

Salah satu langkah yang dapat dilakukan guna mendukung upaya pemenuhan eksipien selulosa mikrokrystal adalah dengan mengembangkan proses produksi selulosa mikrokrystal dari bahan-baku yang tersedia berlimpah, berkadar selulosa tinggi serta belum dimanfaatkan secara optimal seperti bagas tebu dan jerami padi. Selulosa mikrokrystal dapat diproduksi melalui tiga tahapan proses yakni delignifikasi, bleaching dan hidrolisa. Proses delignifikasi menggunakan senyawa hidrotrop dengan pemanasan gelombang mikro diyakini memiliki berbagai keunggulan seperti: menggantikan proses dengan bahan kimia yang bersifat “harsh”; bersifat meningkatkan kelarutan lignin di dalam air; tidak menimbulkan terjadinya degradasi selulosa dan perubahan struktur lignin; biaya produksi minimal; serta pemanasan gelombang mikro merupakan pemanasan yang efektif dalam meningkatkan laju reaksi dan menurunkan durasi proses delignifikasi. Penelitian ini difokuskan untuk mengkaji pengaruh jenis senyawa hidrotrop yakni urea, sodium benzoate serta modifikasinya melalui penambahan hydrogen peroksida terhadap performa proses delignifikasi hidrotropi bagas tebu dan jerami padi serta dilanjutkan dengan karakterisasi produk dengan membandingkan dengan karakteristik selulosa mikrokrystal komersial. Guna mendapatkan pemahaman yang lebih baik terhadap proses delignifikasi hidrotropi serta untuk mendapatkan data dasar yang dibutuhkan untuk perancangan alat proses berskala besar maka dalam penelitian ini juga dilakukan pemodelan matematika dan simulasi proses delignifikasi hidrotropi. Model matematika yang dikembangkan terdiri atas model reaksi simultan dengan asumsi lignin tidak terkondensasi (MM1); model reaksi simultan dengan asumsi lignin terkondensasi (MM2); serta model difusi dengan asumsi partikel berbentuk slab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis senyawa hidrotrop berpengaruh terhadap efektivitas proses delignifikasi bagas tebu dan jerami padi. Berdasarkan nilai RED-nya, afinitas urea-lignin lebih tinggi bila dibandingkan dengan afinitas sodium benzoate-lignin. Oleh karenanya urea memiliki kemampuan yang lebih baik dalam melarutkan lignin jika dibandingkan dengan sodium benzoate. Modifikasi proses delignifikasi hidrotropi melalui penambahan hydrogen peroksida mampu meningkatkan pelarutan lignin serta meminimalkan pelarutan selulosa. Proses delignifikasi bagas tebu dengan penggunaan urea konsentrasi 25% yang dimodifikasi dengan penambahan hydrogen peroksida sebesar 1% serta proses dengan rasio solid liquid 1:20, kecepatan pengadukan 600 rpm, temperature 70°C dan durasi proses delignifikasi selama 30 menit merupakan kondisi proses yang dianggap relative baik dengan memberikan residu padatan dengan rasio selulosa lignin sebesar 10,02. Proses delignifikasi jerami padi menggunakan larutan urea 30% dengan rasio solid liquid 1:20, kecepatan pengadukan 600 rpm, temperature 90°C dan durasi proses delignifikasi selama 30 menit merupakan kondisi operasi yang relatif baik bagi proses produksi selulosa mikrokrystal dengan memberikan nilai rasio selulosa-lignin sebesar 4,10. Model reaksi simultan dan model difusi yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu memberikan pemahaman yang lebih baik terhadap proses delignifikasi serta menghasilkan data dasar yang diperlukan bagi proses perancangan proses produksi dengan skala yang lebih besar. Model reaksi simultan dengan asumsi lignin tidak terkondensasi dapat menggambarkan dengan baik mekanisme reaksi delignifikasi hidrotropi. Model dengan asumsi bahwa lignin tidak terkondensasi (MM1) memberikan nilai SSE yang paling kecil pada suhu 90°C dan bernilai hampir sepertiga dari nilai SSE untuk model dengan asumsi bahwa lignin terkondensasi (MM2). Nilai laju reaksi kondensasi lignin, k_c , bernilai 10 kali lebih kecil bila dibandingkan nilai laju reaksi pelarutan lignin (k_{l1}), untuk konsentrasi hidrotrop 169.13 g/L. Analisa karakteristik fisikokimia, profil laju alir serta hasil uji disolusi menunjukkan jika selulosa mikrokrystal bagas tebu memenuhi kriteria selulosa mikrokrystal yang dapat digunakan sebagai eksipien farmasetika.

Kata Kunci: selulosa mikrokrystal, hidrotrop, bagas tebu, jerami padi, gelombang mikro, model matematis

Sugarcane bagasse and rice straw are two examples of lignocellulosic biomass that are abundantly available, possess high cellulose content, and have not been utilized optimally. This study focuses on analysing the effect of hydrotropic compounds, namely urea, sodium benzoate, and their modifications through the addition of hydrogen peroxide on the performance of the hydrotropic delignification process of sugarcane bagasse and rice straw as well as product characterization. Mathematical modelling of the hydrotropic delignification process was investigated in order to get a better understanding on the hydrotropic delignification process and obtain the essential data needed for the large-scale process tools design. This proposed model consists of a simultaneous reaction model with the assumption that lignin is not condensed (MM1); simultaneous reaction model assuming that lignin is condensed (MM2); and the diffusion model with the assumption that slab-shaped particles exist. The results point out that the hydrotropic compound affects the effectiveness of the delignification process of sugarcane bagasse and rice straw. Urea can dissolve lignin better than sodium benzoate as urea-lignin affinity is higher than sodium benzoate based on the RED value. Modifying the hydrotropic delignification process through the addition of hydrogen peroxide could increase the dissolution of lignin and minimize the dissolution of cellulose. The sugarcane bagasse delignification process that utilizes 25% concentration of urea modified with the addition of 1% hydrogen peroxide and a process with a solid-liquid ratio of 1:20, stirring speed of 600 rpm, temperature of 70°C, and 30-minutes delignification process are considered relatively good by providing solid residues with a cellulose lignin ratio of 10.02. The rice straw delignification process using 30% urea solution with a solid-liquid ratio of 1:20, stirring speed of 600 rpm, temperature 90°C, and 30-minutes delignification process are considered as a relatively good operating conditions for the production process of microcrystalline cellulose by establishing a value of the cellulose-to-cellulose ratio lignin by 4.10. A simultaneous reaction model with the assumption of non-condensed lignin can greatly describe the hydrotropic delignification reaction mechanism. This assumption (MM1) gives the lowest SSE value at 90°C and is almost one-third of the SSE value for the model with the assumption of condensed lignin (MM2). The value of the lignin condensation reaction rate, k_c , is ten times smaller than the value of the lignin dissolution reaction rate for a hydrotrope concentration of 169.13 g/L. Analysis of physicochemical characteristics, flow rate profile, and dissolution test results exemplify that sugarcane bagasse microcrystalline cellulose has met the criteria used as a pharmaceutical excipient.

Keywords: microcrystalline cellulose, hydrotrope, sugarcane bagasse, rice straw, microwave, mathematical model