

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662

Telepon (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741

Pos El [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

**KEPUTUSAN  
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
Nomor : 0618/UN9.FT/TU.SK/2019**

**Tentang**

**NAMA DOSEN PEMBIMBING TESIS  
PADA PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
PERIODE SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2019/2020**

**REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

- MEMPERHATIKAN** : Surat Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia Nomor : 159/UN9.1.3.2/KM/TK/2019 tanggal 07 September 2019, tentang Penerbitan surat keputusan Pembimbing Tesis Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Kimia FT Unsri.
- MENIMBANG** : a. bahwa agar pelaksanaan Perkuliahaan Semester Ganjil Tahun Akademik 2019/2020 terlaksana, diipandang perlu menerbitkan Surat Keputusan kepada saudara-saudara untuk membimbing Tesis mahasiswa pada Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.  
b. bahwa Sehubungan dengan butir a tersebut diatas, maka perlu dikeluarkan Surat Keputusan sebagai Pedoman dan landasan hukumnya
- MENGINGAT** : 1. Undang-Undang Nomor : 22 Tahun 1961 Tentang Perguruan Tinggi.  
2. Undang-Undang Nomor : 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.  
3. Peraturan Pemerintah Nomor : 42 Tahun 1960 Tentang Pendirian Universitas Sriwijaya..  
4. Peraturan Pemerintah Nomor : 60 Tahun 1999 Tentang Pendidikan Tinggi.  
5. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi.  
6. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor : 334/M/KP/XI/2015, tanggal 24 Nopember 2015. Tentang Pengangkatan Rektor  
7. SK Rektor Unsri No. 0124/UN9/SK.BAK.Ak/2019 tentang Kalender Akademik Universitas Sriwijaya Tahun Akademik 2019/2020.  
8. Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya Nomor: 0239/UN9/KP/2017 tanggal 27 Februari 2017 tentang Pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya masa tugas 2017 – 2021.  
9. SK Rektor Unsri No. 0015/UN9/KP/2012 tentang Pengalihan Status (kedudukan) Pengelolaan Program Studi Magister Teknik Kimia Konsentrasi Teknologi Energi, Program Studi Magister Teknik Sipil dan Program Studi Magister Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya dibawah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

**MEMUTUSKAN**

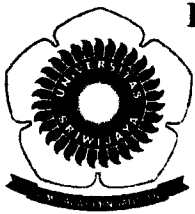
- MENETAPKAN**
- Pertama : Nama Dosen Pembimbing Tesis Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Periode Semester Ganjil Tahun Akademik 2019/2020
- Kedua : Segala biaya yang timbul akibat dikeluarkannya Surat Keputusan ini dibebankan kepada anggaran Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, atau anggaran yang disediakan untuk itu.
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal dikeluarkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini.

Ditetapkan di : Indralaya  
Pada tanggal : 10 September 2019  
a.n. Rektor  
Dekan,

  
Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D  
NIP. 196009091987031004

**TEMBUSAN :**

1. Rektor Universitas Sriwijaya
2. Para Wakil Dekan dalam lingkungan FT.Unsri
3. Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia FT. Unsri
4. Dosen Pembimbing
5. Yang Bersangkutan



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662

Telepon (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741

Pos El [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

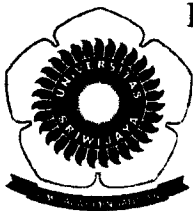
Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya  
Nomor : 0618/UN9.FT/TU.SK/2019  
Tanggal : 10 September 2019

Daftar Nama Dosen Pembimbing Tesis Mahasiswa Magister Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

No	Nama/Nim	Dosen Pembimbing
1.	Mareta Ramadhona 03012681822006	1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA 2. Dr. David Bahrin, ST, MT
2.	Zeolita Prabu Putri 03012681822010	1. Dr. Novia, ST, MT 2. Dr. Fitri Hadiah, ST, MT

a.n. Rektor  
Dekan,

Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D  
NIP. 196009091987031004



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662

Telepon (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741


Pos El [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya  
Nomor : 0618/UN9.FT/TU.SK/2019  
Tanggal : 10 September 2019

**Daftar Nama Dosen Pembimbing Tesis Mahasiswa Magister Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

No	Nama/Nim	Dosen Pembimbing
1.	Mareta Ramadhona 03012681822006	1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA 2. Dr. David Bahrin, ST, MT
2.	Zeolita Prabu Putri 03012681822010	1. Dr. Novia, ST, MT 2. Dr. Fitri Hadiah, ST, MT

a.n. Rektor  
Dekan,



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D  
NIP. 196009091987031004

**TESIS**  
**SIMULASI PROSES DELIGNIFIKASI PADA**  
**DIGESTER DENGAN CFD ANSYS FLUENT 19.2**  
**(INLET WHITE LIQUOR SESUAI DESAIN AKTUAL)**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan**  
**Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**



**ZEOLITA PRABU PUTRI**  
**03012681822010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

# SIMULASI PROSES DELIGNIFIKASI PADA DIGESTER DENGAN CFD ANSYS FLUENT 19.2 (*INLET WHITE LIQUOR* SESUAI DESAIN AKTUAL)

## TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan  
Gelara Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Palembang, Agustus 2021  
Menyetujui,  
Pembimbing I



Novia, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197311052000032003

Pembimbing II



Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.  
NIP. 197808222002122001

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M. T.  
NIP. 19670615 199512 1002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 19750201 200012 2001

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa Laporan Tesis ini dengan judul “Simulasi proses delignifikasi pada digester dengan cfd ansys fluent 19.2 (*inlet white liquor* sesuai desain aktual)” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 2 Agustus 2021.

Palembang, 02 Agustus 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA  
NIP. 19561024 198103 2 001

(  )

Anggota :

2. Dr. Ir. Hj Susila Arita, DEA  
NIP. 19601011 198503 2 002
3. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19750511 200012 2 001

(  )

(  )

4. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.  
NIP. 19801031 200501 1 003

(  )

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M. T.  
NIP. 19670615 199512 1002

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.  
NIP. 19750201 200012 2001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zeolita Prabu Putri  
NIM : 03012681822010  
Judul : Simulasi proses delignifikasi pada digester dengan cfd ansys fluent 19.2 (*inlet white liquor* sesuai desain aktual)

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 02 Agustus 2021



Zeolita Prabu Putri

NIM. 03012681822010

## RINGKASAN

SIMULASI PROSES DELIGNIFIKASI PADA DIGESTER DENGAN CFD ANSYS FLUENT 19.2 (INLET WHITE LIQUOR SESUAI DESAIN AKTUAL)

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Agustus 2021

Zeolita Prabu Putri, Dibimbing oleh Novia, S.T., M.T., Ph.D dan Dr. Fitri Hadiah S.T., M.T.

SIMULASI PROSES DELIGNIFIKASI PADA DIGESTER DENGAN CFD ANSYS FLUENT 19.2 (INLET WHITE LIQUOR SESUAI DESAIN AKTUAL)

XCVII+ 97 halaman, 7 Tabel, 23 Gambar, 3 lampiran

### RINGKASAN

Berdasarkan data pabrik pulp pada Oktober 2020, total rata-rata kandungan lignin dalam digester sekitar 20,5%. Jumlah lignin yang tinggi selama proses pulping ini disebabkan oleh ketidakseragaman pencampuran antara white liquor dan lignin. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensimulasikan proses delignifikasi pada digester dengan dua saluran masuk white liquor menggunakan CFD Ansys 19.2. Berbagai konsentrasi NaOH (16%-22%) dan suhu operasi (151°C-160°C) juga diselidiki. Hasil simulasi menggunakan CFD Ansys Fluent 19.2 menunjukkan kondisi optimum sisa lignin sebesar 16,7% diperoleh pada NaOH 14 gL<sup>-1</sup> dan suhu 151°C yang lebih rendah dari data sebenarnya (20,7%) Data yang diperoleh dari hasil simulasi dapat digunakan untuk menganalisis beberapa aspek seperti fraksi massa masing-masing senyawa, distribusi suhu, profil kecepatan, dan vektor. Simulasi CFD dapat digunakan oleh peneliti sebagai panduan untuk percobaan.

**Kata Kunci:** Ansys Fluent 19.2, Delignifikasi, Digester, Lignin

Kepustakaan:



## SUMMARY

SIMULATION OF DELIGNIFICATION PROCESS IN DIGESTER WITH TWO INLETS WHITE LIQUOR USING CFD ANSYS 19.2

Scientific paper in the form of Tesis, August , 2020

Zeolita Prabu Putri, Dibimbing oleh Novia, S.T., M.T., Ph.D dan Dr. Fitri Hadiah S.T., M.T.

SIMULATION OF DELIGNIFICATION PROCESS IN DIGESTER WITH TWO INLETS WHITE LIQUOR USING CFD ANSYS 19.2 FOR PREDICTING LIGNIN RESIDUE

XCVII+ 97 halaman, 7 Tabel, 23 Gambar, 3 lampiran

### SUMMARY

Based on the pulp refinery data on October 2020, the total average of lignin content in the digester was about 20.5%. This high amount of lignin during the pulping process was due to the non-uniformity mixing between white liquor and lignin. Therefore, the objective of this research was to simulate delignification process in digester with two inlets white liquor using CFD Ansys 19.2. The various NaOH concentrations (16%-22%) and operating temperatures (151°C-160°C) were also investigated. The simulation results using CFD Ansys Fluent 19.2 showed the optimum condition of the remaining lignin of 16.7% obtained at NaOH 14 gL<sup>-1</sup> and the temperature of 151°C, which was lower than the actual data (20.7%) Data obtained from the simulation results can be used to analyze several aspects such as mass fraction of each compound, temperature distributions, velocity profile, and vector. CFD simulations can be used by researchers as a guide for experiment.

**Keywords : Ansys Fluent 19.2, Delignification, Digester, Lignin**

Citations:

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur Penulis ucapkan ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan tesis ini. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi jumlah residu lignin dengan mensimulasikan digester dengan desain dua *inlet white liquor* di bagian atas kanan dan kiri digester menggunakan Simulasi CFD (Ansys Fluent 19.2). Tujuan penulisan tesis untuk memperoleh gelar magister teknik di bidang program studi Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan Program pascasarjana Fakultas Teknik Unsri.

Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berterimakasih kepada semua pihak baik keluarga, kerabat, maupun teman yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian tesis ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pembimbing I Ibu Novia, S.T., M.T., Ph.D dan pembimbing kedua Ibu Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T. sebagai pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis selama ini dari awal hingga tesis ini dapat diselesaikan.

Kiranya penulis berharap tesis ini mudah-mudahan dapat memberi sumbangsih bagi pendidikan yang selalu menghadapi tantangan seiring dengan tuntutan zaman. Penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari bentuk penyusunan maupun materinya. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat kepada kita semua.

Palembang, Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	4
1.1. Latar Belakang .....	4
1.1. Perumusan Masalah .....	5
1.1. Tujuan Penelitian .....	6
1.2. Manfaat Penelitian .....	6
1.3. Ruang Lingkup.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1. Digester .....	8
2.1.1. Bagian - bagian Digester (Biermann, 1996) .....	8
2.1.2. Model Digester Lainnya.....	9
2.1.3. Reaksi Pulping yang Terjadi Dalam Pemasakan <i>Kraft</i> .....	10
2.2. Kayu Akasia .....	11
2.2.1. Lignin .....	12
2.2.2. Hemiselulosa.....	13
2.2.3. Selulosa .....	13

2.2.4. Biomassa .....	14
2.3. Optimasi .....	14
2.4. Computational Fluid Dynamics (CFD).....	14
2.4.1. Tahapan - Tahapan Proses CFD .....	15
2.4.2. Persamaan dalam Proses Delignifikasi .....	15
2.4.3. Turbulensi .....	17
2.5. Penelitian Terdahulu .....	17
<b>BAB 3 METODELOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	19
3.2. Variabel Penelitian .....	19
3.3. Peralatan dan Bahan Penelitian.....	10
3.4. Prosedur Penelitian Secara Aktual di Pabrik .....	21
3.5. Prosedur Penelitian Dengan Pemodelan CFD <i>Ansys Fluent</i> 19.2.....	22
3.6. Pemodelan Digester Pulp .....	24
3.7. Pengujian Validasi Antara Hasil Simulasi Terhadap Data Aktual.....	24
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>26</b>
4.1. Kadar Lignin Hasil Simulasi CFD <i>Ansys Fluent</i> 19.2.....	26
4.2. Validasi Data Hasil Simulasi Dengan Data Aktual.....	37
4.3. Analisa Kontur Hasil Simulasi CFD <i>Ansys Fluent</i> 19.2.....	32
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT</b> .....	<b>39</b>
5.1. Kesimpulan .....	39
5.2. Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Digester Single Vessel (Savelin dkk., 2014).....	5
Gambar 2. 2	Reaksi Peeling Mengurangi Karbohidrat dengan Memutuskan dan Melarutkan Unit Rantai Terakhir (Monica Ek, Göran Gellerstedt, 1993) .....	7
Gambar 2. 3	Peta Sebaran Produksi Pulp Indonesia. ....	8
Gambar 2. 4	Struktur Kimia dari Lignin Monomer dan Motif Ikatan Lignin yang Membangun Lignin Heteropolimer pada Tanaman (Ishak dkk., 2019). ....	10
Gambar 2. 5	Struktur kimia dari Hemiselulosa (Yakoyama & Yukihiro, 2008) 10	
Gambar 2. 6	Volume terkecil kontak antara padatan dan liquid (Kayihan dkk.,1996) .....	12
Gambar 3. 1	Diagram Alir Proses Pemasakan Pulp Pada Digester .....	17
Gambar 3. 2	Geometri Digester Pemasakan Pulp pada Ansys Fluent 19.2 .....	18
Gambar 3. 3	Kondisi Batas Digester Pemasakan Pulp Pada Ansys Fluent 19.2	18
Gambar 3. 4	Algoritma Pemodelan Digester .....	22
Gambar 4. 1	Proses Iterasi Menggunakan Simulasi CFD Ansys Fluent 19.2 menunjukkan Proses Iterasi sampai Dihasilkan Konvergensi .....	25
Gambar 4. 2	Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kadar Lignin (%) hasil aktual dan simulasi pada Temperatur 151°C .....	25
Gambar 4. 3	Grafik Sisa Lignin (%) dengan Berbagai Konsentrasi NaOH pada Temperatur 152°C .....	27
Gambar 4. 4	Grafik Sisa Lignin (%) dengan Berbagai Konsentrasi NaOH pada Suhu 153°C .....	28
Gambar 4. 5	Grafik Sisa Lignin (%) dengan Berbagai Konsentrasi NaOH pada Temperatur 154°C .....	28
Gambar 4. 6	Grafik Sisa Lignin (%) dengan Berbagai Temperatur pada Konsentrasi NaOH 14 gL <sup>-1</sup> .....	29
Gambar 4. 7	Kontur Mass fraction Lignin dengan simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> ; T 100°C, NaOH 12 gL <sup>-1</sup> ; T 151°C, NaOH 22 gL <sup>-1</sup> ; T 152°C.....	30

Gambar 4. 8	Kontur Mass fraction NaOH dengan simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> , T 100°C, C NaOH 12 gL <sup>-1</sup> , T 151°C, C NaOH 22 gL <sup>-1</sup> , T 152°C.....	31
Gambar 4. 9	Kontur Mass fraction Na-Lignat dengan simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> , T 154°C, C NaOH 20 gL <sup>-1</sup> , T 153°C, C NaOH 22 gL <sup>-1</sup> , T 152°C.....	32
Gambar 4. 10	Kontur Mass fraction Air dengan Simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> , T 100°C, C NaOH 12 gL <sup>-1</sup> , T 151°C, C NaOH 22 gL <sup>-1</sup> , T 152°C.....	33
Gambar 4. 11	Kontur Mass fraction Air dengan Simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> , T 100°C, C NaOH 12 gL <sup>-1</sup> , T 151°C, C NaOH 22 gL <sup>-1</sup> , T 152°C.....	33
Gambar 4. 12	Kontur Kecepatan dengan Simulasi CFD Ansys 19.2 C NaOH 14 gL <sup>-1</sup> , T 100°C, C NaOH 12 gL <sup>-1</sup> , T 151°C, C NaOH 22 gL <sup>-1</sup> , T 152°C.....	34
Gambar 4. 13	Vektor Kecepatan dengan Simulasi CFD Ansys Fluent pada C NaOH 20 gL <sup>-1</sup> ; T: 153°C.....	35
Gambar 4. 14	Mass fraction Reaktan dan Produk Disepanjang Digester Hasil Simulasi CFD Ansys Fluent 19.2.....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kerapatan Kayu Akasia Mangium (Arsad, 2011).....	9
Tabel 2. 2 Turunan Serat Akasia Crassiparva (Sunarti dkk., 2016).....	9
Tabel 2. 3 Komposisi biomassa (%) (Yakoyama & Yukihiro, 2008) .....	11
Tabel 4. 1 Kadar Lignin sebagai Hasil Analisa Simulasi CFD Ansys 19.2.....	23
Tabel 4. 2 Kadar lignin sebagai Hasil Aktual Operasional Pabrik .....	24

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran I. *Precondition Parameter Monitoring Fiberline # 2*

Lampiran II. *Daily Analysis Report Pulp Plant Oktober 2020*

Lampiran III. *Penelitian Terdahulu*

Lampiran IV. *Hasil Simulasi pada Ansys*



## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

---

ADT	<i>Air Dry Ton</i>
APKI	Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
DP	<i>Differential Pressure</i>
ERT	<i>Electrical Resistance Tomography</i>

---

## DAFTAR SIMBOL

$\rho$	Densitas	(kg/m <sup>3</sup> , lb <sub>m</sub> /ft <sup>3</sup> )
$t$	Waktu	(s)
$v$	Kecepatan	(m/s, ft/s)
$\vec{v}$	Vektor kecepatan rata-rata	(m/s, ft/s)
$\bar{\tau}$	Stress tensor	(Pa, lb <sub>f</sub> /ft <sup>2</sup> )
$\vec{g}$	Percepatan gravitasi; nilai standar	(m/s <sup>2</sup> / 9,80665 m/s <sup>2</sup> )
$\vec{F}$	Vektor gaya	(N, lb <sub>f</sub> )
$\mu$	Viskositas dinamis	(cP, Pa-s, lb <sub>m</sub> /ft <sup>2</sup> /s)
$E$	Energi total, energi aktivasi	(J, kJ, cal, Btu)
$h$	Entalpi spesies	
$J$	Fluks massa, fluks difusi	(kg/m <sup>2</sup> -s, lb <sub>m</sub> /ft <sup>2</sup> -s)
$k$	Energi kinetic per unit massa	(J/kg, Btu/lb <sub>m</sub> )
$\sigma$	Turbulent Prandtl number	
$\varepsilon$	Laju disipasi turbulen	(m <sup>2</sup> /s <sup>3</sup> , ft <sup>2</sup> /s <sup>3</sup> )
$k_{f,r}$	Laju reaksi konstan, contohnya	$k_1, k_{-1}, k_{f,r}, k_{b,r}$ (variasi satuan)
$T$	Temperatur	(K, °C, °R, °F)
$K$	Bilangan kappa	
$f$	Faktor koreksi ke konsumsi permanganat 50%, tergantung pada nilai p	
$\partial f$	Perubahan komponen aliaran	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Asosiasi *Pulp* dan Kertas Indonesia menginformasikan bahwa sepanjang tahun 2020 produksi *pulp* yang ada di Indonesia menghasilkan 7,4 juta ton per tahun dan untuk kertas memproduksi 13,3 juta ton per tahun. APKI menilai produksi pulp ini masih akan bertumbuh 1,85% pada 2021. Hal ini dikarenakan meningkatnya permintaan global dan domestik.

Proses *kraft* memiliki beberapa keunggulan, diantaranya karena senyawa  $\text{Na}_2\text{S}$  menghasilkan ion  $\text{SH}^-$ , sehingga proses pembuatannya lebih kuat dan cepat yang berfungsi sebagai pelindung dan katalis. Lalu berikutnya adalah kandungan kulit lebih toleran terhadap proses kraft, karena kulit yang terbawa akan ikut terproses, sehingga tidak memberikan efek yang besar terhadap hasilnya. Ketiga, pada proses *kraft* menghasilkan *yield* sebesar 40% sampai dengan 50% (Paryono, 2016).

Salah satu perusahaan penghasil pulp di Indonesia memproduksi pulp sebesar 8.630 *air dry ton* (ADT) per hari. Perusahaan ini menggunakan *digester* dengan sistem *compact cooking* G2 proses *kraft* secara kontinyu dan impregnasi terjadi pada suhu rendah. Bahan dasarnya adalah kayu akasia jenis *crassicarpa* dan *mangium*. Di dalam proses impregnasi suhu meningkat  $5^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}$  karena terjadi panas reaksi. Hal ini dikarenakan laju reaksi kimia meningkat dengan kenaikan temperatur. Dengan melakukan impregnasi pada temperatur rendah, reaksi kimia memiliki waktu untuk berdifusi ke *chip* sebelum habis, yang menjaga impregnasi homogen dan mengurangi *reject*. Dengan temperatur yang rendah tersebut juga dapat meminimalkan pengurangan hemiselulosa dan memberikan hasil pemasakan yang lebih baik.

Sistem *Compact Cooking* G2 dapat mengoptimalkan konsentrasi ion natrium hidroksida dan natrium sulfida selama pemasakan. Dengan menambahkan *white liquor* ke *impbin* yang mengandung ion natrium hidroksida dan natrium sulfida. Kondisi asam dari kayu dinetralkan dengan cepat dan kondisi alkali juga cepat

diperoleh. Hal paling penting adalah ion natrium sulfida akan masuk kedalam kayu ketika kayu terendam *white liquor*. Sehingga selama pemasakan, dimana tahap awal impregnasi *white liquor* lebih mudah menghasilkan kondisi sulfida alkali yang diinginkan.

Deskripsi proses pemasakan *digester G2* ini secara garis besar memiliki 3 tahapan yaitu tahap *degassing*, impregnasi, dan pemasakan. Namun, pada penelitian ini hanya fokus pada tahap pemasakan dalam *digester*. Pada kondisi aktual, parameter dari proses pemasakan pulp (*kappa number*, viskositas, *brightness blow line*, dan *sodaloss blow line*) dianalisa sesuai standar dengan nilai kontrol yang juga sudah sesuai standar.

Masuknya *feed* lignin bersama dengan *feed white liquor* dalam satu *inlet* yaitu dari bagian atas *digester* menghasilkan hasil analisa yang kurang baik yaitu masih terjadinya ketidakteraturan proses pengikatan antara *white liquor*/NaOH dengan lignin pada *digester*. Dari hasil penelitian sebelumnya ini, terlihat bahwa kontur *mass fraction* Na-Lignat tertinggi banyak terbentuk pada sisi samping *digester*. Hal ini mengindikasikan bahwa zona Na-Lignat yang terbentuk pada proses delignifikasi di *digester* masih tidak seragam. Pembentukan Natrium lignat lebih banyak terjadi di bagian pinggir atau sisi samping *digester* (di posisi alat ERT) daripada di bagian tengah *digester*.

Sementara pada proses delignifikasi aktual di industri juga terjadi fluktuasi karena operator tidak memperhatikan dosis penggunaan *white liquor* serta temperatur yang tepat sesuai standar. Oleh karena itu, pada penelitian ini posisi *inlet white liquor* disesuaikan dengan desain aktual yaitu dari bagian samping kanan dan kiri *digester*. Pada studi kali ini, peneliti menggunakan posisi *inlet feed* lignin dari bagian atas *digester* sedangkan *inlet feed white liquor* pada *digester* sesuai data desain aktual yaitu dari samping kanan dan kiri *digester*.

### **1.1. Perumusan Masalah**

- 1) Bagaimana proses delignifikasi dengan *inlet feed* lignin dari bagian atas dan *inlet feed white liquor* di bagian samping kanan dan kiri *digester* sesuai data desain aktual dengan menggunakan *software* CFD Ansys Fluent 19.2 dan validasi antara hasil simulasi terhadap data aktual industri. Bagaimana hasil

simulasi menggunakan CFD Ansys Fluent sisa lignin yang tersisa dengan penggunaan dosis konsentrasi dan temperatur optimum.

- 2) Bagaimana pengaruh temperatur terhadap kadar lignin di dalam digester.
- 3) Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *white liquor* (NaOH) terhadap lignin setelah proses kraft di dalam digester.

### 1.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

- 1) Mengetahui dan mengevaluasi proses delignifikasi dengan *inlet feed* lignin dari bagian atas dan *inlet feed white liquor* di bagian samping kanan dan kiri digester sesuai data desain aktual dengan menggunakan *software* CFD Ansys Fluent 19.2 dan hasilnya divalidasi berdasarkan data aktual industri.
- 2) Mengetahui hasil simulasi menggunakan CFD Ansys Fluent sisa lignin yang tersisa dengan penggunaan dosis konsentrasi dan temperatur optimum.
- 3) Mengetahui pengaruh temperatur terhadap kadar lignin di dalam digester.
- 4) Menganalisa pengaruh variasi konsentrasi *white liquor* (NaOH) terhadap lignin setelah proses kraft di dalam digester.

### 1.2. Manfaat Penelitian

Dengan terlaksananya penelitian akan memberikan beberapa informasi dalam memisahkan lignin dari selulosa secara optimal dengan simulasi *inlet white liquor* sesuai disain yang sebenarnya. Penelitian juga diharapkan dapat mengefisiensi penggunaan *white liquor* atau bahan kimia, sehingga proses delignifikasi pulp menjadi lebih ramah lingkungan. Penelitian dapat juga dijadikan bahan referensi untuk penelitian berikutnya dan acuan pembelajaran untuk pembuatan pulp menggunakan reaktor sistem *compact* generasi berikutnya.

### 1.3. Ruang Lingkup

Batasan dilaksanakannya penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian menggunakan program CFD Ansys Fluent 19.2. untuk mensimulasi digester saat proses pemasakan pulp.
- 1) Bahan baku pembuatan pulp tersebut berasal dari kayu akasia *crasicarpa* dan akasia *mangium*. Larutan yang digunakan untuk memasak pulp atau *white liquor* di dalam digester adalah Sodium Hidroksida (NaOH) dengan konsentrasi (14, 16, 18, 20, 22) gL<sup>-1</sup>.

- 2) Digester memiliki temperatur yang variatif antara *top*, *middle*, dan *bottom*.
- 3) Range temperatur digester yang bervariasi antara 100°C hingga 160 °C mengikuti hasil penelitian sebelumnya (Sudrajat dkk., 2020).

## Daftar Pustaka

- Amrizal, Ahmad, A., & Bahruddin. (2016). Optimasi Proses Pemutihan Acacia Kraft Pulp dengan Proses Biobleaching Sebelum Chemical Bleaching Untuk Mengurangi Pemakaian Bahan Kimia. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15(1).
- Biermann, C. J. (1996). *Handbook of Pulping and Papermaking* (2nd ed.). Academic Press.
- Ishak, N., Sari, A., Kassim, M., Aripin, A. M., Sharifah, M., & Oluwatosin, A. F. (2019). *A Review on Lignin and Biodelignification*. 41–72.
- Kayihan, F., Gelormino, M. S., Hanczye, E. M., Doyle, F. J., & Arkun, Y. (1996). A Kamy Continuous Digester Model for Identification and Controller Design. *IFAC Proceedings Volumes*, 29(1), 5835–5840.
- Lismeri, L., Darni, Y., Sanjaya, M. D., & Immadudin, M. I. (2019). Pengaruh Suhu Dan Waktu Pretreatment Alkali Pada Isolasi Selulosa. *Journal of Chemical Process Engineering*, 4(2655), 18–22.
- Monica Ek, Göran Gellerstedt, G. H. (1993). Pulp and Paper Chemistry and Technology Volume 2. In *Standardization News* (Vol. 22, Issue 8). <https://pdfs.semanticscholar.org/88df/c949855eeceb73fa4667eb69b79e043c9951.pdf#page=11>
- Paryono. (2016). Pengaruh Pemutihan Oksigen Dua Tahap Terhadap Kualitas Pulp Acacia mangium. *Jurnal Selulosa*, 1(02). <https://doi.org/10.25269/jsel.v1i02.21>
- Saavedra, I. (2015). *Model-Based Optimization of a Compactcooking G2 Digesting Process Stage* (Issue December). Aalto University School of Chemical Technology.
- Savelin, P., Korsnas, B., Gavle, & Sweden. (2014). *Digester Developments*. 1–18. <http://www.valmet.com>.
- Sudrajat, A., Novia, N., & Hadijah, F. (2020). *Optimization of Delignification Process Pulp Refinery with Ansys Fluent CFD Modeling 19.2. 5*, 20–21. <https://doi.org/10.36106/ijar>
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics* (Vol. 2, Issue 2). Bell & Bain Limited. <https://doi.org/10.24114/eb.v2i2.4393>
- Welty, J. R., Wicks, C. E., Wilson, R. E., & Rorrer, G. L. (2000). *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer* (J. Welter (ed.); 5th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Yakoyama, S., & Yukihiro, M. (2008). The Asian Biomass Handbook. In S. Yokoyama & Y. Matsumura (Eds.), *The Japan Institute of Energy*. The Japan Institute of Energy.