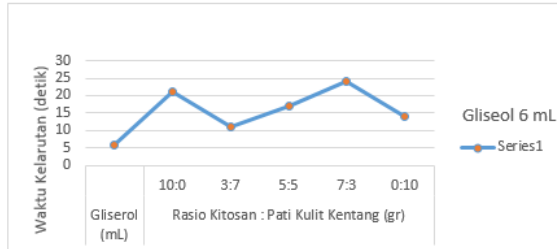


Gambar -12: Hubungan Uji Biodegradasi Penurunan Berat Plastik *Biodegradable* Dengan Gliserol 6 mL + CMC 2,5 gr

Berdasarkan ketiga gambar diatas mengalami penurunan berat plastik yang semakin besar, artinya sampel terdegradasi semakin cepat saat konsentrasi gliserol 6 mL + CMC 2,5 gr dan rasio kitosan:pati 0:10 memiliki nilai biodegradasi terbesar 29,23%. Karena gliserol dan CMC bersifat hidrofilik sehingga mampu untuk mengikat air. Air sebagai media tumbuh bagi sebagian besar bakteri dan mikroba pada larutan EM4, sehingga kandungan air yang tinggi memudahkan mempercepat plastik *biodegradable* terdegradasi (Adil, Patang, & Sukainah, 2020).

Hubungan Komposisi Kitosan:Pati Terhadap Hasil Uji Kelarutan Air

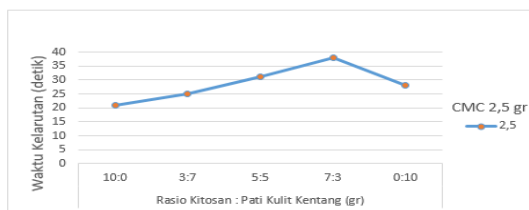
Pada penelitian ini kecepatan kelarutan terbaik selama 12 detik pada gliserol 6 mL yang digunakan untuk mengetahui komposisi kitosan:pati yang paling berpengaruh terhadap kecepatan kelarutan bioplastik.



Gambar -13: Hubungan Kecepatan Kelarutan Terbaik Gliserol Terhadap Komposisi Kitosan:Pati

Kecepatan waktu kelarutan tercepat ditunjukkan titik grafik yang paling rendah yaitu komposisi kitosan : pati 3 gr : 7 gr, karena pati bersifat hidrofilik dan kitosan bersifat hidrofobik mempengaruhi kecepatan kelarutan. Semakin banyak pati akan mempercepat plastik *biodegradable* dapat terlarut (Zulferiyenni et al., 2014).

Pada penelitian ini kecepatan kelarutan terbaik selama 25 detik pada CMC 2,5 gr yang digunakan untuk mengetahui komposisi kitosan:pati yang paling berpengaruh terhadap kecepatan kelarutan bioplastik.

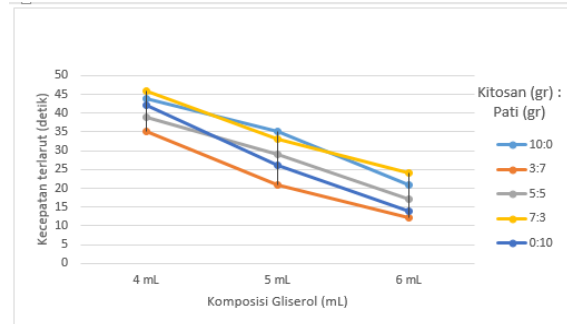


Gambar -14: Hubungan Kecepatan Kelarutan Terbaik CMC Terhadap Komposisi Kitosan:Pati

Kecepatan waktu kelarutan tercepat ditunjukkan titik grafik yang paling rendah yaitu 25 detik saat komposisi kitosan : pati 3 gr : 7 gr karena pati bersifat hidrofilik dan kitosan bersifat hidrofobik mempengaruhi kecepatan kelarutannya. Sehingga semakin banyak pati akan mempercepat plastik *biodegradable* dapat terlarut (Zulferiyenni et al., 2014).

Hubungan Komposisi Gliserol Terhadap Hasil Uji Kelarutan Air

Komposisi gliserol untuk mengetahui kecepatan waktu terlarutnya plastik *biodegradable*.

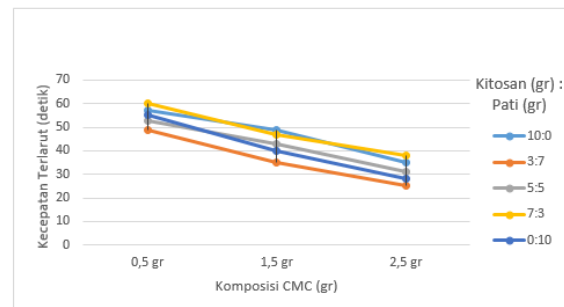


Gambar -15: Hubungan Konsentrasi Gliserol Terhadap Kecepatan Waktu Kelarutan Bioplastik

Terjadi penurunan batang grafik di beberapa titik, artinya adanya kecepatan waktu terlarutnya plastik *biodegradable*. Semakin bertambahnya gliserol semakin cepat pula tingkat kelarutan plastik *biodegradable* di air. Karena gliserol mempengaruhi bioplastik ini bersifat hidrofilik dengan adanya gugus hidroksida pada plastik (Darni et al., 2017). Sehingga semakin tinggi nilai hidrofilik bahan pembuat bioplastik (gliserol dan pati), maka kelarutannya semakin tinggi atau dikatakan cepat terlarut (Zulferiyenni et al., 2014).

Hubungan Komposisi CMC Terhadap Hasil Uji Kelarutan Air

Komposisi CMC untuk mengetahui kecepatan waktu terlarutnya plastik *biodegradable*.



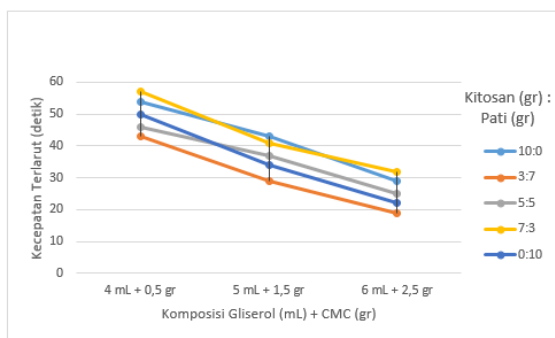
Gambar -16: Hubungan Konsentrasi CMC Terhadap Kecepatan Waktu Kelarutan Bioplastik

Terjadi penurunan batang grafik di beberapa titik, artinya semakin cepat waktu terlarutnya bioplastik. Penambahan CMC yang hidrofilik memudahkan air masuk kedalam pori-pori matriks bioplastik yang dapat

menyebabkan plastik *biodegradable* mudah rapuh atau rusak sehingga mudah untuk terlarut dalam air (Ningsih & Ariyani, 2019) sehingga membuat nilai uji kelarutan air semakin cepat. Karena daya serap air yang membantu mempercepat terlarutnya bioplastik dalam air mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi CMC (Ningsih & Ariyani, 2019).

Hubungan Komposisi Pencampuran Gliserol dan CMC Terhadap Hasil Uji Kelarutan Air

Komposisi gliserol dan CMC dicampurkan untuk mengetahui kecepatan waktu terlarutnya plastik *biodegradable*.



Gambar -17: Hubungan Konsentrasi Gliserol dan CMC Terhadap Kecepatan Waktu Kelarutan Bioplastik

Terjadi penurunan batang grafik pada beberapa titik, artinya semakin cepat waktu terlarutnya plastik *biodegradable*. Dengan adanya penambahan campuran gliserol dan CMC maka akan mempengaruhi kecepatan terlarutnya plastik *biodegradable*. Karena gliserol dan CMC sama-sama memiliki sifat hidrofilik sehingga bahan-bahan tersebut mampu menyerap air dan dapat membentuk ikatan hidrogen (Ningsih & Ariyani, 2019). Semakin hidrofilik suatu bioplastik maka akan semakin mudah terurai ia dalam lingkungannya (Darni et al., 2017).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pembuatan plastik *biodegradable* yang telah dilakukan ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. kulit kentang yang diekstraksi menjadi pati dapat digunakan sebagai bahan pembuat plastik *biodegradable*. Dengan bahan tambahan kitosan, pemlastis gliserol dan CMC menambah kualitas plastik ini.
2. Semakin banyak kitosan akan memperlambat daya serap air sehingga

kelarutannya menjadi lama dan waktu pendegradasiannya juga ikut lama. Komposisi terbaik hasil uji biodegradasi kitosan : pati (0 : 10). Dan komposisi terbaik hasil uji kelarutan air kitosan : pati (3 : 7). Komposisi terbaik visual Kitosan : pati (5:5).

3. Semakin banyak gliserol dan CMC dapat mempercepat plastik *biodegradable* terdegradasi dan terlarut didalam air. Konsentrasi optimum dari gliserol 6 mL dan CMC 2,5 gram menghasilkan uji biodegradasi sebesar 29,23% dan kelarutan air dalam 12 detik. Komposisi terbaik elastisitas visualnya pada gliserol 6 mL dan CMC 2,5 gr.

DAFTAR PUSTAKA

Adil, Patang, & Sukainah, A. (2020). *Sintesis Kulit Ubi Kayu (manihot esculenta) Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kemasan Biodegradable*. Pendidikan Teknologi Pertanian, 6, 55–64.

Anggraini, Fetty. (2013). *Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Biji Nangka*. Skripsi Kimia. Universitas Negeri Semarang.

Anggraini, Fevi. (2019). *Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Tebu (Saccharum officinarum L) Dengan penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). *Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable Dari Pati Ubi Jalar Dengan Plasticizer Gliserol Dengan Metode Melt Intercalation*. Jurnal Teknik Mesin, 6(2)18. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1185>

Bourtoom, T. (2008). *Review Article Edible films and coatings : characteristics and properties*. 15(3), 237–248.

Darni, Y., Hasyanah, R., Lismeri, L., & Utami, H. (2017). *Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Komposit Berbasis Pati Sorgum*. Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Dhinniya, P. D. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan CMC Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Dari Limbah Kulit Pisang Raja (Musa sapientum.)*. Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

- Fadli, N. N. (2016). *Karakteristik Edible Film Dari Pati Kulit Pisang Raja, Tongkol Jagung, dan Bonggol Enceng Gondok*. Skripsi Jurusan Fisika. UIN Malang Maulana Malik Ibrahim.
- Hardjono, Suharti, P. H., Permatasari, D. A., & Sari, V. A. (2016). *Pengaruh Penambahan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Film Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata Balbisiana Colla)*.(9).<https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.5965>
- Hasan, M., Hanum, & Latifah, H. (2010). *Rekayasa Bioplastik Untuk Kemasan Makanan Dari Khitosan Limbah Kulit Udang dan Pati Tapioka , Dengan Minyak Kelapa Sawit sebagai Pemplastis. Purifikasi, 11.*
- Heni, N. M., Admadi, B. H., & Arnata, I. W. (2016). *Pengaruh Suhu Dan Lama Pengerinan Terhadap Karakteristik Komposit Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Kulit Singkong dan Kitosan*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri, 4(1), 21–30.
- Ningsih, E. P., & Ariyani, D. (2019). *Pengaruh Penambahan Carboxy Methyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Drair Pati Ubi Nagara (Ipomoea batatas L)*. 7(1), 77–85.
- Pandu, Iazuardi G., & Edi, C. S. (2013). *Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan dan Pati Singkong Dengan Plasticizer Gliserol*. *Journal of Chemistry*, 2(3), 161–166.
- Radhiyatullah, A., Indriani, N., Kimia, D. T., & Utara, U. S. (2015). *Pengaruh Berat Pati dan Volume Plasticizer Gliserol*. 4(3), 35–39.
- Satria, R. W. (2018). *Pemanfaatan Limbah Kerak Nira Sebagai Bahan Pembuatan Plastik Biodegradable*. *Jurnal Teknik Lingkungan Envirotek*.
- Zulferiyenni, Marniza, & Novida, S. E. (2014). *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Tapioka Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut*. *Teknologi Dan Industri Hasil Pertanian*, 19(3), 257–273.