

DESAIN DAN SIMULASI PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN *SUPERPRO DESIGNER*

CHE 184650 - Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh:

Giovanno Macario Purnomo (6141801017)

Abraham Zefanya (6141801105)

Pembimbing:

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Yansen Hartanto, S.T., M.T.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2022

DESIGN AND SIMULATION OF PALM OIL MILL WASTEWATER TREATMENT PLANT USING SUPERPRO DESIGNER

CHE 184650 - Research Report

Arranged to fulfill the final project in order to achieve a bachelor's degree in Chemical
Engineering

by:

Giovanno Macario Purnomo (6141801017)

Abraham Zefanya (6141801105)

Preceptor:

Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Yansen Hartanto, S.T., M.T.



**CHEMICAL ENGINEERING UNDERGRADUATE STUDY PROGRAM
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

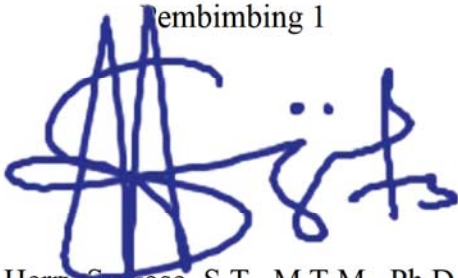
**JUDUL : DESAIN DAN SIMULASI PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN *SUPERPRO DESIGNER***

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 15 Februari 2022

Pembimbing 1



Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Pembimbing 2



Yansen Hartanto, S.T., M.T.



SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Giovanni Macario Purnomo

NPM : 6141801017

Nama : Abraham Zefanya

NPM : 6141801105

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

Desain dan Simulasi Pengolahan Limbah Minyak Kelapa Sawit Menggunakan *SuperPro Designer*

adalah hasil pekerjaan kami dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 14 Februari 2022



Giovanni Macario Purnomo
(6141801017)



Abraham Zefanya
(6141801105)

LEMBAR REVISI

**JUDUL : DESAIN DAN SIMULASI PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN *SUPERPRO DESIGNER***

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 14 Februari 2022

Penguji 1



Dr. Jenny N. M. Soetedjo, S.T., M.Sc.

Penguji 2



I Gede Pandega Wiratama, S.T., M.T.

INTISARI

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Adapun kebutuhan akan produk olahan minyak kelapa sawit di Indonesia meningkat setiap tahunnya dan membuat kapasitas produksi yang meningkat juga, mengakibatkan dihasilkannya limbah yang semakin besar. Limbah minyak kelapa sawit diketahui mengandung beban organik yang sangat tinggi dan berpotensi untuk merusak lingkungan dan biota tempat limbah dibuang. Pengolahan yang umum dilakukan untuk limbah minyak kelapa sawit biasanya dilakukan menggunakan sistem kolam (*ponding*), di mana sistem ini sederhana namun membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu proses pengolahan limbah minyak kelapa sawit yang lebih efisien diperlukan.

Parameter-parameter limbah yang diukur untuk mengkuantifikasi beban pencemaran pada limbah kelapa sawit yaitu meliputi BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, pH, dan total nitrogen. Di mana untuk menurunkan parameter-parameter tersebut, penelitian ini menyusun rangkaian unit proses yang terdiri dari *oil separation tank*, tangki netralisasi, *cooling tower*, *anaerobic digester*, *aerobic bio-oxidation*, dan *clarifier* dengan menggunakan data literatur sebagai dasar performa kerjanya.

Metodologi penelitian yang dilakukan mencakup proses desain dimensi alat serta simulasi pengolahan limbah kelapa sawit. Untuk proses desain, ukuran alat akan ditentukan berdasarkan nilai parameter debit limbah 18 m³/jam, suhu 70 °C, pH 4.3, TSS 4000 mg/l, BOD 23000 mg/l, COD 30500 mg/l, total nitrogen 550 mg/l, serta minyak dan lemak 900 mg/l dengan *guideline design* yang didapatkan dari studi literatur. Proses simulasi kemudian dilakukan dengan membuat 4 variasi nilai BOD dan COD, TSS, serta minyak dan lemak dengan peningkatan berturut-turut 1.25, 1.5, 1.75, dan 2 kali dari parameter semula untuk melihat pengaruh konsentrasi tiap parameter terhadap efisiensi *removal*-nya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancangan yang digagas menghasilkan waktu tinggal yang lebih singkat ketimbang pengolahan limbah kelapa sawit konvensional untuk mencapai baku mutu. Rancangan tetap dapat mengolah variasi COD, TSS, serta minyak dan lemak hingga mencapai baku mutu jika kandungannya mengalami fluktuasi mencapai 2 kali dari nilai semula. Pada variasi kadar BOD, rancangan hanya dapat mengolah jika kandungannya naik 1.25 kali dari semula.

Kata kunci : limbah minyak kelapa sawit, desain proses, simulasi proses, *SuperPro Designer*

ABSTRACT

Indonesia is the largest palm oil manufacturer in the world. Moreover, demands of palm oil derivative products keep on increasing every year, making its production capacity getting bigger over time, hence more waste is generated. Palm oil wastewater contains a very high organic material, and is highly dangerous to the environment and biota where the wastewater is disposed. The most common palm oil wastewater treatment is the ponding system, which is one of the most if not the simplest method, but also takes a lot of time for the wastewater to be fully treated. Therefore, a much more time-efficient and effective palm oil wastewater treatment is needed.

Wastewater parameters that are measured to quantify how polluted the wastewater is, are the value of BOD, COD, TSS, oil & grease, pH, and total nitrogen. Therefore to reduce the amount of those parameters in palm oil wastewater, this research set up processing units which consist of oil separation tank, neutralization tank, cooling tower, anaerobic digestion, aerobic bio-oxidation, and clarifier.

The scope of this research is to design and simulate palm oil wastewater treatment plant using the SuperPro Designer software. The processing units will be designed based on palm oil wastewater characteristics as follows: waste discharge of 18 m³/h, 70 °C, 4.3 pH, 4000 mg/l TSS, 23000 mg/l BOD, 30500 mg/l COD, 550 mg/l total nitrogen, 900 mg/l of oil & grease, and design guidelines that are obtained from literature study. The simulation process is then carried out by making 4 value variations of BOD and COD, TSS, and palm oil with consecutive increases from 1.25, 1.5, 1.75, to 2 times from the original values to investigate the effect of each parameter's concentration on its removal efficiency.

The results of this research show that the processing units that have been designed are able to treat the palm oil wastewater much faster than the conventional treatment plant. The simulation results show that the processing units that have been designed are able to treat COD, TSS, oil & grease even if the concentration fluctuates up to 2 times from the original values. Whilst for BOD, the processing units are only able to treat if its concentration fluctuates up to 1.25 times from its original value.

Keyword : palm oil mill effluent, process design, process simulation, SuperPro Designer

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian berjudul “Desain dan Simulasi Pengolahan Limbah Minyak Kelapa Sawit menggunakan *SuperPro Designer*” dengan baik dan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Pada penyusunan laporan ini, tentunya penulis tidak dapat menyelesaikannya dengan baik tanpa adanya bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih secara khusus kepada :

1. Bapak Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D. dan Bapak Yansen Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, dukungan, informasi, saran dan waktu yang telah diberikan selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
2. Orang tua serta keluarga penulis atas doa, dukungan dan motivasi yang diberikan baik secara moril dan material selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
3. Teman-teman penulis yang telah memberikan semangat, dukungan, saran, dan masukan untuk penulis selama proses penyusunan laporan penelitian ini.
4. Semua pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang sudah terlibat, membantu, dan mendukung proses pembuatan laporan penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis hendak meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam berkata-kata. Selain itu, penulis juga mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk menjadi bekal bagi penulis dalam pengembangan penyusunan laporan penelitian ke depannya. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan juga berharap agar laporan penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca maupun pihak lainnya.

Bandung, 14 Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tema Sentral Masalah	2
1.3. Identifikasi Masalah	2
1.4. Premis	3
1.5. Hipotesis	4
1.6. Tujuan Penelitian.....	5
1.7. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Limbah Industri	6
2.1.1. Limbah Industri Berdasarkan Jenis Polutan	6
2.1.2. Limbah Industri Berdasarkan Wujudnya.....	7
2.1.2.1. Limbah Padat.....	7
2.1.2.2. Limbah Cair.....	7
2.1.2.3. Limbah Gas	8
2.2. Limbah Kelapa Sawit	8
2.2.1. Karakteristik Limbah Industri Kelapa Sawit.....	10
2.2.1.1. BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	10
2.2.1.2. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	11
2.2.1.3. TSS (<i>Total Suspended Solids</i>)	12
2.2.1.4. pH	12

2.2.1.5. Nitrogen.....	13
2.2.1.6. Minyak dan Lemak.....	13
2.2.2. Unit Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit.....	14
2.2.2.1. <i>Oil Separation Tank</i>	14
2.2.2.2. Tangki Netralisasi.....	15
2.2.2.3. <i>Cooling Tower</i>	16
2.2.2.4. <i>Anaerobic Digester</i>	17
2.2.2.5. <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	19
2.2.2.6. <i>Clarifier</i>	21
2.3. <i>SuperPro Designer</i>	22
2.3.1 Pengenalan <i>Software SuperPro Designer</i>	22
2.3.2. Perhitungan Desain Unit Proses <i>SuperPro Designer</i>	23
2.3.2.1. <i>Oil Separation Tank</i>	23
2.3.2.2. Tangki Netralisasi (<i>Neutralization</i>).....	25
2.3.2.3. Menara Pendingin (<i>Cooling Tower</i>).....	26
2.3.2.4. <i>Anaerobic Digestion</i>	27
2.3.2.5. <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	29
2.3.2.6 <i>Clarifier</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1. Jumlah dan Komposisi Limbah Minyak Sawit.....	34
3.2. PFD Pengolahan Limbah Minyak Kelapa Sawit.....	35
3.3. Data Desain.....	37
3.4. Data Validasi.....	39
3.5. Variasi Penelitian.....	40
3.6. Baku Mutu Keluaran Limbah Minyak Sawit.....	41
3.7. Jadwal Kerja.....	42
BAB IV PEMBAHASAN.....	43
4.1. Umpan Aliran Limbah.....	43
4.2. Desain Unit Pengolahan Limbah.....	44
4.2.1. Desain Unit <i>Oil Separation Tank</i>	44
4.2.2. Desain Unit Tangki Netralisasi.....	47
4.2.3. Desain Unit <i>Cooling Tower</i>	52
4.2.4. Unit <i>Anaerobic Digester</i>	56

4.2.4.1. Validasi Unit <i>Anaerobic Digester</i>	56
4.2.4.2. Desain Unit <i>Anaerobic Digester</i>	57
4.2.5. Unit <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	59
4.2.5.1. Validasi Unit <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	59
4.2.5.2. Desain Unit <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	59
4.2.6. Unit <i>Clarifier</i>	61
4.3. Komparasi Model dengan Baku Mutu dan Pengolahan Limbah Konvensional	63
4.4. Simulasi Variasi Percobaan	64
4.4.1. Variasi Simulasi 1 (COD dan BOD)	65
4.4.2. Variasi Simulasi 2 (TSS)	66
4.4.3. Variasi Simulasi 3 (Minyak dan Lemak)	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN A SINGKATAN DAN NOMENKLATUR	74
A.1. Singkatan-singkatan	74
A.2. Nomenklatur <i>SuperPro Designer</i>	74
LAMPIRAN B PERHITUNGAN	77
B.1. Perhitungan Laju Alir Massa HCl	77
B.2. Perhitungan Laju Alir Massa Minyak	77
LAMPIRAN C KOMPOSISI LIMBAH TIAP ALIRAN	79
C.1. Umpan Limbah	79
C.2. <i>Oil Separation Tank I</i>	80
C.3. <i>Oil Separation Tank II</i>	82
C.4. <i>Neutralization Tank</i>	84
C.5. <i>Cooling Tower</i>	85
C.6. <i>Anaerobic Digestion</i>	87
C.7. <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	89
C.8. <i>Clarifier</i>	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tren Produksi CPO Negara-negara ASEAN	1
Gambar 2.1 Proses Produksi CPO Konvensional	9
Gambar 2.2. Kurva Perubahan BOD Terhadap Waktu.....	11
Gambar 2.3 Skema <i>Oil Separation Tank</i>	15
Gambar 2.4 Skema Tangki Netralisasi	15
Gambar 2.5 Skema Menara Pendingin	16
Gambar 2.6 Skema Anaerobic Digestion Senyawa Organik	18
Gambar 2.7 Skema Bio Oksidasi Aerobik	20
Gambar 2.8 Desain <i>Rectangular Clarifier</i>	21
Gambar 2.9 Tampilan Utama <i>SuperPro Designer</i>	22
Gambar 2.10 Skema <i>Oil Separation Tank</i> <i>SuperPro Designer</i>	23
Gambar 2.11 Skema Tangki Netralisasi <i>SuperPro Designer</i>	25
Gambar 2.12 Skema <i>Cooling Tower SuperPro Designer</i>	26
Gambar 2.13 Skema Reaktor <i>Anaerobic Digester SuperPro Designer</i>	27
Gambar 2.14 Skema Reaktor <i>Aerobic Bio-Oxidation SuperPro Designer</i>	29
Gambar 2.15 Skema <i>Clarifier SuperPro Designer</i>	30
Gambar 3.1 PFD Simulasi Penelitian	35
Gambar 4.1 <i>Tab</i> Komposisi Umpan Limbah	43
Gambar 4.2 <i>Tab</i> Nilai Karakteristik Umpan Limbah	44
Gambar 4.3 <i>Tab Operation Data Oil Separation Tank</i> pada <i>SuperPro Designer</i>	45
Gambar 4.4 <i>Tab Equipment Data Oil Separation Tank</i> pada <i>SuperPro Designer</i>	46
Gambar 4.5 <i>Tab Operation Conditions</i> Tangki Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	48
Gambar 4.6. <i>Tab Volumes</i> Tangki Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	49
Gambar 4.7 <i>Tab Reaction Sequence</i> Tangki Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	49
Gambar 4.8 <i>Tab Reactions</i> Tangki Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	50
Gambar 4.9 <i>Tab Equipment Data</i> Tangki Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	50
Gambar 4.10 <i>Tab Composition</i> Agen Netralisasi pada <i>SuperPro Designer</i>	51
Gambar 4.11 <i>Tab Operation Data Cooling Tower</i>	54
Gambar 4.12 <i>Tab Equipment Data Cooling Tower</i>	54
Gambar 4.13 <i>Tab</i> Laju Alir Udara pada <i>Cooling Tower</i>	55
Gambar 4.14 <i>Tab</i> Data Kinetika Lipid pada <i>Anaerobic Digester</i>	57

Gambar 4.15 <i>Tab Volumes pada Anaerobic Digester</i>	58
Gambar 4.16 <i>Tab Data Kinetika Lipid pada Aerobic Bio-Oxidation</i>	60
Gambar 4.17 <i>Tab Volume pada Aerobic Bio-Oxidation</i>	60
Gambar 4.18 <i>Tab Operation Conditions Unit Clarifier</i>	62
Gambar 4.19 <i>Tab Equipment Data Unit Clarifier</i>	62
Gambar C.1 <i>Komposisi Umpan Limbah (S-101)</i>	79
Gambar C.2 <i>Environmental Properties Umpan Limbah (S-101)</i>	79
Gambar C.3 <i>Buangan Minyak Oil Separation Tank I (S-102)</i>	80
Gambar C.4 <i>Environmental Properties Minyak Oil Separation Tank I (S-102)</i>	80
Gambar C.5 <i>Keluaran Oil Separation Tank I (S-103)</i>	81
Gambar C.6 <i>Environmental Properties Keluaran Oil Separation Tank I (S-103)</i>	81
Gambar C.7 <i>Buangan Minyak Oil Separation Tank II (S-104)</i>	82
Gambar C.8 <i>Environmental Properties Minyak Oil Separation Tank II (S-104)</i>	82
Gambar C.9 <i>Keluaran Oil Separation Tank II (S-105)</i>	83
Gambar C.10 <i>Environmental Properties Keluaran Oil Separation Tank II (S-105)</i>	83
Gambar C.11 <i>Masukan Agen Netralisasi Neutralization Tank (S-106)</i>	84
Gambar C.12 <i>Keluaran Neutralization Tank (S-107)</i>	84
Gambar C.13 <i>Environmental Properties Keluaran Neutralization Tank (S-107)</i>	85
Gambar C.14 <i>Masukan Udara Cooling Tower (S-108)</i>	85
Gambar C.15 <i>Keluaran Udara Cooling Tower (S-109)</i>	86
Gambar C.16 <i>Keluaran Cooling Tower (S-110)</i>	86
Gambar C.17 <i>Environmental Properties Keluaran Cooling Tower (S-110)</i>	87
Gambar C.18 <i>Emisi Gas Buang Anaerobic Digestion (S-111)</i>	87
Gambar C.19 <i>Keluaran Anaerobic Digestion (S-112)</i>	88
Gambar C.20 <i>Environmental Properties Keluaran Anaerobic Digestion (S-112)</i>	88
Gambar C.21 <i>Masukan Udara Aerobic Bio-Oxidation (S-113)</i>	89
Gambar C.22 <i>Emisi Gas Buang Aerobic Bio-Oxidation (S-114)</i>	89
Gambar C.23 <i>Keluaran Aerobic Bio-Oxidation (S-115)</i>	90
Gambar C.24 <i>Environmental Properties Keluaran Aerobic Bio-Oxidation (S-115)</i>	90
Gambar C.25 <i>Keluaran Clarifier (S-116)</i>	91
Gambar C.26 <i>Environmental Properties Keluaran Clarifier (S-116)</i>	91
Gambar C.27 <i>Komposisi Keluaran Sludge Clarifier (S-117)</i>	92
Gambar C.28 <i>Environmental Properties Keluaran Sludge Clarifier (S-117)</i>	92

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Premis <i>Oil Separation Tank</i>	3
Tabel 1.2 Premis Reaktor Anaerobik dan Aerobik.....	3
Tabel 1.3 Premis <i>Clarifier</i> Dengan Kedalaman Tangki 5 Ft.....	4
Tabel 2.1 Perbandingan Parameter BOD-COD-TOC.....	12
Tabel 2.2 Bilangan Oksidasi Senyawa Nitrogen	13
Tabel 2.3 Komposisi <i>Feed</i> POME.....	23
Tabel 2.4 Data Input Model <i>Oil Separation Tank</i>	24
Tabel 2.5 Data Input Tangki Netralisasi	26
Tabel 2.6 Data Input Model <i>Cooling Tower</i>	27
Tabel 2.7 Reaksi pada <i>Anaerobic Digester</i>	28
Tabel 2.8 Parameter Kinetika Simulasi <i>Anaerobic Digestion</i>	29
Tabel 2.9 Parameter Kinetika Simulasi <i>Aerobic Bio-oxidation</i>	29
Tabel 2.10 Reaksi pada <i>Aerobic Bio-oxidation</i>	30
Tabel 2.11 Data Input Model <i>Clarifier</i>	31
Tabel 2.12 Parameter Perhitungan <i>Overflow Rate Clarifier</i>	31
Tabel 3.1 Parameter Uji Limbah Kelapa Sawit	34
Tabel 3.2 Keterangan Unit Proses PFD Simulasi Penelitian	35
Tabel 3.3 Keterangan Aliran pada PFD	36
Tabel 3.4 <i>Guideline Design Oil Separation Tank</i>	37
Tabel 3.5 <i>Guideline Design Cooling Tower</i>	37
Tabel 3.6 <i>Guideline Design</i> Tangki Netralisasi	37
Tabel 3.7 <i>Guideline Design Anaerobic Digester</i>	38
Tabel 3.8 <i>Guideline Design Aerobic Bio-Oxidation</i>	38
Tabel 3.9 <i>Guideline Design Clarifier</i>	38
Tabel 3.10 Data Validasi <i>Anaerobic Digestion</i>	39
Tabel 3.11 Data Validasi <i>Aerobic Bio-Oxidation</i>	39
Tabel 3.12 Variasi Simulasi 1	40
Tabel 3.13 Variasi Simulasi 2	40
Tabel 3.14 Variasi Simulasi 3.....	41
Tabel 3.15 Baku Mutu Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit.....	41
Tabel 3.16 Rencana Kerja Penelitian.....	42

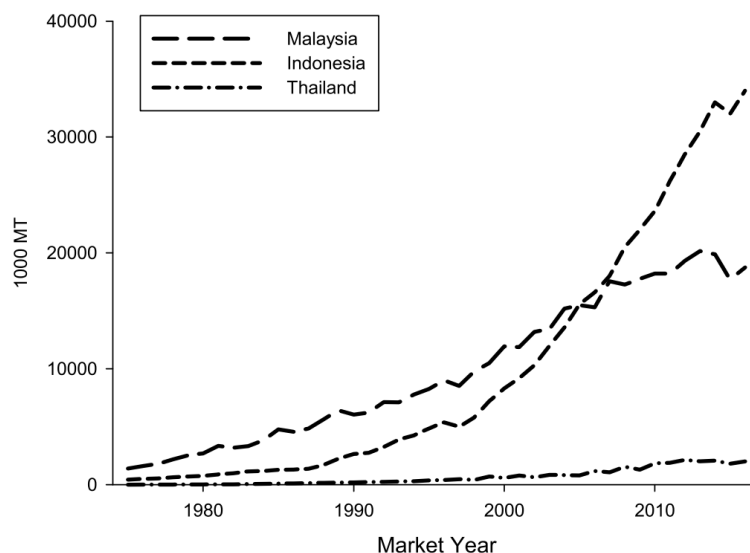
Tabel 4.1. <i>Summary Unit Oil Separation Tank</i>	46
Tabel 4.2 <i>Summary Spesifikasi Unit Tangki Netralisasi</i>	52
Tabel 4.3. <i>Summary Spesifikasi Unit Cooling Tower</i>	55
Tabel 4.4 <i>Validasi Unit Anaerobic Digester pada SuperPro Designer</i>	56
Tabel 4.5 <i>Efisiensi Removal COD Unit Anaerobic Digester</i>	58
Tabel 4.6 <i>Validasi Unit Aerobic Bio-Oxidation pada SuperPro Designer</i>	59
Tabel 4.7 <i>Efisiensi Removal COD Unit Aerobic Bio-Oxidation</i>	61
Tabel 4.8 <i>Komparasi Efluen Limbah dengan Baku Mutu</i>	63
Tabel 4.9 <i>Komparasi Waktu Pengolahan Limbah dengan Pengolahan Konvensional</i>	64
Tabel 4.10 <i>Hasil Variasi Simulasi COD</i>	65
Tabel 4.11 <i>Hasil Variasi Simulasi BOD</i>	66
Tabel 4.12 <i>Hasil Variasi Simulasi TSS</i>	66
Tabel 4.13 <i>Hasil Variasi Simulasi Minyak</i>	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditi agroindustri terbesar yang dihasilkan Indonesia, di mana pada skala global Indonesia merupakan produsen terbesar minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO) mencapai 58 % dari produksi global (US Department of Agriculture, 2019). Pada tahun 2017, Indonesia tercatat menghasilkan 36 juta ton CPO (Iskandar dkk., 2018) dan nilai ini akan terus berkembang setiap tahunnya di mana hingga tahun 2020, Indonesia diestimasi memiliki 640 pabrik kelapa sawit dengan total 13 juta hektar yang dialokasikan untuk lahan perkebunan sawit (Said dkk., 2019). Kebutuhan produk kelapa sawit terus meningkat di mana hampir seluruhnya digunakan sebagai bahan pangan, dengan sebagian kecil diperuntukkan untuk bahan kosmetik, sabun, cat, dan sebagainya (Maulinda, 2013). Program pemerintah Indonesia untuk mengoptimalkan penggunaan *biodiesel* yang bertahap dari B20, B30, hingga menuju B100 juga akan semakin meningkatkan kebutuhan akan minyak kelapa sawit untuk tahun-tahun yang akan datang (Kementerian ESDM, 2019). Adapun untuk setiap ton CPO yang diproduksi, disertai dengan dihasilkannya 3.5 ton limbah minyak sawit atau *palm oil mill effluent* (POME) (Sharifudin dkk., 2015).



Gambar 1.1 Tren Produksi CPO Negara-negara ASEAN (Iskandar dkk., 2018)

Fenomena kebutuhan akan produk olahan CPO yang terus berkembang akan membuat produsen dan hasil produksi CPO semakin banyak juga. Produksi yang semakin

banyak ini akan menghasilkan limbah dalam jumlah masif membuat potensi pencemaran lingkungan yang dapat ditimbulkan semakin meningkat. Meski limbah cair industri minyak sawit merupakan limbah berbau yang dikategorikan tidak beracun, sangat tingginya kandungan organik yang terkandung di dalamnya dapat menimbulkan pencemaran serius, dan dapat merusak lingkungan hingga mengancam kehidupan biota pada tempat limbah tersebut dibuang (Paramitadevi dan Rahmatullah, 2017). Kandungan beban organik yang tinggi ini terkuantifikasi pada kadar BOD dan COD pada POME yang nilainya sangat besar (Lok dkk., 2020). Selain nilai BOD dan COD yang tinggi, POME juga mengandung kadar minyak dan lemak yang tinggi (Sharifudin dkk., 2015). Oleh karena itu, fenomena peningkatan ini harus diiringi dengan kesadaran akan pentingnya pengolahan limbah POME yang komprehensif untuk memastikan keamanan limbah yang dibuang ke lingkungan telah memenuhi standar-standar dan baku mutu yang telah ditetapkan secara efisien dan efektif.

1.2. Tema Sentral Masalah

Peningkatan produksi CPO di Indonesia tidak disertai dengan perkembangan penelitian metodologi pengolahan limbahnya yang mumpuni. Hal ini dapat dilihat bahwa mayoritas pengolahan limbah sawit di Indonesia hanya menggunakan kolam (*digesting pond*) yang memerlukan waktu tinggal sangat lama untuk mencapai efisiensi yang tinggi. Oleh karena itu diperlukan suatu pemodelan desain unit proses pengolahan limbah sawit yang lebih efisien dan efektif untuk menurunkan beban organiknya. Permasalahan lainnya yang dihadapi yakni bahwa keluaran limbah industri bersifat fluktuatif dan untuk menyimulasikan pengolahan limbah pada skala pabrik menyesuaikan dinamika keluaran limbah akan sulit dilakukan secara langsung. Sehingga suatu model simulasi pada *software* yang valid diperlukan untuk dapat memberikan *preliminary design* pengolahan limbah.

1.3. Identifikasi Masalah

- a. Apa metodologi yang tepat untuk mengolah limbah minyak kelapa sawit hingga parameter nya memenuhi baku mutu ?
- b. Bagaimana desain proses yang optimal untuk menurunkan beban organik limbah minyak kelapa sawit sesuai dengan parameter yang diuji ?
- c. Bagaimana pengaruh variasi parameter limbah minyak kelapa sawit yang diukur terhadap efisiensi *removal*-nya pada serangkaian unit proses yang telah didesain ?

1.4. Premis

Tabel 1.1 Premis *Oil Separation Tank* (Ling dkk., 2006)

Konsentrasi Minyak (mg/L)	Q (m ³ /s)	Waktu Tinggal (min)	Efisiensi Pemisahan (%)	Hasil Percobaan
100	2.67 x 10 ⁻⁵	55	57.94	Semakin lama waktu tinggal limbah, semakin kecil debitnya, dan efisiensi pemisahan minyak dengan limbah akan semakin tinggi. Jika konsentrasi minyak dibuat lebih besar, dengan waktu tinggal dan debit yang sama, efisiensi pemisahan lebih tinggi.
	2.0 x 10 ⁻⁵	72	62.12	
	1.0 x 10 ⁻⁵	144	60.38	
	0.7 x 10 ⁻⁵	205	64.62	
	0.5 x 10 ⁻⁵	288	70.38	
1000	2.0 x 10 ⁻⁵	72	68.95	
	1.0 x 10 ⁻⁵	144	76.02	
	0.7 x 10 ⁻⁵	205	78.69	
	0.5 x 10 ⁻⁵	288	82.38	

Tabel 1.2 Premis Reaktor Anaerobik dan Aerobik

Jenis Pengolahan	OLR (kg COD/m ³ hari)	Waktu Tinggal (hari)	% COD Removal	Sumber	Hasil Percobaan
<i>Anaerobic Digester</i>	13.57	10	67.5	Pechsuth dkk., 2001	Semakin lama waktu tinggal limbah pada unit anaerobik dan aerobik % <i>removal</i> senyawa organik semakin tinggi.
	5.09	10	68	Chotwattanasak dan Puetpaiboon, 2011	
	5-7	11	71.6	Chan dkk., 2020	
<i>Aerobic Bio-oxidation</i>	1.39	7.2	88.8	Chou dkk., 2016	
	1.34	9	92.9		

Tabel 1.3 Premis *Clarifier* Dengan Kedalaman Tangki 5 Ft (Fitch, 1957)

TSS Awal (mg/L)	Overflow Rate (ft/h)	Waktu Tinggal (min)	Efisiensi Pemisahan (%)	Hasil Percobaan
	7.5	40	10	
	6.9	47	20	
	5.76	52	30	Semakin lama waktu tinggal limbah pada <i>clarifier</i> , semakin kecil <i>overflow rate</i> -nya, dan semakin besar efisiensi pemisahannya.
	5.35	56	40	
393	4.84	62	50	
	4.22	71	60	
	3.57	84	70	
	2.78	108	80	
	1.82	165	90	

1.5. Hipotesis

- Semakin lama waktu tinggal limbah pada *oil separation tank*, efisiensi pemisahan minyak dan limbah akan semakin tinggi.
- Semakin besar konsentrasi minyak pada laju alir dan waktu tinggal yang sama, efisiensi pemisahan minyak dan limbah pada *oil separation tank* akan semakin tinggi.
- Semakin lama waktu tinggal limbah pada reaktor anaerobik dan aerobik, persentase penghilangan senyawa organik semakin tinggi.
- Semakin tinggi kadar senyawa organik pada limbah yang diuji pada reaktor anaerobik dan aerobik dengan waktu tinggal dan desain yang sama, persentase penghilangan senyawa organiknya semakin rendah.
- Semakin lama waktu tinggal limbah pada *clarifier*, efisiensi *removal* padatan tersuspensi pada limbah akan semakin tinggi.
- Jika beban organik yang terkandung pada limbah dibuat menjadi lebih besar pada waktu tinggal yang sama, maka untuk mencapai efisiensi yang sama diperlukan dimensi alat yang lebih besar.

- g. Jika beban organik yang terkandung pada limbah dibuat menjadi lebih besar pada ukuran dan desain alat yang sama, maka efisiensi % *removal* akan turun.

1.6. Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui proses-proses dan metodologi pengolahan limbah minyak kelapa sawit hingga memenuhi standar baku mutu yang ada.
- b. Membuat suatu model desain pengolahan limbah kelapa sawit menggunakan *software SuperPro Designer* berdasarkan parameter limbah yang diuji.
- c. Menyimulasikan variasi parameter limbah (meliputi konsentrasi BOD, COD, TSS, serta kandungan minyak dan lemak) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi *removal* pada rangkaian unit proses.

1.7. Manfaat Penelitian

- a. Bagi industri kelapa sawit, dapat membantu memberikan gagasan rancangan proses pengolahan limbah kelapa sawit yang lebih efisien dan efektif.
- b. Bagi peneliti, dapat memperluas wawasan mengenai metodologi pengolahan limbah cair dari industri kelapa sawit, serta juga dapat membuat suatu desain dan simulasi unit pengolahan limbah pada *software*.
- c. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat melalui terjaganya lingkungan dengan terbuangnya limbah yang sudah sesuai nilai baku mutu.