

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

Characteristic of Edible Film Biocomposites from mixed Chitosan and Pectin Saba Banana (Musa acuminata) Peel Waste

Daril Ridho Zuchrillah¹⁾, Lily Pudjiastuti¹⁾, Niniek Fajar Puspita¹⁾, Afan Hamzah¹⁾, Achmad Dwitama Karisma¹⁾, Agus Surono¹⁾, Saidah Altway¹⁾, Liana Ardiani¹⁾, Nur Azizatur Rohmah¹⁾, Eva Oktavia Ningrum^{1*)}

¹⁾Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*email: eva-oktavia@chem-eng.its.ac.id

Received: 02/06/20; Revised: 17/06/20; Accepted: 20/06/20

Abstrak

Kemasan plastik banyak digunakan pada industri makanan dan minuman di Indonesia karena praktis dan mudah. Namun, disisi lain ini merupakan bencana bagi lingkungan karena plastik merupakan bahan yang sulit terurai (*nondegradable*). *Edible film* merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan untuk menggantikan kemasan plastik. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan kitosan dari limbah cangkang rajungan dan pektin dari limbah kulit pisang kepok sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Kitosan diperoleh dari proses *degreasing*, deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi cangkang rajungan. Pektin diperoleh dari proses hidrolisis kulit pisang kepok. *Edible film* yang berbasis kitosan dan pektin dibuat melalui proses *blending* dengan ratio (K:P) 100:0; 60:40; 50:50; 40:60 dan 0:100. Analisis karakteristik yang dilakukan meliputi warna, transparan, ketebalan, kelarutan dalam air, laju transmisi uap air (WVTR), kadar air, *swelling degree*, biodegradabilitas, dan aktivitas antimikroba. Hasil penelitian menunjukkan *edible film* kitosan dan pektin yang paling optimal adalah ratio 50:50.

Kata kunci: Biokomposit, bioplastik, *edible film*, kitosan, pektin

Abstract

Plastic is utilized extensively as food and beverages package in Indonesia since it is inexpensive and flexible. However, it is not environmentally friendly due to its non-degradable characteristic. Bioplastic can be attractive solution. The objective of this study was to utilized pectin from banana peels waste and chitosan from crab shell waste as edible film. Chitosan was obtained with *degreasing*, deproteinization, demineralization, and deacetylation process of crab shell waste. Pectin was attained from banana peels waste hydrolysis. The *Edible film* was created by *blending* process of chitosan and pectin with (C:P) 100:0; 60:40; 50:50; 40:60 and 0:100 weight ratio. Characteristic analysis including color, transparency, thickness, solubility in water, water vapor transmission rate (WVTR), water content, *swelling degree*, and biodegradability. Antimicrobial activity had also been studied. The highest characteristic in transparency, solubility, WVTR, *swelling degree* and biodegradability was attained in 50:50 (w:w) composition of chitosan and pectin.

Keywords: Biocomposite, bioplastic, chitosan, *edible film*, pectin

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

PENDAHULUAN

Berkembangnya industri makanan dan minuman di Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun terakhir meningkat pesat diiringi dengan penggunaan kemasan plastik sebagai bahan pengemas makanan dan minuman. Penggunaan produk kemasan makanan berbasis plastik yang sifatnya mudah dibentuk, ringan, kuat dan tentu harganya yang terjangkau ini diproduksi dari polimer petrokimia (Kamsiati *dkk.*, 2017). Banyak campuran zat kimia yang ditambahkan pada plastik tersebut seperti senyawa *bisphenol-A* (BPA) yang bersifat karsinogenik, menyebabkan kerusakan ekosistem lingkungan karena bahan tersebut tidak terurai sempurna (*non-biodegradable*) (Homez-Jara *dkk.*, 2018).

Perlu ada upaya pengembangan kemasan makanan dan minuman yang ramah lingkungan yang bersifat mudah terurai (*biodegradable*) dan aman bagi kesehatan. Bioplastik berupa lapisan tipis yang bisa diaplikasikan sebagai kemasan makanan dan juga meningkatkan daya simpan makanan yaitu *edible film*. *Edible film* berfungsi sebagai penghambat terhadap transfer massa (kelembaban, oksigen, gas dan zat-zat terlarut yang terlibat dalam proses respirasi) dan sebagai pelindung makanan dari mikroba (Dangaran *dkk.*, 2009) *Edible film* terbuat dari polisakarida utama seperti kitosan, pati, alginat, karagenan, selulosa termodifikasi, pektin dan penambahan *plasticizer* (Dhanapal *dkk.*, 2012).

Indonesia merupakan negara yang memiliki hasil laut melimpah akan sumber-sumber kitosan seperti rajungan dan udang. Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor dalam bentuk rajungan beku dan kemasan daging dalam bentuk kaleng. Nilai ekspor daging rajungan pada tahun

2017 tercatat mencapai 15.867.016 kg. Dari proses pengambilan daging rajungan akan menghasilkan limbah berupa cangkang sekitar 40-60% dari total berat rajungan. Sebagian besar limbah cangkang rajungan akan dibuang ke laut atau dijadikan pakan ternak saja (Rochima, 2014).

Cangkang rajungan mengandung persentase kitin yang merupakan senyawa awal sebelum diproses deasetilasi menjadi kitosan sebanyak 71%. Hal tersebut merupakan bahan biokomposit yang potensial dibuat menjadi bahan dasar *edible film*. Kitosan merupakan suatu polimer multifungsi karena mengandung tiga jenis gugus fungsi yaitu asam amino, gugus hidroksil primer dan sekunder. Adanya gugus fungsi tersebut menyebabkan kitosan mempunyai reaktifitas yang tinggi (Homez-Jara *dkk.*, 2018). Dalam penggunaannya, kitosan memiliki karakteristik sebagai bahan biokomposit yang dapat dijadikan bahan baku *edible film*.

Selain kitosan, senyawa pektin juga dapat digunakan sebagai *edible film*. Pektin merupakan komponen serat senyawa polisakarida kompleks dengan komponen utama asam D-galakturonat yang dapat diperoleh dari lapisan lamela tengah dan dinding sel primer pada tanaman seperti limbah kulit buah-buahan (Sirotek *dkk.*, 2004). Kulit pisang kepok memiliki kandungan senyawa pektin sebesar 0,9% dari berat kering. Hal tersebut disebabkan oleh besarnya pisang, sehingga kandungan karbohidrat semakin banyak dan mempengaruhi banyaknya kandungan protopektin yang apabila terhidrolisa menjadi pektin (Tuhouloula *dkk.*, 2013).

Pektin dimanfaatkan sebagai bahan pengental dan pembentuk gel pada industri pangan fungsional. Parameter penentu

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

kemampuan gel pada pektin ditentukan dalam kadar metoksil. Kadar metoksil adalah jumlah metanol yang terdapat di dalam pektin dan penentu sifat fungsional larutan pektin serta dapat mempengaruhi struktur dari gel pektin yang terbentuk (Madjaga *dkk.*, 2017).

Pembuatan *edible film* ini perlu penambahan *plasticizer* untuk meningkatkan daya kuat tarik agar memenuhi standar dan laju transmisi uap air yang tinggi. Ketika penambahan gliserol 10% sebagai *plasticizer* didapatkan hasil peningkatan kejernihan dan persen elongasi *edible film*, tetapi menurunkan kuat tarik *edible film* (Baron *dkk.*, 2017). Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan *edible film* berbasis biokomposit kitosan dan pektin, dan karakterisasi untuk mengetahui tingkat biodegradabilitas produk *edible film* yang dihasilkan sehingga diharapkan sebagai bahan pengganti kemasan plastik yang tidak merusak lingkungan sekitar.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu isolasi kitosan dan pektin, pembuatan *edible film* dan karakterisasi. Bahan yang digunakan adalah cangkang rajungan, kulit pisang kepok, asam asetat glasial 100%, gliserol, aquades dan HCl.

Isolasi Kitosan dari Cangkang Rajungan

Kitosan yang digunakan berasal dari cangkang rajungan yang telah direbus selama 1 jam pada suhu 80 °C. Selanjutnya, dicuci dengan aquades dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari. Tahap berikutnya yaitu *resizing* untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil dengan blender. Selanjutnya

padatan hasil tersebut direndam dalam larutan NaOH 4% dengan ratio 1:5 (w/v) selama 12 jam disertai pengadukan dan pemanasan pada suhu 100 °C. Perendaman *crude* kitin hasil deproteinasi dengan *aquadest* diperlukan hingga netral.

Setelah perendaman dengan NaOH, dilanjutkan perendaman dengan larutan HCl 2 N dengan ratio 1:5 (w/v) selama 12 jam disertai pengadukan dan pemanasan pada suhu 100 °C. Hasil demineralisasi direndam dengan *aquadest* hingga netral. Tahapan terakhir yaitu deasetilasi, padatan hasil tersebut direndam dengan NaOH 70% dengan ratio 1:2,5 (w/v) selama 12 jam. Setelah itu dicuci hingga netral dan dikeringkan pada suhu 105 °C selama 24 jam.

Isolasi Pektin dari Kulit Pisang Kepok

Limbah kulit pisang kepok dihaluskan dan dihidrolisis dengan menambahkan akuades dan HCl 0,05 N selama 2 jam pada suhu 80 °C untuk menurunkan pH menjadi 1,5. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan filtrat dikentalkan dengan pemanasan pada suhu 80 °C.

Tahapan berikutnya yaitu pemurnian pektin dengan penambahan etanol 96% sebanyak 1:1 dengan volume filtrat pektin dan didiamkan selama 24 jam. Penyaringan endapan pektin dilakukan beberapa kali agar pektin yang didapat lebih optimal. Selanjutnya endapan pektin dicuci dengan etanol 96% (w) dan dikeringkan pada suhu 40 °C selama 10 jam.

Pembuatan *Edible Film*

Kitosan dan pektin hasil isolasi ditimbang dengan perbandingan persen massa kitosan (K) dan pektin (P) yaitu 100:0 ; 60:40 ; 50:50 ; 40:60 dan 0:100.

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

Selanjutnya kitosan didispersikan ke dalam 100 mL asam asetat glasial 1% dan pektin ke dalam *aquadest* 100 mL (Chan *dkk.*, 2013). Selanjutnya mencampurkan kedua larutan dispersi dengan menambahkan HCl 0,3 N 100 ml untuk menurunkan nilai pH dari larutan pembentuk film karena kedua biokomposit tersebut tercampur homogen pada kisaran nilai pH 3-6 (Nordby *dkk.*, 2003). Lalu, menambahkan gliserol 0,2 g/g biokomposit kedalam larutan pembentuk film yang bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas dari *edible film*.

Selanjutnya larutan pembentuk film disaring untuk memisahkannya dari zat yang tidak terlarut. Hasil saringan tersebut dicetak dan dikeringkan pada suhu konstan 50 °C selama 48-76 jam. Setelah dikeringkan, *edible film* disimpan dalam desikator selama 2 hari sebelum dilakukan karakterisasi.

Karakterisasi *Edible Film*

Karakterisasi *edible film* berupa warna, transparan, ketebalan, kelarutan dalam air, laju transmisi uap air (WVTR), kadar air, *swelling degree*, biodegradabilitas dan analisis aktivitas antimikroba.

a. Kelarutan dalam Air

Analisis kelarutan dalam air diawali dengan menghitung berat sampel *edible film* dan direndam dengan air. Sampel yang tidak larut dioven pada suhu 100 °C selama 24 jam dan ditimbang. Kelarutan dalam air dihitung dalam satuan persen (Baron *dkk.*, 2017).

b. Laju transmisi uap air (WVTR)

Laju transmisi uap air *edible film* dilakukan pada cawan berisi sampel yang telah ditimbang dan dikondisikan pada suhu ruangan 25 °C, *Relative Humidity* 75% selama 24 jam. Menimbanginya setiap hari pada jam sama selama 7 hari. Lalu

membuat grafik hubungan antara pertambahan berat dan waktu (ASTM E 96, 1995).

c. Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan cara mengeringkan cawan porselen menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 30 menit. Cawan tersebut diletakkan di dalam desikator selama 30 menit hingga suhu ruang. Kemudian menimbang sampel dan cawan. Memasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam lalu dimasukkan ke dalam desikator kemudian ditimbang (Horwitz & Latimer, 2005).

d. *Swelling Degree*

Analisis *Swelling Degree* bertujuan untuk mengetahui tingkat penggembungan pada *edible film*. Langkah pertama yaitu memasukkan sampel hasil dari analisa kadar air ke dalam 50 ml *aquadest* kemudian didiamkan selama 24 jam. Meniriskan sampel dengan tisu kemudian menimbanginya kembali dan mencatat massa akhir sampel (Baron *dkk.*, 2017).

e. Biodegradabilitas

Analisa biodegradabilitas dengan penambahan bakteri EM4 (*Effective Microorganism*) yang telah diaktivasi. Sampel diamati dan menghitung lama terdegradasi dengan indikasi perubahan warna menjadi coklat. Analisis ini menghitung persen pengurangan massa pada *edible film* (Setiani *dkk.*, 2013).

f. Aktivitas Antimikroba

Analisis aktivitas antimikroba pada *edible film* dilakukan dengan menginokulasikan bakteri *Escherichia coli* pada medium yang telah diletakkan *edible film* tersebut. Selanjutnya menginkubasi pada suhu ruangan selama 24 jam dan mengamati keberadaan zona bening disekitar sampel (Muin *dkk.*, 2017).

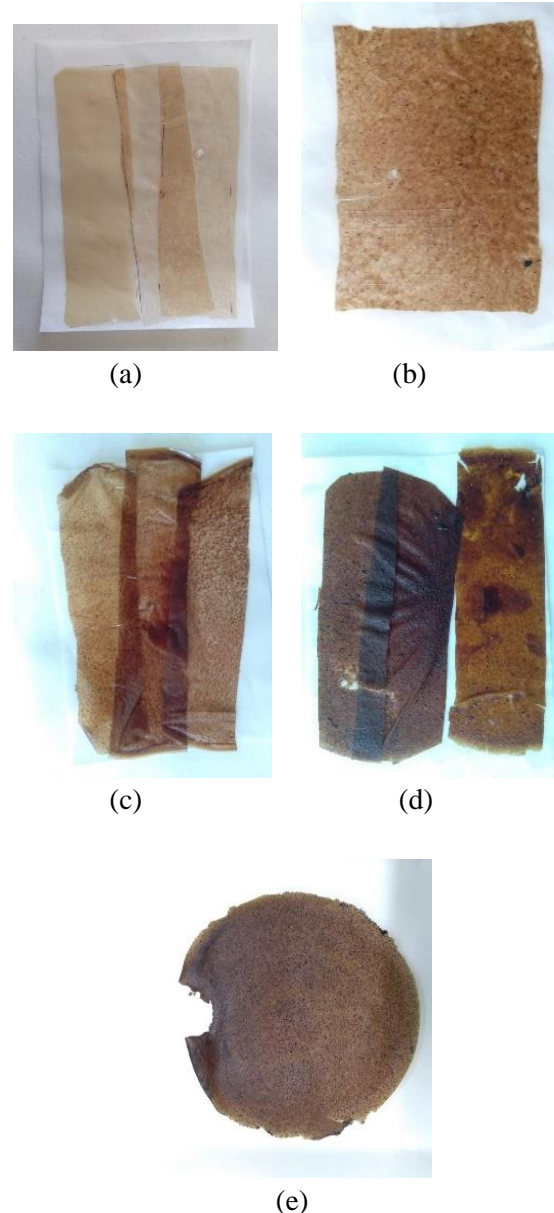
Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kitosan yang diisolasi dari cangkang rajungan mendapatkan *yield* sebesar 22,5% dan memiliki bentuk partikel berupa serpihan, kadar air sebesar 6%, kadar abu sebesar 5,7%, derajat deasetilasi 83,9% dan 3,68 cPs. Hasil derajat deasetilasi yang dihasilkan tergolong rendah. Hal tersebut dipengaruhi oleh perendaman, konsentrasi larutan dan suhu perendaman. Konsentrasi NaOH, dan suhu perendaman yang semakin tinggi serta waktu yang semakin lama akan meningkatkan derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan (Tobing *dkk.*, 2011).

Hasil hidrolisis pektin dari kulit pisang kepok yang dihasilkan dari penelitian ini mendapatkan *yield* sebesar 1,23%, yang berwarna gelap, kadar air 10%, kadar abu 7%, berat ekivalen 2649,7 mg, kadar metoksil 4,06%, kadar asam galakturonat 89,08% dan derajat esterifikasi 25,9%. Kadar metoksil pektin rendah karena tidak semua gugus karboksil bebas teresterifikasi. Pektin dengan kadar metoksil rendah tidak dapat larut sempurna dalam air, tetapi dapat larut sempurna dalam larutan alkali dan oksalat (Tuhuloula *dkk.*, 2013).

Berdasarkan Gambar 1, penambahan pektin menghasilkan warna yang lebih gelap (transparan keruh). Sedangkan pada komposisi 100% kitosan, daya transparan dan warna yang lebih baik daripada variabel komposisi biokomposit yang lainnya. Bahan baku pektin yang mudah teroksidasi membuat warna yang cenderung gelap dan memiliki kadar metoksil yang rendah pula (Ningrum *dkk.*, 2019).

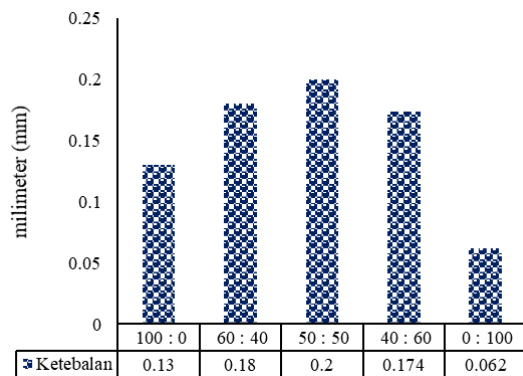


Gambar 1. Warna dan Transparan *Edible film* sintesis K:P (a) 100:0 (b) 60:40 (c) 50:50 (d) 40:60 (e)0:100 dari hasil sintesis.

Ketebalan merupakan salah satu parameter pada *edible film* untuk digunakan sebagai pengemasan produk makanan dan minuman. Ketebalan *edible film* dapat dipengaruhi oleh banyaknya total padatan dalam larutan pembentuk film, luas cetakan dan volume larutan saat percetakan. Semakin besar volume dan semakin banyak total padatan dalam bentuk larutan pembentuk film maka

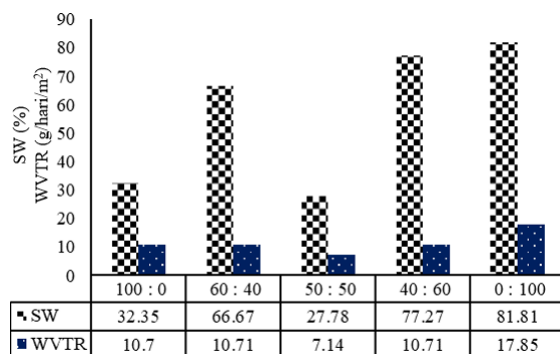
Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

edible film yang dihasilkan akan semakin tebal (Suprioto, 2010). Pada Gambar 2, diketahui bahwa komposisi *edible film* kitosan dan pektin 50:50 memiliki ketebalan yang paling tebal. Ketebalan *edible film* memenuhi standar ketebalan *edible film* menurut *Japanese Industrial Standart* (JIS) yaitu maksimal 0,25 mm (Putra dkk., 2017).



Gambar 2. Ketebalan *edible film* kitosan dan pektin sintesis

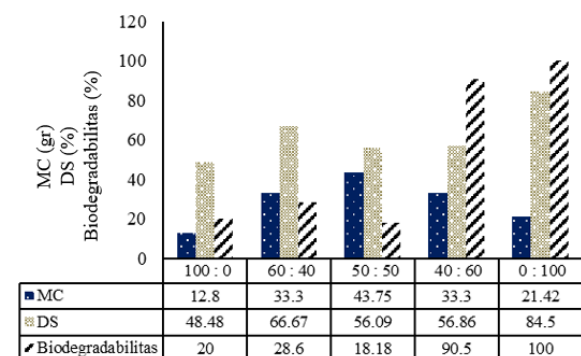
Dalam industri kemasan makanan, migrasi uap air dan oksigen pada *edible film* sangat penting dalam mendesain kemasan yang mampu menjaga kualitas bahan yang dikemas. Parameter yang digunakan adalah laju transmisi uap air (WVTR) dan kelarutan dalam air. *Edible film* yang memenuhi syarat menurut JIS 1975 yaitu maksimal 10 g/hari/m² (Santoso dkk., 2012)



Gambar 3. Analisis Kelarutan dalam air (SW) dan WVTR sintesis

Gambar 3 menunjukkan bahwa *edible* dengan komposisi kitosan dengan pektin 50:50 saja yang memiliki nilai WVTR sesuai standar JIS 1975, yaitu < 10 g/hari/m². Hal tersebut disebabkan oleh makin rapatnya matriks film. *Edible film* yang tersusun dari biokomposit kitosan lebih banyak memiliki nilai WVTR lebih rendah karena adanya sifat hidrofobik dari kitosan. Sedangkan penambahan biokomposit berupa pektin yang bersifat hidrofilik dapat meningkatkan kelarutan dalam air dari *edible film* (Baron dkk., 2017). Pada variabel yang lain didapatkan nilai WVTR yang lebih besar dari ketentuan menurut JIS. Hal tersebut disebabkan oleh suhu pengeringan dan kondisi fisik dari film. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi menyebabkan cacat pada *edible film* seperti lubang dan ketebalan tidak rata (Rhim & Shellhammer, 2005).

Selanjutnya adalah analisis *swelling degree* yang merupakan kemampuan *edible film* untuk mengembang dalam suatu larutan. Berdasarkan Gambar 4, hasil analisis *edible film* dengan komposisi kitosan lebih kecil memiliki kecenderungan nilai *swelling degree* makin tinggi. Hal tersebut dikarenakan adanya sifat dari kitosan yang hidrofobik.



Gambar 4. Analisis kadar air (MC), *swelling degree* (DS), biodegradabilitas *edible film* sintesis

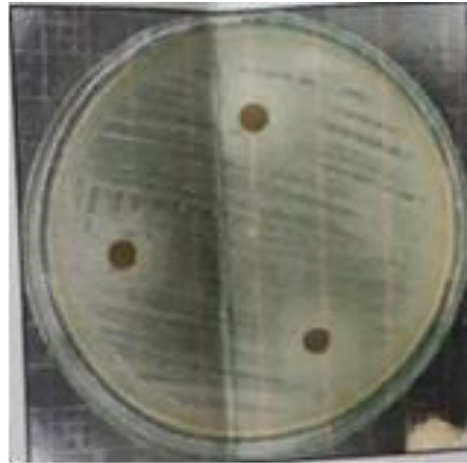
Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

Analisis biodegradabilitas *edible film* dilakukan untuk mengetahui suatu *edible film* dapat terurai dengan baik di lingkungan dengan proses enzimatik yang menggunakan bakteri EM4 sebagai bakteri yang akan menguraikan dengan tanah. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa *edible film* dengan komposisi pektin lebih besar memiliki tingkat biodegradabilitas yang lebih besar daripada *edible film* dari kitosan. Begitu juga dengan kadar air dalam *edible film*, yang disebabkan oleh pektin yang merupakan senyawa hidrofilik (Baron *dkk.*, 2017).

Analisis terakhir yaitu analisa mikroba untuk mengetahui aktivitas mikroba yang dapat menyebabkan proses pembusukan pada makanan. Untuk itu penambahan antibakteri dalam pembuatan *edible film* sangat penting. Dalam pengujian aktivitas antimikroba yang telah dilakukan bakteri yang digunakan adalah bakteri *Escherichia coli*.

Uji aktivitas antibakteri dengan komposisi *edible film* 60:40 menunjukkan penampakan zona hambat yang paling luas dibandingkan dengan komposisi *edible film* lainnya yang dapat dilihat pada Gambar 5. Zona hambat yang terbentuk tidak terlalu luas, yang mengindikasikan bahwa *edible film* dari kitosan dan pektin belum mampu melawan aktivitas bakteri *Escherichia coli* secara optimal.

Edible film yang mengandung kitosan sebenarnya dapat berperan sebagai antibakteri. Namun kitosan yang dihasilkan dari isolasi cangkang rajungan hanya memiliki derajat deasetilasi sebesar 83,9%. Sedangkan kitosan dapat diaplikasikan sebagai antimikroba harus memiliki derajat deasetilasi 92% keatas (Rochima, 2014). Sehingga kedepannya perlu meningkatkan derajat deasetilasi kitosan cangkang rajungan.



Gambar 5. Analisis antimikroba *edible film* sintesis 60:40

KESIMPULAN

Edible film dari biokomposit yang paling optimal pada komposisi kitosan dan pektin 50:50 dengan karakteristik ketebalan 0,2 mm, kelarutan dalam air 27,78%, WVTR 7,14 g/hari/m², kadar air 43,75, *swelling degree* 56,09%. Namun tingkat biodegradabilitas masih rendah yaitu sebesar 18,18% dan belum menunjukkan aktivitas antibakteri secara signifikan karena derajat deasetilasinya yang masih rendah.

ACKNOWLEDGMENTS

Penelitian ini didanai oleh hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi 2020 (1187/PKS/ITS/2020) dari Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan KEMENRISTEK/BRIN.

DAFTAR RUJUKAN

- ASTM E 96. (1995). *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, E 96/E 96M - 05. i*, 1–8.
- Baron, R. D., Pérez, L. L., Salcedo, J. M., Córdoba, L. P., & Sobral, P. J. do A. (2017). Production and characterization of films based on blends of chitosan from blue crab

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

- (*Callinectes sapidus*) waste and pectin from Orange (*Citrus sinensis* Osbeck) peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 676–683, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.02.004>
- Chan, M. Y., Husseinsyah, S., & Sam, S. T. (2013). Corn Cob Filled Chitosan Biocomposite Films. *Advanced Materials Research*, 747, 649–652, <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.747.649>
- Dangaran, K., Tomasula, P. M., & Qi, P. (2009). Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings. In M. E. Embuscado & K. C. Huber (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Applications*. Springer (pp. 25–56), https://www.researchgate.net/publication/253174398_Edible_Films_and_Coatings_for_Food_Applications
- Dhanapal, A., Rajamani, L., & Banu, M. (2012). Edible films from Polysaccharides. *Food Science and Quality*, 3(1), 9–18, <https://www.iiste.org/Journals/index.php/FSQM/article/view/1057>
- Homez- Jara, A., Daza, L. D., Aguirre, D. M., Muñoz, J. A., Solanilla, J. F., & Váquiro, H. A. (2018). Characterization of chitosan edible films obtained with various polymer concentrations and drying temperatures. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 1233–1240, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.03.057>
- Horwitz, W., & Latimer, G. W. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi kayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67, <http://dx.doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Madjaga, B. H., Nurhaeni, N., & Ruslan, R. (2017). Optimalisasi Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Sukun (*Artocarpus altilis*). *Kovalen*, 3(2), 158, <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/kovalen/article/view/8722>
- Muin, R., Anggraini, D., & Malau, F. (2017). Karakteristik Fisik dan Antimikroba Edible Film Dari Tepung Tapioka Dengan Penambahan Gliserol dan Kunyit Putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 191–198, <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/60>
- Ningrum, E. O., Ardiani, L., Rohmah, N. A., & Fajar, N. (2019). Modifikasi Biokomposit Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) dan Pektin untuk Aplikasi Edible Film. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, 25 April, 4–9, <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/2820>
- Nordby, M. H., Kjøniksen, A. L., Nyström, B., & Roots, J. (2003). Thermoreversible gelation of aqueous mixtures of pectin and chitosan. *Rheology. Biomacromolecules*, 4(2), 337–343. <https://doi.org/10.1021/bm020107>
- Putra, A. D, Johan, V. S, & Efendi, R. (2017). Penambahan Sorbitol Sebagai Plasticizer Dalam Pembuatan Edible Film Pati Sukun. *JOM Fakultas Pertanian*, 4(2), 1–15, https://jom.unri.ac.id/index.php/JOM_FAPERTA/article/view/17053
- Rochima, E. (2014). Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan dan Aplikasinya Untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(1), 71–82,

Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*)

- <http://jurnal.unpad.ac.id/akuatika/article/view/3707>
- Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., & Pambayun, R. (2012). Perbaikan Sifat Mekanik dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film dari Pati Ganyong Termodifikasi dengan Menggunakan Lilin Lebah dan Surfaktan. *Agritech*, 32(1), 9–14, <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/9650>
- Saputro, A. N. C., & Ovita, A. L. (2017). Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*Canna edulis*). *Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13–21, <https://jurnal.uns.ac.id/jkpk/article/view/8526/9842>
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparation and Characterization of Edible Films from Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Valensi*, 3(2), 100–109, <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi/article/view/506/0>
- Sirotek, K., Slov kov , L., Kope n , J., & Marounek, M. (2004). Fermentation of pectin and glucose, and activity of pectin-degrading enzymes in the rabbit caecal bacterium *Bacteroides caccae*. *Letters in Applied Microbiology*, 38(4), 327–332, <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2004.01492.x>
- Suprioto, F. (2010). *Pengembangan Edible Film Komposit Pektin/Kitosan Dengan Polietilen Glikol (Peg) Sebagai Plasticizer*. Skripsi, Bogor: Institut Pertanian Bogor, <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/59823/1/F10fsu.pdf>
- Tobing, M. T. L., Basid, N., & Prasetya, A. (2011). Peningkatan Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Rajungan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14(3), 83–88, <https://doi.org/10.14710/jksa.14.3.83-88>
- Tuhuloula, A., Budiarti, L., & Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi Pektin Dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi. *Jurnal Konversi*, 2(1), 21–27, <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/konversi/article/view/123>