

Sintesis karboksimetil selulosa dari sisa baglog jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*)

Synthesis of carboxymethyl cellulose from ex-baglog of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)

Firda DIMAWARNITA* & TRI-PANJI

Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia, Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16128, Indonesia

Diterima tgl 23 Maret 2018/ disetujui tgl 24 September 2018

Abstract

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) contain high organic materials that can be used as medium for growing white oyster mushroom (Pleurotus ostreatus). Cellulose content in the OPEFB is high (33%), enabling it to be converted to carboxymethyl cellulose (CMC). This study determined the characteristics of the CMC produced from the waste of growth media of oyster mushrooms (baglog). The composition of the baglog consists of 70.3% OPEFB; 23.4% sawdust; 4.5% bran; 1.3% CaCO₃; and 0.4% TSP. The CMC was prepared from the ex-baglog of the mushrooms including delignification, alkalization, carboxylation, and characterization of the product using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy Analysis (SEM). The results showed that the raw material after treatment contained 80.20% α cellulose, 12.32% hemicellulose, and no lignin was found. FTIR-based functional group analysis of the CMC and the commercial CMC was found to be present at 1091,37 cm⁻¹ and 1016,84 cm⁻¹ for the C-O bond. SEM analysis of the sample with no chemical bleaching for further delignification showed that small impurities were still present. The CMC treated with 10% sodium hydroxide exhibited 0.64 degree of substitution, 43 cP viscosity, and 73.40% purity. Based on these results, ex-baglog of white oyster mushroom can be extracted into CMC.

[Keywords: OPEFB, CMC, delignification, *Pleurotus ostreatus*, XRD, SEM].

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mengandung bahan organik tinggi yang bisa dijadikan sebagai media pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). Kandungan selulosa dalam TKKS (33%) yang mungkin dikonversi menjadi karboksimetil selulosa (CMC). Penelitian ini bertujuan mencirikan CMC yang dihasilkan dari limbah media pertumbuhan jamur tiram (baglog). Komposisi baglog sebagai media pertumbuhan jamur tersebut terdiri atas TKKS 70,3%; serbuk gergaji 23,4%; dedak 4,5%;

CaCO₃ 1,3%; dan TSP 0,4%. Penyiapan CMC dari ex-baglog jamur meliputi delignifikasi, alkalisasi, karboksilasi, dan karakterisasi produk CMC dengan analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ex-baglog setelah perlakuan mengandung α -selulosa sebanyak 80,20%, hemiselulosa 12,32%, lignin 0%, dan sisanya merupakan *impurities* (b/b). Gugus fungsi CMC dari TKKS dan CMC komersial memperlihatkan serapan inframerah pada 1091 cm⁻¹ dan 1017 cm⁻¹ untuk ikatan C-O. Analisis dengan mikroskop elektron menunjukkan bahwa tanpa delignifikasi lebih lanjut, masih ditemukan kotoran. Karakteristik CMC yang diolah dengan natrium hidroksida 10% memiliki derajat substitusi 0,64, viskositas 43 cP, dan kemurnian 73,40%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sisa baglog perumbuhan jamur tiram dapat diekstraksi menjadi CMC.

[Kata kunci: TKKS, CMC, delignifikasi, *Pleurotus ostreatus*, XRD, SEM].

Pendahuluan

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama pabrik kelapa sawit, sekitar 23% dari total limbah pabrik pengolahan kelapa sawit, yang mengandung lignoselulosa tinggi dan belum dimanfaatkan secara optimum (Widiastuti & Tri-Panji, 2007). TKKS dapat dimanfaatkan juga sebagai media pertumbuhan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Tiga komponen utama TKKS adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa adalah polimer dari glukosa yang memiliki rantai lurus, yang dapat dijadikan bahan baku untuk berbagai produk. Pemanfaatan selulosa pada umumnya adalah sebagai bahan baku bubur kertas (*pulp*) (Hosseinpor *et al.*, 2010). Pulp masih mengandung sedikit lignin dan hemiselulosa dan dapat dimurnikan lebih lanjut menjadi selulosa murni. Hal ini sangat memungkinkan, karena sisa pertumbuhan media jamur berbahan baku TKKS mengandung selulosa yang tidak terdegradasi oleh enzim lignolitik jamur tiram. Selulosa ini berpotensi sebagai bahan pembuatan karboksi-

*) Penulis korespondensi: firda.dimawarnita@gmail.com

metil selulosa (CMC). Hal ini penting mengingat peningkatan impor CMC yang pesat dan tercatat hingga tahun 2016 menurut Badan Pusat Statistik impor CMC mencapai 552.532 kg per bulannya. CMC banyak digunakan pada berbagai industri seperti: deterjen, cat, keramik, tekstil, kertas dan makanan (Ren *et al.*, 2008; Togrul & Arslan, 2003). Saat ini karboksimetil selulosa telah banyak digunakan dan bahkan memiliki peranan yang penting dalam berbagai aplikasi. Karboksimetil selulosa secara luas digunakan dalam bidang pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas, tekstil, serta bangunan. CMC telah digunakan secara luas di bidang farmasi sebagai eksipien.

Kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit adalah 32,57% selulosa; 27,70% hemiselulosa; dan 26,49% lignin (Dimawarnita & Urip, 2017). Lignin merupakan polimer yang terdiri atas unit fenilpropana yang memiliki struktur yang kompleks dan kaku. Secara alamiah lignin sukar didekomposisi dan hanya sedikit mikroorganisme yang mampu mendegradasinya (Artiningsih, 2006). Namun, secara biologis terdapat jamur yang mampu memecah lignin menjadi sumber makanannya, salah satunya ialah jamur pelapuk putih *Pleurotus ostreatus* atau yang sering disebut dengan jamur tiram. Jamur tiram menggunakan lignin sebagai sumber karbon. sehingga proses penghilangan lignin oleh jamur tiram ini merupakan proses biopulping.

Selulosa merupakan polisakarida yang jika terhidrolisis akan menghasilkan monomer glukosa dan beberapa selobiosa. Sifat dari selulosa yang tidak larut di dalam air dan sangat mudah menyerap air ini merupakan peluang besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karboksimetil selulosa (CMC). Fungsi CMC ialah sebagai penstabil emulsi, pengental dan bahan pengikat. Penggunaan CMC sebagai derivat dari selulosa antara 0,01%-0,8% akan mempengaruhi produk pangan/ minuman seperti jeli buah, sari buah, dan mayones. Semua zat pengental bersifat hidrofil dan terdispersi dalam larutan yang dikenal sebagai hidrokoloid (Nisa & Putri, 2013). Berdasar derajat polimerisasi maka jenis alfa selulosa merupakan faktor penentu tingkat kemurnian CMC. Alfa selulosa merupakan selulosa berantai panjang yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan derajat polimerisasi 600-1500 (Wibisono *et al.*, 2011).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembuatan CMC adalah tahap alkalisasi dan karboksimetilasi. Alkalisasi merupakan langkah untuk mengaktifkan gugus-gugus OH pada molekul selulosa. Dengan alkalisasi, struktur kristal selulosa akan mengembang dan akan memudahkan reagen karboksimetilasi berdifusi di dalamnya. Alkalisasi dilanjutkan dengan karboksimetilasi yang merupakan langkah untuk melihat jumlah asam monokloroasetat ataupun

natrium monokloroasetat akan memengaruhi substitusi unit anhidroglukosa pada selulosa (Rahmawati & Iskandar, 2014).

Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan sisa baglog pertumbuhan jamur tiram yang mengandung TKKS 75% untuk diproses menjadi CMC agar tidak ada limbah yang terbuang. Pembuatan CMC sebelumnya oleh Indriyati *et al.*(2016) dari selulosa eceng gondok, oleh Melliawati & Apridah (2013) dari selulosa mikroba, oleh Setiawan & Setiadji (2009) dari limbah selulosa. CMC dalam penelitian ini dibuat dari TKKS yang sudah menjadi limbah media pertumbuhan jamur tiram. Sisa media pertumbuhan jamur tiram (ex-baglog) yang mengandung selulosa murni dapat diproses menjadi CMC yang bernilai jual tinggi.

Bahan dan Metode

Bahan

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diperoleh dari perkebunan kelapa sawit PTPN VIII Kertajaya, Banten. Adapun bahan-bahan lain yang diperlukan, yaitu serbuk gergaji, CaCO₃, dedak, *Triple Super Phosphat* (TSP), isolat jamur *P. ostreatus*; alkohol 70%; asam asetat 90%; NaOH teknis; NaOCl 5%; isopropanol; dan natrium monokloroasetat.

Pembuatan baglog dan pertumbuhan miselium

Pada penelitian ini, komposisi yang digunakan antara TKKS dengan serbuk gergaji sebagai media tanam jamur adalah (75% TKKS:25% serbuk gergaji dan bahan-bahan lain). TKKS perlu diolah terlebih dahulu seperti pencucian dan penjemuran di bawah sinar matahari hingga kering. Pencucian TKKS diharapkan dapat menghilangkan pengotor terutama pasir yang menempel. TKKS kering kemudian dicacah hingga panjangnya menjadi sekitar 1-2 cm ,lalu dicampur dengan beberapa bahan lainnya untuk membuat media pertumbuhan jamur (baglog). Setelah itu, campuran disiram air sampai dengan kadar air 50-60% (b/v). Adapun formulasi untuk media tanam jamur tiram untuk satu baglog tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi baglog sebagai media tumbuh jamur tiram

Table 1. Baglog composition for growth medium of oyster mushroom

Komposisi <i>Composition</i>	Bobot <i>Weight (g)</i>
TKKS/ <i>OPEFB</i>	703,13
Serbuk gergaji/ <i>Sawdust</i>	234,28
Dedak/ <i>Rice bran</i>	44,64
CaCO ₃	13,39
TSP/ <i>Triple Super Phosphate</i>	4,407
Total	1000

TKKS yang sudah dicampur dengan bahan lain dibiarkan selama semalam dan digunakan untuk membuat 50 baglog. Baglog kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf sebanyak 2 kali dan diinokulasikan dengan isolat jamur tiram. Baglog yang telah diinokulasi selanjutnya diinkubasi selama satu bulan pada suhu 23-25°C. Pertumbuhan miselium jamur tiram diamati pada inkubasi hari ke-3, ke-7, ke-14, ke-21, ke-28 dan ke-35. Setelah miselium tumbuh memenuhi baglog, tutup baglog dibuka untuk mempermudah penyiraman dan mempermudah pertumbuhan tubuh buah. Penyiraman dilakukan sebanyak 3 kali dalam sehari. Pertumbuhan tubuh buah jamur tiram berlangsung selama 5 bulan. Sisa baglog setelah 5 bulan digunakan untuk penelitian tahap berikutnya, yaitu pembuatan CMC.

Proses delignifikasi

Serabut TKKS sisa baglog ditimbang sebanyak ± 1 kg, kemudian dimasukkan ke dalam dandang tahan karat 20 L, lalu ditambahkan larutan NaOH 10% dengan nisbah 1:2 dan dipanaskan sampai mendidih, kemudian dibiarkan selama 1 jam. Serabut TKKS sisa baglog yang telah didelignifikasi kemudian diputihkan menggunakan NaOCl 5% dan air dengan nisbah 1:10, selama 3 jam hingga serabut TKKS sisa baglog berwarna putih, disaring dan dicuci hingga bau hilang dan residu yang diperoleh dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam sampai selulosa kering (Nisa & Putri, 2014).

Pembuatan CMC

Pembuatan CMC terdiri atas 2 proses, yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi. Pada proses alkalisasi, serbuk selulosa hasil delignifikasi diblender hingga halus, kemudian direndam dalam isopropanol dan NaOH. Sebanyak 5 g selulosa ditambahkan 100 mL isopropanol diaduk menggunakan magnetik stirer selama 15 menit, dan ditambahkan 20 mL NaOH 10% tetes demi tetes selama 30 menit, dan dibiarkan selama 1 jam pada suhu ruang. Proses dilanjutkan dengan karboksimetilasi, dengan menambahkan sedikit demi sedikit natrium monokloroasetat sebanyak 7 g selama 3 jam pada suhu 55°C menggunakan pengaduk magnetik dan dinetralkan sampai pH 7. Larutan dibuang dan residu dicuci menggunakan alkohol 70% sebanyak 4x100 ml, setelah itu kembali disaring. Residu yang merupakan CMC dikeringkan pada suhu 60°C. Sampel selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SEM (Saputra *et al.*, 2014).

Analisis kadar α-selulosa menggunakan metode uji SNI-0444:200

Selama analisis, sampel dijaga supaya suhu air dan larutan NaOH tetap 25°C ± 0,2°C. Corong masir dan botol timbang dipanaskan dalam oven suhu 105°C hingga bobot tetap, kemudian didinginkan dalam desikator sampai suhu kamar

dan ditimbang dengan ketelitian 0,5 mg. Sampel ditimbang 1,5 g, kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala tinggi 300 mL dan ditambahkan 75 mL larutan NaOH 17,5% yang sebelumnya disesuaikan dulu pada suhu 25°C ± 0,2°C. Pada saat larutan natrium hidroksida ditambahkan dicatat waktunya. Pulp diaduk dengan alat sampai terdispersi sempurna, dan terhindar dari terjadinya gelembung udara dalam suspensi pulp selama proses pengadukan.

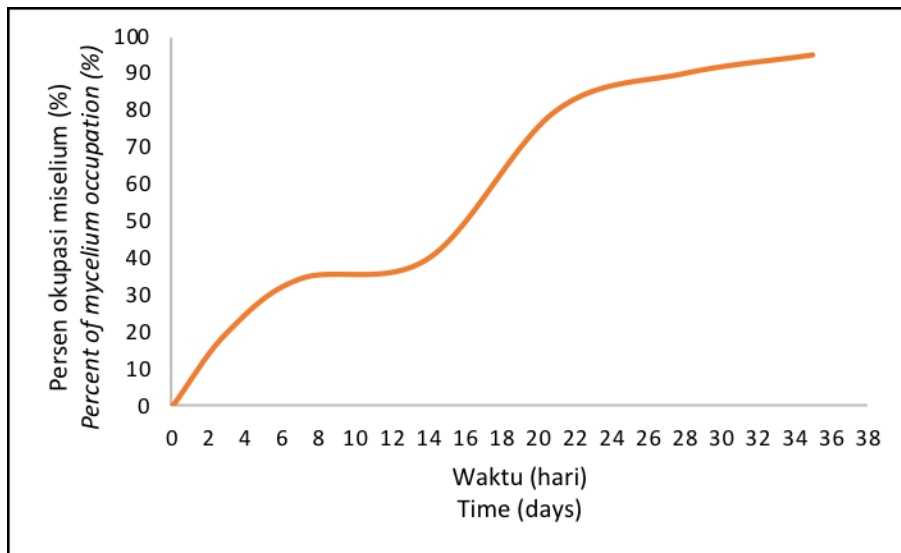
Ketika pulp telah terdispersi, pengaduk diangkat dan dibersihkan dari pulp yang menempel pada ujung batang pengaduknya. Pengaduk dicuci dengan 25 mL Larutan NaOH 17,5% dan ditambahkan ke dalam gelas piala sehingga total larutan NaOH dalam pulp adalah 100 mL. Suspensi diaduk dan disimpan dalam penangas 25°C ± 0,2°C, 30 menit setelah penambahan larutan NaOH ditambahkan 100 mL akuades pada suspensi pulp dan diaduk. Gelas piala disimpan dalam penangas selama 30 menit berikutnya sehingga total waktu ekstraksi seluruhnya 60 menit ± 5 menit.

Suspensi diaduk setelah 60 menit dan dituangkan ke dalam corong masir. Filtrat pertama dibuang 10 – 20 mL, kemudian filtrat ditampung sekitar 100 mL dalam labu kering dan bersih. Pulp tidak dibilas atau dicuci dengan akuades dan dijaga agar tidak ada gelembung yang melewati pulp pada saat menyaring. Filtrat dipipet 25 mL dan 10 mL larutan K₂Cr₂O₇ 0,5 N ke dalam labu 250 mL. Ditambahkan 50 mL asam sulfat pekat dengan menggojalkan labu. Larutan dibiarkan tetap panas selama 15 menit, kemudian dipanaskan pada suhu 125-135°C kemudian ditambahkan 50 mL akuades dan didinginkan pada suhu ruang. Ditambahkan 2-4 tetes indikator ferroin dan titrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat 0,1 N sampai berwarna ungu.

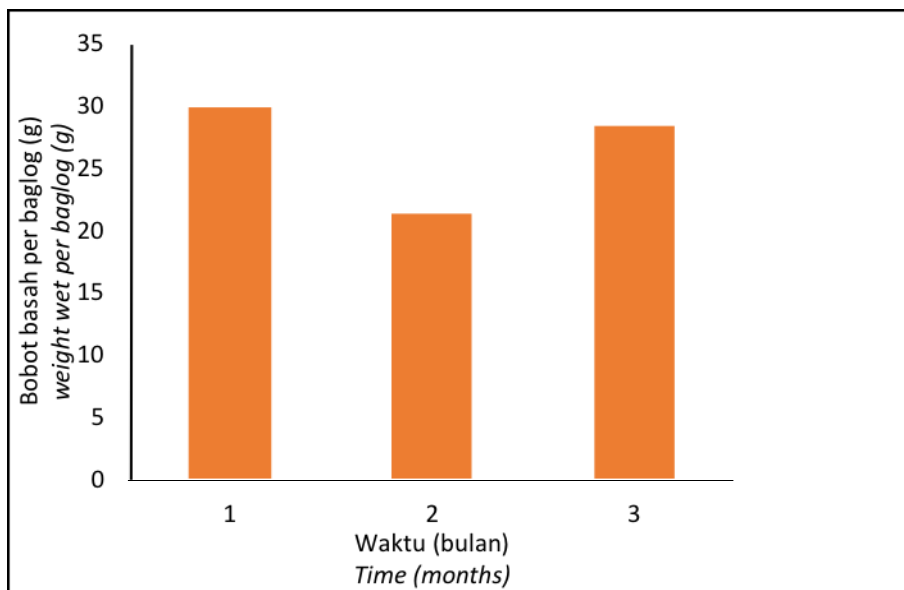
Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan miselium dan pertumbuhan bobot jamur tiram putih

Pada tahap awal penelitian ini, pertumbuhan miselium diukur dengan cara sampling. Pengukuran pertumbuhan miselium ini dilakukan pada hari ke-3, 7, 14, 21, 28, dan 35. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pertumbuhan miselium rata-rata sudah memenuhi permukaan baglog pada hari ke-35. Pertumbuhan miselium jamur tiram memenuhi baglog paling lama membutuhkan waktu 30-35 hari, seperti dilaporkan oleh Wahidah & Saputra (2015) dan Dimawarnita (2017). Hal ini karena baglog jamur tiram dalam kondisi yang padat. Kepadatan media dan waktu kontak antarmedia menjadi faktor penentu pertumbuhan miselium jamur. Miselium jamur akan cepat merambat ketika kepadatannya sesuai. Namun, jika kepadatan kurang maka kecepatan miselium memenuhi baglog akan melambat (Hidayati *et al.*, 2015). Kadar air



Gambar 1. Pertumbuhan miselium
 Figure 1. The growth of mycelium



Gambar 2. Bobot rata-rata jamur tiram putih
 Figure 2. Average weight of white oyster mushroom

dalam baglog juga menjadi penentu cepat rambat miselium dalam suatu baglog. Kadar air pada baglog pada penelitian ini sebesar 54%, sehingga sudah sesuai sebagai media pertumbuhan jamur tiram sebagaimana dilaporkan oleh Wiardani (2010). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam baglog untuk menghasilkan jamur yang bagus adalah nutrisi, tingkat keasaman media, kadar air, suhu, dan intensitas cahaya (Mulyanto & Ika, 2017). Secara keseluruhan, pertumbuhan miselium ini bisa dikatakan baik dan sesuai dengan teori. Pertumbuhan miselium dan bobot tubuh buah jamur tiram dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa rata-rata bobot tubuh jamur pada bulan kedua menurun dan pada bulan ketiga meningkat. Hal ini karena kondisi baglog yang kurang lembap dan cuaca atau suhu yang tidak stabil. Dari pengamatan berat tubuh jamur yang dicatat, dapat dihitung nilai BER (*Biological Efficiency Ratio*). BER merupakan kemampuan satuan substrat (baglog basah) menghasilkan satuan berat jamur dalam satu periode tanam, semakin tinggi nilainya maka makin semakin baik. Nilai BER 100% memiliki arti 1 kg bobot basah tubuh buah jamur dapat

dihasilkan dari 1 kg bobot kering substrat (Tesfaw *et al.*, 2015). Rumus mengukur nilai BER (Bisaria *et al.*, 1987; Jwanny *et al.*, 1995) adalah sebagai berikut:

$$BER = \frac{\text{Total berat basah tubuh jamur}}{\text{Berat basah per baglog}} \times 100\%$$

Dari rumus di atas, nilai BER yang diperoleh adalah sebesar 26,2%. Sejalan ini BER yang dihasilkan oleh petani jamur konvensional dengan bahan baku hanya serbuk gergaji memiliki BER rata-rata 30%. BER yang dihasilkan dari baglog media TKKS lebih kecil daripada BER media konvensional. Hasil ini menunjukkan bahwa TKKS dapat digunakan sebagai media tumbuh jamur tiram meskipun nilai BER yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan penggunaan media konvensional. Pertumbuhan jamur tiram pada media TKKS dapat dilihat pada Gambar 3. Jamur tiram yang tumbuh pada media yang mengandung TKKS rata-rata memiliki diameter tubuh buah yang besar yaitu berkisar antara 10-15 cm. Hal ini menunjukkan TKKS memiliki kandungan nutrisi yang cukup dan cocok untuk pertumbuhan jamur konsumsi (tiram).

Proses delignifikasi

Sisa baglog pertumbuhan jamur yang mengandung TKKS dimanfaatkan sebagai sumber selulosa untuk diproses menjadi CMC. Sisa baglog harus melalui perlakuan terlebih dahulu, yaitu delignifikasi. Delignifikasi menggunakan larutan NaOH 10%, yang dapat merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Menurut Julfana (2012), ekstraksi hemiselulosa dapat menggunakan pelarut seperti NaOH, NH₄OH dan KOH. Di antara ketiga pelarut tersebut yang paling baik digunakan adalah NaOH. Hemi-

selulosa memiliki struktur amorf sehingga penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa dari sumber bahan baku.

Sampel dari sisa baglog direndam menggunakan NaOH dengan konsentrasi 10% yang dipanaskan dengan api kecil selama satu jam. Sampel disaring untuk membuang lignin yang terlarut dalam larutan tersebut, kemudian dicuci menggunakan air sampai bersih. Pada perendaman dengan NaOH 10% selama satu jam, lignin telah dapat dikurangi sehingga warna serabut TKKS mulai memudar. Setelah pengeringan pada suhu 60C selama 24 jam, proses delignifikasi telah selesai dan menghasilkan serabut berwarna putih. Hasil pengamatan secara fisik telah terjadi perubahan warna dan struktur sisa baglog dari sebelum dan sesudah delignifikasi (Gambar 4a dan 4b).



Gambar 3. Pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) pada baglog TKKS

Figure 3. The growth of white oyster mushroom on OPEFB baglog



Gambar 4. Sisa baglog sebelum delignifikasi (a); Selulosa hasil delignifikasi (b)

Figure 4. Ex baglog before delignification process (a); Cellulose obtained after delignification process (b)

Proses delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin dalam bahan alam. Lignin yang melekat pada selulosa harus dihilangkan agar didapat selulosa dengan kemurnian tinggi. Penurunan kandungan lignin yang mengikat selulosa pada TKKS, disebabkan oleh kemampuan larutan NaOH yang dibantu oleh uap panas yang dihasilkan melalui proses pemasakan yang secara bersamaan mendegradasi senyawa lignin (Nasrudin, 2012).

Adapun data komposisi yang terkandung dalam selulosa yang diperoleh disajikan pada Tabel 2. Kadar α -selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terdapat pada sisa baglog hasil delignifikasi berturut-turut; 80,2%; 12,32% dan 0%. Kadar α -selulosa lebih dari 60% maka dapat diproses lebih lanjut menjadi CMC (Saputra *et al.*, 2014).

Carboxymethyl cellulose (CMC)

Bahan baku CMC adalah selulosa yang telah diekstraksi dari sisa baglog. Proses pembuatan CMC dilakukan melalui 2 (dua) tahap, yaitu proses alkalisasi dan proses karboksimetilasi (Eriningsih *et al.*, 2011). Pada proses tahap pertama, alkalisasi merupakan langkah untuk mengaktifkan gugus-gugus OH pada molekul selulosa, dengan adanya proses alkalisasi ini maka struktur selulosa akan mengembang dan akan memudahkan reagen karboksimetilasi berdifusi di dalamnya. Pada proses ini digunakan NaOH 10%. Tahap kedua, karboksimetilasi merupakan langkah untuk melihat jumlah natrium kloroasetat akan berpengaruh terhadap substitusi gugus hidroksil menjadi gugus karboksil pada selulosa (Melisa *et al.*, 2014). Proses karboksimetilasi ini sebenarnya adalah proses eterifikasi dimana terjadi proses perekatan gugus karboksilat pada struktur selulosa. Penelitian mengenai CMC dari sumber biomasa telah banyak dilakukan, diantaranya CMC yang dibuat dari selulosa eceng gondok (Saputra *et al.*, 2014) dan CMC dari selulosa tongkol jagung (Melisa *et al.*, 2014). Prototipe CMC yang dihasilkan dari sisa baglog jamur tiram secara visual berwarna cokelat muda dan cenderung kearah kuning tua. Warna merupakan salah satu profil visual yang menjadi kesan pertama konsumen dalam menilai bahan makanan (Utami *et al.*, 2016). Perubahan warna terjadi pada tahap alkalisasi saat penambahan NaOH 15% sebanyak 20 mL. Perubahan warna yang terjadi disebabkan oleh sedikit lignin yang masih ada didalam selulosa dan bereaksi dengan basa seperti NaOH yang menyebabkan perubahan warna (pencoklatan) di dalam proses pembuatan CMC (Wijayanti *et al.*, 2005) dan juga kemungkinan karena adanya efek pemanasan. Berikut ini (Tabel 3) adalah tabel perbandingan antara CMC yang dihasilkan dari sisa baglog dan CMC komersil.

Dari Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa CMC yang dihasilkan dari TKKS memenuhi standar mutu yang ada. Dilihat dari nilai viskositas yang dihasilkan, CMC dari TKKS memiliki nilai viskositas >26 sehingga tergolong dalam CMC mutu I. Namun, dari tingkat kemurniannya, CMC dari TKKS masih belum memenuhi kriteria CMC mutu I karena masih memiliki kemurnian sebesar 73,40. Hal ini membuktikan bahwa CMC dari TKKS memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengental dalam bahan pangan, meskipun tingkat kemurniannya lebih rendah dibandingkan dengan CMC yang lainnya. Namun, bukan berarti TKKS bukan bahan baku selulosa yang baik dalam memproduksi CMC. Berdasarkan hasil karakteristik diatas, CMC dari TKKS memenuhi standar mutu SNI grade II.

Analisis spektroskopi FTIR

Hasil FTIR pada sampel hasil delignifikasi tanpa pemutihan, selulosa dan CMC yang diperoleh terdapat perbedaan gugus pembentuk maupun pengotornya. Pada hasil delignifikasi tanpa pemutihan terdapat gugus C=C pada bilangan gelombang 1636,31 cm^{-1} yang membuktikan bahwa pada hasil delignifikasi tanpa pemutihan masih terdapat lignin yang tertinggal. Sedangkan pada selulosa hasil dari delignifikasi dan pemutihan tidak terdapat pita gelombang yang menunjukkan adanya lignin, akan tetapi terdapat spektrum pita OH pada bilangan gelombang 2901,26 cm^{-1} yang merupakan selulosa. Hal ini menunjukkan sampel yang diuji merupakan selulosa namun masih memiliki sedikit pengotor. Pada Tabel 4 dapat dilihat ikatan gugus fungsi untuk selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Hasil FTIR CMC (Gambar 5) menunjukkan terdapat spektrum pita C-O muncul pada bilangan gelombang 1019,37 cm^{-1} dengan intensitas yang sangat kuat. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR dari CMC komersil yang menunjukkan pita pada bilangan gelombang 1016,48 cm^{-1} , serta gugus-gugus lainnya seperti pada bilangan gelombang 3311,4 cm^{-1} dan 1588,01 cm^{-1} yang muncul pada CMC sisa baglog. Puncak CMC sisa baglog yang muncul tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan puncak CMC komersial.

Tabel 2. Komposisi selulosa dari delignifikasi sisa baglog jamur tiram

Table 2. Composition of cellulose from delignification ex-baglog of oyster mushroom

Komposisi selulosa/ Composition of cellulose	Kadar (%)/ Percentage (%)
α -Selulosa	80,20
Hemiselulosa	12,32
Lignin	0

Tabel 3. Karakteristik CMC standar SNI, CMC dari TKKS, dan CMC komersil
 Table 3. Characteristic of CMC from SNI standard, CMC from OPEFB, and CMC commercial

No No.	Parameter Uji Test parameter	CMC (SNI 06-3726-1995)		Jenis CMC Type of CMC	
		Mutu I Grade I	Mutu II Grade II	CMC dari TKKS CMC from OPEFB	CMC komersil Commercial CMC
1	Derajat substitusi Substitution degree	0,7 - 1,2	0,4 - 1,0	0,64	0,50
2	Kemurnian (%) Purity (%)	99,50	65,00	73,40	92,45
3	Viskositas (cP) Viscosity (cP)	> 26	< 26	43	22

Tabel 4. Pita absorpsi untuk gugus fungsional selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Moran *et al.*, 2008)
 Table 4. Absorption bands for functional groups of cellulose, hemicellulose and lignin (Moran *et al.*, 2008)

Komponen fiber/ Fiber Component	Panjang gelombang (cm ⁻¹)/ Wave number (cm ⁻¹)	Gugus fungsional/ Functional group	Ikatan/ Compounds
Selulosa Cellulose	4000-2995	OH	Acid, methanol
	2890	H-C-H	Alkyl, aliphatic
	1780	C=O	Carboxylic Acid/ester
	1640	Fiber-OH	Adsorbed water
Hemiselulosa Hemicellulose	4000-2995	OH	Acid, methanol
	2890	H-C-H	Alkyl, aliphatic
	1765-1715	C=O	Ketone and carbonyl
Lignin Lignin	4000-2995	OH	Acid, methanol
	2890	H-C-H	Alkyl, aliphatic
	1730-1700		Aromatic
	1632	C=C	Benzene Stretching ring
	1613-1450	C=C	Aromatic skeletal mode

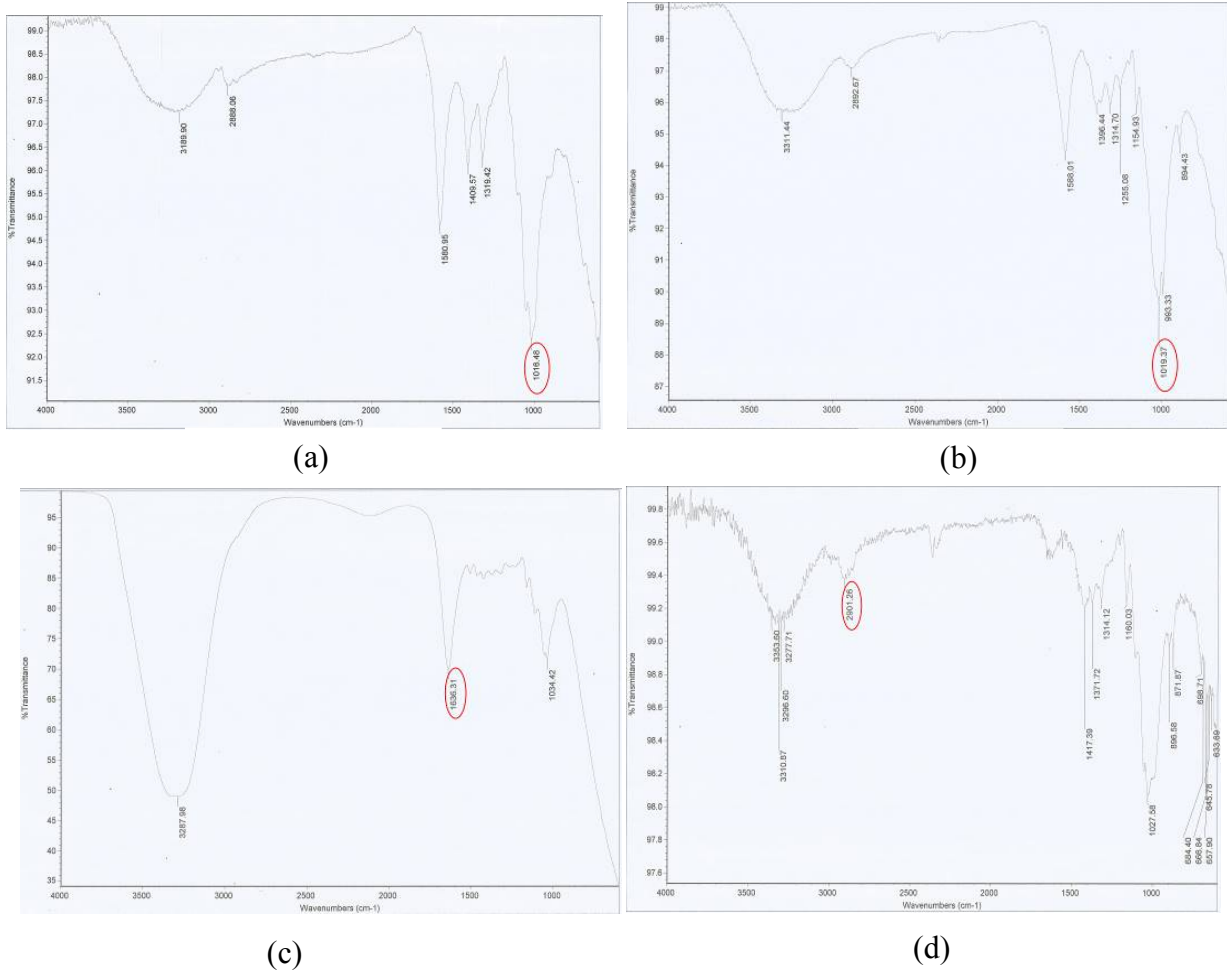
Analisis XRD

Pola difraksi XRD terdiri dari beberapa puncak (*peak*). Intensitas puncak diplot dalam sumbu y dan sudut difraksi yang terukur diplot dalam sumbu x. Setiap *peak* atau refleksi dalam pola difraksi terjadi akibat sinar X yang terdifraksi dari bidang atau planes dalam material yang diuji. Setiap *peak* mempunyai tinggi intensitas yang berbeda. Intensitas yang terjadi berbanding lurus dengan jumlah foton sinar X yang telah terdeteksi oleh detektor untuk setiap sudut. Posisi *peak* yang terjadi pada uji XRD tergantung dari struktur kristalnya, hal ini yang dapat digunakan untuk menentukan struktur dan parameter kisi dari material yang diuji (Yadollahi *et al.*, 2014).

Teknik difraksi sinar X merupakan teknik umum yang dipakai untuk mengetahui karakteristik kristalografi suatu material melalui puncak-puncak intensitas yang muncul (Wahyuni & Hastuti, 2010). Pada penelitian ini, uji difraksi dilakukan untuk membuktikan struktur CMC TKKS yang selanjutnya diperkuat dengan hasil

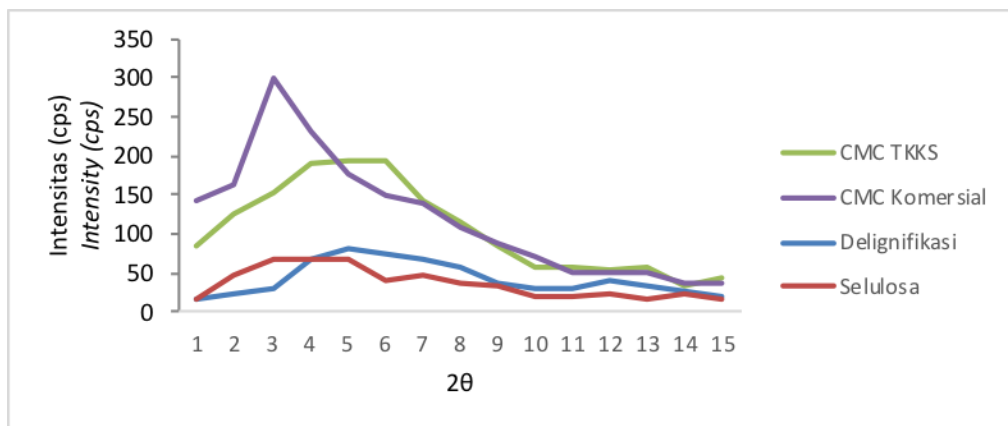
SEM. Sumbu X menyatakan sudut pergerakan *goniometer* (2^o) dengan sudut pergerakan 0,01^o dan sumbu Y menyatakan intensitas sinar X setelah melewati sampel yang berupa sisa baglog hasil delignifikasi, selulosa, CMC TKKS dan CMC Komersil.

Gambar 6 merupakan hasil *search match* dimana garis yang berwarna ungu merupakan karakteristik puncak intensitas masukan (CMC komersil) yang dicocokkan dengan karakteristik puncak intensitas hasil XRD yang lain. Hasil difraksi menggunakan XRD menunjukkan puncak intensitas yang didapat bersesuaian dengan puncak karakter dari CMC TKKS dengan CMC komersil. Intensitas yang semakin meningkat dari sampel setelah delignifikasi dan sampel selulosa. *Peak* menunjukkan semakin meningkat kristalinitas yang terbentuk dan mendekati CMC komersil. Sedangkan pada hasil delignifikasi dan selulosa puncak intensitasnya jauh lebih rendah apabila dibandingkan dengan CMC komersil. Hal ini disebabkan kristalin pada hasil delignifikasi dan selulosa belum terbentuk secara sempurna.



Gambar 5. Hasil analisis gugus fungsi (FTIR); standar CMC komersil (a); CMC dari TKKS (b); hasil delignifikasi tanpa pemutihan (c); selulosa (d)

Figure 5. The result of functional group analysis (FTIR); standard of CMC commercial (a); CMC from OPEFB (b); the result of delignification without bleaching (c); cellulose (d)



Gambar 6. Perbandingan Hasil XRD antara CMC TKKS, CMC komersil, sisa baglog hasil delignifikasi, dan selulosa
 Figure 6. The result of comparison XRD between CMC from OPEFB, CMC commercial, ex-baglog after delignification treatment, and cellulose

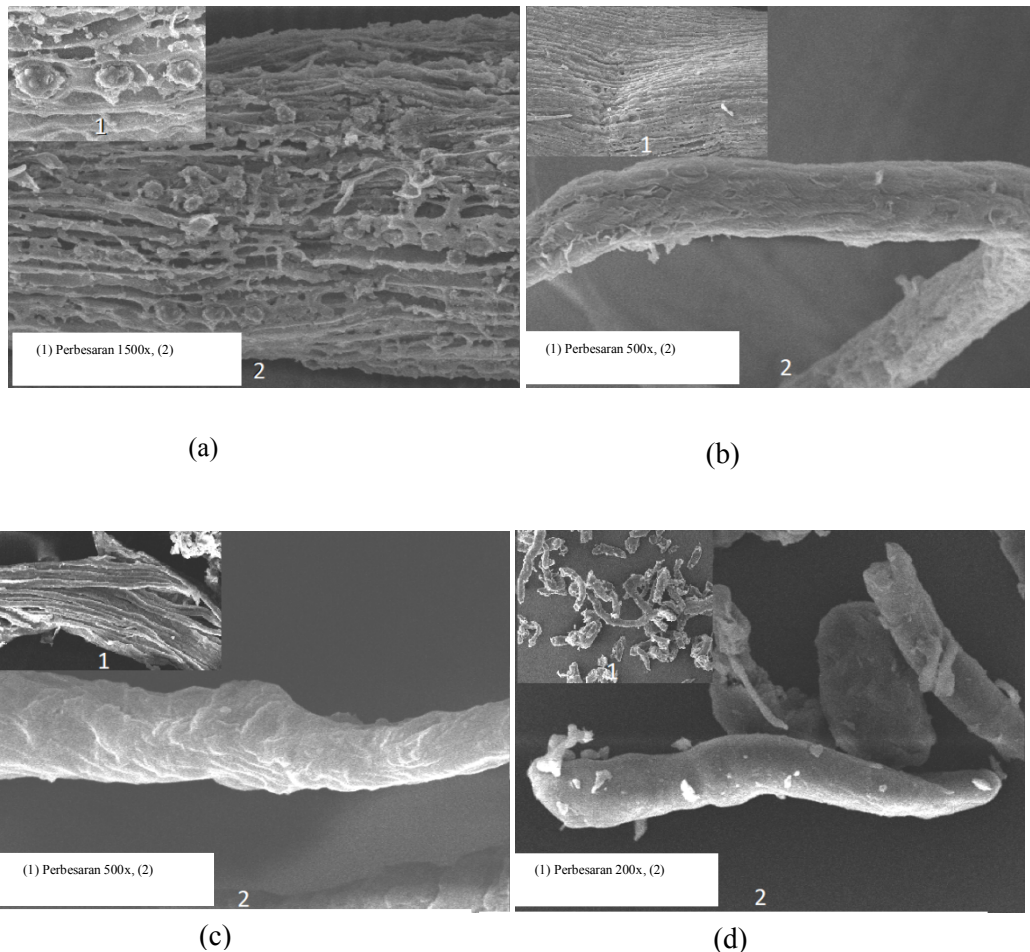
Analisis bentuk morfologi selulosa dan CMC dari sisa baglog menggunakan SEM

Perubahan pola morfologi permukaan dibawah SEM ditunjukkan pada sebelum dan sesudah di hidrolisis bahan, yang ditunjukkan pada Gambar 7(a) dan (b). Kedua gambar tersebut menunjukkan perbedaan yang cukup jelas, karena pada gambar 7(b) adalah selulosa dengan NaOH 10%. Pada gambar tersebut selulosa ukuran 88,0 µm dengan perbesaran 1500x, dapat dilihat adanya lubang-lubang kecil yang semula terdapat tonjolan berupa pengotor kemudian terlihat bersih. Hal ini berbanding terbalik dengan Gambar 7(a) yang merupakan sisa baglog, pada gambar dengan ukuran 88,0 µm dan perbesaran 1500x dapat dilihat dengan jelas bahwa ada beberapa tonjolan yang merupakan pengotor-pengotor atau lignin yang tidak diperlukan pada proses pembuatan CMC. Hasil pengujian SEM membuktikan kandungan lignin pada sisa baglog yang telah di

treatment sudah tidak nampak lagi, terbukti dengan hilangnya tonjolan yang semula ada (Harianja & Nora, 2015).

Pada Gambar 7(c) menunjukkan hasil analisis SEM pada CMC TKKS, hasil CMC dengan perbesaran 500x jelas memperlihatkan bahwa bentuk kristal yang didapat berbentuk panjang dan saling merapat. Berbanding terbalik dengan hasil SEM dari CMC komersil, pada Gambar 7(d) dapat dilihat bahwa kristal yang diperoleh berbentuk pipihan kecil yang tidak saling rapat.

Berdasarkan hasil SEM untuk CMC TKKS dan CMC komersil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa kristalin-kristalin yang terdapat pada CMC TKKS belum terurai sempurna apabila dibandingkan dengan CMC komersil. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperoleh hasil yang lebih baik.



Gambar 7. Hasil analisis SEM; (a) Sisa baglog mengandung TKKS; (b) Selulosa dengan delignifikasi NaOH 10%; (c) CMC sisa baglog mengandung TKKS; (d) CMC komersil

Figure 7. The result of SEM analysis; ex baglog containing OPEFB (a); cellulose with delignification treatment NaOH 10% (b); CMC from ex baglog containing OPEFB (c); CMC commercial (d)

Kesimpulan

Sisa baglog jamur tiram dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa untuk disintesis menjadi CMC. Kualitas selulosa yang dihasilkan memiliki kadar α -selulosa sebesar 80,20%; hemiselulosa 12,32% dan lignin 0%. Karakteristik CMC dengan NaOH 10% yang dihasilkan masuk ke dalam grade II berdasar SNI 06-3726-1995 dengan nilai derajat substitusi 0,64; viskositas 43 cP, dan kadar kemurnian 73,40%. Analisis gugus fungsi pada sampel CMC dan CMC komersial terdapat gugus C-O yang bilangan gelombangnya tidak jauh berbeda, yaitu sebesar; 1091,37 cm^{-1} dan 1016,84 cm^{-1} .

Ucapan Terima kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada Sdri Dea Devita Sandra atas sumbangsinya dalam penelitian ini. Bpk Ir. Suharyanto, M.Si atas dukungan dan arahnya pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Juga kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) tahun 2016 yang telah mendanai penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan lancar sesuai output yang dijanjikan.

Daftar Pustaka

- Artiningsih T (2006). Aktivitas lignolitik jenis ganoderma pada berbagai sumber karbon. *Biodiversitas* 7(4), 307-311.
- Badan Pusat Statistik (2016). *Buletin statistik perdagangan luar negeri*. Badan Pusat Statistik Indonesia, hal 62.
- Bisaria R, Madan M & Bisaria VS (1987). Biological efficiency and nutritive value of *Pleurotus sajor-caju* cultivated on different agrowastes. *Biol Waste* 19, 239-255.
- Dimawarnita F & Urip P (2017). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi jamur tiram (*Pleurotus sp.*) dan enzim ligninase. *Jurnal Mikologi Indonesia* 1(2), 105-113.
- Eriningsih R, Yulina R & Mutia T (2011). Pembuatan karboksimetil selulosa dari limbah tongkol jagung untuk pengental pada proses pencapan tekstil. *Arena Tekstil* 26(2), 105-113.
- Harianja JW & Nora IR (2015). Optimasi jenis dan konsentrasi asam pada hidrolisis selulosa dalam tongkol jagung. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 4(4), 66-71.
- Hidayati, Mohamad RH & Asmawit (2015). Pemanfaatan serat tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan jamur tiram putih. *Biopropal Industri* 6(2), 73-80.
- Hosseinpour R, Fatehi P, Latibari AJ, Ni Y & Sepiddehdam SJ (2010). Canola straw chemimechanical pulping for pulp and paper production. *Bioresource Technology* 101(11), 4193-4197.
- Indriyati W, Ida M, Rembulan K, Sriwidodo & Aliya NH (2016). Karakterisasi carboxymethyl cellulose sodium (Na-CMC) dari selulosa eceng gondok (*Eichornia crassipes mart. Solms*) yang tumbuh di daerah Jatinangor dan Lembang. *IJPST* 3(3), 99-110.
- Julfana R (2012). Hidrolisis enzimatik selulosa dari ampas sagu menggunakan campuran selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. *JKK* 2(1), 52-57.
- Jwanny EW, Rashad MM & Abdi HM (1995). Solid-state fermentation of agricultural waste into food through *Pleurotus* cultivation. *Appl Biochem Biotechnol* 50, 71-78.
- Melisa M, Bahri S & Nurhaeni N (2014). Optimasi sintesis karboksimetil selulosa dari tongkol jagung manis (*Zea Mays l Saccharata*). *Natural Science: Journal of Science and Technology* 3(2), 70-78.
- Melliawati R & Apridah CD (2013). Analisis karboksimetil selulosa dari bakteri *Acetobacter xylinum* dan *Acetobacter sp. RMG-2**. *Berita Biologi* 12(3), 335-344.
- Morán JI, Alvarez VA, Cyras VP & Vázquez A (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, 15(1), 149-159.
- Mulyanto A & Ika Oksi S (2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi budidaya tiram putih dan upaya perbaikannya di desa Kaliiori kecamatan Banyumas kabupaten Banyumas provinsi Jawa Tengah. *Bioscientiae* 14 (1), 9-15.
- Nasrudin (2012). Delignifikasi tandan kosong kelapa sawit dilanjutkan dengan hidrolisis bertahap untuk menghasilkan glukosa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 23(1), 1-11.
- Nisa D & Putri WDR (2013). Pemanfaatan selulosa dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai bahan baku pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulose). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3), 34-42.
- Rahmawati H & Iskandar D (2014). Sintesis karboksimetil kitosan terhadap pengaruh konsentrasi natrium hidroksida dan rasio kitosan dengan asam monokloroasetat. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 6(2), 145-155.
- Ren N, Wang A, Gao L, Xin L, Lee DJ & Su A (2008). Bioaugmented hydrogen production from carboxymethyl cellulose and partially delignified corn stalks using isolated cultures. *International Journal of Hydrogen*

- Energy* 33(19), 5250-5255
- Saputra AH, Linnisa Q & Alia BP (2014). Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose (CMC) from water hyacinth using ethanol-isobutyl alcohol mixture as the molvents. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* 5 (1), 36-40.
- Setiawan Y & Setiadji (2009). Preparation of carboxymethyl cellulose from cellulose waste for several industrial usage. *Berita Selulosa* 36(2), 58-62.
- Tesfaw A, Tadesse A & Kiros G (2015). Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of Applied Biology and Biotechnology* 3(01), 015-020.
- Togrul H & Arslan N (2003). Production of carboxymethyl cellulose from sugar beet pulp cellulose and rheological behaviour of carboxymethyl cellulose. *Carbohydrate Polimers Journal* 32 (2), 229-231.
- Utami AP, Sri Wahyuni & Muzuni (2016). Analisis penilaian organoleptik dan nilai gizi cookies formulasi tepung wikau maombo. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan* 1(1), 79-85.
- Wahidah BF & Saputra FA (2015). Perbedaan pengaruh media tanam serbuk gergaji dan jerami padi terhadap pertumbuhan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Biogenesis* 3(1), 11-15.
- Wahyuni MS & Hastuti E (2012). Karakterisasi cangkang kerang menggunakan XRD dan X Ray PHYSICS Basic Unit. *Jurnal Neutrino* 3(1), 32-43.
- Wardani AK & Kusumawardini I (2015). Pretreatment ampas tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai bahan baku bioetanol generasi kedua. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(4), 1430-1437.
- Wiardani I (2010). *Budidaya Jamur Konsumsi*. Yogyakarta (ID): Penerbit Andi.
- Wibisono I, Hugo L, Antaresti, Aylianawati (2011). Pembuatan pulp dari alang-alang. *Widya Teknik* 10(1), 11-20.
- Widiastuti H & Tri Panji (2007). Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. *Menara Perkebunan* 75 (2), 70-79.
- Wijayanti A, Ummah K & Siti Tjahjani (2005). Karakteristik karboksimetil selulosa (CMC) dari enceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms). *J Chem* 5 (3), 228 - 231.
- Yadollahi M, Namazi H & Barkhordari S (2014). Preparation and properties of carboxymethyl cellulose/layered double hydroxide bionanocomposite films. *Carbohydrate Polymers* 108 (1), 83-90.