

3.6.2 Desain penelitian	44
3.6.3 Praperlakuan <i>alkaline hydrogen peroxide</i> (AHP)	45
3.6.4 Perlakuan metode pemanasan dan jenis <i>peracid</i>	46
3.6.5 Parameter pengamatan	48
3.7 Pembakuan Kondisi Optimal Teknologi Proses Dua Tahap	53
3.7.1 Tujuan tahapan penelitian	53
3.7.2 Desain penelitian	54
3.7.3 Respon optimasi	55
3.7.4 Pengolahan data	56
3.7.5 Karakteristik MCC pada titik rekomendasi	56
3.8 Perubahan Proses dan Nilai Tambah	57
3.8.1 Tujuan penelitian	57
3.8.2. Peta proses operasi	57
3.8.2 Analisis nilai tambah	57
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1 Analisis Potensi dan Karakterisasi Ampas Sagu	59
4.1.1 Potensi ampas sagu	59
4.1.2 Karakteristik ampas sagu	64
4.2 Pengembangan Teknologi Produksi MCC Dua Tahap.	76
4.2.1 Rendemen	77
4.2.2 FTIR	79
4.2.3 Analisis sifat termal	83
4.2.4 Derajat kristalinitas	86
4.2.5 Derajat polimerisasi	89
4.2.6 Analisis warna	91
4.2.7 Morfologi	96
4.2.8 <i>Water holding capacity</i> dan <i>oil holding capacity</i>	99
4.2.9 Temuan tambahan	102
4.2.10 Teknologi proses terpilih	103
4.3 Pembakuan Teknologi Proses pada tahap 2.	105
4.3.1 Pemilihan parameter respon	105
4.3.2. Hasil pengujian	106
4.3.2 Pemilihan model	107
4.3.3 Respon optimasi	112
4.3.4 Hasil optimasi	117
4.3.5 Karakteristik MCC pada titik optimum	120
4.4 Perubahan Proses dan Nilai Tambah	124
4.4.1 Peta proses operasi	124
4.4.1 Analisis nilai tambah	126
V KESIMPULAN DAN SARAN	132
5.1 Kesimpulan	132
5.2 Saran	133
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	156

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan	
i Rumus perhitungan hemiselulosa	41
ii Rumus perhitungan selulosa	41
iii Rumus perhitungan lignin	41
iv Rumus kadar air	42
v Rumus kadar abu	42
vi Rumus rendemen	49
vii Persamaan <i>segal</i>	50
viii Persamaan <i>scherrer</i>	50
ix Persamaan <i>whitening index</i> (WI)	51
x Persamaan <i>yellowing index</i> (YI)	52
xi Persamaan <i>water holding index</i> (WHC)	53
xii Persamaan <i>oil holding index</i> (OHC)	53
xiii Persamaan rendemen titik optimal	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rangkuman penelitian terdahulu	12
Tabel 2.1 Standar mutu karakteristik MCC	22
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan	45
Tabel 3.2 Faktor dan level rancangan	54
Tabel 3.3 Tabel rancangan optimasi <i>peracid</i>	55
Tabel 4.1 Persentase elemen pada titik EDS	67
Tabel 4.2 Komposisi kimia ampas sagu	68
Tabel 4.3 Puncak pada spektrum FTIR ampas sagu	70
Tabel 4.4. Perbedaan sifat termal ampas sagu	73
Tabel 4.5 Kandungan logam ampas sagu	75
Tabel 4.7 Sifat termal setiap perlakuan	86
Tabel 4.8 Nilai derajat kristalinitas dan ukuran kristalit	88
Tabel 4.9 Indeks keputihan (WI) dan indeks kekuningan (YI)	93
Tabel 4.10 Diameter dan panjang selulosa setiap perlakuan	98
Tabel 4.11 Perbandingan WHC dan OHC	100
Tabel 4.13 Respon optimasi produksi MCC dari AHP-PCA HP	107
Tabel 4.14 Uji kesesuaian model dan <i>lack of fit</i> model	108
Tabel 4.15 Analisis koefisien R	109
Tabel 4.16 Interaksi pada respon rendemen	113
Tabel 4.17 Koefisien estimasi rendemen	114
Tabel 4.18 Interaksi pada respon DP	115
Tabel 4.19 Koefisien estimasi DP	116
Tabel 4.20 Rekomendasi nilai optimal	118
Tabel 4.21 Konfirmasi rendemen dan DP	120
Tabel 4.22 Karakteristik optimal MCC ampas sagu	122
Tabel 4.23 Perbandingan waktu setiap metode	126
Tabel 4.24 Kebutuhan biaya bahan metode AHP-PCA HP	127
Tabel 4.25 Kebutuhan biaya bahan metode tiga tahapan	127
Tabel 4.26 Perbandingan upah pekerja setiap metode	128
Tabel 4.27 Perbandingan nilai tambah setiap metode	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Konektivitas dan kluster publikasi penelitian terkait MCC	10
Gambar 1.2. Grafik VOS <i>viewer</i>	11
Gambar 2.1. Pohon sagu	15
Gambar 2.2. Diagram potensi produk turunan tanaman sagu.....	16
Gambar 2.3. Struktur selulosa.....	19
Gambar 2.4. Struktur gugus fungsi selulosa.	20
Gambar 2.5. Mekanisme oksidasi pada biomassa dan produk yang dihasilkan.	25
Gambar 2.6. Ilustrasi enkapsulasi ekstrusi–sferonisasi pada probiotik.	30
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	37
Gambar 3.2. Diagram alir persiapan bubuk ampas sagu	39
Gambar 3.3. Diagram alir praperlakuan bubuk ampas sagu dengan AHP	46
Gambar 3.3. Diagram alir perlakuan asam peroksida.....	48
Gambar 4.2. Proses ekstraksi pati sagu.....	60
Gambar 4.3. Ampas sagu.	62
Gambar 4.4. Bagian ampas sagu.....	62
Gambar 4.6. Uji reaksi iodium.....	64
Gambar 4.7. Mikroskopik ampas sagu	65
Gambar 4.8. Hasil pengamatan SEM ampas sagu	66
Gambar 4.9. Titik pengujian SEM-EDS	66
Gambar 4.10. Spektrum SEM-EDS.....	67
Gambar 4.11. Spektrum FTIR ampas sagu.....	69
Gambar 4.12. Grafik TGA dan DTG ampas sagu	72
Gambar 4.13. Grafik perbandingan rendemen setiap perlakuan	77
Gambar 4.14. Grafik ftir kumulatif.....	79
Gambar 4.17. Perubahan warna sampel.....	91
Gambar 4.18. 3D scatter plot CIELab setiap sampel.....	94
Gambar 4.19. Morfologi setiap sampel dari ampas sagu.....	96
Gambar 4.20. Perbedaan warna fraksi cair PAA HP dan PCA HP	102
Gambar 4.21. TEM supernatan PCA HP	103
Gambar 4.22. Grafik residual rendemen (kiri) dan DP (kanan)	111
Gambar 4.23. <i>Surface plot</i> (a) dan <i>Contour plot</i> (b) Respon Rendemen.....	115
Gambar 4.24. <i>Surface plot</i> (a) dan <i>Contour plot</i> (b) pada respon DP	117
Gambar 4.25. <i>Surface plot</i> (a) dan <i>Contour plot</i> (b) desirability.....	118
Gambar 4.26. Rekomendasi optimum dan perkiraan respon rendemen dan DP	119
Gambar 4.27. Perbedaan peta proses operasi metode setiap metode.....	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi penelitian.....	156
Lampiran 2. Hasil Pengujian SEM-EDS	159
Lampiran 3. Data analisis sifat termal pada Ampas Sagu	160
Lampiran 4. Hasil pengujian XRF ampas sagu	161
Lampiran 5. Dekonvolusi puncak pada rentang 600-800 cm ⁻¹	163
Lampiran 6. Data analisis sifat termal pada ampas sagu dan setiap perlakuan ..	166
Lampiran 7. Hasil Pengujian CIELAB.	167
Lampiran 8. Sebaran ukuran partikel setiap perlakuan.....	168
Lampiran 9. Sebaran ukuran partikel pada supernatan PCA HP	169
Lampiran 10. Hasil data pada aplikasi Design Expert 13	170
Lampiran 11. Dokumentasi warna setiap sampel Optimasi	172
Lampiran 12. Hasil pengujian DP pada titik optimal	174
Lampiran 13. Hasil pengujian XRF MCC dengan metode AHP-PCA HP	177
Lampiran 14. Sebaran ukuran MCC pada titik optimal.....	179
Lampiran 15: lisensi penggunaan gambar	180
Lampiran 16: Nota Dinas Pengajuan HKI.....	182

Pengembangan Teknologi Proses Produksi Selulosa Mikrokrystalin (MCC) dua Tahapan dari Limbah Ampas Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb)

INTISARI

Sagu adalah tanaman non kayu yang umumnya dimanfaatkan dalam ekstraksi pati pada bagian empulur batang dan menyisakan berbagai limbah biomassa seperti ampas sagu yang dapat dimanfaatkan menjadi bioproduk. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknologi proses produksi selulosa mikrokrystalin (MCC) dengan dua tahap dari limbah ampas sagu. Penelitian ini terdiri atas empat fase dimulai dengan fase pertama untuk menganalisis potensi dan karakterisasi ampas sagu melalui pendekatan deskriptif kuantitatif, termasuk estimasi produksi berdasarkan bobot batang sagu serta karakteristik fisikokimia ampas sagu. Fase kedua adalah pengembangan teknologi proses yang membandingkan asam perasetat (PAA) dan Hidrogen peroksida-asam sitrat (PCA) melalui dua metode pemanasan (autoklaf dan *waterbath stirrer*) pada ampas sagu yang telah diberikan praperlakuan *alkaline hydrogen peroxide* (AHP). Fase ketiga adalah pembakuan teknologi proses menggunakan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan variabel penelitian, yaitu waktu reaksi (20-60 menit), konsentrasi asam sitrat (60-100%) dan rasio larutan terhadap padatan (10-16 mL/g). Respons yang diamati terdiri dari rendemen dan derajat polimerisasi (DP) serta proses produksi yang optimal dikarakterisasi sesuai standar *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan *United States Pharmacopeia* (USP). Fase keempat adalah evaluasi teknologi proses yang dibandingkan dengan teknologi proses produksi MCC tiga tahapan menggunakan Peta Proses Operasi (PPO) dan analisis nilai tambah.

Hasil penelitian menunjukkan ampas sagu berpotensi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan MCC karena telah memiliki komponen selulosa dan hemiselulosa. Teknologi proses dua tahap AHP-PCA dengan pemanasan *waterbath stirrer* menjadi perlakuan yang mampu menghasilkan MCC dari ampas sagu. Pada kondisi produksi yang optimal dari model RSM Linier dan 2FI yang terdiri dari waktu reaksi 20 menit, konsentrasi asam sitrat 60%, dan rasio larutan-padatan 16ml/g menghasilkan MCC dengan morfologi seperti batang, ukuran partikel sekitar $83,85 \pm 36,28 \mu\text{m}$, berwarna putih, derajat kristalinitas tinggi (76,22%) dan ukuran kristalit kecil (2,97nm). Meskipun memiliki rendemen MCC ampas sagu (29.89%) yang rendah, pada kondisi optimal selulosa ampas sagu terkonversi oleh bahan kimia menjadi komponen selulosa naokristal (NCC) yang menjadi salah satu kebaruan dari penelitian ini. Meskipun demikian, MCC ampas sagu memiliki kemampuan menahan air (WHC, *Water holding capacity*) relatif baik ($4,16 \pm 0,93 \text{ g/g}$), kemampuan menahan minyak (OHC, *Oil holding capacity*) relatif baik ($2,24 \pm 0,54 \text{ g/g}$) dan derajat polimerisasi rendah ($<2,5$) telah memenuhi standar MCC menurut FAO dan farmakope.

Pengembangan metode isolasi dua tahap mampu menghasilkan MCC dengan waktu yang lebih cepat di bandingkan dengan metode 3 tahap dengan mengurangi jumlah tahapan proses dan meningkatkan nilai tambah limbah serat sagu, dengan rasio nilai tambah sebesar 67,51% dan estimasi marjin laba 95,17%,

yang menunjukkan potensi teknis dan ekonomis yang kuat untuk produksi MCC dari limbah ampas sagu.

Kata kunci: Ampas Sagu, MCC, Optimasi, Dua tahap, Nilai Tambah.

Technological Development of a Two-Stage Microcrystalline Cellulose (MCC)
Production Process from Sago Pith Waste (*Metroxylon sagu* Rottb)

ABSTRACT

Sago was a non-wood starch-producing plant that generated substantial lignocellulosic residues, particularly pith waste. This study sought to valorize sago pith waste as a feedstock for microcrystalline cellulose (MCC) and to establish, effective and economically attractive production process. The research is carried out in four stages: (1) assessing the potential and physicochemical characteristics of sago pith waste and estimating its production based on stem weight; (2) developing process technology by comparing peracetic acid (PAA) and percitric acid (PCA) treatments combined with two heating methods (autoclave and water-bath stirrer) on sago bagasse pretreated with alkaline hydrogen peroxide (AHP); (3) optimizing the selected process using Response Surface Methodology (RSM), with reaction time (20–60 min), citric acid concentration (60–100%), and solution-to-solid ratio (10–16 mL/g) as factors, and yield and degree of polymerization (DP) as responses, followed by characterization according to Food and Agriculture Organization (FAO) and United States Pharmacopeia (USP) standards; and (4) evaluating the new process against conventional MCC production using a Process Map of Operations (PPO) and value-added analysis. The optimal route is the two-stage AHP–PCA process with water-bath stirring, which produces MCC with rod-like morphology, a particle size of about 83.85 ± 36.281 , white color, high crystallinity (76.22%), and small crystallite size (2.97 nm). These properties are obtained under RSM-derived optimal conditions of 20 min reaction time, 60% citric acid concentration, and a 16:1 solution-to-solid ratio. Although the MCC yield is relatively low (29.89%), possibly because the accessible sago cellulose is further converted into soluble products and mostly insoluble nanocrystalline cellulose (NCC), the resulting MCC exhibits good water holding capacity (4.16 ± 0.93 g/g), good oil holding capacity (2.24 ± 0.54 g/g), and a low degree of polymerization (<2.5), consistent with FAO and pharmacopeial specifications for MCC. The two-stage isolation strategy also reduces processing steps and increases the added value of sago fiber waste, with an added-value ratio of 67.51% and an estimated profit margin of 95.17%, indicating strong technical and economic potential for MCC production from sago pith waste.

Keywords: Sago Pith Waste, MCC, Optimization, Two-Stage Process, Added Value

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon sagu (*Metroxylon sago* Rottb) atau pohon rumbia merupakan salah satu tanaman pangan penghasil sagu untuk kebutuhan pangan sebagai sumber karbohidrat. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2024) pada tahun 2023 memiliki lahan seluas 214.623 hektar yang mampu memproduksi pati sagu di Indonesia mencapai 393.284 ton dan diperkirakan akan terus meningkat. Salah satu provinsi terbesar yang menyumbang produksi pati sagu terbesar di Indonesia adalah Provinsi Riau dengan total luas areal Perkebunan sagu sebesar 78.271 hektar yang mampu memproduksi 287.629 atau sekitar 73 % dari total produksi pati Indonesia (Direktorat Jenderal Perkebunan 2024). Kemampuan produksi pati yang besar ini tentunya akan sejalan dengan potensi limbah biomassa yang dihasilkan khususnya ampas sagu. Sehingga ampas sagu ini membutuhkan penanganan yang serius untuk mengurangi pencemaran lingkungan oleh bahan sisa yang tidak termanfaatkan dengan baik.

Penanganan ampas sagu yang kurang baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti munculnya bau yang tidak sedap hingga peningkatan keasaman tanah. Industri pati sagu dapat menghasilkan beberapa jenis bahan sisa seperti limbah cair sagu, pelepah (pucuk) sagu, daun pohon sagu, kulit buah sagu, kulit batang sagu dan ampas sagu yang relatif lebih banyak dihasilkan dalam industri. Ampas sagu sendiri memiliki kadar air sebesar 10,57 %, kadar abu sebesar 11,50%, hemiselulosa 11,22%, selulosa 58,67% dan lignin sebesar 8,44% (Haryati

et al. 2022). Kandungan selulosa pada ampas sagu memiliki porsi yang lebih tinggi dibandingkan selulosa dari limbah industri pati sagu lain. Kulit batang sagu memiliki kandungan selulosa 24,564% (Lestari *et al.* 2022) atau Pelepah sagu yang memiliki kandungan selulosa 35,53% (Sunardi *et al.* 2021). Komposisi kandungan selulosa dari limbah ampas sagu yang besar ini memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi bioproduk selulosa dengan metode yang sesuai. Sehingga ampas sagu dapat dimanfaatkan menjadi selulosa mikrokrystalin (MCC) dengan harga yang lebih baik.

Selulosa mikrokrystalin adalah salah satu bahan yang biasa digunakan sebagai *filler* pada industri farmasi, industri makanan, industri plastik dan digunakan juga dalam industri kosmetik yang bersumber dari selulosa (Haldar dan Purkait 2020). MCC pada industri farmasi dimanfaatkan karena sifatnya yang mampu mengikat material lain dengan baik dan juga memiliki kekompakan yang cukup baik sehingga cocok dijadikan bahan pengikat pada obat. Sementara itu, industri makanan juga menggunakan MCC digunakan sebagai bahan tambahan pangan (BTP), emulsifier dan lain sebagainya (Abdurachman *et al.* 2022).

Pemanfaatan MCC pada bidang mikrobiologi membutuhkan karakteristik khusus sehingga dapat digunakan untuk mengenkapsulasi bakteri. Kowalska *et al.* (2022) menjelaskan bahwa selulosa dan derivatnya dapat digunakan sebagai salah satu material mikroenkapsulasi bakteri probiotik. Namun memiliki syarat tertentu seperti tidak memengaruhi fisiologis bakteri, tidak beraroma, tidak memiliki rasa, memiliki kalori yang rendah, mampu stabil selama penyimpanan mikroenkapsulasi bakteri dan memiliki nilai derajat polimerisasi (DP) yang rendah. Bahan

mikroenkapsulasi dengan DP rendah seperti MCC (microcrystalline cellulose), dapat berfungsi sebagai matriks pelindung sekaligus prebiotik yang mendukung pertumbuhan bakteri (Qiao *et al.* 2023).

Pemanfaatan yang banyak dalam bidang farmasi dan pangan membuat kebutuhan MCC di berbagai industri terus meningkat. Saat ini industri farmasi dan pangan di Indonesia menggunakan MCC yang impor dari luar negeri sehingga harganya sangat mahal. Tercatat Pasar MCC pada tahun 2021 memiliki nilai US\$ 1.029,2 Juta pada tahun 2021 dan diperkirakan setiap tahun akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhannya di dunia industri (Marketsandmarkets 2017). Selulosa mikrokrystalin selama ini lebih sering menggunakan bahan baku kayu pohon yang mengandung sumber selulosa yang tinggi. Sementara ketersediaan kayu saat ini semakin terbatas, sehingga opsi pemanfaatan dari sumber lain untuk memproduksi selulosa dan produk turunan lainnya perlu dipikirkan. Hal ini membuat pemanfaatan biomassa non kayu dari bahan sisa industri pertanian seperti ampas sagu menjadi salah satu pilihan yang dapat dipertimbangkan menjadi bahan baku MCC. Namun pemanfaatan ampas sagu menjadi MCC perlu diteliti lebih lanjut untuk menemukan teknologi proses yang cocok dan ekonomis.

Biomassa pada umumnya dapat diproses menjadi MCC melalui tahapan delignifikasi, pemutihan, dan hidrolisis asam terkendali. Selain itu teknologi tiga tahapan saat ini masih berbasis klorin yang menghasilkan limbah berbahaya bagi lingkungan. Pemanfaatan ampas sagu yang dilaporkan Akib *et al.* (2024) dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu praperlakuan dengan asam asetat, pemanasan alkali menggunakan NaOH, pemutihan menggunakan larutan hipoklorit dan hidrolisis

menggunakan asam nitrat pada temperatur 90–100°C untuk memproduksi MCC. Proses ini relatif masih terlalu panjang sehingga akan meningkatkan biaya produksi MCC. Hal inilah yang membuat banyak dilakukan penelitian-penelitian untuk mengkaji bagaimana metode yang cocok untuk menghasilkan MCC dengan relatif lebih cepat dan menguntungkan. Metode produksi MCC tidak sepenuhnya dapat disamakan antarasumber biomassa karena karakteristik awal biomassa dan respons terhadap perlakuan kimia berbeda. Penyesuaian metode diperlukan untuk memaksimalkan kuantitas, kualitas dan perubahan nilai tambah dari setiap sumber biomassa yang digunakan. Pemilihan metode yang tepat sangat menentukan potensi aplikasi dan nilai ekonomi MCC yang dihasilkan.

Penelitian dan pengembangan teknologi proses untuk memproduksi MCC agar ramah lingkungan dan mempersingkat waktu produksi menjadi topik yang banyak dilakukan akhir-akhir ini. Salah satu teknologi untuk memproduksi selulosa dan produk turunan selulosa seperti MCC dari biomassa yaitu pengembangan teknologi berbasis delignifikasi oksidasi. Teknik oksidasi pada biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan MCC dengan melibatkan bahan kimia yang memiliki sifat oksidatif. Salah satu bahan kimia yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan larutan *peracid* (Yin *et al.* 2011; Kiejza *et al.* 2021). Larutan *Peracid* atau asam peroksida merupakan larutan oksidator kuat yang mampu mengoksidasi kontaminan organik dan beberapa logam namun tidak merusak selulosa (Zendrato *et al.* 2024). *Peracid* ini mampu memecah komponen lignin dengan cepat dan di beberapa penelitian juga dilaporkan mampu melakukan

menghidrolisis selulosa pada biomassa (X. Zhao *et al.* 2008; Zhao *et al.* 2009; Zendrato *et al.* 2024).

Pemanfaatan *peracid* pada isolasi selulosa dari biomassa batang kecombrang yang dilakukan Zendrato *et al.* (2024) menggunakan kombinasi *alkaline hydrogen peroxide* dan Asam perasetat (AHP-PAA) dalam 90 menit. Proses isolasi seluruhnya dilakukan menggunakan panas dan tekanan dalam autoklaf pada temperatur 121°C dan tekanan 15 Psi (0,2 MPa). Sistem AHP-PAA mampu mengurai serat dari bundel serat batang kecombrang dengan kerusakan yang sangat kecil pada gugus karbohidrat. Tahapan AHP berfungsi untuk memekarkan serat pada biomassa sehingga akan mempermudah aksesibilitas pada tahapan selanjutnya (Tareen *et al.* 2020). Sementara pada tahapan PAA secara selektif menghilangkan lignin dan hemiselulosa, sehingga menghasilkan selulosa berkualitas tinggi (Kumar *et al.* 2013; Yang *et al.* 2018). Meskipun begitu sistem AHP-PAA masih hanya bisa digunakan untuk memproduksi selulosa saja karena pada tahapan PAA belum mampu menghidrolisis meskipun sudah melakukan hingga tahapan prehidrolisis. Perlu dicari *peracid* lain yang mampu menghilangkan lignin dan juga mampu menghidrolisis selulosa.

Penelitian yang dilaporkan Wu *et al.* (2024) menggunakan larutan asam persitrat (PCA) pada bubuk batang rami untuk menghasilkan selulosa dengan menggunakan pemanasan *waterbath stirrer*. Penggunaan PCA pada bubuk batang rami yang dipanaskan pada temperatur 90°C selama 3 jam mampu menghasilkan selulosa dengan tingkat kemurnian yang tinggi, derajat kristalinitas yang tinggi (72,51%) dan bentuk selulosa yang lebih pendek. Ukuran selulosa yang pendek ini

mengindikasikan PCA memiliki potensi untuk menghidrolisis selulosa. Sehingga PCA ini berpotensi digunakan untuk menggantikan PAA dalam kombinasi perlakuan dua tahap AHP-PAA untuk menghasilkan produk turunan selulosa lain seperti MCC. Selain berpotensi menghasilkan MCC dalam dua tahapan, penggunaan PCA relatif ramah lingkungan karena menggunakan asam sitrat hasil metabolisme sel dan juga hidrogen peroksida yang akan teroksidasi menjadi oksigen dan air.

Berdasarkan uraian sebelumnya, pengembangan teknologi proses produksi MCC dua tahap berbasis AHP-*peracid* dengan metode pemanasan yang berbeda dari ampas sagu perlu teliti. Keberhasilan produksi MCC dari ampas sagu yang menggunakan PCA untuk mengganti PAA pada sistem AHP-PAA perlu dikaji keberhasilannya. Tak hanya perbedaan *peracid* saja, metode pemanasan juga perlu diteliti lebih lanjut untuk merumuskan sebuah teknologi yang mampu proses produksi MCC dalam dua tahap. Kondisi produksi MCC yang optimum pada teknologi proses ini perlu dikaji untuk dapat dibakukan dalam peta proses operasi serta perubahan nilai tambah yang terjadi pada ampas sagu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan diteliti pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana potensi karakteristik ampas sagu dari industri pati sagu di kabupaten Kepulauan Meranti, provinsi Riau untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam memproduksi MCC?

2. Bagaimana cara pemanasan dan jenis peracid yang dapat dikombinasikan dengan praperlakuan AHP agar menjadi sebuah teknologi proses dua tahap berbasis delignifikasi oksidatif untuk memproduksi MCC dari ampas sagu?
3. Bagaimana kondisi baku yang optimum dalam pengembangan teknologi proses untuk menghasilkan MCC secara optimal dengan bahan baku ampas sagu?
4. Bagaimana karakteristik MCC dari ampas sagu menggunakan teknologi dua tahap sesuai dengan ?
5. Bagaimana perubahan nilai tambah dari ampas sagu apabila dimanfaatkan sebagai bahan baku MCC?

1.3 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini dapat disusun sebagai berikut:

H₀: Teknologi proses produksi dua tahap AHP-PCA tidak menghasilkan MCC dari ampas sagu dengan waktu produksi lebih singkat dan karakteristik yang sesuai standar MCC.

H₁: Teknologi proses produksi dua tahap AHP-PCA menghasilkan MCC dari ampas sagu dengan waktu produksi lebih singkat dan karakteristik yang sesuai standar MCC.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan-batasan untuk memfokuskan penelitian dalam pengembangan teknologi proses. Batasan penelitian ini adalah:

1. Sumber biomassa yang digunakan adalah biomassa industri pati sagu berupa limbah ampas sagu dari Industri pati sagu masyarakat yang ada di Kabupaten Kepulauan meranti, Provinsi Riau.
2. Penelitian ini hanya difokuskan pada tahapan *peracid* saja, sehingga tahapan AHP tidak menjadi fokus penelitian ini.
3. Larutan *peracid* yang terbatas pada *peracetic acids* (PAA) dan *percitric acids* (PCA) dengan batas metode pemanasan menggunakan autoklaf dan *waterbath stirrer*.
4. Pendekatan yang digunakan untuk mengetahui proses optimal MCC dari ampas sagu adalah metode *Response Surface Methodology* (RSM).
5. Karakteristik MCC pada mengacu kepada standar *Food and Agriculture Organization* (FAO) dan *United States Pharmacopeia* (USP) dengan spesifik karakteristik tambahan derajat polimerisasi (DP).

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi kesesuaian karakteristik ampas sagu untuk digunakan sebagai bahan baku MCC.
2. Mengembangkan tahapan *peracid* dan juga metode pemanasan yang cocok untuk menghasilkan MCC dari ampas sagu.
3. Menentukan kondisi optimal dalam teknologi proses tahapan *peracid* untuk memproduksi MCC dari ampas sagu.
4. Mengetahui kesesuaian MCC pada kondisi optimal dengan standar pangan FAO dan standar Farmakope (USP dan JP)