



**OPTIMASI PREPARASI MIKROKRISTALIN SELULOSA DARI  
SEKAM PADI MENGGUNAKAN  $H_2O_2$  DAN NaOCI UNTUK  
SINTESIS CMC (*CARBOXYMETHYL CELLULOSE*)**

Skripsi  
disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia

oleh  
**UNNES**  
Margiana Octaviana  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
4311412028

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2017**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 7 Desember 2016



Margiana Octaviana  
4311412028

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :

**Optimasi Preparasi Mikrokrystalin Selulosa dari Sekam Padi Menggunakan  $H_2O_2$  Dan NaOCl Untuk Sintesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)**

disusun oleh :

Margiana Octaviana

4311412028

Telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 7 Desember 2016.



Panitia Ujian Skripsi

Prof. Dr. Zaenuri, S. E, M. Si, Akt  
NIP. 196412231988031001

Sekretaris

Dr. Nanik Wijayati, M. Si.  
NIP. 196910231996032002

Ketua Penguji

Dr. Juktaeri, M. Si.  
NIP. 196210051993031002

Anggota Penguji  
Pembimbing I

Prof. Dr. Idris Cahyono, M. Si.  
NIP. 197111162005011001

Anggota Penguji  
Pembimbing II

Prof. Dr. Idris Cahyono, M. Si.  
NIP. 196412051990021001

## MOTTO

*“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”*  
(QS. 2:153)

*“Barangsiapa menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”*  
(H. R. Muslim dalam Shahih-Nya).

*“Bersyukur, berdzikir, dan sabar di dalamnya terkandung kebahagiaan dari pahala yang besar.”*  
(Laa Tahzan)

*“Jangan menganggap remeh diri sendiri, karena setiap orang memiliki potensi yang tak terhingga dan siapapun bisa jadi apapun.”*  
(Anonim)

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah Robbil ‘Alamiin akhirnya aku berhasil untuk menyelesaikan kewajibanku sebagai seorang mahasiswa, karyaku ini ku persembahkan untuk :*

**Allah S.W.T Yang Maha Pengasih dan Penyayang,  
Bapak dan Ibu tersayang,  
Abang dan adikku,  
Teman-teman Kimia Angkatan 2012,  
Best Friend’s “Gondes Genk”**

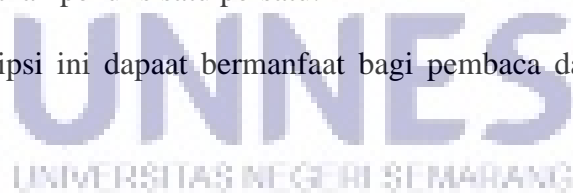
## PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Preparasi Mikrokristalin Selulosa dari Sekam Padi Menggunakan  $H_2O_2$  dan  $NaOCl$  Untuk Sintesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)”. Selama menyusun skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan pemikiran dan kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Harjono, S.Pd, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si selaku Pembimbing yang telah memberikan banyak ilmu, saran, arahan, dukungan dan bimbingan sepenuhnya dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Drs. Jumaeri, M.Si selaku Penguji yang telah memberikan kritikan dan masukan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si sebagai dosen wali yang telah memberikan motivasi, dan pengarahan yang sangat mendukung.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mugiyono dan Ibu Marikem atas segala do'a, kasih sayang, nasehat, dukungan dan segala perjuangannya yang diberikan kepada penulis.
9. Adikku tersayang, Danang Margiyanto atas do'a dan dukungan kepada penulis.
10. Bu Martin, Bu Dian, Bu Ida, Bu Yuan dan seluruh laboran serta teknisi laboratorium Kimia UNNES atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
11. Best Friend's (Novia, Dewi, Angga, Eldo, Slamet, Muslim dan Avinda) atas dukungannya.
12. Abang Hamdani Hidayat yang memberikan perhatian dan dukungan.
13. Sahabat seperjuangan Kimia 2012 atas motivasi dan kebersamaannya selama ini.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan penulis satu persatu.

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.



Semarang, 7 Desember 2016

Penulis

## ABSTRAK

Octaviana, Margiana. 2016. Optimasi Preparasi Mikrokrystalin Selulosa dari Sekam Padi Menggunakan  $H_2O_2$  dan NaOCl Untuk Sintesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Harjono, S.Pd, M.Si dan Pembimbing Pendamping Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

Kata kunci : Selulosa, *Bleaching Agent* ( $H_2O_2$  dan NaOCl), MCC.

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang keberadaannya melimpah dan pemanfaatannya belum maksimal. Kandungan selulosa sekam padi dimanfaatkan sebagai sumber selulosa dalam pembuatan mikrokrystalin selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi KOH, jenis dan variasi konsentrasi *bleaching agent* ( $H_2O_2$  dan NaOCl), dan konsentrasi HCl dalam pembuatan mikrokrystalin selulosa. Pada penelitian ini mikrokrystalin selulosa dibuat dari sekam padi jenis PB 5 melalui proses *delignifikasi* menggunakan larutan KOH (2,0; 3,0; 4,0%), dilakukan proses *bleaching* menggunakan variasi jenis dan konsentrasi *bleaching agent*  $H_2O_2$  (2,0; 2,5; 3,0%) dan NaOCl (3,0; 3,5; 4,0%) yang kemudian dilanjutkan untuk proses hidrolisis menggunakan HCl (2; 2,5; 3N). Berdasarkan hasil penelitian, kondisi optimum MCC diperoleh dari isolasi selulosa menggunakan konsentrasi KOH 2%, *bleaching agent* pada konsentrasi NaOCl 3,5% yang efektif menunjukkan kecerahan warna ( $L^*$ ) dengan nilai sebesar 78,672 dan konsentrasi HCl 2N dalam proses hidrolisis  $\alpha$ -selulosa. Berdasarkan persyaratan British Pharmacopoeia (2002) MCC dari sekam padi menunjukkan hasil yang sesuai yaitu berbentuk serbuk, berwarna putih, tidak berasa, dan tidak berbau. Uji identifikasi MCC menunjukkan hasil positif berwarna biru-violet, pH 6,11 dan tidak terbentuk warna biru pada uji pati. Hasil pengujian susut pengeringan dan kelarutan dalam air sebesar 3,7 mg (7,3%) dan 11,417% belum memenuhi syarat. Hasil FT-IR MCC sekam padi menunjukkan spektrum yang hampir mirip dengan Avicel PH 101, dibuktikan adanya serapan ikatan  $\beta$ -glikosidik yang merupakan karakteristik dari selulosa pada bilangan gelombang  $896,29\text{ cm}^{-1}$ . Spektrum hasil sintesis MCC terbukti pada gugus C=C aromatik dan peregangan gugus Si-O-Si ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1512,30\text{ cm}^{-1}$  dan  $466,26\text{ cm}^{-1}$  tampak hilang setelah adanya perlakuan pada tahap isolasi selulosa.

## ***ABSTRACT***

Octaviana, Margiana. 2016. Optimization of Preparation Microcrystalline Cellulose from Rice Husk Using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and NaOCl For Synthesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Undergraduate Thesis. Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Semarang State University. Primary Supervisor Harjono, S.Pd, M.Si and Supervising Companion Prof. Dr. Edy Cahyono, M.Si.

Keywords: Cellulose, Bleaching Agent (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and NaOCl), MCC.

Rice husk is an abundant agricultural waste whose existence and utilization is not maximized. Cellulose content of rice husk is used as a source of cellulose in the manufacture of microcrystalline cellulose. This study aims to determine the effect of variations in the concentration of KOH, types and variations in the concentration of bleaching agent (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and NaOCl), and the concentration of HCl in the manufacture of microcrystalline cellulose. In this study, microcrystalline cellulose made from rice husk types PB 5 through delignification process using a solution of KOH (2.0; 3.0; 4.0%), process is carried out *bleaching* using a variation of the type and concentration of bleaching agent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (2, 0; 2.5; 3.0%) and NaOCl (3.0; 3.5; 4.0%) which then proceed to the process of hydrolysis using HCl (2; 2.5; 3N). Based on the research results, the optimum conditions MCC derived from cellulose insulation using KOH concentration of 2%, bleaching agent at a concentration of 3.5% effective NaOCl shows the brightness (L\*) with a value of 78.672 and HCl 2N concentration in the process of hydrolysis  $\alpha$ -selulosa. Based on the requirements of the British Pharmacopoeia (2002) MCC from rice husk shows the corresponding results are in powder form, white, tasteless, and odorless. MCC identification test showed positive results in blue-violet, pH 6,11 and does not form a blue color on starch test. Results of testing the drying shrinkage and the water solubility of 3,7 mg (7,3%) and 11,417% is not eligible. The results of FT-IR spectrum MCC rice husk showed almost similar to Avicel PH 101, proved their uptake bond  $\beta$ -glycosidic that is characteristic of the cellulose in wave numbers 896.29 cm<sup>-1</sup>. MCC proven synthesis product spectrum in the group C = C aromatic and stretching groups Si-O-Si is shown in wave number 1512.30 cm<sup>-1</sup> and 466.26 cm<sup>-1</sup> looked lost after their treatment at the stage of cellulose insulation.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB</b>	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat .....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman Padi .....	6
2.2 Sekam Padi .....	7
2.3 Selulosa .....	9

2.4	Mikrokristalin Selulosa.....	13
2.5	Proses <i>Bleaching</i> .....	16
2.5.1	Zat Pemutih .....	17
2.5.1.1	Hidrogen Peroksida (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) .....	18
2.5.1.2	Natrium Hipoklorit (NaOCl) .....	20
2.5.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi proses <i>bleaching</i> .....	21
2.6	CMC ( <i>Carboxymethyl Cellulose</i> ) .....	22
2.7	Analisis Warna .....	24
2.8	Analisis Gugus Fungsi menggunakan Spektroskopi FT-IR .....	27
2.9	Penelitian-penelitian Terdahulu .....	29
3.	<b>METODE PENELITIAN</b>	
3.1	Lokasi Penelitian .....	31
3.2	Variabel Penelitian .....	31
3.3	Alat dan Bahan.....	32
3.4	Prosedur Kerja .....	33
4.	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Preparasi Sekam Padi .....	39
4.2	Hasil Optimasi Delignifikasi .....	40
4.3	Hasil Optimasi Bleaching .....	42
4.4	Hasil Optimasi Proses Pembuatan MCC .....	46
4.5	Analisis dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa.....	49
4.5.1	Pemeriksaan mikrokristalin selulosa .....	49
4.5.1.1	Identifikasi mikrokristalin selulosa .....	49

4.5.1.2 Kelarutan dalam air .....	50
4.5.1.3 Susut pengeringan .....	50
4.5.1.4 Uji pati .....	51
4.5.2 Penentuan Gugus Fungsi menggunakan FT-IR .....	51
4.6 Aplikasi Sintesis CMC ( <i>Carboxymethyl Cellulose</i> ) .....	55
4.6.1 Sintesis CMC .....	55
4.6.2 Analisis dan karakterisasi CMC .....	56
4.6.2.1 Derajat Etherifikasi (DE) .....	56
4.6.2.2 Penentuan Gugus Fungsi menggunakan FT-IR .....	57
5. SIMPULAN DAN SARAN .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN .....	65



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi kimia beberapa biomassa .....	8
2.2. Persyaratan mikrokristalin selulosa berdasarkan persyaratan British Pharmacopoeia dan Avicel PH 101 .....	16
2.3. Karakteristik rentang frekuensi untuk gugus fungsi senyawa organik .....	28
3.1. Rancangan penelitian optimasi delignifikasi, bleaching dan pembuatan mikrokristalin selulosa .....	36
4.1. Hasil optimasi pengurangan silika pada sekam padi.....	41
4.2. Hasil optimasi bleaching agent .....	43
4.3. Rendemen mikrokristalin selulosa dari sekam padi .....	47
4.4. Hasil pengamatan derajat putih.....	48
4.5. Hasil pemeriksaan mikrokristalin selulosa sekam padi .....	49
4.6. Hasil spektrum serbuk sekam padi, MCC sekam padi dan Avicel PH 101 .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Tanaman padi .....	6
2.2. Sekam padi .....	7
2.3. Struktur Selulosa .....	10
2.4. Depolimerisasi selulosa menjadi mikrokristalin selulosa .....	14
2.5. Mekanisme reaksi peruraian lignin oleh $H_2O_2$ .....	19
2.6. Struktur <i>Carboxymethyl Cellululose</i> (CMC) .....	23
2.7. Alat Colorimeter merk Apple Model No.A1025 .....	26
4.1. Diagram pengaruh konsentrasi KOH dalam pengurangan kandungan silika pada sekam padi .....	41
4.2. Diagram hubungan antara konsentrasi <i>bleaching agent</i> terhadap nilai indeks warna ( $L^*$ ) .....	44
4.3. Perbandingan spektrum FT-IR serbuk sekam padi, MCC sekam padi, dan Avicel PH 101 .....	52
4.4. Perbandingan spektrum FT-IR CMC sekam padi dan CMC komersial .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir penelitian.....	66
2. Analisis data.....	72
3. Gambar proses penelitian.....	74
4. Hasil karakterisasi menggunakan AAS dan FT-IR.....	78



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Padi merupakan tanaman yang termasuk dalam genus *Oryza sativa* L. ternyata banyak menghasilkan limbah pertanian pada saat panen yaitu jerami padi, sekam padi, dan dedak padi (Ismunadji, 1988). Limbah pertanian merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan dan dapat diperbaharui karena keberadaannya melimpah. Hasil limbah pertanian sekam padi masih jarang dimanfaatkan sehingga berakibat mencemari lingkungan apabila dibiarkan dan hanya dibakar begitu saja. Sekam padi merupakan bahan berlignoselulosa berasal dari limbah pertanian yang dapat diperbaharui serta keberadaannya melimpah dan ramah lingkungan. Sekam padi mengandung selulosa, lignin dan kandungan kimia yang lain baik organik maupun anorganik, dimana pada kandungan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber selulosa. Menurut Jalaluddin dan Rizal (2005), sekam padi mengandung selulosa lebih banyak dibandingkan dengan biomassa lain, yaitu selulosa sebanyak 58,85%, sedangkan untuk kandungan hemiselulosa 18,03 dan lignin 20,9 %. Selulosa terdapat lebih dari 50% dalam kayu, berwarna putih, mempunyai kulit tarik yang besar dan mempunyai rumus kimia (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>). Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan (Fessenden & Fessenden, 1982).

Berdasarkan kandungan selulosa yang dimilikinya, sekam padi mempunyai potensi sebagai sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan mikrokristalin selulosa dan dapat meningkatkan nilai tambah pada penggunaan limbah sekam padi untuk menghasilkan produk hasil akhir yang memiliki nilai jual tinggi serta diharapkan mampu mengurangi limbah pertanian.

Pembuatan mikrokristalin selulosa perlu dilakukan isolasi selulosa terlebih dahulu untuk memperoleh selulosa murni. Proses yang dilakukan meliputi, proses *delignifikasi*, *bleaching* dan hidrolisis untuk memperoleh mikrokristalin selulosa sesuai persyaratan. Proses *delignifikasi* bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat. Tahapan isolasi selulosa menggunakan *bleaching agent* untuk menghilangkan lignin maupun hemiselulosa yang masih tersisa pada serat karena warna kecoklatan pada serat berasal dari lignin maka dari itu perlu dilakukan proses *bleaching*. Proses *bleaching* biasanya digunakan bahan kimia  $H_2O_2$  dan  $NaOCl$  untuk menghilangkan komponen berwarna atau mengubahnya menjadi zat yang tidak berwarna (Fengel and Wegner, 1995).

Mikrokristalin selulosa adalah bahan tambahan penting di bidang farmasi, makanan, kosmetik, dan industri lainnya. Mikrokristalin selulosa sebagai *stabilizer* makanan terbentuk dari komponen alami yang digunakan dalam produk makanan yang dapat dihasilkan dengan mereaksikan selulosa di dalam larutan asam mineral yang mendidih selama waktu tertentu sampai batas derajat polimerisasi (level-off DP) tercapai (Ohwoavworhwa, *et al.*, 2009).



Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Luduena *et al.* (2011), pembuatan nanoselulosa dari sekam padi dengan perlakuan alkali dalam penghilangan kandungan silika. Bagian anorganik (silika) mulai terpengaruh dengan penggunaan KOH 3%, dalam proses tersebut juga terjadi penghapusan hemiselulosa, sedangkan lignin dan lilin masih tetap. Proses *bleaching* dan ekstraksi silika ditekankan menggunakan *bleaching agent* NaClO<sub>2</sub>. Perlakuan terakhir menggunakan NaOH yang menghasilkan penghapusan lengkap pada seluruh permukaan. Hasil akhir didapatkan selulosa bebas dari hemiselulosa, lignin, lilin, dan silika. Metode Sumada *et al.* (2011), kajian proses isolasi  $\alpha$ -selulosa dari limbah batang tanaman *manihot esculenta crantz* yang efisien. Proses *bleaching* pada penelitian tersebut menggunakan *bleaching agent* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan NaOCl untuk menghasilkan  $\alpha$ -selulosa. *Bleaching agent* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi 2% menghasilkan kadar  $\alpha$ -selulosa sebesar 90,41% karena penggunaan *bleaching agent* NaOCl pada konsentrasi tinggi akan menghasilkan asam dan memudahkan kelarutan  $\alpha$ -selulosa dan lignin sehingga didapatkan hasil yang lebih kecil dibandingkan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Penelitian yang dilakukan Edison *et al.* (2015), proses hidrolisis  $\alpha$ -selulosa dari ampas tebu menjadi mikrokristalin selulosa menggunakan konsentrasi HCl berkisar antara 1,5 sampai 3,5N. Hasil yang diperoleh pada penggunaan tingkat konsentrasi HCl menghasilkan produk mikrokristalin selulosa dengan karakteristik terbaik sesuai persyaratan standar ketetapan Ditjen POM (1979).

Penggunaan variasi konsentrasi KOH dan *bleaching agent* pada tahap isolasi selulosa diharapkan mampu menghasilkan selulosa bebas silika, lignin dan

hemiselulosa sehingga dapat digunakan untuk proses selanjutnya. Proses hidrolisis menggunakan variasi konsentrasi HCl diharapkan mampu menghasilkan mikrokristalin selulosa dengan kualitas terbaik. Aplikasi mikrokristalin selulosa pada kondisi optimum digunakan sebagai bahan awal untuk sintesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas mikrokristalin selulosa dari penggunaan variasi konsentrasi KOH, jenis dan variasi konsentrasi *bleaching agent* ( $H_2O_2$  dan NaOCl) sebagai parameter untuk isolasi selulosa sekam padi, dan konsentrasi HCl pada proses hidrolisis. Analisis dan karakterisasi hasil mikrokristalin selulosa dilakukan berdasarkan persyaratan British Pharmacopoeia (2002) dan Avicel PH 101 yang meliputi, susut pengeringan, pemeriksaan organoleptis, identifikasi mikrokristalin selulosa, kelarutan dalam air, uji pati, uji pH, uji derajat putih, dan penentuan gugus fungsi menggunakan FT-IR sebagai pembanding digunakan Avicel PH 101<sup>®</sup> (merk komersial mikrokristalin selulosa yang ada dipasaran).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi KOH pada terhadap kandungan silika pada sekam padi?
2. Berapa konsentrasi *bleaching agent* ( $H_2O_2$  dan NaOCl) yang optimum untuk menghasilkan kualitas  $\alpha$ -selulosa terbaik?

3. Berapa konsentrasi HCl yang optimum terhadap kualitas mikrokristalin selulosa?

### 1.3 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui penggunaan konsentrasi KOH yang digunakan dalam pengurangan kandungan silika pada sekam padi.
2. Mengetahui konsentrasi  $H_2O_2$  dan NaOCl pada kondisi optimum yang memberikan hasil  $\alpha$ -selulosa terbaik.
3. Mengetahui konsentrasi HCl pada kondisi optimum yang memberikan kualitas mikrokristalin selulosa terbaik.

### 1.4 Manfaat

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan :

1. Memberikan informasi tentang pemanfaatan limbah sekam padi sehingga menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis tinggi.
2. Memberikan informasi tentang penggunaan perlakuan kimia dalam pengurangan kandungan silika pada sekam padi.
3. Memberikan informasi tentang kondisi optimal dari konsentrasi  $H_2O_2$  dan NaOCl, serta penggunaan HCl dalam pembuatan mikrokristalin selulosa dari sekam padi.
4. Memberikan informasi kepada peneliti lain untuk lebih mengkaji pemanfaatan limbah sekam padi dalam pembuatan mikrokristalin selulosa.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanaman Padi

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, tanaman padi adalah tanaman yang banyak tumbuh di Indonesia terutama di daerah pedesaan. Sebagian besar masyarakat Indonesia menjadikan padi sebagai makanan pokok. Padi merupakan tanaman yang termasuk dalam genus *Oryza sativa L.* ditunjukkan pada Gambar 2.1 ternyata menghasilkan banyak limbah pertanian pada saat panen yaitu jerami padi, sekam padi, dan dedak padi. Pemanfaatan limbah padi di Indonesia sudah banyak dilakukan, terutama untuk bidang pertanian, seperti dedak padi, dan jerami padi yang hanya biasanya digunakan untuk makanan ternak, untuk alas kandang ayam, atau untuk media penanaman jamur (Ismunadji, 1988). Namun pada penggunaan hasil limbah pertanian, sekam padi masih jarang dimanfaatkan sehingga berakibat mencemari lingkungan apabila dibiarkan dan hanya dibakar begitu saja.



Gambar 2.1 Tanaman padi

## 2.2 Sekam Padi

Limbah pertanian merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan dan dapat diperbaharui karena keberadaannya melimpah. Salah satu contoh limbah pertanian yang dihasilkan yaitu sekam padi dan akan digunakan dalam penelitian ini. Menurut Harsono (2002), sekam padi adalah bagian terluar dari gabah yang merupakan hasil samping dalam proses penggilingan gabah seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Sekitar 20% dari bobot gabah adalah sekam padi, dan 15% dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar. Selama ini pemanfaatan sekam padi sangat terbatas, bahkan hanya menjadi limbah pertanian yang tidak diinginkan.



Gambar 2.2 Sekam padi

Sekam padi merupakan bahan berlignoselulosa seperti biomassa lainnya yang mengandung selulosa dan lignin dimana selulosa banyak dimanfaatkan untuk sumber selulosa, namun sekam padi mengandung silika yang tinggi yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Ismail dan Waliuddin, 1996). Komponen utama dari sekam padi adalah selulosa (25-35%), hemiselulosa (18-21%), silika (15-17%) (Leiva *et al.*, 2007; Stefani *et al.*, 2005).

Adapun perbandingan sekam padi dengan biomassa lain menurut Jalaluddin dan Rizal (2005), bahwa sekam padi mengandung selulosa lebih banyak dibandingkan dengan biomassa lain yaitu sebanyak 58,85%, sedangkan kandungan hemiselulosa sebanyak 18,03%, lignin 20,9% dan abu 0,6-1% dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Beberapa Biomassa

Biomassa Lignoselulosa	Selulosa (% berat)	Hemiselulosa (% berat)	Lignin (% berat)	Abu (% berat)
Sekam padi	58,852	18,03	20,9	0,6-1
Jerami gandum	29-37	26-32	16-12	4-9
Jerami padi	28-36	23-28	12-16	15-20
Tandan kosong kelapa sawit	36-42	25-27	15-17	0,7-6
Ampas tebu	32-44	27-32	19-24	1,5-5
Bambu	26-43	15-26	21-31	1,7-5
Rumput esparto	33-38	27-32	17-19	6-8
Kayu keras	40-45	7-14	26-34	1
Kayu lunak	38-49	19-20	23-30	1

Menurut Boorswa, sebagaimana dikutip oleh Lubis (1958), kualitas padi tergantung pada jenis/varietas, tempat tumbuh, pemupukan, umur panen, pengelolaan waktu panen, dan sebagainya juga sama kualitas sekam padi ditentukan dengan hal-hal tersebut. Sekam padi juga merupakan limbah pertanian yang dapat diperbaharui serta keberadaannya melimpah dan ramah lingkungan sehingga sekarang banyak yang memanfaatkannya untuk penelitian tetapi hanya memanfaatkan pada kandungan anorganik saja dan masih belum banyak yang memanfaatkan kandungan organik sekam padi untuk penelitian. Berdasarkan penjelasan diatas tentang kandungan kimia yang dimiliki sekam padi, bahwa sekam padi banyak mengandung selulosa dibandingkan selulosa yang dimiliki

biomassa lain. Sehingga selulosa dari sekam padi mempunyai potensi sebagai sumber selulosa yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan mikrokristalin selulosa sebagai bahan dasar sintesis CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) dalam penelitian ini.

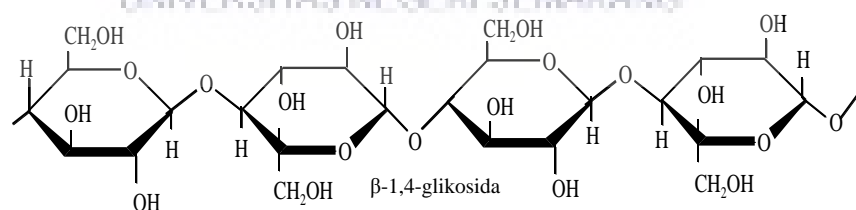
### 2.3 Selulosa

Serat pangan terdiri atas komponen serat yang larut, dan yang tidak larut. Contoh serat yang tidak larut air yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, sedangkan yang larut air yaitu pektin, gum, sebagian hemiselulosa, glukon dan mukilase. Selulosa adalah suatu polimer linier panjang  $(C_6H_{10}O_5)_n$  yang dibentuk oleh lebih 100 – 2000 molekul D-glukosa dengan ikatan 1,4- $\beta$ -glikosidik. Selulosa banyak terdapat pada dinding sel tumbuhan. Hemiselulosa adalah polimer bercabang beragam dari molekul heksosa, pentosa, dan asam uronat. Lignin, merupakan zat pengikat antara molekul-molekul selulosa. Serat larut air, seperti pektin adalah polimer yang terbentuk dari ramnosa dan asam galakturonat. Adapun gum, senyawa karboksimetil selulosa atau biasa disebut CMC adalah suatu polimer turunan selulosa yang disusun oleh molekul glukosa, galaktosa, manosa, arabinosa, ramnosa, dan asam uronat. Mukilase banyak terdapat pada biji-bijian dan akar, sedangkan glukon banyak terdapat pada serelia (Tejasari, 2005).

Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air dan ditemukan di dalam sel pelindung tanaman, terutama pada tangkai, batang, dahan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan (Lehninger, 1982; Zulharmita *et al.*, 2012). Senyawa ini termasuk suatu polisakarida yang tak larut dalam air dan

merupakan zat pembentuk kulit sel tanaman. Selulosa terdapat lebih dari 50% dalam kayu, berwarna putih, mempunyai kulit tarik yang besar. Selain terdapat dalam kayu, selulosa jugaterkandung dalam beberapa tanaman lain seperti pelepah pohon pisang dan sekam padi. Umumnya, masyarakat kurang memperdulikan pelepah pohon pisang terutama setelah pohonnya berbuah, demikian juga dengan sekam padi, padahal dalam kedua bahan tersebut terkandung selulosa dalam jumlah yang cukup besar (Fengel dan Wenger, 1995).

Selulosa tidak pernah ditemukan dalam keadaan murni di alam, tetapi selalu berasosiasi dengan polisakarida lain seperti lignin, pektin, hemiselulosa, dan xilan. Selulosa membentuk komponen serat dari dinding sel tumbuhan. Molekul selulosa merupakan rantai-rantai atau mikrofibril dan D-glukosa sampai sebanyak 14.000 satuan yang terdapat berkas-berkas terpuntir mirip tali yang terikat satu sama lain oleh ikatan hidrogen (Fessenden & Fessenden, 1982). Kebanyakan selulosa berasosiasi dengan lignin sehingga sering disebut sebagai lignoselulosa. Selulosa mempunyai rumus kimia ( $C_6H_{10}O_5$ ) dan berat molekul 162, setiap struktur selulosa mengandung 3 group alkohol hidroksil yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur selulosa

Berat molekul tergantung dari panjang rantai serat jenis bahannya dan panjang rantai ini dinyatakan dengan "derajat polimerisasi". Berdasarkan derajat



polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1.  $\alpha$  – selulosa (*Alpha cellulose*)

$\alpha$ – selulosa adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (Derajat Polimerisasi) 600–15000.  $\alpha$ -selulosa dipakai sebagai penduga dan atau tingkat kemurnian selulosa. Selulosa dengan derajat kemurnian  $\alpha > 92\%$  memenuhi syarat untuk bahan baku utama pembuatan propelan atau bahan peledak. Sedangkan selulosa kualitas dibawahnya digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas dan industri kain (serat rayon). Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.

2.  $\beta$  – selulosa (*Betha cellulose*)

$\beta$  – selulosa adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 15 – 90, dapat mengendap bila dinetralkan. Selulosa ini mudah larut dalam larutan NaOH yang mempunyai kadar 17,55 pada suhu 20°C dan akan mengendap apabila larutan tersebut berubah menjadi larutan yang berada pada suasana asam.

3.  $\gamma$  – selulosa (*Gamma cellulose*)

$\gamma$  – selulosa adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa. Selulosa ini mudah larut dalam larutan NaOH pada kadar 17,5% dengan suhu 20°C dan tidak akan terbentuk endapan setelah larutan tersebut dinetralkan (Nuringtyas, 2010).

Selulosa memiliki sifat-sifat, baik sifat fisika maupun kimia. Selulosa dengan rantai panjang mempunyai sifat fisik yang lebih kuat, lebih tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis. Sifat fisika dari selulosa yang penting adalah panjang, lebar dan tebal molekulnya. Sifat fisik lain dari selulosa yaitu :

1. Dapat terdegradasi oleh hidrolisa, oksidasi, fotokimia maupun secara mekanis sehingga berat molekulnya menurun.
2. Tidak larut dalam kebanyakan pelarut, tetapi dapat dilarutkan oleh beberapa asam pekat, seperti asam sulfat (72%), asam klorida (41%), dan asam trifluoroasetat (100%). Asam maupun enzim dapat menghidrolisis selulosa menjadi monosakarida.
3. Dalam keadaan kering, selulosa bersifat higroskopis, keras dan rapuh. Bila selulosa cukup banyak mengandung air maka akan bersifat lunak. Jadi fungsi air disini adalah sebagai pelunak.
4. Selulosa dalam kristal mempunyai kekuatan lebih baik jika dibandingkan dengan bentuk amorfnya (Fengel dan Wenger,1995).

Ditinjau dari strukturnya, selulosa diperkirakan mempunyai kelarutan yang besar dalam air, karena banyaknya kandungan hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air (antaraksi tertinggi antara pelarut-terlarut). Akan tetapi kenyataannya tidak demikian, selulosa bukan hanya tidak larut dalam air tetapi tidak larut juga dalam sebagian besar pelarut lainnya yang umum. Hal ini disebabkan oleh kekakuan rantai dan tingginya gaya antar-rantai akibat ikatan hidrogen antar gugus hidroksil pada rantai yang berdekatan dipandang menjadi

penyebab kekristalan yang tinggi dari serat selulosa. Jika ikatan hidrogen berkurang, gaya antaraksi pun berkurang, oleh karenanya gugus hidroksil selulosa harus diganti sebagian atau seluruhnya oleh pengesteran. Hal ini dapat dilakukan, dan ester yang dihasilkan larut dalam sejumlah pelarut (Cowd, 1991).

Selulosa yang terdapat di alam secara mekanis sangat stabil dan sangat tahan terhadap hidrolisis baik kimia maupun enzimatik. Ekstraksi menggunakan larutan basa dingin dapat menghilangkan hemiselulosa dan yang masih tersisa yaitu selulosa. Biasanya yang digunakan adalah larutan KOH 24% atau NaOH 17,5% untuk mengekstraksi seluruh hemiselulosa dan akan meninggalkan sisa yang dikenal sebagai  $\alpha$ -selulosa (Robinson, 1995).

## 2.4 Mikrokrystalin Selulosa

Molekul selulosa mikrokrystalin terdiri dari rantai sekitar 250 molekul glukosa. Mikrokrystalin selulosa adalah stabilizer makanan terbentuk dari komponen alami yang digunakan dalam produk makanan. Jumlah efektif dari komponen alami yang disediakan untuk produk makanan untuk menjaga stabilitas fisik selama masa simpannya (Galal *et al.*, 2010). Selulosa dapat larut segera dalam asam pekat, pelarutan dalam asam pekat mengakibatkan pemecahan rantai selulosa secara hidrolitik (Fengel and Wegner, 1995).

Mikrokrystal Selulosa merupakan selulosa yang mengalami proses hidrolisis sebagian dan umumnya memiliki diameter 1-100  $\mu\text{m}$  dengan persentase kristalin sebesar 55% - 85% (Brinchi, 2013). Mikrokrystalin selulosa dapat dihasilkan dengan mereaksikan selulosa di dalam larutan asam mineral yang mendidih

selama waktu tertentu sampai batas derajat polimerisasi (level-off DP) tercapai (Ohwoavworhua *et al.*, 2009). Proses tersebut bertujuan untuk menurunkan berat molekul, derajat polimerisasi, dan panjang rantai selulosa sehingga membentuk mikrokristalin (Halim, 1999; Gusrianto *et al.*, 2011). Produksi mikrokristal selulosa menggunakan cara hidrolisis asam dibawah kendali waktu dan suhu yang dapat menghilangkan bagian amorf selulosa hingga membentuk kristal selulosa (Siro dan Plackett, 2010).

Kristal selulosa merupakan blok kristal yang berdampingan dengan blok amorf secara acak disepanjang serat selulosa (Lee *et al.*, 2014). Menghilangkan blok amorf mempengaruhi struktur dan kristalinitas serat selain itu, stabilitas suhu dan morfologi permukaan serat akan terpengaruh oleh hilangnya bagian amorf (Deepa *et al.*, 2011). Pada dinding sel tanaman hidup, mikrokristal selulosa memainkan peran utama dalam struktur dinding sel serta memberikan kekuatan yang kokoh. Depolimerisasi selulosa menjadi mikrokristal selulosa melalui hidrolisis asam disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Depolimerisasi selulosa menjadi mikrokristal selulosa (Lee *et al.*, 2014).

Mikrokristalin selulosa adalah bahan tambahan penting di bidang farmasi, makanan, kosmetik, dan industri lainnya. Dalam bentuk serbuk, mikrokristalin

selulosa sering digunakan sebagai eksipien dalam pembuatan tablet terutama untuk tablet kompresi langsung. Pembuatan tablet dengan kompresi langsung semakin banyak dilakukan karena memiliki banyak keuntungan seperti, tidak menggunakan proses granulasi, memberikan ukuran partikel yang seragam, dan membuat tablet lebih stabil dalam waktu yang lama, serta menguntungkan dari segi ekonomi (Voigt, 1994; Ohwoavworhua *et al.*, 2009). Mikrokrystalin selulosa di pasaran dikenal dengan Avicel, banyak jenis Avicel misalnya Avicel PH 101 yang digunakan dalam penelitian ini. Avicel PH 101 merupakan nama dagang dari mikrokrystalin selulosa (MCC) yang memiliki sifat yang memuaskan dan baik untuk proses cetak langsung. MCC dapat menghasilkan tablet dengan kekerasan tinggi, tidak mudah rapuh serta mempunyai waktu hancur yang menguntungkan (Voight, 1994; Syofyan *et al.*, 2012). Berdasarkan parameter mikrokrystal selulosa diketahui produk komersial Avicel PH 101 dikatakan memiliki sifat fisik yang baik dalam sehingga dipilih dalam pembuatan sediaan tablet atau kapsul (Dewantara *et al.*, 2016). Persyaratan mikrokrystalin selulosa berdasarkan persyaratan British Pharmacopoeia (2002) dan Avicel PH 101 dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan mikrokristalin selulosa berdasarkan persyaratan (British Pharmacopoeia, 2002) dan Avicel PH 101

No.	Pemeriksaan	Persyaratan	Avicel PH 101
1.	Pemeriksaan organoleptis		
	a. Bentuk	Serbuk halus	Serbuk halus
	b. Warna	Putih	Putih
	c. Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
	d. Rasa	Tidak berasa	Tidak berasa
2.	Identifikasi menggunakan pereaksi seng klorida beriodium	(British Pharmacopoeia, 2002) Terbentuk warna biru-violet	Terbentuk warna biru-violet
3.	pH	5 – 7,5	6,64 ± 0,1908
4.	Kelarutan dalam air	Kelarutan tidak boleh melebihi 0,25%	0,103% ± 0,0116
5.	Susut pengeringan	≤ 6% (British Pharmacopoeia, 2002)	5,3% ± 0,2646
6.	Uji pati	Tidak terbentuk warna biru	Tidak terbentuk warna biru

(Anonim, 2002; Gusrianto *et al.*, 2011)

## 2.5 Proses *Bleaching*

Pemutihan (*bleaching*) merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin di dalam pulp atau serat sehingga diperoleh tingkat kecerahan warna yang tinggi dan stabil (Greschik, 2008; Wildan, 2010). Proses *delignifikasi* bertujuan untuk melarutkan kandungan lignin dalam kayu sehingga mempermudah pemisahan lignin dengan serat, proses ini dilakukan biasanya menggunakan bahan kimia NaOH, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Proses *bleaching* bertujuan untuk melarutkan sisa senyawa lignin yang dapat menyebabkan perubahan warna, dengan cara mendegradasi rantai lignin yang panjang oleh

bahan kimia pemutih menjadi rantai-rantai lignin yang pendek, maka lignin dapat larut pada saat pencucian dalam air atau alkali (Fengel and Wegner, 1995) biasanya digunakan *bleaching agent*  $H_2O_2$  dan  $NaOCl$ .

### 2.5.1 Zat Pemutih

Zat-zat pemutih menurut sifatnya dibagi menjadi dua yaitu, zat pemutih yang bersifat oksidator dan bersifat reduktor. Zat pemutih oksidator berfungsi untuk mendegradasi dan menghilangkan zat penyebab warna yaitu lignin. Pada umumnya digunakan untuk pemutihan serat-serat selulosa dan beberapa diantaranya dapat pula dipakai untuk serat-serat binatang dan sintesis. Contoh: Kaporit ( $CaOCl_2$ ), Natrium Hipoklorit ( $NaOCl$ ), Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ), Natrium Peroksida ( $Na_2O_2$ ), dan lain-lain. Sedangkan zat pemutih yang bersifat reduktor berfungsi mendegradasi lignin secara hidrolisa dan membantu pelarutan senyawa lignin terdegradasi yang dihasilkan pada proses pemutihan sebelumnya. Zat-zat pemutih yang bersifat reduktor hanya dapat dipakai untuk serat-serat protein (binatang). Contoh: Sulfur Dioksida ( $SO_2$ ), Natrium Bisulfit ( $NaHSO_3$ ), dan Natrium Hidrosulfit ( $Na_2S_2O_4$ )

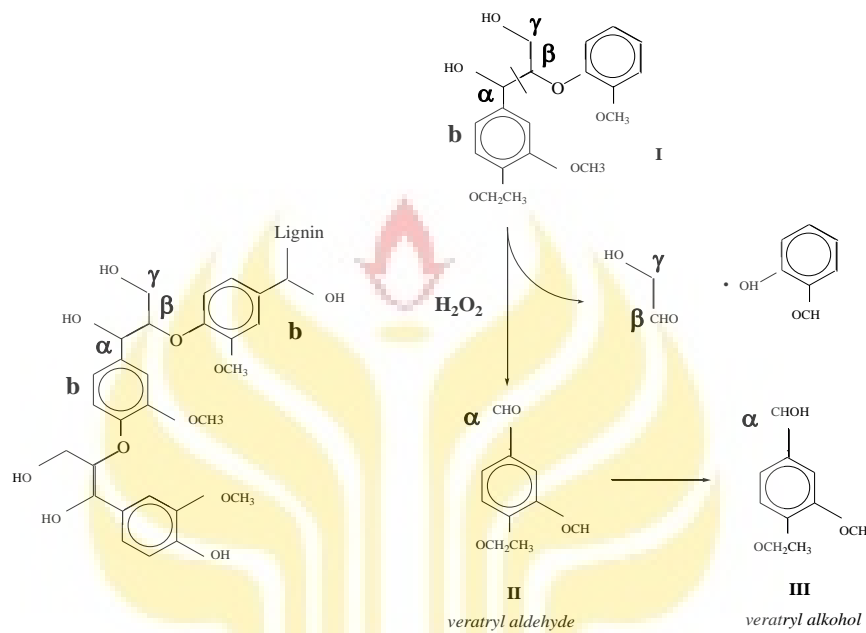
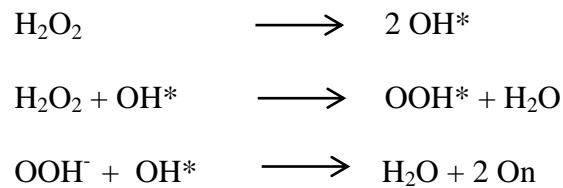
Proses pemutihan serat harus menggunakan bahan kimia yang reaktif untuk melarutkan kandungan lignin yang ada di dalam serat agar diperoleh derajat kecerahan yang tinggi (Tutus, 2004). Namun demikian, harus dijaga agar penggunaan bahan kimia tersebut tidak menyebabkan pencemaran lingkungan yang berbahaya (Batubara, 2006; Wildan, 2010).

### 2.5.1.1 Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ )

Hidrogen peroksida mempunyai kelebihan yaitu sifatnya yang lebih ramah lingkungan dibandingkan oksidator lain karena peruraiannya hanya menghasilkan air dan oksigen (Filho, 2002; Wildan, 2010). Di samping itu juga, hidrogen peroksida mempunyai beberapa kelebihan yaitu pulp yang diputihkan mempunyai ketahanan yang tinggi serta penurunan kekuatan serat sangat kecil. Pada kondisi asam, hidrogen peroksida sangat stabil, pada kondisi basa mudah terurai. Peruraian hidrogen peroksida juga dipercepat oleh naiknya suhu. Zat reaktif dalam sistem pemutihan dengan hidrogen peroksida dalam suasana basa adalah perhidroksil anion ( $HOO^-$ ) (Dence dan Reeve, 1996; Fuadi dan Hari, 2008). Hidrogen peroksida mempunyai suhu optimum yaitu 80-85°C, bila suhu pada proses kurang dari 80°C maka akan berjalan lambat dan apabila suhu lebih dari 85°C hasil proses tidak sempurna (Putera, 2012). Hidrogen peroksida digunakan dalam penelitian ini karena hidrogen peroksida mempunyai kemampuan melepaskan oksigen yang cukup kuat, tidak menghasilkan endapan, menghasilkan produk yang putih stabil.

$H_2O_2$  didalam air akan terurai menjadi  $H^+$  dan  $OOH^-$  dimana  $OOH^-$  berperan untuk mendegradasi lignin dan bersifat ramah lingkungan. Hal inilah yang membuat  $H_2O_2$  lebih unggul dibandingkan dengan *bleaching agent* yang lainnya seperti klorin menghasilkan limbah cair yang berbahaya, oksigen menghasilkan pulp dengan kekuatan yang buruk serta ozon yang harganya mahal dan menghasilkan gas yang tidak stabil (Salamah, 2009).





Gambar 2.5. Mekanisme reaksi peruraian lignin oleh  $\text{H}_2\text{O}_2$

Gambar 2.5. menunjukkan mekanisme reaksi peruraian lignin menggunakan *bleaching agent*  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dimana terjadi reaksi hidrogen peroksida mengoksidasi unit non-fenolik lignin melalui pelepasan satu elektron dan membentuk radikal kation yang kemudian terurai secara kimiawi. Unit non-fenolik merupakan penyusun sekitar 90% struktur lignin. Hidrogen peroksida dapat memutus ikatan  $\text{C}\alpha$ - $\text{C}\beta$  molekul lignin dan mampu membuka cincin lignin dan reaksi lain. Hidrogen peroksida mengkatalis suatu oksidasi senyawa aromatik non-fenolik lignin membentuk radikal kation aril. Hidrogen mengkatalis oksidasi senyawa lignin non-fenolik dengan perubahan veratryl alkohol menjadi veratryl aldehyde. Peroksida merupakan oksidan yang kuat juga mempunyai kemampuan

mengoksidasi senyawa fenolik, amina, eter aromatik dan senyawa aromatik polisiklik. Oksidasi substruktur lignin yang dikatalisatori oleh  $H_2O_2$  dimulai dengan pemisahan satu elektron cincin aromatik substrat donor dan menghasilkan radikal kation aril, yang kemudian mengalami berbagai reaksi *post-enzymatic* (Jayanudin, 2009).

Reaksi pemutihan dengan hidrogen peroksida akan lebih efektif dalam suasana basa antara pH 8-12. Semakin basa larutan maka jumlah gugus anion ( $OOH^-$ ) yang terbentuk tiap waktu semakin banyak, sehingga reaksi yang terjadi antara gugus anion ( $OOH^-$ ) dengan gugus kromofom pada lignin semakin cepat (Syahronie, 2011).

#### 2.5.1.2 Natrium Hipoklorit ( $NaOCl$ )

Saat ini bahan pemutih yang banyak digunakan dalam pemutihan pulp adalah senyawa yang mengandung khlor. Bahan yang mengandung khlor ini merupakan bahan yang tidak ramah lingkungan. Oksidasi bahan organik oleh senyawa ini sapat menghasilkan senyawa yang berbahaya seperti khloroform dan khloronitrometan. Khloroform telah dipastikan sebagai zat karsinogenik serta sangat beracun (Fuadi dan Hari, 2008). Pada pemutihan menggunakan klorin, proses oksidasinya selalu melibatkan atom Cl. Jika sebuah oksidator melepaskan elektron, maka akan terjadi proses oksidasi dan merubah struktur kimia dari molekul tersebut, sehingga warnanya pun ikut berubah. Penggunaan senyawa klorin sebagai pemutih memungkinkan terjadinya produk samping yang berbahaya bagi lingkungan, seperti terbentuknya senyawa dioksin dan dapat mencemari lingkungan apabila dibuang begitu saja (Retnowati, 2008).

### 2.5.2 Faktor yang mempengaruhi proses *bleaching*

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses *bleaching* antara lain:

#### 1. Konsentrasi

Reaksi dapat ditingkatkan dengan memperbesar konsentrasi bahan pemutih. Penggunaan bahan kimia pemutih yang berlebih tidak akan meningkatkan derajat kecerahan karena derajat kecerahan yang dicapai telah maksimal. Konsentrasi hidrogen peroksida yang dipakai untuk proses pemutihan antara 1% hingga 10% b/v (Tutus, 2004; Onggo, 2004; Van Daam, 2002).

#### 2. Waktu Reaksi

Pada umumnya, perlakuan bahan kimia pemutih terhadap serat akan menjadi lebih reaktif dengan memperpanjang waktu reaksi. Namun, waktu reaksi yang terlalu lama akan merusak rantai selulosa dan hemiselulosa pada serat tersebut (Onggo, 2004).

#### 3. Suhu

Peningkatan suhu dapat menyebabkan peningkatan kecepatan reaksi pada reaksi pemutihan. Pemilihan suhu ditentukan pada penggunaan bahan kimia pemutih. Suhu pemutihan biasanya diatur berkisar antara 40-100 °C (Van Daam, 2002).

#### 4. pH

Nilai pH bergantung pada jenis penggunaan bahan pemutih (*bleaching agent*). Proses pemutihan dengan hidrogen peroksida diperlukan suasana basa antara pH 8 hingga 12 (Tutus, 2004).

## 5. Rasio bahan dan zat *bleaching*

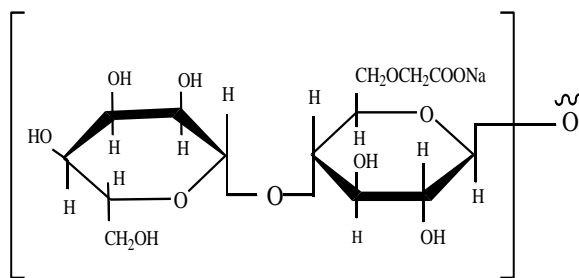
Perbandingan bahan yang akan diputih dengan bahan pemutih akan mempengaruhi hasil yang didapat. Semakin kecil perbandingan rasio bahan yang akan diputih dengan bahan pemutih dapat meningkatkan reaksi pemutihan. Tetapi dengan rasio yang semakin kecil akan mengurangi efisiensi penggunaan zat pemutih. Pada proses *bleaching* umumnya dipakai rasio bahan dengan zat *bleaching* antara 8:1 hingga 20:1 (Van Daam, 2002).

Kelima faktor tersebut berpengaruh terhadap kualitas produk serat yang dihasilkan.

## 2.6 CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)

Modifikasi kimia selulosa dapat menghasilkan produk baru dengan karakteristik yang berbeda berupa turunan selulosa. Hanya 4-5% selulosa kayu yang digunakan untuk pembuatan turunan selulosa. Salah satu turunan selulosa yang penting adalah CMC (Sjostrom, 1998; Muzaifa, 2006).

Struktur CMC merupakan rantai polimer yang terdiri dari unit molekul selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.6. Setiap unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan beberapa atom hidrogen dari gugus hidroksil tersebut disubstitusi oleh karboksimetil.



Gambar 2.6 Struktur karboksimetil selulosa (CMC)  
(Eliza *et al.*, 2015)

Faktor utama yang perlu diperhatikan dalam pembuatan CMC adalah pada reaksi alkalisasi dan karboksimetilasi karena menentukan karakteristik CMC yang dihasilkan (Setiawan dan Musyanti, 1990; Wijayani *et al.*, 2005). Pada sintesis CMC terdapat dua reaksi yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi.

Dimana reaksi alkalisasi dilakukan sebelum karboksimetilasi menggunakan NaOH, dan setelah itu dilanjutkan dengan proses karboksimetilasi yang merupakan langkah untuk melihat jumlah natrium monokloroasetat (NaMCA) yang akan berpengaruh terhadap substitusi unit anhidroglukosa pada selulosa (Kusumawardani dan Agustin, 2015). Pada proses karboksimetilasi menggunakan reagen natrium monokloroasetat dan reagen ini biasanya digunakan dalam praktek. Proses karboksimetilasi ini sebenarnya adalah proses *eterifikasi*. Pada tahap ini merupakan proses pelekatan gugus karboksilat pada struktur selulosa (Kentjana, 1998; Wijayani *et al.*, 2005).

Mekanisme reaksi pembuatan CMC sebagai berikut :

Tahapan Alkalisasi :



Tahapan Karboksimetil :



Hasil samping yang dihasilkan pada pembuatan CMC yaitu natrium glikolat dan NaCl. CMC berbentuk serbuk berwarna putih, tidak berbau, larutan CMC 1% memiliki pH 7-8,5, titik flash >150°C, spesifik density 0,6- 0,9 (Wolfgang, 2012 dalam Sriyana, 2015). Menurut Wijayani *et al.* (2005), karboksimetil selulosa banyak digunakan pada berbagai industri seperti industri detergen, cat, keramik, tekstil, kertas dan makanan. Fungsi CMC disini adalah sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi dan bahan pengikat.

## 2.7 Analisis Warna

Aspek dan warna makanan adalah parameter kualitas yang pertama dievaluasi oleh konsumen dan sangat penting dalam penerimaan produk. Penentuan warna dapat dilakukan oleh visual manusia atau menggunakan alat ukur warna. Meskipun inspeksi manusia cukup kuat dalam penentuan warna, dalam studi analisis warna sangat sensitif dari pengamat. Oleh karena itu, dalam menganalisis warna, model warna yang digunakan adalah warna standar, dan pengamat warna membutuhkan banyak pelatihan khusus (Leon *et al.*, 2006). Tiga model warna yang digunakan untuk mendefinisikan model warna yaitu model RGB (merah, hijau, dan biru), model CMYK (cyan, magenta, kuning, hitam), dan model L\* a\* b\* (Yam dan Papadakis, 2004).

Model L\* a\* b\* atau CIE Lab adalah Standar Internasional dalam pengukuran warna yang dikembangkan oleh Komisi International d'Eclairage

(CIE) pada tahun 1976. Model warna  $L^* a^* b^*$  terdiri dari 3 komponen yaitu  $L^*$  sebagai *luminance* (pencahayaan) yang dimulai dari angka 0 sampai 100. Komponen  $a^*$  menunjukkan dimensi warna dari hijau hingga merah dan komponen  $b^*$  menunjukkan dimensi warna dari biru ke kuning, dimana masing-masing dimulai dari -120 hingga +120 (Yam dan Papadakis, 2004). Parameter  $L^* a^* b^*$  adalah prinsip pembiasan warna kromatis dari suatu bahan berdasarkan tingkat kecerahan bahan yaitu  $L^*$  menunjukkan kecerahan,  $a^*$  menunjukkan tingkat kehijauan dan kemerahan suatu bahan dimana semakin tinggi nilai  $a^*$  (+) maka semakin merah, begitu sebaliknya semakin tinggi nilai  $a^*$  (-) maka semakin hijau dan  $b^*$  menunjukkan ukuran tingkat kekuningan dan kebiruan suatu bahan. Dimana semakin tinggi  $b^*$  (+), maka semakin kuning begitu sebaliknya semakin tinggi  $b^*$  (-), maka semakin biru. Semakin tinggi nilai  $L$ , maka semakin tinggi tingkat kecerahan warnanya (Putra, 2012).

Total perubahan nilai  $L$ ,  $a$ ,  $b$  ( $\Delta E$ ) merupakan parameter yang digunakan untuk menilai sejauh mana perubahan nilai  $L$ ,  $a$ ,  $b$  yang dihasilkan. Dimana semakin besar nilai  $\Delta E$  maka semakin besar pula perubahan nilai pada  $L$ ,  $a$ ,  $b$  dan hal ini mengindikasikan bahwa terjadi perubahan warna pada objek.

Nilai  $\Delta E$  dapat diketahui dari persamaan :

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

dimana :  $\Delta E$  = perubahan nilai  $L$ ,  $a$ ,  $b$  dalam waktu tertentu

$\Delta L$  = perubahan nilai  $L$  dalam waktu tertentu

$\Delta a$  = perubahan nilai  $a^*$  dalam waktu tertentu

$\Delta b$  = perubahan nilai  $b^*$  dalam waktu tertentu

Nilai  $\Delta L, \Delta a, \Delta b$  dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta L = L^*_0 - L^*$$

dimana :  $L^*_0$  = nilai  $L^*$  untuk sampel pada kondisi awal

$L^*$  = nilai  $L^*$  untuk sampel pada waktu tertentu

$$\Delta a = a^*_0 - a^*$$

dimana :  $a^*_0$  = nilai  $a^*$  untuk sampel pada kondisi awal

$a^*$  = nilai  $a^*$  untuk sampel pada waktu tertentu

$$\Delta b = b^*_0 - b^*$$

dimana :  $b^*_0$  = nilai  $b^*$  untuk sampel pada kondisi awal

$b^*$  = nilai  $b^*$  untuk sampel pada waktu tertentu

Dalam penelitian ini menggunakan alat *Colorimeter* merk Apple Model No. A1025 yang terdapat pada Laboratorium UPT Universitas Diponegoro, Semarang. Alat ini seperti mikroskop yang dihubungkan dengan sensor warna seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Alat *Colorimeter* merk Apple Model No.A1025



Prinsip kerja alat *Colorimeter* berdasarkan pada parameter  $L^* a^* b^*$ , dengan cara kerja sampel yang akan diuji dikenakan pada sensor berbentuk mirip mikroskop dan hasil dapat dibaca pada monitor menggunakan aplikasi *Digital Color Meter*.  $L^* a^* b^*$  merupakan perangkat independen yang memberikan warna yang konsisten terlepas dari makanan atau output seperti perangkat kamera digital, scanner, monitor, dan printer. Model warna  $L^* a^* b^*$  sering digunakan studi penelitian dalam makanan (Yam dan Papadakis, 2004).

## 2.8 Analisis Gugus Fungsi menggunakan FT-IR

Spektroskopi adalah studi mengenai antaraksi antara energi cahaya dan materi. Panjang gelombang pada suatu senyawa organik menyerap energi cahaya, bergantung pada struktur senyawa tersebut. Panjang gelombang yang sedikit lebih pendek daripada panjang gelombang cahaya nampak, jatuh dalam daerah ultraviolet, sedangkan yang sedikit lebih panjang termasuk dalam daerah inframerah. Instrumen yang digunakan untuk mengukur resapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang disebut spektrofotometer inframerah (Fessenden & Fessenden, 1982). Beberapa karakteristik rentang frekuensi untuk menentukan gugus fungsi yang terkandung di dalam senyawa organik dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik rentang frekuensi untuk gugus fungsi senyawa organik

Ikatan	Gugus Fungsi	Rentang (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
C – H	Alkana	2850 – 2970	Kuat
		1340 – 1470	Kuat
C – H	Alkena	3010 – 3095	Sedang
		675 – 995	Kuat
C – H	Alkuna (– C ≡ C – H)	3300	Kuat
C – H	Cincin aromatik	3010 – 3100	Sedang
		690 – 900	Kuat
O – H	Monomer alkohol, fenol Ikatan alkohol-hidrogen, fenol	3590 – 3650	<i>Variable</i>
		3200 – 3600	<i>Variable</i>
O – H	Monomer asam karboksilat Ikatan asam karboksilat- hidrogen	3500 – 3650	Sedang
		2500 – 2700	<i>Broad</i>
N – H	Amina, amida	3300 – 3500	Sedang
C = C	Alkena	1610 – 1680	<i>Variable</i>
C = C	Cincin aromatik	1500 – 1600	<i>Variable</i>
C ≡ C	Alkuna	2100 – 2260	<i>Variable</i>
C – N	Amina, amida	1180 – 1360	Kuat
C ≡ N	Nitril	2210 – 2280	Kuat
C – O	Alkohol, eter, asam karboksilat, ester	1050 – 1300	Kuat
C = O	Aldehid, keton, asam karboksilat, ester	1690 – 1760	Kuat
NO <sub>2</sub>	Senyawa nitro	1500 – 1560	Kuat
		1300 – 1370	Kuat

Sumber : Skoog *et al.*, 2007.

Karakteristik penentuan gugus fungsi pada mikrokristalin selulosa dan CMC pada penelitian ini menggunakan spektrofotometer FT-IR. Transmisi diukur pada kisaran bilangan gelombang 4000-400 cm<sup>-1</sup>.

## 2.9 Penelitian-penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait isolasi selulosa dan penggunaan *bleaching agent* dalam pembuatan mikrokristalin selulosa telah dilakukan. Adapun

penelitian terdahulu yang dilakukan Luduena *et al.* (2011), pembuatan nanoselulosa dari sekam padi dengan perlakuan alkali dalam penghilangan kandungan silika. Bagian anorganik (silika) mulai terpengaruh dengan penggunaan KOH 3%, dalam proses tersebut juga terjadi penghapusan hemiselulosa, sedangkan lignin dan lilin masih tetap. Di dalam jurnal tersebut juga dijelaskan bahwa dalam hal ini Daifullah *et al.* (2004) telah mengusulkan metode sederhana yang berasal dari perlakuan kimia untuk memisahkan komponen anorganik pada sekam padi tanpa melalui perlakuan kalsinasi. Pada proses *bleaching* dan ekstraksi silika ditekankan menggunakan NaClO<sub>2</sub>. Perlakuan terakhir menggunakan NaOH yang menghasilkan penghapusan lengkap pada seluruh permukaan. Hasil akhir didapatkan selulosa bebas dari hemiselulosa, lignin, lilin, dan silika.

Hasil penelitian Sumada *et al.* (2011), tentang kajian proses isolasi  $\alpha$ -selulosa dari limbah batang tanaman *manihot esculenta crantz* yang efisien, pada proses *bleaching* digunakan *bleaching agent* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan NaOCl untuk menghasilkan  $\alpha$ -selulosa. *Bleaching agent* H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi 2% menghasilkan kadar  $\alpha$ -selulosa sebesar 90,41% karena penggunaan *bleaching agent* NaOCl pada konsentrasi tinggi akan menghasilkan asam dan memudahkan kelarutan  $\alpha$ -selulosa dan lignin sehingga didapatkan hasil yang lebih kecil dibandingkan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Gusrianto *et al.* (2011) menghasilkan mikrokristalin selulosa yang secara keseluruhan memenuhi persyaratan farmakope dan karakteristiknya tidak berbeda nyata dengan Vivacel PH 102<sup>®</sup>. Dalam proses

isolasi  $\alpha$ -selulosa menggunakan bahan pemutih dengan mencampurkan  $\alpha$ -selulosa ke dalam 2 L campuran air dan natrium hipoklorit 3,5% w/v (1:1), pada suhu 100<sup>0</sup>C sedangkan pada saat pembuatan mikrokristalin selulosa untuk proses hidrolisis menggunakan HCl 2,5 N (1,2 L), diperoleh mikrokristalin selulosa berbentuk serbuk halus berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa, dengan pH 5,08. Rendemen mikrokristalin selulosa yang diperoleh dari serbuk kayu penggergajian sebanyak 82% dari 50 g  $\alpha$ -selulosa atau 33% dari 300 g serbuk gergaji kayu. Penelitian Edison *et al.* (2015), proses hidrolisis  $\alpha$ -selulosa dari ampas tebu menjadi mikrokristalin selulosa menggunakan konsentrasi HCl berkisar antara 1,5 sampai 3,5 N. Hasil yang diperoleh pada penggunaan tingkat konsentrasi HCl menghasilkan produk mikrokristalin selulosa dengan karakteristik terbaik sesuai persyaratan standar ketetapan Ditjen POM (1979). Penggunaan konsentrasi 2,5 N menghasilkan rendemen sebesar 90,42%, derajat keputihan sebesar 89,24%, susut pengeringan sebesar 4,87%, nilai pH sebesar 6,78 dan larut air sebesar 0,09%.

Sintesis CMC penelitian yang dilakukan Adinugraha *et al.* (2005) hasil CMC yang didapatkan menggunakan konsentrasi NaOH 15%, jumlah NaMCA yang digunakan sebanyak 3 gram dengan temperatur yang digunakan 55<sup>0</sup>C waktu reaksi selama 3 jam memperoleh harga DE sebesar 0,75 sehingga hasil terbaik yang diperoleh.

## BAB 5

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

1. Konsentrasi KOH 2% mampu mengurangi kandungan silika sekam padi sebesar 6,566 % lebih efektif dibandingkan pada konsentrasi tinggi.
2. Jenis *bleaching agent* yang efektif digunakan dalam proses *bleaching* yaitu NaOCl 3,5% dengan indeks warna ( $L^*$ ) sebesar 85,332 menghasilkan rendemen sebanyak 59,6% dari 23 gram  $\alpha$ -selulosa yang dihasilkan.
3. Mikrokrystalin selulosa yang dihasilkan dari hasil penggunaan HCl 2N sesuai dengan persyaratan British Pharmacopeia (2000) dan Avicel PH 101 yaitu berbentuk serbuk halus, berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa, tetapi uji susut pengeringan dan kelarutan dalam air belum memenuhi persyaratan.
4. Hasil spektrum MCC sekam padi yang dihasilkan hampir mirip dengan Avicel PH 101 ditandai dengan spektrum khas dari senyawa selulosa, yaitu adanya puncak pada bilangan gelombang  $896,29\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan karakteristik dari penyerapan  $\beta$ -glikosidik yang menghubungkan antara unit glukosa pada selulosa.

## B. Saran

Penelitian selanjutnya perlu diperhatikan pada proses pengeringan dan proses penetralan terhadap produk MCC harus maksimal. Perlu dilakukan adanya penelitian lanjut untuk suhu dan waktu pada penggunaan *bleaching agent* yang digunakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, M. P., Djagal, W., Marseno, dan Haryadi. 2005. Synthesis and Characterization of Sodium Carboxymethylcellulose from Cavendish Banana Pseudo Stem (*Musa Cavendishii Lambert*). *Journal Carbohydrate Polymers*, 62:164-169.
- Alemdar, A. dan Sain M. 2008. Isolation and Characterization of Nanofibers from Agricultural Residues - Wheat Straw and Soy Hulls. *Bioresource Technology*, 99, hal. 1664-1671.
- Ammara, S., Aslam F., dan A. Amber. 2014. Processing of Rice and Wheat Husk for the Potential Utilization of the Material for Pottery Products. *International Research Journal of Environment Sciences*. Vol. 3(7), 7-14.
- Anonim. 2002. *British Pharmacopoeia Volume I*. London: The Stationery Office.
- ASTM. 1994. Standar Test Methods (TTM), *Standards Methods for Pulp and Paper*. Atlanta: Technical Association of Pulp and Paper Ind. TAPPI Press.
- Brinchi, L. 2013. Production of Nanocrystalline Cellulose from Lignocellulosic Biomass. *Journal Carbohydrate Polimer*. 94, 154-159.
- Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Daifullah, A. A. M., Awwad N. S., dan Reffy S. A. 2004. Purification of Wet Phosphoric Acid from Ferric Ions Using Modified Rice Husk. *Chem. Eng. Process*. 43, 193-201.
- Deepa, B., Abraham E., Cherian B. M., Bismarck A., Blaker, J. J., dan Pothan L. A. 2011. Structure, Morphology and Thermal Characteristics of Banana Nano Fibers Obtained by Steam Explosion. *Journal Bioresource Technology*, 102, 1988–1997.
- Edison, D., Neswati dan Ira D. R. 2015. Pengaruh Konsentrasi HCl Dalam Proses Hidrolisis  $\alpha$ -Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum, L.*) Terhadap Karakteristik Mikrokristalin. *Journal Agriculture of Technology*.
- Eliza, M. Y, M. Shahrudin, J. Noormaziah dan W. D. Wan Rosli. 2015. Carboxymethyl Cellulose (CMC) from Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) in the new solvent Dimethyl Sulfoxide (DMSO) / Tetrabutylammonium Fluoride (TBAF). *Journal of Physics*.

- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1982. *Kimia Organik Jilid 2 Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.
- Filho, C., dan Ulrich, H. 2002. *Hydrogen Peroxide in Chemical Pulp Bleaching*. Iberoamerican Congress on Pulp and Paper Research : Brasil.
- Fengel, D dan Wenger, G. 1995. *KAYU : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi- reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fuadi, A. dan Hari S. 2008. Pemutihan Pulp Dengan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Teknik*. Vol.12 (123-128).
- Galal, A. M. Nawar, Fatma A. M. Hassn, Ali K. E., Jihan M. K.dan Sahar H. S. Mohamed. 2010. Utilization of Microcrystalline Cellulose Prepared from Rice Straw in Manufacture of Yoghurt. *Journal of American Science* 6 (10).
- Ginanjari, R. R., A. Ma'ruf, dan Abdul H. M. 2014. Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Menggunakan Pelarut NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Hasil - Hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP*.
- Gusrianto, P., Zulharmita, dan Harrizul R. 2011. Preparasi dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Penggergajian. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. Vol. 16, No.2, hal.: 180-188.
- Halim, A., Elfi S. B., Ermi S. 2000. Pembuatan Mikrokristalin Selulosa dari Jerami Padi (*Oryza sativa* Linn) dengan Variasi Waktu Hidrolisa. *Jurnal Teknologi Farmasi*. Vol. 7. No. 2, 80-87. Universitas Andalas Padang.
- Harsono, D. Ir. 2000. *Pengembangan Peralatan Proses Pembuatan Art Paper dari Limbah Pertanian*. Semarang.
- Hutomo, S. H., Djagal W. M., Anggrahini, dan Supriyanto. 2012. Identification and Characterization of Cellulose from *Pod Husk Cacao (Theobroma cacao L.)*. *Journal Agritechnology*, pp.145-155. SEMARANG
- Ismail, M. S. dan Waliuddin, A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. 10 (1): 521 – 526.
- Ismunadji, M. 1988. "Padi", Buku I, Edisi I. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Jalaluddin dan Samsul R. 2005. Pembuatan Pulp dari Jerami Padi Dengan Menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. Vol. 6, No. 5, hal. 53-56.



- Jayanudin. 2009. Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 3, No. 1, hal.10-14.
- Kusumawardani, I. dan W. Agustin. 2015. Pretreatment Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi Kedua. Universitas Brawijaya. Malang. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 3 No. 4, hal.1430-1437.
- Lee, H. V., Hamid S. B. A., dan Zain S. K. 2014. Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose: Structure and Chemical Process. *The Scientific World Journal*.
- Leiva, P., Ciannamea E. M., Ruseckaite R. A., dan Stefani P. M. 2007. Medium-Density Particleboards from Rice Husks and Soybean Protein Concentrate. *J. Appl. Polym. Sci.* 106, 1301-1306.
- Lenhninger, L. A., 1982. *Dasar-dasar Biokimia Jilid I*. Penerjemah M. Thenawidjaja. Jakarta : Erlangga.
- Leon, K., Merry, D., dan Pedreschi, F. 2006. Colour Measurement in  $L^* a^* b^*$  Units from RGB Digital Images. Universidad de Santiago de Chile (USACH). *Food Research International*, vol. 39, hal.1084–1091.
- Lubis, D.A. 1958. *Kepentingan Dedak Padi dalam Ransum Makanan Ternak di Indonesia*. Disertasi. Universitas Indonesia : Bandung.
- Ludueno, L., Diana F., V. A. Alvarez, dan Pablo M.S. 2011. Nanocellulose from Rice Husk Following Alkaline Treatment To Remove Silica. *Journal BioResources*. Vol. 6(2), 1440-1453.
- Muzaifa, M. 2006. Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulose) dari Selulosa Bakterial (*Nata de Coco*). *Journal Agrista*, vol. 10, No. 2.
- Nuringtyas, Tri R. 2010. *Karbohidrat*. Gajah Mada University Peess, Yogyakarta.
- Ohwoavworhua, F.O., Adelakun, T.A., dan Okhamafe, A.O. 2009. Processing Pharmaceutical Grade Microcrystalline Cellulose from *Groundnut Husk*: Extraction Methods And Characterization. *International Journal of Green Pharmacy*, 97-104.
- Onggo, H. dan Astuti, J. T. 2004. *Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida terhadap Rendemen dan Warna Pulp dari Serat Daun Nanas*. Pusat Penelitian Fisika-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) : Bandung.

- Dewantara, P. I. G. N. A., I. G. N. Jemmy A. P., G. A. Aparigraha. 2016. Karakteristik MCC jerami padi beras merah dengan metode delignifikasi NaOH 5%. *Jurnal Farmasi Udayana*. Vol.5, No.1 , hal. 20-23.
- Putra, G. H. 2012. Pembuatan Beras Analog Berbasis Tepung Pisang Goroho (*Musa Acuminata*) Dengan Bahan Pengikat *Carboxymethyl Cellulose* (CMC). *Jurnal Agritech*. hal.1-9.
- Putera, R. D. H. 2012. *Ekstraksi Serat Selulosa Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dengan Variasi Pelarut*. Skripsi. Fakultas Teknik Prodi Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Raharja, C. 2007. *Proses Pemutihan Pulp (Bubur Kertas) dengan Teknik Ozonasi*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- Retnowati, D. Susetyo. 2008. Pemutihan Enceng Gondok menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan Katalisator Natrium Bikarbonat. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.12 no.1 hal.33-36.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*, Edisi ke enam, Penerjemah K. Padmawinata, Bandung: Penerbit ITB.
- Salamah. 2009. *Bleaching Pulp dari Eceng Gondok dengan Teknik Ozonasi*. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses. Jurusan Teknik Kimia, UNTIRTA.
- Siro, I., dan D. Plackett. 2010. *Microfibrillated Cellulose and New Nanocomposite Materials: a Review*, *Cellulose*, 17.459–494.
- Sjostrom, E. 1998. *Kimia Kayu Dasar-dasar dan Penggunaan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Skoog. D. A., F. James H., and Stanley R. Crouch. 2007. *Principles of Instrumental Analysis*. Canada : Rebecca Cross.
- Sriyana, H. Y., S. Sutanti, dan Ronny W. S. 2015. Pemanfaatan Limbah Pati Aren Sebagai Bahan Baku Pembuatan *Carboxy Methyl Cellulose* Menggunakan Metode Etherifikasi Untuk Meningkatkan Kualitas *Cleansing Milk*. *Science And Engineering National Seminar 1*.
- Stefani, P. M., Garcia, D., Lopez, J., Jimenez, A., 2005. Thermo-gravimetric Analysis of Composites Obtained from Sintering of Rice Husk–scrap Tire Mixtures. *Journal Therm. Anal. Calorim*. Vol. 81, hal. 315–320.

- Sumada, K., Puspita E. T., dan F. Alqani. 2011. Kajian Proses Isolasi  $\alpha$ -selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Manihot Esculenta Crantz* yang Efisien. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.5, No.2, 434.
- SyahRonie, A. 2011. Studi Proses Bleaching Serat Eceng Gondok Sebagai Reinforced Fiber. Pascasarjana Universitas Diponegoro. *Jurnal Ilmiah Faktor Exacta*. Vol. 4, No. 4, hal. 282-292.
- Syofyan, E. A. Y., dan Rieke A. 2012. Penggunaan Kombinasi Pati Bengkuang – Avicel PH 101 sebagai Bahan Pengisi *Co-Process* Tablet Isoniazid Cetak Langsung. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, vol. 17, No.2, hal. 164-171.
- Tejasari. 2005. *Nilai Gizi Pangan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Tutus, A. 2004. Bleaching of Rice Straw Pulps with Hidrogen Peroxide. Pakistan. *Journal of Biological Sciences*, vol. 8 : 1327-1329.
- Van Daam, J. E. G. 2002. *Coir Processing Technologies: Improvement of Drying, Softening, Belaching and Dyeing Coir Fibre/Yarn and Printing Coir Floor Coverings*. FAO and CFC : Netherlands.
- Wijayani, A., K. Ummah, dan S. Tjahjani. 2005. Characterization of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) from *Eichornia Crassipes (Mart) Solm. Indo. J.Chem* 5 (3) :228-231.
- Wildan, A. 2010. *Studi Proses Pemutihan Serat Kelapa Sebagai Reinforced Fiber*. Tesis. Semarang : Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang.
- Yam, K. L., & Papadakis, S. (2004). A Simple Digital Imaging Method for Measuring and Analyzing Color of Food Surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61, 137–142.
- Yanuar, A., Rosmalasari E., dan Anwar E. 2003. Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokristal dari *Nata de Coco* untuk Bahan Pembantu Pembuatan Tablet. *ISTECS JOURNAL Science and Technology Policy*, IV, 71-78.
- Zulharmita, Siska N. D., dan Mahyuddin. 2012. Pembuatan Mikrokristalin Selulosa Dari Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum L.*). Padang. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. Vol. 17, No.2, hal.158-163.