

ABSTRAK

Penggunaan hidrogel di berbagai bidang telah dieksplorasi, namun studi sangat terbatas pada hidrogel yang terbuat dari turunan selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). *Microcrystalline cellulose* (MCC) dan *carboxymethyl cellulose* (CMC) berbasis TKKS digunakan sebagai bahan formulasi produk hidrogel, kualitas MCC dan CMC akan mempengaruhi kualitas hidrogel. Modifikasi formula dan ketepatan metode *crosslinking* yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk 1) optimasi pada kondisi proses isolasi selulosa berbasis TKKS, MCC dan CMC 2) formulasi CMC dan MCC, serta menentukan teknologi proses *crosslink* untuk sintesis hidrogel yang tepat, 3) modifikasi imobilisasi antosianin alami pada hidrogel sebagai komponen sensitif pH dan tetap mampu mempertahankan sifat absorpsi dan kekuatannya, 4) mendapatkan kinerja hidrogel pada kemasan produk segar sebagai indikator dan 5) prediksi nilai tambah pada produk. Penelitian ini dilaksanakan melalui optimasi proses *bleaching* dan delignifikasi isolasi selulosa dari TKKS dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM), menentukan konsentrasi asam HCl dan lama hidrolisis pada produksi MCC, optimasi proses alkalisasi dan eterifikasi pada produksi CMC melalui rasio NaOH, rasio isopropanol dan rasio monokloroasetat terhadap selulosa, formulasi MCC dan CMC, serta konsentrasi asam sitrat sebagai *crosslinker*, rekayasa metode introduksi antosianin buah naga ke dalam hidrogel serta menguji kinerja hidrogel sebagai komponen indikator *smart packaging* yang sensitif terhadap kelembaban maupun perubahan pH lingkungan kemasan serta melakukan analisis nilai tambah dari tiap produk tersebut. Kondisi optimum isolasi selulosa diperoleh pada kombinasi *bleaching* kondisi asam pada konsentrasi NaClO_2 3,22% dan pH 4,5 pada suhu $70^\circ \pm 5^\circ\text{C}$ selama 1 jam dengan kadar selulosa optimum 82,69%. MCC terbaik pada kondisi proses hidrolisis HCl pada konsentrasi 2.5N selama 45 menit pada suhu 100°C dengan kualitas MCC sesuai untuk *filler* hidrogel yakni kristalinitas tinggi dan mampu mempertahankan daya absorpsi air yang baik. CMC optimum pada rasio NaOH 30% terhadap selulosa TKKS sebesar 3,36 : 1, rasio isopropanol sebesar 30,62 : 1 serta rasio MCA terhadap selulosa pada rasio 1,19 : 1, dengan respon optimum derajat substitusi 1,28, kadar karboksi metil 31,93% dan impuritis NaCl sebesar 0,25%. Formulasi CMC dan MCC 90:10 dengan konsentrasi asam sitrat 5% mampu menghasilkan daya *swelling* dan kekuatan mekanik yang tinggi sebagai hidrogel film. Pada formulasi CMC dan MCC 80:20 mampu menghasilkan tingkat *swelling* yang tinggi namun luruh. Metode *crosslink* untuk hidrogel film yang diaplikasikan yaitu *crosslink* pada *casting* suhu 60°C selama 24 jam. Modifikasi hidrogel film sebagai komponen *smart packaging* dilakukan dengan mengintroduksi filtrat antosianin pada hidrogel film melalui teknik maserasi dalam larutan etanol 96% - antosianin selama 18 jam. Hidrogel film antosianin yang diaplikasikan pada strawberry, fillet ayam dan jamur tiram putih menunjukkan mampu menyerap kelebihan kelembaban pada lingkungan kemasan, dan signifikansi degradasi warna antosianin dari merah pekat menjadi pink pudar atau putih berkorelasi dengan kualitas produk. Produksi hidrogel film termasuk memberikan nilai tambah tinggi (>40%) sehingga berpotensi untuk dikembangkan.

Kata kunci : Tandan kosong kelapa sawit, selulosa, selulosa mikrokristalin, karboksimetil selulosa, antosianin, hidrogel

ABSTRACT

Research on hydrogels made from the cellulose of oil palm empty fruit bunches (OPEFB) derivatives is limited. High-quality OPEFB-based microcrystalline cellulose (MCC) and carboxymethyl cellulose (CMC) hydrogels are essential for good water absorption and mechanical strength. MCC is a *filler* in CMC-based hydrogels to enhance mechanical strength and hydrophilicity. This modification's success depends on the precision of the *crosslinking* method used. This research aimed to optimize the conditions of the cellulose isolation method, develop *crosslink* techniques for hydrogel synthesis, modify the immobilization of native anthocyanins in hydrogels, and thoroughly analyze the performance of hydrogels in fresh product packaging. The research involved optimizing the *bleaching* and delignification process for isolating cellulose from OPEFB using the Response Surface Methodology (RSM) method. It also determined the HCl acid concentration and hydrolysis duration in MCC production. The RSM method optimized the alkalization and etherification process in CMC production through the NaOH ratio, isopropanol ratio, and monochloroacetate ratio to OPEFB cellulose. The study involved synthesizing hydrogels from MCC and CMC formulations, varying the concentration of citric acid as a *crosslinker*, incorporating dragon fruit anthocyanins into the hydrogels, evaluating the hydrogels' performance as part of *smart packaging* indicators sensitive to moisture and pH changes, and determining the additional value of each product. The study found that treating cellulose with 3.22% NaClO₂ at pH 4.5 and 70°±5°C for 1 hour resulted in 82.69% cellulose, hydrolyzing cellulose with 2.5N HCl for 45 minutes at 100°C produced MCC with high crystallinity and water absorption. The optimum conditions for producing CMC were a 30% NaOH to cellulose ratio of 3.36:1 and an MCA to cellulose ratio of 1.19:1, resulting in 1.28 degrees of substitution and 31.93% carboxymethyl concentration. A formulation of 90% CMC and 10% MCC with a 5% citric acid concentration also created a hydrogel film with significant swelling and mechanical strength. The formulation of CMC and MCC 80:20 produced a high level of swelling but decayed. The *crosslink* method applied is *crosslink* in the *casting* process at 60°C for 24 hours, and this is also not different from the *crosslink* method, which freezes the thaw for 18 hours and continues *casting* at 80°C for 24 hours. The hydrogel film was modified as a *smart packaging* component by macerating it in an anthocyanin ethanol solution for 18 hours. When applied to strawberries, chicken fillets, and white oyster mushrooms, the anthocyanin hydrogel film showed its ability to absorb excess moisture in the packaging. The change in anthocyanin color from intense red to faint pink or white was heavily correlated with product quality. Product packaging with hydrogel film helps regulate humidity, slowing degradation compared to control. High-added value (>40%) is included in the production of hydrogel film, which suggests that it could be developed.

Keywords: Oil palm empty fruit bunches, cellulose, microcrystalline cellulose, carboxymethyl cellulose, anthocyanin, hydrogel.