



KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor : 0697/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 : 182/UN9.1.3.2/KM/TK/2019 tanggal 04 Oktober 2019, tentang Penerbitan surat keputusan Pembimbing Tesis Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- MENIMBANG** : a. bahwa agar pelaksanaan Perkuliahan Semester Ganjil Tahun Akademik 2019/2020 terlaksana, di pandang perlu menerbitkan Surat Keputusan kepada saudara-saudara untuk membimbing Tesis mahasiswa pada Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
b. bahwa Schubungan dengan butir a tersebut diatas, maka perlu dikeluarkan Surat Keputusan sebagai Pedoman dan landasan hukumnya
- MENINGAT** : 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 : 32031/M/KP/2019, tanggal 24 September 2019. 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 : 09 Oktober 2019

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

Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya
Nomor : 0697/UN9.FT/TU.SK/2019
Tanggal : 09 Oktober 2019

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

No	Nama/Nim	Dosen Pembimbing
1.	Amran Sudrajat 03012681620007	1. Dr. Novia, ST, MT 2. Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT

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

Lampiran : Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya
Nomor : 0697/UN9.FT/TU.SK/2019
Tanggal : 09 Oktober 2019

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

No	Nama/Nim	Dosen Pembimbing
1.	Amran Sudrajat 03012681620007	1. Dr. Novia, ST, MT 2. Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT

Rektor
Dekan,

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

TESIS
OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG
PULP DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS
FLUENT 19.2

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



AMRAN SUDRAJAT
03012681620007

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PETRO KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

KATA PENGANTAR

Proses delignifikasi pada penelitian ini, bertujuan untuk mengoptimasikan dosis White Liquor (NaOH) dan suhu berdasarkan data parameter kontrol *cooking* kilang pulp. Dari optimasi ini diperoleh kadar lignin (Kappa Number) pulp yang sesuai standar yaitu berkisar 19-22%. Tanki memiliki kapasitas sebesar 5140 m³ dan tinggi 68,295 m. Optimasi delignifikasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi software CFD Ansys Fluent 19.2, untuk memperkirakan kadar lignin dari awal proses sebelum dititik electrical resistance tomography (ERT) hingga terbentuk produk pulp. Aplikasi software Ansys Fluent 19.2 dapat mengevaluasi kadar lignin yang dihasilkan data ERT digester setelah proses delignifikasi.

Permasalahan yang terjadi selama ini adalah terjadinya fluktuasi kadar lignin yang berkisar antara 19 - 22 %, dengan tidak memperhatikan dosis White Liquor yang diinjeksi ke dalam digester. Hal ini mengakibatkan adanya pertambahan suhu dan flow rate White Liquor selama proses, yang menyebabkan bervariasinya kadar lignin pada pulp. Oleh karena itu untuk menyelesaikan permasalahan ini, sangat penting sekali informasi mengenai besar dosis White Liquor yang dibutuhkan dan suhu delignifikasi untuk menghasilkan nilai kappa yang sesuai standar.

Hasil penelitian ini diharapkan sebagai pertimbangan untuk membuat otomatisasi *flow* meter kontrol injeksi recycle *black liquor* pada saat *cooking* di digester, agar tercapai keselarasan *kappa pulp* yang diharapkan dengan standar operasional kontrol *cooking* digester di industri kilang *pulp*.

Penulis menyadari sepenuhnya penyusunan laporan tesis ini tidak lepas dari doa dan bantuan baik secara intelektual, moral, material dan non material dari berbagai pihak, terutama kepada ibu “Novia, ST, MT, Ph.D selaku pembimbing I dan ibu “Dr. Fitri Hadiah, ST, MT selaku pembimbing II, juga pihak-pihak lain yang telah membantu khususnya kepada :

1. Ali Imron Nasution SAP 1125281, selaku Senior Staff Engineer Proses Pulp

2. Haris Witarsa SAP 1125782, selaku Manager proses WETP
3. Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S. Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik
4. Dr. David Bahrin, S.T, MT, selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia
5. Dosen penguji dan seluruh dosen Program Studi Magister Teknik Kimia
6. Orang tua, istri dan kedua anak tercinta (Asyam Zaky Alfarezi dan Afiqah Zafeera Salsabila) yang telah memberikan doa serta semangat dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih ada kekeliruan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dalam rangka memperbaiki tesis ini, penulis mengucapkan trimakasih. Semoga tesis ini dapat memberikan mamfaat yang baik bagi pembaca dan penggunanya. Amin yaa rabbal'alamiin.

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG
PULP DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS
FLUENT 19.2**

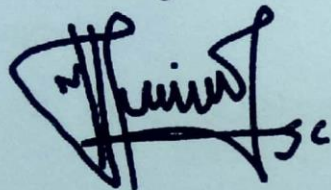
TESIS

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik Kimia (M.T) Pada Fakultas Teknik
Universitas sriwijaya**

Palembang, 22 Juli 2020

Menyetujui

Pembimbing I

Novia, ST, MT, Ph.D

NIP. 197311052000032003

Pembimbing II


Dr. Fitri Hadiyah ST.MT

NIP. 197808222002122001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,Koordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia

Prof. Ir. Subriyeh Nasir, M.S. Ph.D
NIP. 19600909 198703 1 004



Dr. David Bahrin, S.T, MT.
NIP. 198010312005011003

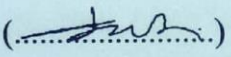
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis berupa Tesis ini dengan judul, "OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG PULP DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS FLUENT 19.2", menggunakan ANSYS FLUENT 19.2 yang telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 13 Juli 2020.


Palembang, 13 Juli 2020

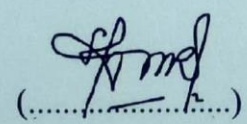
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis.

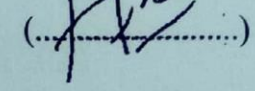
Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA (.....) 
NIP : 195610241981032001

Anggota :

2. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. (.....) 
NIP : 198010312005011003

3. Dr. Ir. Hj Susila Arita, DEA (.....) 
NIP : 196010111985032002

4. Hermansyah, S.Si, M.Si, Ph.D (.....) 
NIP : 197111191997021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Prof. Ir. Subriyeh Nasir, M.S. Ph.D
NIP. 19600909 198703 1 004

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertdana tangan dibawah ini :

Nama : Amran Sudrajat
NIM : 03012681620007
Judul : “OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG PULP
DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS FLUENT 19.2”

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam 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.

	<p>Palembang, 22 Juli 2020</p> <p>Materai 6000</p>  <p><u>Amran Sudrajat</u> NIM. 03012681620007</p>
---	--

RINGKASAN

OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG PULP DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS FLUENT 19.2

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 13 Juli 2020

Amran Sudrajat, Dibimbing oleh “Novia, ST, MT, Ph.D dan “Dr. Fitri Hadiah ST.MT

OPTIMASI PROSES DELIGNIFIKASI KILANG PULP DENGAN PERMODELAN CFD ANSYS FLUENT 19.2

XII+ 123 halaman, 7 Tabel, 25 Gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Proses delignifikasi pada penelitian ini menghasilkan bilangan Kappa pulp (kadar lignin) standar sekitar 19-22 %. Data produksi pabrik pulp yang digunakan pada penelitian ini diambil pada tanggal 2 September 2019, dengan kapasitas maksimum 4220,6 ADT / D, dengan volume tangki 5140 m³ dan ketinggian 68.295 m². Optimasi menggunakan aplikasi CFD Ansys Fluent 19.2 dengan memvariasikan dosis White Liquor (NaOH) 18, 19, 20, 21, 22 g / l dan suhu 141, 142, 143, 144, 145 °C berdasarkan parameter kontrol *Cooking* pulp pabrik. Kondisi optimum didapatkan pada penggunaan NaOH 20 g/L dan suhu 142 °C dengan kadar lignin sebesar 19,92 %. Hasil simulasi pada masing-masing variabel memperlihatkan kontur fraksi massa (lignin, NaOH, Na-Lignat, H₂O), laju kinetika reaksi dan distribusi temperatur dalam digester. Hasil simulasi-juga dibandingkan dengan data aktual lapangan dengan error sekitar 3.92%.

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

Kepustakaan: 25 (2019-2019)

SUMMARY

OPTIMIZATION OF DELIGNIFICATION PROCESS PULP REFINERY
WITH ANSYS FLUENT CFD MODELING 19.2

Scientific paper in the form of Thesis, 13 July 2020

Amran Sudrajat, Supervised by “Novia, ST, MT, Ph.D and “Dr. Fitri Hadiah
ST.MT

OPTIMIZATION OF DELIGNIFICATION PROCESS PULP REFINERY
WITH ANSYS FLUENT CFD MODELING 19.2

XII+ 123 Pages, 7 Tables, 25 figures, 4 attachments

SUMMARY

The delignification process in this study produced the standard of Kappa number pulp (lignin content) of about 19-22 %. The production data of pulp refinery used in this research were taken on September 2, 2019 at the maximum capacity of 4220.6 ADT / D, with tank volume of 5140 m³ and a height of 68,295 m². The optimization was conducted by a software application of CFD Ansys Fluent 19.2 with various dosages of –White Liquor (NaOH) of 18, 19, 20, 21, 22 g / l and the temperature of 141, 142, 143, 144, 145 °C based on the pulp mill cooking control parameters. The optimum condition was obtained at NaOH of 20 g/L and temperature of 142 °C with lignin content of 19.92 %. The simulation result of each variable displayed the contour of mass fractions (lignin, NaOH, Na-Lignate, H₂O), reaction kinetics rate, and temperature distribution in digester. The simulation results also were compared with the plant actual data with an error of 3.92%.

KEYWORDS : Ansys Fluent 19.2, Delignification, Digester, Lignin

Citations:

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I.....	17
PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang.....	17
1.2 Perumusan Masalah.....	19
1.3 Tujuan Penelitian.....	19
1.1 Mamfaat Penelitian.....	20
BAB II.....	21
TINJAUAN PUSTAKA	21
2.1 Lignin	21
2.2 Analisa Kdanungan Kimia Lignin Pada Kayu Akasia (Acacia Mangium)25	
2.3 Delignifikasi	26
2.3.1 Proses Pulping.....	26
2.3.2 Proses Pulp Mekanik	28
2.3.3 Proses Pulp Thermomekanik	28
2.3.4 Proses Pulp Semi kimia	28
2.3.5 Proses Pulp Kimia.....	28
2.3.6 Proses Kombinasi	31
2.3.7 Proses Sulfit Netral	31
2.3.8 Proses Soda Dingin.....	32
2.3 Bilangan Kappa Pulp.....	32
2.4 Digester	33

2.2.1	Bagian Digester (Biermann's, 2018).	33
2.4.2	Digester terbagi dalam 2 tipe, yaitu :	35
2.5	Permodelan Proses Delignifikasi dengan CFD ANSYS Fluent 19.2	37
2.5.1	ANSYS CFX	39
2.5.2	ANSYS Fluent	39
2.5.3	ANSYS Icepak	39
2.5.4	ANSYS Blade Modeler	39
2.5.5	ANSYS Vista Tf	40
2.1	Penelitian Terdahulu	42
2.6.1	Liquor Flow in a Model Kraft Batch Digester Liquor Flow in a Model Kraft Batch Digester (Lee dan Bennington, 2017)	42
2.6.2	Nonlinear inferential multi-rate control of Kappa number at multiple locations in a continuous pulp digester (Padhiyar dkk., 2010)	48
BAB III		53
METODELOGI PENELITIAN		53
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	53
3.2	Bahan dan Peralatan Penelitian	53
3.2.1	Spesifikasi Digester	53
3.3	Prosedur Penelitian Secara Experimental atau Lapangan	56
3.3.1	Tahapan Pada Proses Digester Fiber Line	56
3.4	Prosedur Permodelan dengan CFD Ansys Fluent 19,2	59
3.6	Asumsi yang Digunakan	61
BAB IV		62
HASIL DAN PEMBAHASAN		62
4.6	Hasil Penelitian	62
4.2	Pembahasan	63
4.3.1	Validasi Data Hasil Simulasi terhadap Data Aktual	64
4.2.2	Analisa Kontur pada Program ANSYS 19.2	65
4.2.3	Fraksi Massa Reaktan dan Produk Terhadap Ketinggian Digester	75
BAB V		76
PENUTUP		76
5.6	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
Daftar Pustaka		77

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN I. Precondition Parameter Monitoring FL # 2.....	81
LAMPIRAN II. Daily Analysis Report Kilang Pulp 2 September 2019....	82
LAMPIRAN III. Hasil Simulasi	86
LAMPIRAN IV. Prosedur Pembuatan Simulasi Digester.....	124

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi unsur dan kandungan gugus fungsi dalam berbagai lignin (Yang dan Cao, JinzhYang, Cao, J., dan Ma, 2019).....	24
Tabel 2.2. Karakteristik kayu akasia (laboratorium kilang pulp dan kertas) (P-OkiPL1, 2018).....	25
Tabel 2.3. Perbandingan proses pembuatan pulp (Syafri dkk., 2016).....	30
Tabel 3.1. Data desain digester (Line Fiber, 2019)	54
Tabel 3.2. Data Parameter kontrol cooking (Line Fiber, 2019)	56
Tabel 4.1. Hasil Analisa Simulasi ANSYS.	62
Tabel 4.2. Hasil Analisa Aktual.	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Lignin precursors. I: p-coumaryl alcohol (H); II: coniferyl alcohol (G); III: sinapyl alcohol (S) (Jin Huang dkk., 2019).	23
Gambar 2.2. Blow tank (Biermann's, 2018).	34
Gambar 2.3. Batch Digester (Biermann's, 2018)	36
Gambar 2.4. Continous Digester (Biermann's, 2018).	37
Gambar 2.5. Bilangan kappa diprediksikan dengan model jaringan reaksi 2D. Kondisi reaksi dan laju aliran seperti yang dijelaskan (Lee dan Bennington, 2017).	46
Gambar 2.6. Profil aliran digunakan sebagai input ke model reaksi 2D (berdasarkan pengukuran ERT dan distribusi bilangan kappa yang dihasilkan melalui digester untuk kondisi reaksi yang ditentukan (Lee dan Bennington, 2017).	47
Gambar 2.7. Schematic of dual vessel pulp digester. Variables in italics represent manipulated variables, in bold font represent controlled outputs, dan variables enclosed in boxes represent measurements (Padhiyar dkk., 2010).	50
Gambar 3.1. Rangkaian cooking opration digester fiber.....	53
Gambar 3.2. Diagram alir proses delignifikasi fiber	54
Gambar 3.3. Design geometry digester FL dengan software ANSYS FLUENT 19.2	55
Gambar 3.4. Kondsi batas digester dengan software ANSYS FLUENT 19.2.....	55
Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian.....	60
Gambar 3.6. Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa menggunakan NaOH (Liang et.all., 2019).	61
Gambar 4.1. Pengaruh Temperatur Terhadap Kadar Lignin Pada Berbagai Konsentrasi NaOH (Legend Titik = Eksperimen; Garis = CFD Simulasi). 64	
Gambar 4.2. Kontur Fraksi Massa Lignin dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	65
Gambar 4.3. Kontur Fraksi Massa NaOH dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	67

Gambar 4.4. Kontur Fraksi Massa Na-Lignat dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	68
Gambar 4.5. Kontur Fraksi Massa H ₂ O dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.....	69
Gambar 4.6. Kontur Laju Kinetika Reaksi dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	70
Gambar 4.7. Kontur Temperatur dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	71
Gambar 4.8. Kontur Temperatur dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.	72
Gambar 4.9. Kontur Kecepatan dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.....	72
Gambar 4.10. Vektor Kecepatan dengan Simulasi CFD pada C NaOH 18 g/L, T 145°C.....	73
Gambar 4.11. Kontur Densitas dengan Simulasi CFD (a) C NaOH 18 g/L, T 145°C; (b) C NaOH 21 g/L, T 143°C; (c) C NaOH 22 g/L, T 141°C.....	74
Gambar 4.12. Fraksi Massa Reaktan dan Produk Terhadap Ketinggian Digester	75

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

KLHK	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
APKI	Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia
MPC	Model Predictive Control
ERT	Electrical Resistance Tomography
CFD	Computational Fluid Dynamics
MWL	Milled Wood Lignin
NSSC	Proses Natural Sulfite Semi Chemical
WL	White liquor
mcc	zona modified continue cook
emcc	zona extended mcc
MPC	Model Predictive Control
NMPC	Nonlinier Model Predictive Control
EA	Efektif Alkali
ADT	Air Dry Tonne

DAFTAR SIMBOL

ρ	Densitas	(kg/m ³ , lb _m /ft ³)
t	Waktu	(s)
v	Kecepatan	(m/s, ft/s)
\vec{v}	Vektor kecepatan rata-rata	(m/s, ft/s)
S_m	Massa yang ditambahkan ke dalam fase kontinu dari fase kedua terdispersi	
r	Radius	(m, ft)
$\bar{\tau}$	Stress tensor	(Pa, lb _f /ft ²)
\vec{g}	Percepatan gravitasi; nilai standar	(m/s ² , ft/s ²)/ 9,80665 m/s ² , 32,1740 ft/s ²
\vec{F}	Vektor gaya	(N, lb _f)
μ	Viskositas dinamis	(cP, Pa-s, lb _m /ft ² -s)
E	Energi total, energi aktivasi	(J, kJ, cal, Btu)
h	Entalpi spesies	
J	Fluks massa, fluks difusi	(kg/m ² -s, lb _m /ft ² -s)
k	Energi kinetik per unit massa	(J/kg, Btu/lb _m)
σ	Turbulent Prandtl number	
ε	Laju disipasi turbulen	(m ² /s ³ , ft ² /s ³)
$k_{f,r}$	Laju reaksi konstan, contohnya	$k_1, k_{-1}, k_{f,r}, k_{b,r}$ (variasi satuan)
T	Temperatur	(K, °C, °R, °F)
β_r	Temperatur eksponen	(tak berdimensi)
E_r	Energi aktivasi untuk reaksi	(J/kmol)
R	Konstanta gas universal	(J/kmol.K)
K	Bilangan kappa	
f	Faktor koreksi ke konsumsi permanganat 50%, tergantung pada nilai p	
∂f	Perubahan komponen aliaran	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan kertas semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan bertambahnya industri pulp dan kertas di Indonesia. Realisasi ekspor pulp dan kertas selama Januari-Mei 2019 turun 2,48% menjadi US\$2,75 miliar dibandingkan dengan periode yang sama tahun lalu senilai US\$2,82 miliar, karena terjadi penurunan harga pulp di pasar global. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), nilai ekspor kertas pada periode Januari-April 2019 turun 2,05% menjadi US\$1,43 miliar dibandingkan dengan periode yang sama tahun lalu senilai US\$1,46 miliar. Sementara itu, ekspor pulp pada periode Januari-April 2019 turun 0,71% menjadi US\$889,03 juta dibandingkan dengan periode yang sama tahun lalu sejumlah US\$882,71 juta.

Menurut Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI), penurunan nilai ekspor pulp dan kertas disebabkan oleh fluktuasi harga pulp yang mengikuti pergerakan harga di pasar global “Harga pulp pada Januari-April 2018 sekitar US\$666,84 per ton, sedangkan pada periode yang sama tahun ini harga pulp ada di sekitar US\$579,37 per ton. Harga kertas pada periode Januari-April 2019 juga mengalami penurunan menjadi US\$824,27 per ton dibandingkan dengan periode yang sama tahun sebelumnya US\$894,43 per ton. Dengan Penurunan harga tersebut, maka industri pulp harus menghemat biaya konsumsi bahan kimia pada proses delignifikasi. Hal ini dikarenakan proses delignifikasi membutuhkan biaya yang cukup tinggi.

Sekitar 40% pulp kraft diproduksi di seluruh dunia menggunakan digester batch. Digester ini merupakan tempat terjadinya proses serpihan kayu menggunakan larutan NaOH dan Na₂S (disebut white liquor) pada suhu antara 160-175 °C selama 2 jam. Vessel berbentuk silinder, berdiameter 2,5–5 m, tingginya 8,5–19 m dan memiliki volume mulai dari 70 hingga 400 m³. Digester konvensional memiliki bentuk kerucut bagian di

dasar silinder (terdiri dari 6-10% dari total volume) untuk meningkatkan produksi chip / bubur setelah cooking (Lee dan Bennington, 2010)

Peneliti terdahulu (Lee dan Bennington, 2017) menggunakan vessel skala laboratorium yang di modelkan dengan HDPE. Penelitian tersebut dimodelkan dengan CFD 2 dimensi dan digester dilengkapi tomografi hambatan listrik (ERT) untuk mengevaluasi keseragaman zona yang diciptakan oleh fase cair.–Data simulasi digunakan untuk merasionalisasi pengukuran keseragaman pulp dan untuk memberikan input untuk model komputasi dengan menghitung distribusi spasial reaksi dalam digester (Lee dan Bennington, 2017).

Sementara peneliti lain (Padhiyar dkk., 2010) menghitung nilai Kappa menggunakan teknologi Proses nonlinier model predictive control (MPC). Model ini dikembangkan menggunakan filter Kalman multirate dari model batch digester untuk mengontrol nilai Kappa yang diharapkan. Mereka menggunakan vessel yang terdiri dari zona cook, mcc dan emcc. Pada setiap zona di berikan injeksi White Liquor untuk memanipulasi laju delignifikasi. Setelah itu mereka memvalidasi data dengan memodelkan proses menggunakan proses komputerisasi CFD.

Tujuan penting optimasi digester pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai Kappa (kadar lignin) pulp yang sesuai dengan standar yaitu 19-22 % dengan memvariasikan dosis White Liquor (NaOH) dan temperatur agar dapat diperoleh nilai Kappa dari awal proses sebelum di titik ERT hingga menghasilkan produk pulp. Selain itu optimasi dapat mempersingkat waktu cooking (peningkatan laju produksi) dengan penggunaan bahan kimia yang lebih sedikit pada tahap selanjutnya. Penelitian ini menggunakan permodelan CFD Ansys Fluent 19.2 untuk mengevaluasi kadar lignin yang dihasilkan dari data ERT digester selama proses delignifikasi. Selain itu simulasi juga dapat menganalisis distribusi temperatur, tekanan, konsentrasi reaktan/produk dan kecepatan di dalam digester. Selanjutnya hasil simulasi divalidasi dengan data lapangan

sehingga tidak terjadi salah perhitungan *cooking* dalam proses delignifikasi dengan tidak mengurangi kualitas pulp.

1.2 Perumusan Masalah

Kadar lignin yang dihasilkan dari proses delignifikasi di lapangan masih mengalami fluktuasi (tidak sesuai dengan standar operasional pabrik). Kadar lignin yang diinginkan berkisar antara 19 - 22 %, sementara operator pabrik tidak memperhatikan dosis *White Liquor* yang diinjeksi ke dalam digester. Hal ini menyebabkan adanya penambahan suhu dan flow rate *White Liquor* yang mengakibatkan bervariasinya kadar lignin pada pulp. Berapa besar dosis *White Liquor* yang dibutuhkan serta suhu delignifikasi untuk menghasilkan nilai kappa yang sesuai standar merupakan permasalahan yang sangat penting untuk diselesaikan.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian menggunakan software CFD Ansys Fluent 19.2 untuk mensimulasikan proses delignifikasi pada digester berdasarkan data aktual kilang *pulp fiber line* bulan september 2019. Untuk memperoleh kadar *lignin* yang sesuai dengan kualitas standar desain pabrik yaitu sekitar 19-20 % pada digester kilang *pulp*, maka optimasi suhu dan konsentrasi *White Liquor* (NaOH) yang tepat perlu dilakukan. Hasil optimasi dari simulasi Ansys Fluent 19.2 diharapkan dapat menghemat energi, (penurunan suhu) maupun pemakaian NaOH yang lebih rendah dari kapasitas desain digester. Hal ini dapat menghasilkan kapasitas produksi maksimum dengan penggunaan energi dan pemakaian bahan kimia yang minimum. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat mengetahui penyebab ketidak seragaman nilai kappa (*lignin*) pada *relief strainer* dengan menganalisa kontur yang diperoleh dari simulasi pada digester tersebut. Berdasarkan hasil simulasi Kilang pulp direkomendasikan untuk memiliki dasar modifikasi dan perancangan digester yang memiliki sistem autocontrol dengan kapasitas yang lebih besar.

1.1 Mamfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi penggunaan *white liquour* yang optimal dengan tidak mengurangi kualitas *pulp* dan menjadi pertimbangan untuk membuat otomatis *flow meter control* injeksi recycle *black liquor* pada saat cooking di digester agar mencapai keselarasan *kappa pulp* yang sesuai dengan standar operasional kontrol *cooking* digester di industri kilang *pulp*. Diharapkan pada penelitian tersebut dapat sebagai bahan pertimbangan pembuatan line baru untuk kapasitas digester 6000 M³/Day.

Daftar Pustaka

- BPS Provinsi Sumatera Selatan. (2018). Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Selatan. *Laporan Kinerja BPS Provinsi Sumatera Selatan 2018*, 5(2018), 1–340. Retrieved from [https://webapps.bps.go.id/sumsel/images/LKIP BPS Provinsi Sumatera Selatan 2018_opt.pdf](https://webapps.bps.go.id/sumsel/images/LKIP%20BPS%20Provinsi%20Sumatera%20Selatan%202018_opt.pdf)
- Hutan Tanaman Industri, H. (2014). Lembar Fakta 2014 Lembar Fakta 2014. *Pengabaian Kelestarian Hutan Alam Dan Gambut, Serta Faktor Pemicu Konflik Lahan Yang Berkelanjutan1 Studi*, 2(September), 1–13. Retrieved from http://fwi.or.id/wp-content/uploads/2014/09/Lembar-Fakta_Ekspansi-Industri-Pulp-dan-Paper_2014_lowres.pdf
- Lee, Q. F., dan Bennington, C. P. J. (2010). Liquor flow in a model kraft batch digester. *Chemical Engineering Journal*, 158(1), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.08.042>
- Ahmad, A. (2016). *Optimasi Proses Pemutihan Acacia Kraft Pulp Dengan Proses Biobleaching Sebelum Chemical Bleaching Untuk Mengurangi Pemakaian Bahan Kimia*. 15(1), 1–6.
- Biermann's. (2018). Raw Material dan Pulp Making. In C. © 2018 E. I. A. rights Reserved. (Ed.), *Raw Material dan Pulp Making* (Book • 3rd). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814240-0.00024-0>
- Gyurik, L., Egedy, A., Zou, J., Miskolczi, N., Ulbert, Z., dan Yang, H. (2019). Hydrodynamic modelling of a two-stage biomass gasification reactor. *Journal of the Energy Institute*, 92(3), 403–412. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2018.05.007>
- Hadi Mulyana, Ernata, Budiyanto Gus, wiraatmadja S. dan A. (2010). Efisiensi proses pemutinan pulp kraft ri (r4pid) displacement hea tin@ dengan metode ecf (elementally gimlohne freq. *Efisiensi proses pemutinan pulp kraft ri)w (r4pid) displacement hea tin@ dengan metode ecf (elementally gimlohne freq*, 2(1), 772–784.

- Haroen Wawan, D. (2017). *Terhadap karakteristik pulp. 41*(property of tension wood, heartwood dan sapwood acacia mangium to pulp characteristic), 1–7.
- Jin Huang, Fu, S., dan Gan. (2019). Structure dan Characteristics of Lignin. In LinElsevier Inc (Ed.), *Lignin Chemistry dan Applications*, (Vol. 50). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813941-7.00002-3>
- Lee, Q. F., dan Bennington, C. P. J. (2010). Liquor flow in a model kraft batch digester. *Chemical Engineering Journal*, 158(1), 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.08.042>
- Li, M. F., Sun, S. N., Xu, F., dan Sun, R. C. (2012). Formic acid based organosolv pulping of bamboo (*Phyllostachys acuta*): Comparative characterization of the dissolved lignins with milled wood lignin. *Chemical Engineering Journal*, 179(3), 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.10.060>
- Naqvi, M., Yan, J., dan Dahlquist, E. (2010). Bioresource Technology Black liquor gasification integrated in pulp dan paper mills: A critical review. *Bioresource Technology*, 101(21), 8001–8015. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.013>
- Oktaveni, D. (2009). Lignin terlarut asam dan delignifikasi pada tahap awal proses pulping alkali. *Lignin terlarut asam dan delignifikasi pada tahap awal proses pulping alkali*, 2(2), 1–31.
- P-OkiPL1. (2018). *Stdanard Operation Procedure, Fiberline, Oki Pulp dan Paper Mill* (01 ed.; FIBERLINE, Ed.). Retrieved from P-OkiPL1-100-27-PRO-0015; WI
- Pablo Ligeró, Juan José V., de Vega, A., dan Bao, M. (2011). Delignification of *Eucalyptus globulus* saplings in two organosolv systems (formic dan acetic acid). Preliminary analysis of dissolved lignins. *Industrial Crops dan Products*, 27(1), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2007.08.008>
- Padhiyar, N., Gupta, A., Gautam, A., Bhartiya, S., Doyle, F. J., Dash, S., dan Gaikwad, S. (2010). Nonlinear inferential multi-rate control of Kappa number at multiple locations in a continuous pulp digester.

- Nonlinear Inferential Multi-Rate Control of Kappa Number at Multiple Locations in a Continuous Pulp Digester*, 16(2), 1037–1053.
<https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2006.07.003>
- Pougatch, K., Salcudean, M., dan Gartshore, I. (2013). *A numerical model of the reacting multiphase flow in a pulp digester*. 30(1), 209–230.
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2005.03.016>
- Search, H., Journals, C., Contact, A., Iopscience, M., Conf, I. O. P., dan Address, I. P. (2017). Modeling of Delignification Process of Activated Wood dan Equipment for its Implementation. *Modeling of Delignification Process of Activated Wood dan Equipment for Its Implementation*, 012009(1), 1–12. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/221/1/012009>
- Syafri, E., Kasim, A., Danalas, U., Abral, H., Danalas, U., Asben, A., dan Technology, A. (2016). *Pengembangan Digester Pulp Untuk Menghasilkan Partikel Selulosa Serat Rami Sebagai Filler Material Bionanokomposit*. 1(October), 1–10.
- Tasman, J. E., dan Berzins, V. (2012). Kappa number of pulp. In T. dan paper mag Pulp (Ed.), *Commitee TAPPI, process dan product quality division* (9th dan 10th ed., Vol. 37). Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)38857-2](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)38857-2)
- Technology Drive Canonsburg. (2013). ANSYS Fluent Theory Guide. In prohibited (Ed.), *ANSYS Fluent Theory Guide* (Vol. 15317, pp. 724–746). Retrieved from <http://www.ansys.com>
- The Fluid Group, C. (2019). Computational Fluid Dynamics (CFD) for Water, Chemical, dan Environmental Engineering. Retrieved from <https://www.fluidflowltd.com/cfd-modelling>
- Yang, T., dan Cao, JinzhYang, T., Cao, J., dan Ma, E. (2019). (2019). *Industrial Crops dan Products How does deligni fi cation in fl uence the furfurylation of wood?* 135 (December 2018), 91–98.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.019>
- Liang, L., Wei, L., Fang, G., Xu, F., Deng, Y., Shen, K., dan Tian, Q. (2019). *Spectrochimica Acta Part A: Molecular dan Biomolecular*

Spectroscopy Prediction of holocellulose dan lignin content of pulp wood feedstock using near infrared spectroscopy dan variable selection. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular dan Biomolecular Spectroscopy*, 225(3), 117515. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019>.

Line Fiber, O. pulp dan paper mill. (2019). *Parameter control cooking riv* (p. OKI-Estimated Nominal Operation Values FL1 100%A). p. OKI-Estimated Nominal Operation Values FL1 100%A. OKI: FL 1;2 OKI PULP.