TUGAS AKHIR – TK145501

INOVASI ANTIFOAM AGENT DARI MINYAK BINTARO (CARBERA MANGHAS L) DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN MODIFIKASI PEMANAS GELOMBANG MIKRO

ENDANG DIAN LESTARI
NRP. 10411500000049

ERIK PRIYANTO
NRP. 10411500000102

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, MS.

Co Dosen Pembimbing
Achmad Ferdiansyah P. P, S.T., M.T

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

TUGAS AKHIR – TK145501

INOVASI ANTIFOAM AGENT DARI MINYAK BINTARO *(CARBERA MANGHAS L)* DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN MODIFIKASI PEMANAS GELOMBANG MIKRO

ENDANG DIAN LESTARI
NRP. 10411500000049

ERIK PRIYANTO
NRP. 10411500000102

Dosen Pembimbing
Ir. Agung Subyakto, MS.

Co Dosen Pembimbing
Achmad Ferdiansyah P. P, S.T., M.T

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

FINAL PROJECT – TK145501

INNOVATION OF ANTIFOAM AGENT FROM CARBERA CRUDE OIL *(CARBERA MANGHAS L)* WITH MICROWAVE HEATING TRANSESTERIFICATION METHOD MODIFICATION

ENDANG DIAN LESTARI
NRP. 10411500000049

ERIK PRIYANTO
NRP. 10411500000102

Final Project Advisor
Ir. Agung Subyakto, MS.

Co Final Project Advisor
Achmad Ferdiansyah P. P, S.T., M.T

DEPARTMENT OF DIII CHEMICAL ENGINEERING
DEPARTMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya

2018

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
INOVASI *ANTIFOAM AGENT* DARI MINYAK BINTARO (*CARBERA MANGHAS L*) DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN MODIFIKASI PEMANAS GELOMBANG MIKRO

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Departemen Teknik Kimia Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

Endang Dian Lestari	**(NRP 10411500000049)**
Erik Priyanto	**(NRP 10411500000102)**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing	**Dosen CoPembimbing**
Ir. Agung Subyakto, M.S.	**Achmad Ferdiansyah P. P, S.T, M.T**
NIP. 19580312 198601 1 001	**NIP. 19880617 2018 03 1002**

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Kimia Industri
FV-ITS

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
TEKNIK KIMIA INDUSTRI

Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 20 JULI 2018

LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 20 Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul **"Inovasi *Antifoam Agent* Dari Minyak Bintaro (*Carbera manghus L*) dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Modifikasi Pemanas Gelombang Mikro"**, yang disusun oleh :

Endang Dian Lestari	**(NRP 10411500000049)**
Erik Priyanto	**(NRP 10411500000102)**

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T. .....
2. Ir. Elly Agustiani, M.Eng. .....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Agung Subyakto, M.S. .....
2. Achmad Ferdiansyah P.P, S.T, M.T. .....

SURABAYA, 20 JULI 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat – Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Laporan tugas akhir ini merupakan tahap akhir dari penyusunan tugas akhir yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.md) di Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS. Pada kesempatan kali ini atas segala bantuannya dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini, kami mengucapkan terimakaih kepada :

1. Bapak Ir. Agung Subyakto M.S, selaku Ketua Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
2. Bapak Ir. Agung Subyakto M.S. selaku pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T. sebagai co-dosen pembimbing yang selalu mengawasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, M.T. selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
5. Ibu Ir. Elly Agustiani, M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS.
7. Kedua orang tua kami dan orang terdekat yang selalu mendukung dan memberikan baik moril maupun materil yang tak ternilai harganya.
8. Dinas Sosial UPTD Surabaya yang telah memberi beasiswa yang mampu memperlancar dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Rekan – rekan seperjuangan angkatan 2015 atas kerjasamanya selama menuntut ilmu di Departemen Teknik Kimia Industri FV – ITS

Penyusun berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 20 Juli 2018

Penyusun

INOVASI *ANTIFOAM AGENT* DARI MINYAK BINTARO (*CARBERA MANGHAS L*) DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN MODIFIKASI PEMANAS GELOMBANG MIKRO

Nama Mahasiswa	: 1. Endang Dian Lestari	10411500000049
	2. Erik Priyanto	10411500000102
Program Studi	: Departemen Teknik Kimia Industri FV-ITS	
Dosen Pembimbing	: Ir. Agung Subyakto, MS.	
Co-Dosen Pembimbing	: Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.	

ABSTRAK

Pertumbuhan industri di Jawa Timur terus mengalami kenaikan. Di dalam proses operasi industri tersebut banyak digunakan fase liquid yang beresiko untuk terbentuknya foam yang menimpulkan dampak negatif bagi industri. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan menambahkan antifoam. Sayangnya antifoam yang ada di pasaran saat ini langka dijumpai karena produk impor sehingga memiliki harga yang relatif mahal serta mengandung surfaktan yang sulit diuraikan di alam. Oleh karena itu, dibutuhkan antifoam yang efektif dan ramah lingungan yang berasal dari alam. Salah satunya adalah dari metil ester yang banyak terkandung di dalam minyak nabati. Jenis minyak nabati yang belum banyak dimanfaatkan adalah minyak bintaro yang berasal dari biji bintaro. Pembuatan metil ester dari minyak nabati diperoleh dengan reaksi transesterifikasi. Proses transesterifikasi biasanya menggunakan pemanas konvensional sehingga membutuhkan waktu yang lama. Pengembangan proses transesterifikasi salah satunya dengan pemanas microwave yang menyebabkan proses berjalan lebih cepat karena mampu mensintesis pori-pori dari bahan baku. Pada penelitian ini dilakukan proses pengambilan minyak bintaro dengan metode pengepresan. Selanjutnya minyak bintaro dikonversi menjadi metil ester dengan inovasi penambahan gelombang mikro sebagai pemanas sehingga dapat menghasilkan metil ester dalam waktu yang lebih cepat. Selanjutnya metil ester yang didapatkan akan diuji tes ketinggian foam untuk mengetahui efektivitas antifoam yang dihasilkan. Variabel penelitian yang digunakan adalah dengan metode transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional dan transesterifikasi menggunakan pemanas microwave pada suhu 45, 50, 55, 60 dan 65°C. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa metode yang terbaik untuk menghasilkan metil ester adalah dengan metode transesterifikasi menggunakan pemanas microwave pada suhu transesterifikasi 60°C dengan hasil yield 87,11%, berhasil menurunkan foam dengan persen penurunan hingga 96,49% dan kecepatan penurunan hingga 0,38 cm/s dan biaya per gram Rp. 632,49 serta dosis penaambahan metil ester yang optimum pada metode transesterifikasi pemanas konvensional dan microwave sebesar 55 ppm.

Kata kunci: antifoam, minyak bintaro, *microwave, metil ester*.

INOVATION ANTIFOAM AGENT FROM BINTARO OIL (CARBERA MANGHAS L) WITH TRANSESTERIFICATION METHODE USED MICROWAVE HEATING MODIFICATION

Name	: 1. Endang Dian Lestari	10411500000049
	2. Erik Priyanto	10411500000102
Department	: Department Industrial Of Chemical Engineering FV-ITS	
Lecture	: Ir. Agung Subyakto, M.S.	
Co-Lecture	: Achmad Ferdiansyah P. P., S.T., M.T.	

ABSTRACT

Industrial growth in East Java continues to increase. In the process of industrial operation is widely used liquid phase is at risk for the formation of foam that infer the negative impact for the industry. The solution of this problem is to add an antifoam. Unfortunately the antifoam that is on the market today is rare because imported products so that have a relatively expensive price and contains surfactants that are difficult to describe in nature. Therefore, an effective and environmentally friendly antifoam is required. One of them is from methyl ester which is widely contained in vegetable oil. Type of vegetable oil that has not been widely used is bintaro oil derived from bintaro seeds. Preparation of methyl esters from vegetable oils is obtained by transesterification reaction. Transesterification reaction usually uses conventional heaters so it takes a long time. Development of the transesterification process is one of them with microwave heating which causes the process to run faster because it can synthesize the pores of the raw materials. In this research, bintaro oil is processed using pressing method. Furthermore, bintaro oil is converted to methyl ester by the innovation of addition of micro-wave as a heater so that it can produce methyl ester in faster time. Furthermore, methyl ester obtained will be tested foam height test to determine the effectiveness of antifoam produced. The research variables used are transesterification method using conventional heating and transesterification using microwave heater at 45, 50, 55, 60 and 65 ° C. From the result of the research, it is found that the best method to produce methyl ester is by transesterification method using microwave heater at 60 ° C transesterification temperature with yield of 87,11%, succeed to decrease foam with percent decrease until 96,49% and speed decrease up to 0.38 cm / s and cost per gram Rp. 632,49 and the optimum dose of methyl ester addition on conventional microwave and transesterification method by 55 ppm.

Keywords : *antifoams, bintaro oils, microwave, methyl ester.*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR GRAFIK ix
DAFTAR TABEL x
BAB I PENDAHULUAN
I.1 Latar Belakang Masalah I-1
I.2 Perumusan Masalah I-3
I.3 Batasan Masalah I-4
I.4 Tujuan Inovasi Produk I-4
I.5 Manfaat Produk I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
II.1 Tanaman Bintaro II-1
II.2 Minyak Bintaro II-3
II.3 Transesterifikasi II-4
II.4 Metil Ester II-7
II.5 *Foam* II-8
II.6 *Antifoam* II-9
II.7 Ekstraksi II-11
II.8 Gelombang *Microwave* II-13
II.9 *Study of the Art* II-15
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK
III.1 Bahan yang Digunakan III-1
III.2 Peralatan yang Digunakan III-1
III.3 Variabel Percobaan III-3
III.4 Variabel Uji Ketinggian Foam III-4
III.5 Prosedur Penelitian III-5
III.5.1 Tahap *Pretreatment* Biji Bintaro III-7
III.5.2 Tahap Transesterifikasi III-10
III.5.2.1 Prosedur Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional III-10

III.5.2.2 Prosedur Transesterifikasi dengan Pemanas Gelombang Mikro III-13
III.5.3 Prosedur Pemurnian Metil Ester III-16
III.6 Tahap Analisa III-18
III.7 Tempat Pelaksanaan III-22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
IV.1 Analisis Pengaruh Suhu Operasi Transesterifikasi terhadap Yield Metil Ester IV-1
IV.2 Analisis Dosis Optimum Antifoam Minyak Bintaro dalam Uji Tes Ketinggian Busa IV-5
IV.2.1 Persen Penurunan Ketinggian Busa IV-5
IV.2.2 Kecepatan Penurunan Ketinggian Busa IV-8
IV.3 Analisis Perbandingan Antifoam Minyak Bintaro dan Antifoam Agent merk "Struktol" IV-12
IV.3.1 Persen Penurunan Ketinggian Busa IV-13
IV.3.2 Kecepatan Penurunan Ketinggian Busa ... IV-15
IV.4 Analisis Perbandingan Antifoam Minyak Bintaro dan Antifoam Agent Merk "Dowfax" dan "Buckman" IV-17
IV.5 Analisis Pengaruh Proses Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional dan Pemanas Microwave terhadap Konsumsi Energi IV-19
BAB V NERACA MASSA
V.1 Tangki Pengepresan V-1
V.2 Reaktor Transesterifikasi V-3
V.3 Pemisahan V-6
V.4 Distilasi V-8
BAB VI NERACA PANAS
VI.1 Data Perhitungan VI-1
VI.2 Neraca Panas Transesterifikasi VI-5
VI.3 Neraca Panas Distilasi VI-10
BAB VII ESTIMASI BIAYA
VII.1 Peralatan *(Equiptmen)* VII-1
VII.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku VII-2
VII.3 Utilitas VII-2

VII.4 Biaya Pendukung Lainya VII-2
VII.5 *Fixed Cost*..... VII-3
VII.6 *Variable Cost* VII-3
VII.7 *Total Cost*..... VII-3
VII.8 Harga Pokok Penjualan..... VII-3
VII.9 *Break Event Point* VII-4
VII.9.1 Metode Perhitungan (Aljabar) VII-4
VII.9.2 Metode Grafik VII-5
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN
VIII.1 Kesimpulan VIII-1
VIII.2 Saran VIII-2
DAFTAR NOTASI xiii
DAFTAR PUSTAKA.....xiv
LAMPIRAN :
APPENDIKS A NERACA MASSA A-1
APPENDIKS B NERACA PANAS.....B-1
APPENDIKS C KONSUMSI ENERGI C-1
APPENDIKS D ESTIMASI BIAYA D-1
APPENDIKS E DOKUMENTASI STUDI LAPANGAN E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Pohon Buah Bintaro II-1
Gambar II.2 Biji Buah Bintaro II-2
Gambar II.3 Reaksi Transesterifikasi II-5
Gambar II.4 Reaksi Esterifikasi II-6
Gambar II.5 Gelombang *Microwave* II-13
Gambar III.1 Skema Peralatan Transesterifikasi Menggunakan Pemanas *Microwave* III-2
Gambar III.2 Proses *Pre-Treatment* Biji Bintaro III-10
Gambar III.3 Proses Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional III-13
Gambar III.4 Proses Transesterifikasi dengan Pemanas *Microwave* III-16
Gambar III.5 Proses Pemurnian Metil Ester III-18
Gambar III.6 Alat Uji Antifoam III-19
Gambar IV.1 Perbandingan Distribusi Panas dengan Menggunakan Metode Konvensional dan dengan Menggunakan*Microwave*..... IV-4

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1 Pengaruh Suhu Operasi terhadap Yield Metil Ester IV-2
Grafik IV.2 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro dari Proses Pemanasan Konvensional terhadap Persen Penurunan Busa IV-6
Grafik IV.3 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro dari Proses Pemanasan *Microwave* terhadap Persen Penurunan Busa IV-8
Grafik IV.4 Perbandingan Kecepatan Penurunan Antifoam Minyak Bintaro dari Pemanasan Konvensional IV-10
Grafik IV.5 Perbandingan Kecepatan Penurunan Antifoam Minyak Bintaro dari Pemanasan *Microwave* IV-12
Grafik IV.6 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Antifoam "Struktol" dan Minyak Bintaro terhadap Persen Penurunan Busa IV-14
Grafik IV.7 Perbandingan Kecepatan Penurunan terhadap Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, "Struktol" dan Minyak Bintaro Konvensional IV-16
Grafik IV.8 Perbandingan Waktu Penurunan terhadap Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, "Dowfax" dan "Buckman" IV-18
Grafik VII.1 Grafik *Break Event Point* (BEP) VII-6

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Karakteristik Sifat Fisika Kimia Minyak Bintaro II-3
Tabel II.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Bintaro II-3
Tabel II.3 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak.....II-4
Tabel II.4 MSDS *Halt Anti-Foaming Agent* II-9
Tabel II.5 Jenis-jenis Ekstraksi.....II-11
Tabel II.6 *Study of the Art*.....II-15
Tabel III.1 Bahan yang Digunakan..... III-1
Tabel III.2 Alat yang Digunakan..... III-1
Tabel III.3 Perbandingan Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional dan *Microwave* terhadap Variasi Suhu Transesterifikasi..... III-4
Tabel III.4 Perbandingan Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional dan *Microwave*..... III-4
Tabel III.5 Perbandingan Penambahan Antifoam Merk Dagang "Struktol" dengan Antifoam Bintaro terhadap Penurunan Busa Limbah Tetes Tebu Pabrik Gula..... III-4
Tabel IV.1 Pengaruh Suhu Operasi terhadap Yield Metil Ester IV-1
Tabel IV.2 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi Konvensional terhadap Persen Penurunan Busa ... IV-5
Tabel IV.3 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi *Microwave* terhadap Persen Penurunan Busa IV-7
Tabel IV.4 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi Konvensional terhadap Kecepatan Penurunan Busa..... IV-9
Tabel IV.5 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi *Microwave* terhadap Kecepatan Penurunan Busa..... IV-11

Tabel IV.6 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Struktol dan Minyak Bintaro terhadap Persen Penurunan Busa IV-13
Tabel IV.7 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Struktol dan Minyak Bintaro terhadap Kecepatan Penurunan Busa IV-15
Tabel IV.8 Analisis Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Antifoam "Dowfax" dan Antifoam "Buckman" terhadap Kecepatan Penurunan Busa IV-17
Tabel IV.9 Konsumsi Energi pada Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional dan Pemanas *Microwave* pada Suhu 60°C IV-19
Tabel V.1 Neraca Massa Total pada Tangki Pengepresan..... V-1
Tabel V.2 Komposisi Minyak Bintaro V-2
Tabel V.3 Komposisi Trigliserida dalam Minyak Mentah Bintaro V-2
Tabel V.4 Komposisi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Mentah Bintaro V-3
Tabel V.5 Neraca Massa Total pada Reaktor Transesterifikasi V-5
Tabel V.6 Komposisi Metil Ester V-5
Tabel V.7 Neraca Massa Tiap Komponen Transesterifikasi V-5
Tabel V.8 Neraca Massa Total pada Pemisahan V-7
Tabel V.9 Neraca Massa Tiap Komponen pada Pemisahan..... V-7
Tabel V.10 Neraca Massa Total pada Distilasi V-8
Tabel V.11 Neraca Massa Tiap Komponen pada Distilasi V-9
Tabel VI.1 Komposisi Minyak Bintaro..... VI-1
Tabel VI.2 Komponen TGS dan FFA VI-1
Tabel VI.3 Komponen Metil Ester..... VI-2
Tabel VI.4 Berat Molekul Komponen Lain VI-2
Tabel VI.5 Data Perhitungan Cp Komponen VI-2
Tabel VI.6 Perhitungan Cp pada Trigliserida Minyak Bintaro..... VI-3
Tabel VI.7 Perhitungan Cp FFA Minyak Bintaro..... VI-3
Tabel VI.8 Perhitungan Cp Metil Ester Minyak Bintaro..... VI-3
Tabel VI.9 Perhitungan Cp Komponen Lain..... VI-3

Tabel VI.10 Perhitungan ΔHf Minyak Bintaro VI-4
Tabel VI.11 Perhitungan ΔHf Komponen Lain..... VI-4
Tabel VI.12 Perhitungan ΔHf Trigliserida VI-4
Tabel VI.13 Perhitungan ΔHf Metil Ester..... VI-5
Tabel VI.14 Perhitungan ΔHf pada FFA VI-5
Tabel VI.15 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk..... VI-6
Tabel VI.16 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar..... VI-7
Tabel VI.17 Perhitungan ΔHf25 Tri Palmitat..... VI-8
Tabel VI.18 Perhitungan ΔHr Tri Palmitat..... VI-8
Tabel VI.19 Perhitungan ΔHp Tri Palmitat..... VI-8
Tabel VI.20 Perhitungan Hr Tiap Komponen VI-8
Tabel VI.21 Neraca Panas Transesterifikasi..... VI-9
Tabel VI.22 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk..... VI-10
Tabel VI.23 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar..... VI-11
Tabel VI.24 Neraca Panas Proses Distilasi VI-11
Tabel VII.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan VII-1
Tabel VII.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari VII-2
Tabel VII.3 Biaya Utilitas per Bulan VII-2
Tabel VII.4 Biaya Pendukung Lainya per Bulan VII-2
Tabel VII.5 Biaya *Fixed Cost* VII-3
Tabel VII.6 Perhitungan Biaya Penjualan..... VII-6

BAB I
PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri di Jawa Timur terus mengalami kenaikan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Jawa Timur pada tahun 2010, jumlah industri di Provinsi Jawa Timur sebanyak 726.357 unit sedangkan pada tahun 2016 sebanyak 813.140 unit. Di dalam proses operasi industri yang menggunakan fase *liquid*, terdapat fenomena yang sangat tidak diharapkan yaitu terbentuknya buih atau *foam*. Menurut Willey (1994), *foaming* adalah melarutnya fase gas ke dalam fase cairan karena proses agitasi yang menyebabkan fase gas masuk ke fase *liquid*. Dalam sebuah proses operasi, busa sangatlah tidak dikehendaki karena menjadi pemicu terjadinya "*carry over*" yang dapat mengakibatkan pencemaran. Buih juga dapat mempengaruhi kapasitas pompa pada tangki penyimpanan, pertumbuhan bakteri, pengapungan kotoran (*waste*) serta mengurangi efektivitas dari fluida (cairan itu sendiri) sehingga membutuhkan ekstra waktu untuk membersihkan tangki (memperlambat waktu dalam proses produksi). Hal inilah yang menjadi kendala dalam dunia industri sehingga membutuhkan antifoam sebagai zat tambah untuk mengurangi proses terbentuknya buih tersebut.

Produk anti foam yang ada di pasaran saat ini adalah produk impor dari luar negeri sehingga memiliki harga yang cukup mahal. Hal ini disebabkan karena produk anti foam tersebut belum dikembangkan dan diproduksi di Indonesia. Selain itu, produk antifoam yang ada dipasaran saat ini merupakan produk yang terbuat dari bahan kimia yang tidak aman bagi lingkungan. Menurut Handayani (2010), antifoam yang tersusun dari surfaktan merupakan zat aktif penurun tegangan permukaan yang memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi (diuraikan) di alam. Hal inilah yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Melihat dari kekurangan diatas, maka dibutuhkan anti foam yang dapat bereaksi dengan cepat dan tidak menimbulkan efek samping baik terhadap lingkungan maupun terhadap proses itu sendiri. Selain itu penanganannya haruslah mudah dan bersifat *biodegradable*. Menurut Willey (1994), antifoam bekerja sebagai penyetabil tegangan yang terjadi pada permukaan cairan dengan cara menyapu permukaan dan mengeringkan dinding-dinding gelembung. Dalam hal ini yang berperan menjadi zat penurun tegangan permukaan adalah metil ester yang pada umumnya terkandung di dalam minyak nabati.

Salah satu minyak nabati yang belum banyak dimanfaatkan adalah minyak bintaro. Menurut Hadayani (2010), bintaro (*Carbera manghas L*) merupakan tanaman yang mudah dijumpai di Indonesia. Biji dari pohon ini sangat potensial dijadikan metil ester dikarenakan kandungan minyak dari biji buah ini cukup tinggi yaitu 43-64%. Bintaro juga bukan merupakan tanaman pangan sehingga tidak akan berkompetisi dengan kebutuhan pangan serta tanaman ini sudah banyak di kultivasi, dijadikan tanaman reboisasi dan penghias pada tepi jalan raya.

Berbagai metode dan cara untuk membuat metil ester dari minyak nabati telah banyak dilakukan. Naik et al. (2008), menggunakan metode *Acid-Catalyzed Esterification* dan *Alkali-Catalyzed Tranesterification* untuk membuat metil ester dari minyak nabati Karanja (*Pongamia pinnata*). *Acid-Catalyzed Esterification* dan *Alkali-Catalyzed Tranesterification* merupakan metode esterifikasi dengan menggunakan katalis asam yaitu H_2SO_4 dan basa yaitu KOH. Kedua metode ini merupakan metode pembuatan metil ester yang sederhana namun memiliki kekurangan yaitu *yield* biodiesel yang rendah yaitu 17,32%. Kemudian dilakukan pengembangan ide oleh Folaranmi (2012), yang melakukan penelitian tentang metil ester dari minyak Jarak (*Jatropha circas*) dengan metode transesterifikasi tanpa proses esterifikasi dengan perbandingan mol rasio minyak dan methanol. Metode ini berhasil mendapatkan *yield* yang lebih besar yakni 90%

namun masih memiliki kekurangan yakni membutuhkan waktu yang lama yakni 105 menit. Salah satu metode pemanasan yang cukup efektif dan cepat untuk mengatasi permasalahan dalam penelitian sebelumnya adalah dengan *microwave*. Menurut Patil (2011), pemanasan dengan *microwave* untuk proses transesterifikasi menyebabkan proses berjalan lebih cepat karena mampu mensintesis pori-pori dari bahan baku.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap proses pembuatan metil ester dari minyak bintaro (*Carbera manghas L*) dengan memodifikasi proses transesterifikasi menggunakan *Microwave Assisted Transesterification* untuk mendapatkan proses yang lebih efisien dan menghasilkan *yield* yang tinggi dengan kualitas yang baik. Nantinya pengolahan metil ester dari minyak bintaro akan dimanfaatkan sebagai bahan *antifoam agent.*

I.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh suhu operasi transesterifikasi terhadap *yield* metil ester pada metode transesterifikasi dengan pemanasan konvensional dan pemanasan *microwave*?
2. Berapakah dosis yang optimum untuk penambahan antifoam bintaro dalam uji test persen penurunan busa dan kecepatan waktu penurunan busa pada limbah tetes tebu pabrik gula?
3. Bagaimanakah perbandingan antifoam dari minyak bintaro dengan antifoam merk “Struktol”, “Buckman” dan “Dowfax”?
4. Bagaimanakah pengaruh proses transesterifikasi dengan pemanasan konvensional dan pemanasan *microwave* terhadap konsumsi energi ?

I.3. Batasan Masalah

Dalam inovasi antifoam minyak bintaro ini, dilakukan pembatasan masalah dengan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Bahan yang digunakan adalah biji buah bintaro (*Carbera manghas L*).
2. Produk yang dibuat adalah *antifoam agent*.
3. Pembanding produk antifoam pembanding yang digunakan adalah merek dagang "Struktol", "Buckman", "Dowfax"dan limbah yang dianalisis adalah limbah tetes tebu pabrik gula.
4. Uji test antifoam yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode standar dari *Momentive* yang diterbitkan oleh *22 Corporate Woods Boulevard USA* pada tahun 2012.

I.4. Tujuan Inovasi Produk

Tujuan inovasi antifoam minyak bintaro ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh suhu operasi transesterifikasi terhadap *yield* metil ester pada metode transesterifikasi dengan pemanasan konvensional dan pemanasan *microwave*.
2. Mengetahui dosis yang optimum untuk penambahan antifoam bintaro dalam uji test persen penurunan busa dan kecepatan waktu penurunan busa pada limbah tetes tebu pabrik gula.
3. Menganalisis cara untuk mengetahui perbandingan antifoam dari minyak bintaro dengan antifoam merk "Struktol", "Buckman" dan "Dowfax".
4. Mengetahui pengaruh proses transesterifikasi dengan pemanasan konvensional dan pemanasan *microwave* terhadap konsumsi energi

I.5 Manfaat Produk

Manfaat dari inovasi antifoam minyak bintaro ini adalah:

1. Mendapatkan metil ester dari minyak bintaro dengan *yield* dan kualitas yang optimum sebagai bahan antifoam agent.
2. Data hasil penelitian ini akan berguna dalam pengembangan metode transesterifikasi dari bahan-bahan yang lain.
3. Sebagai alternatif produk antifoam yang tanpa efek samping, *biodegradabel* serta aman bagi lingkungan, memiliki efisiensi dan efektivitas yang cukup tinggi.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

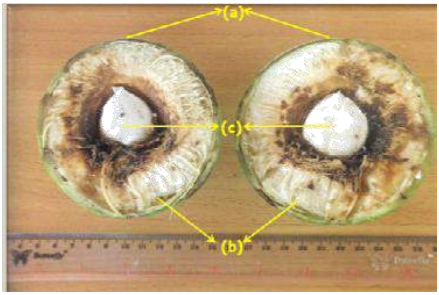
II.1 Tanaman Bintaro

Gambar II.1 Pohon Buah Bintaro

Pohon Bintaro termasuk tumbuhan *mangrove* yang berasal dari daerah tropis di Asia, Australia, Madagaskar, dan kepulauan sebelah barat Samudera Pasifik yang ditunjukkan pada **Gambar II.1**. Pohon ini memiliki nama yang berbeda di setiap daerah, seperti Othalanga Maram dalam bahasa Malaya yang digunakan di Kerala, India Arali Kattu di negara bagian selatan India Tamil Nadu, Samanta atau Tangena di Madagaskar, dan Bintaro atau Nyan di Asia Tenggara *(Gailardest J, 2004)*.

Menurut Tjitrosoepomo (2007), kedudukan tanaman bintaro dalam sistematika taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut :

Kingdom	= *Plantae*
Divisi	= *Spermatophyta* (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	= *Angiospermae* (berbiji tertutup)
Kelas	= *Dicotyledone* (biji berkeping satu)
Ordo	= *Contortae*



Gambar II.2 Biji Buah Bintaro

Menurut Adrian (2009), buah bintaro terdiri atas 8% biji dan 92% daging buah seperti yang ditunjukkan pada **Gambar II.2**. Bijinya terdiri dari 14% cangkang dan 86% daging biji. Biji bintaro mengandung minyak antara 35-60% dibandingkan dengan biji jarak yang 14% dan kelapa sawit 20%. Semakin kering biji bintaro semakin banyak kandungan minyaknya. Minyak ini termasuk jenis minyak non pangan, diantaranya mengandung asam palmitat (22,1%), asam stearat (6,9%), asam oleat (54,3%), dan asam linoleat (16,7%).Tanaman Bintaro memiliki banyak sekali manfaatnya walaupun tanaman Bintaro memiliki racun *ceberin* yang berbahaya. Berikut ini adalah kegunaan dari tanaman Bintaro antara lain :

a. Pohon Bintaro dapat dijadikan pohon penghias dan pohon penghijauan penyerap karbondioksida.
b. Biji dari Pohon Bintaro dapat diekstrak menjadi minyak yang dapat digunakan sebagai energi alternatif (biodiesel) dan untuk membuat lilin.
c. Tanaman Bintaro merupakan penyusun hutan mangrove yang bisa menahan arus laut apabila terjadi tsunami.
d. Buahnya dapat digunakan untuk mengusir tikus.
e. Ekstrak dari daun Bintaro dapat menghambat aktivitas jamur *Candida ablican.* Ampas kering buah bintaro (daging dan biji buah) dapat diolah menjadi briket

II.2 Minyak Bintaro

Rendemen minyak mentah biji bintaro yang dihasilkan dengan pengepresan sistem hidraulik manual sebesar 38,78% dengan penampakan fisik minyak berwarna kuning agak gelap seperti yang ditunjukkan pada **Tabel II.1**. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyaknya kandungan *gum* (getah) atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, karbohidrat dan resin yang terkandung dalam minyak mentah (*crude oil*). Hasil penelitian Sudradjat et al. (2012) menunjukkan rendemen minyak bintaro berkisar antara 36-41% dengan 2 kali penempaan. Rendemen minyak bintaro ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan rendemen minyak jarak pagar (*Jathropa curcas*) yang berkisar 29-48% dengan 3 kali.

Tabel II.1 Karakteristik Sifat Fisika Kimia Minyak Bintaro

No.	Parameter	Satuan	Hsil	SNI
1.	Densitas	kg/m^3	910	850-890
2.	Viskositas	mm^2/s	6,63	2,3 - 6,0
3.	Kadar air	%	2,48	Maks 0,05
4.	Bilangan Iod	g I_2/100	74,10	Maks. 115
5.	Rendemen	%	38,78	-
6.	Warna		Kuning agak gelap	-

Tabel II.2 Komposisi Asam Lemak Minyak Bintaro

No.	Komponen	Minyak Mentah Bintaro
1.	Asam Palmitat (C16:0)	19,58
2.	Asam Stearat (C18)	3,13
3.	Asam Oleat (C18:1)	14,19
4.	Asam Linoleat (C18:2)	0,19
5.	Asam Linolenat (C18:3)	38,3

Tabel II.3 Komposisi Asam Lemak Minyak Jarak

No.	Komponen	Minyak Mentah Bintaro
1.	Asam Miristat (C14:0)	22,7
2.	Asam Stearat (C18)	4,12
3.	Asam Oleat (C18:1)	7,88
4.	Asam Linoleat (C18:2)	0,11
5.	Asam Laurat (C15:3)	14,3

Komposisi asam lemak minyak bintaro didominasi oleh kandungan asam lemak seperti asam oleat, asam palmitat, asam linoleat seperti yang ditunjukkan pada **Tabel II.2**. Kandungan asam lemak yang dominan pada minyak mentah bintaro merupakan asam lemak jenuh berupa asam palmitat sebesar 19,68%. Asam lemak tak jenuh berupa asam linolenat 38,3% dan asam oleat 14,19%. Kandungan asam palmitat dan asam oleat minyak mentah bintaro lebih tinggi dibandingkan minyak mentah jarak pagar dan nyamplung. Untuk kandungan asam linoleat minyak mentah bintaro lebih rendah dibandingkan jarak pagar dan nyamplung *(Djeni, 2015)*.

II.3 Transesterifikasi

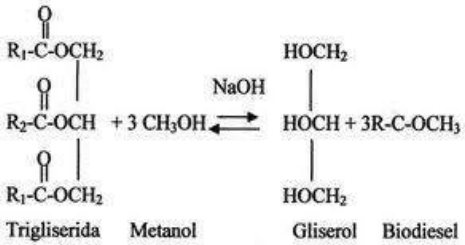
Proses Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti methanol atau ethanol menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty acids Methyl Esters* / FAME) dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Proses transesterifikasi banyak digunakan dalam produksi metil ester dari bahan biomassa yang berbeda. Prosesnya terdiri dari dua tahap yaitu, esterifikasi asam dan transesterifikasi alkali dengan langkah 1 esterifikasi asam, dimana esterifikasi asam mengurangi nilai FFA dari minyak yang tidak disuling menggunakan katalis asam. Langkah 2 yaitu alkali trans-esterifikasi, dimana setelah menghilangkan ketidakmurnian

dari langkah 1 transesterifikasi menjadi monoester asam lemak dengan menggunakan katalis alkali *(Prafulla, 2011)*.

Katalis yang digunakan natrium hidrosida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Esterifikasi adalah proses yang menghasilkan metil ester asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (methanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam, biasanya asam sulfat (H_2SO_4) atau asam fosfat (H_3PO_4).

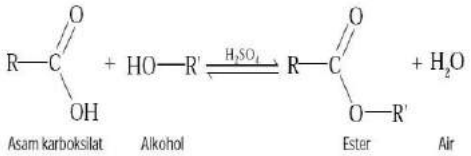
Proses esterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA diats 5%. Jika minyak berkadar FFA tinggi (>5%) langsung ditransesterifikasi dengan katalis basa maka FFA akan bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Terbentuknya sabun dalam jumlah yang cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dari metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian. Jadi esterifikasi digunakan sebagai proses pendahuluan untuk mengkonversikan FFA menjai metil ester sehingga mengurangi kadar FFA dalamminyak nabati dan selanjutnya ditransesterifikasi dengan katalis basa untuk mengkonversikan trigliserida menjadi metil ester.

Proses transesterifikasi membutuhkan bantual alkohol rantai pendek untuk mendapatkan *methyl ester* dan gliserol seperti yang ditunjukkan pada **Gambar II.3**. Berikut reaksi yang terjadi pada proses transesterifikasi :



Gambar II.3 Reaksi Transesterifikasi

Menurut Freedman (1984), proses transesterifikasi dipengaruhi oleh berbagai faktor tergantung kondisi reaksinya. Faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain yaitu kandungan air dan asam lemak bebas yang terkandung pada minyak, jenis katalis dan alkohol yang digunakan, suhu dan lamanya reaksi. Minyak nabati yang memiliki asam lemak bebas yang rendah dapat langsung dikonversi menjadi methyl ester melalui proses transesterifikasi. Minyak yang memiliki asam lemak bebas tinggi serta mengandung air dari 0,3% dapat menurunkan rendemen transesterifikasi minyak. Minyak dengan asam lemak bebas yang tinggi perlu memerlukan 2 tahap reaksi, yaitu dengan mengesterifikasi dahulu dengan melibatkan katalis asam. Proses reaksi esterifikasi yang berasal dari asam lemak dan alkohol diubah menjadi metil ester dimana seperti yang ditunjukkan pada **Gambar II.4**. Berikut reaksi esterifikasi:



Gambar II.4 Reaksi Esterifikasi

Pada proses transesterifikasi membutuhkan katalis yang berfungsi mempercepat laju pembentukan ester. Katalis yang pada umumnya digunakan pada proses transesterifikasi berupa asam yaitu HCl dan H_2SO_4 atau menggunakan katalis basa $NaOCH_3$, KOH dan NaOH. Transesterifikasi menggunakan katalis asam berlangsung tanpa air. Alasan tidak menggunakan air adalah agar yield yang didapatkan tidak menurun. Selain itu adalah asam karboksilat dapat terbentuk oleh reaksi karboskdi tahap II dengan adanya air dalam campuran reaksi. Transesterifikasi menggunakan katalis basa lebih cepat daripada tranesterifikasi menggunakan katalis asam. Penggunaan katalis basa berlangsung lebih lama karena reaksi yang terjadi berlangsung searah. Namun tidak semua

penggunaan katalis basa dapat berlangsung sempurna, yang membuat reaksi transesterifikasi dapat berlangsung secara sempurna adalah kondisi minyak yang dalam keadaan netral. Pada umumnya katalis yang digunakan NaOH dan KOH karena kedua katalis tersebut menghasilkan konversi yang tinggi dengan konsentrasi yang lebih besar. Dari reaksi hidroksida dengan alkoholakan menghasilkan sejumlah air. Air yang dihasilkan mengakibatkan hidrolisa ester meningkat. (*Prafulla, 2011*).

II.5 Metil Ester

Metil ester dapat dihasilkan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi trigliserida minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak kedelai, dan lainnya. Transesterifikasi berfungsi untuk menggantikan gugus alkohol gliserol dengan alkohol sederhana seperti metanol atau etanol. Umumnya katalis yang digunakan adalah sodium metilat, NaOH atau KOH. Molekul trigliserida pada dasarnya merupakan triester dari gliserol dan tiga asam lemak. Transformasi kimia lemak menjadi metil ester melibatkan transesterifikasi gliserida dengan alkohol membentuk alkil ester. Di antara alkohol yang mungkin, metanol lebih disukai karena berharga lebih murah (Lotero *et al., 2004;* Meher *et al.,* 2005*)*.

Definisi metil ester menurut SNI (04-7182-2006) adalah ester lemak yang dibuat melalui proses esterifikasi asam lemak dengan metil alkohol, berbentuk cairan. Syarat mutu metil ester sebagai biodiesel dapat dilihat pada Tabel 3. Metil ester memiliki sifat tidak korosif (seperti halnya asam lemak nabati), lebih tahan terhadap oksidasi dan tidak mudah berubah warna (Darnoko *et al.,* 2001).

Kualitas metil ester dipengaruhi oleh: kualitas minyak(*feedstock)*, komposisi asam lemak dari minyak, proses produksi dan bahan lain yang digunakan dalam proses dan parameter pasca-produksi seperti kontaminan (Gerpen, 2004).

Kontaminan tersebut diantaranya adalah bahan tak tersabunkan, air, gliserin bebas, gliserin terikat, alkohol, FFA, sabun, residu katalis (Gerpen, 1996).

II.6 Foam

Busa adalah massa gelembung yang terbentuk saat gas didispersikan menjadi cairan dan dispersi distabilkan. Film kekuatan tinggi dari cairan mengelilingi gelembung, membentuk sejumlah besar busa. Sementara penyebab busa permasalahan dalam kimia fisik, dimana keberadaannya menghadirkan masalah serius dalam pengoperasian proses industri, pengisian, pengangkutan dan kualitas produk jadi. Jika tidak dikontrol dengan baik, busa dapat mengurangi kapasitas peralatan dan meningkatkan waktu dan biaya proses. Biasanya busa terjadi dalam proses pencampuran atau pencampuran, refluks dan distilasi, filtrasi dan pengisian. Busa dapat dicirikan sebagai dispersi kasar gas dalam cairan, di mana gas adalah fase utama volume. Busa, atau lamina cairan, akan cenderung untuk kontak karena ketegangan permukaannya, dan tegangan permukaan rendah dengan demikian akan diharapkan menjadi kebutuhan yang diperlukan untuk kebaikan properti pembentukan busa. Selanjutnya, agar dapat menstabilkan lamina, harus mampu mempertahankan sedikit perbedaan ketegangan di nya berbeda daerah. Oleh karena itu, juga jelas bahwa cairan murni, yang memiliki tegangan permukaan yang konstan, tidak bisa memenuhi persyaratan ini. Stabilitas busa atau gelembung seperti telah terkait dengan monomolecular struktur film dan stabilitas *(Adamson, 1990)*.

Untuk menghasilkan busa, permukaan film cairan tipis harus distabilkan oleh lapisan surfaktan, polimer atau partikel. Inilah sebabnya mengapa cairan murni tidak pernah memiliki busa. Busa selalu disertai dengan peningkatan luas antarmuka. Dengan demikian, dalam arti termodinamika busa pada dasarnya tidak stabil dan memiliki sifat cepat atau lambat hancur. Busa dapat dikendalikan dengan membuat perubahan

mendasar dalam proses itu sendiri atau dengan menggunakan peralatan penghilang busa mekanis. Namun, agen pengendali busa kimia telah terbukti menjadi solusi paling serbaguna, efektif dan ekonomis untuk masalah ini. Untuk banyak aplikasi agen pengendali busa silikon sesuai dengan semua persyaratan ini secara efektif. Karena penghancuran busa yang efisien bahkan pada tingkat penutupan yang sangat rendah, harganya sangat kompetitif *(Farn,2006).*

II.7 Antifoam

Antifoams atau inhibitor busa biasanya ditambahkan ke larutan pembusaan sebelum pembentukan busa dan bertindak untuk mencegah pembentukan busa yang berlebihan. Sebaliknya, defoamers atau busa dengan tujuan utama untuk menginduksi keruntuhan busa yang cepat. Aktivitas antifoam sangat bergantung pada penghalang masuk, yang mengindikasikan betapa sulitnya bagi entitas antifoam yang terdesain untuk menembus antarmuka air-gas dan muncul di permukaan larutan. Antifoam atau defoamer terdiri dari minyak, partikel padat hidrofobik atau campuran keduanya. minyak nonpolar (minyak mineral, minyak silikon) dan minyak polar (alkohol lemak dan asam, alkil amina, alkil amida, trybhutyl phospate, dan banyak lainnya) telah berhasil digunakan seperti yang ditunjukkan pada **Tabel II.4**. Partikel padat bisa bersifat anorganik (silika, al_2o_3, tio_2) atau polimer.

Berdasarkan *Material Safety Data Sheet* dengan nama produk *Halt Anti-Foaming Agent* tersusun dari :

Tabel II.4 MSDS *Halt Anti-Foaming Agent*

Komponen	Jumlah (%)
Polysiloxanes	17,4
Plant oil	5
Silicic acid	2

Busa biasanya timbul dari bahan baku atau bahan penolong didalam proses pabrikasi bubur kayu dan kertas, tekstil dan makanan. Dalam hal ini tidak hanya mutu produk yang dipengaruhi, tetapi juga peralatan atau mesin dikurangi dalam kaitan dengan busa. Pencemaran busa dapat menyebabkan berbagai permasalahan yang sangat buruk mempengaruhi produktifitas. Proses produksi dan *waste water* perawatan dimana permasalahan busa yang sering terjadi dibawah ini :

a. Proses Pembuatan Pulp
   Ada beberapa proses untuk memproduksi kertas dimana KP (Kraft Bubur kayu) adalah yang paling umum digunakan. Didalam proses ini, bubur kayu diproduksi oleh kayu masakan memotong dengan suatu solusi yang dicampur dari sulfida sodium dan air soda coustic. Selama pencucian dan penyulingan, busa yang timbul disebabkan oleh reaksi tersebut. Proses pembuatan pulp tersebut melibatkan suatu temperatur tinggi (80 – 90 ^{o}C) yang bersifat alkali tinggi (pH sekitar 12) dimana kondisi tersebut dapat menimbulkan busa. Masalah yang dapat diakibatkan oleh timbulnya busa tersebut adalah berkurangnya efisiensi pencucian.
b. Proses Pembuatan Kertas
   Busa dapat menyebabkan proses pembuatan kertas mempunyai mutu yang rendah. Busa bubur kayu dapt mengurangi mutu produk tersebut atau menyebabkan suatu retakan dengan kertas proses.
c. Industri Makanan
   Busa cenderung disebabkan oleh protein dan sukrosa yang digunakan sebagai bahan baku didalam makanan misalnya pada proses pembuatan tahu dan produksi susu.
d. Industri Peragian
   Busa menjadi suatu masalah disterilisasi pada produksi minuman keras, amino cuka, cuka gultamik, penisilin

dan lain-lain. Busa dapat membawa pengaruh kurang baik pada proses produksi.

e. Karet Sintesis dan Industri Damar Buatan
Karet sintesis, polivinil klorid dan polivinil asetat diproduksi secara emulsi polierasasi, dimana banyak surfaktan digunakan dan berbusa. Permasalahan busa ditemui bahkan diproses pembuatan metal (besi baja, mobil) dan pada industri petrokimia.

II.8 Ekstraksi

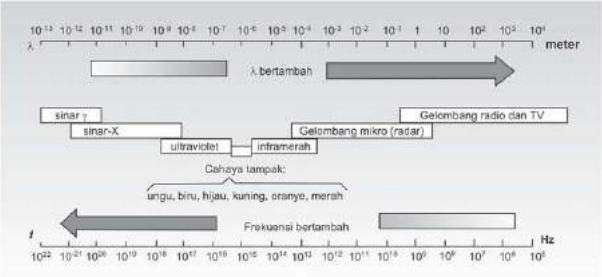
Menurut Mukhriani (2014), ekstraksi merupakan proses pemisahan bahan dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa dalam pelarut dengan konsentrasi dalam sel tanaman. Pemilihan metode ekstraksi tergantung pada sifat bahan dan senyawa yang akan diisolasi. Jenis-jenis metode ekstraksi yang dapat digunakan adalah sebagai mana **Tabel II.5.**

Tabel II.5 Jenis- jenis Ekstraksi

Jenis ekstraksi	**Maserasi**	**Ultrasond-Assisted Solvent Extraction**	**Perkolasi**	**Soxhlet**
Prinsip Kerja	Serbuk tanaman dan pelarut ditempatkan pada wadah inert tertutup pada suhu kamar. Proses ekstraksi dihentikan ketika tercapai kesetimbangan antara konsentrasi senyawa	Merupakan metode maserasi yang dimodifikasi dengan menggunakan bantuan ultrasound (sinyak berfrekuensi tinggi 20 Hz) . wadah yang bersi serbuk	Serbuk sampel dibasahi secara perlahan dalm sebuah perkolator (wadah silinder yang dilengkapi dengan kran pada bagian	Serbuk ditempatkan pada sampel dalam sarung selulosa (dapat digunakan kertas saring) dalam klonsong yang ditempatkan di atas labu

	dalam pelarut dengan konsentrasi dalm sel tanaman.setelah proses ekstraksi, pelarut dipisahkan dari sampel, dengan penyaringan.	sampel ditempatkan dalam wadah ultasond. Hal ini dilakukan untuk memberikan tekanan mekanik pada sel sehingga menghasilkan rongga pada sampel.	bawahnya). Pelarut ditambahkan pada bagian atas serbuk sampel dan dibiarkan menetes perlahan kebawah.	dan di bawah kondensor. Pelarut dimasukkan ke dalam labu dan suhu penangas diatur di bawah suhu *reflux*
Kelebihan	Dapat menghindari dari rusaknya senyawa senyawa yang bersifat termolabil	Kerusakan sel dapat menyebabkan peningkatan kelarutan senyawa dalam pelarut dan meningkatkan hasil ekstraksi.	Sampel selalu dialari oleh pelarut yang baru	Proses ektraksi kontinyu, sampel terekstraksi oleh pelarut murni hasil kondensasi sehingga tidak membutuhkan banyak pelarut dan tidak memakan waktu
Kekurangan	Membutuhkan waktu yang lama, pelarut yang digunakan cukup banyak dan besar, kemungkinan beberapa senyawa hilang.		Jika sampel dalam percolator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau seluruh area.	Senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi *(Mukhriani, 2014)*

II.9 Gelombang Microwave



Gambar II.5 Gelombang Microwave

Daerah gelombang mikro pada spektrum elektromagnetik terletak di antara radiasi infra merah dan frekuensi radio dengan panjang gelombang 1 cm - 1 m dan frekuensi 30 GHz – 300 MHz yang disajikan pada **Gambar II.5**. Pada oven *microwave* komersial biasanya digunakan frekuensi 2450 MHz dengan panjang gelombang 12 cm. Meskipun pada oven *microwave* terdapat lubang-lubang berdiameter kecil di sisinya, gelombang mikro tersebut tidak akan mampu melewatinya selama diameter lubang tersebut masih jauh di bawah panjang gelombangnya. Oleh sebab itu kemungkinan lolosnya energi ke lingkungan menjadi sangat kecil. Gelombang mikro dihasilkan dari dua medan *perpendicullar* yang berosilasi misalnya medan listrik dan medan magnet *(Kurniasari et al., 2008)*.

Menurut Kurniasari et al. (2008), pada dasarnya *microwave* terbagi menjadi empat komponen dasar, yakni:

1. Generator *microwave*: magnetron, komponen yang menghasilkan energi gelombang mikro
2. Pengarah gelombang (*waveguide*), komponen ini akan mempropagasi gelombang mikro dari sumbernya ke *cavitymicrowave*

3. Aplikator, merupakan ruangan bagi umpan
4. Sirkulator, komponen ini menyebabkan gelombang mikro bergerak kea rah depan.

Prinsip pemanasan menggunakan gelombang mikro adalah bedasarkan tumbukan langsung dengan material polar atau *solvent* dan diatur oleh dua fenomena yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol.Dalam sebagian besar kasus, kedua fenomena tersebut berjalan secara simultan. Konduksi ionik mengacu pada migrasi elektrophoretik ion dalam pengaruh perubahan medan listrik. Resistansi yang ditimbulkan oleh larutan terhadap proses migrasi ion menghasilkan friksi yang akan memanaskan larutan. Rotasi dipol merupakan pengaturan kembali dipol-dipol molekul akibat medan listrik yang terus berubah dengan cepat. Proses pemanasan hanya akan terpengaruh pada frekuensi 2450 MHz. Komponen elektrik gelombang berubah 4-9 10^4 kali perdetik *(Kurnial, 2008)*.

Salah satu sumber yang dapat menghasilkan panas dalam waktu cepat dan memiliki fungsi kontrol suhu yang sangat baik adalah penggunaan gelombang mikro *(microwave)*.Penggunaan gelombang mikro sebagai sumber energi alternatif ini merupakan terobosan baru yang dapat membuat waktu destilasi menjadi jauh lebih cepat.Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul-molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa

inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan di dalam *microwave (Kurniasari et al., 2008)*.

Dari penjelasan di atas, pemanasan menggunakan *microwave* melibatkan tiga kali konversi energi, yaitu konversi energi listrik menjadi energi elektromagnetik, konversi energi elektromagnetik menjadi energi kinetik, dan konversi energi kinetik menjadi energi panas. Proses pemanasan menggunakan *microwave* berlangsung mulai dari luar permukaan bahan. Selanjutnya pemanasan akan berlangsung secara konduksi sehingga bagian dalam bahanpun akan turut terpanaskan *(Kurniasari et al., 2008)*.

II.10 Study of The Art (Studi Hasil Penelitian Sebelumnya)

Berikut adalah tabel perbandingan dari penelitian yang dilakukan sebelumnya :

Tabel II.6 Study of The Art

Metode	Penulis	Tahun	Variabel	Hasil
Sulfuric Acid and Microwave Irradiation (Assisted Transesterification) Process	Prafulla D. Patil, dkk	**2011**	1. Rasio molar Methanol-Minyak : 6:1 ; 9:1 ; 12:1 dan 15:1 2. Jenis Katalis : BaO dan KOH 3. Konsentrasi Katalis : 1% ; 1,5% ; 2%	1. Jenis Katalis KOH : Yield terbesar 92% ada pada konsentrasi KOH 2%, rasio methanol-minyak 9:1 2. Jenis Katalis BaO : Yield terbesar 96% ada pada konsentrasi BaO 2%, rasio methanol-minyak 12:1

Transesterifikasi	Josua Folaranmi	**2012**	1. Rasio molar Methanol-Minyak : 3:1 ; 4:1 ; 5:1; 6:1 ; 7:1 dan 8:1 2. Temperatur : 20; 30; 40; 50 dan 60°C 3. Berat katalis NaOH : 0,21; 0,23; 0,25; 0,27 dan 0,3 gram	1. Yield terbesar 80% didapatkan dari variabel mol rasio methanol-minyak 8:1 2. Yield terbesar 90% didapatkan dari variabel temperatur 50°C 3. Yield terbesar 75% didapatkan dari variabel berat katalis NaOH 0,25 gram
Transesterifikasi	Malaya Naik	**2008**	Katalis alkali : 6,5; 9,9; 20; 40 mgKOH/gram	1. Penurunan Acid Value tercepat ada pada variabe 6,5 mgKOH/gram dengan waktu 60 menit sudah konstan nilai acid valuenya 3 mgKOH/gram
Transesterifikasi in situ	Yang Liu	**2017**	1. Temperatur : 60; 70 dan 80°C 2. Konsentrasi H_2SO_4 buat esterifikasi : 5; 10; 15 dan 20% 3. Waktu : 3; 4; 5; 6; 7; 10; 12 dan 17 jam	1. Temperatur 70°C menghasilkan Yield terbesar yaitu 17% dengan acid value 0,8 mgKOH/gram biodiesel 2. Konsentrasi H_2SO_4 20%

				menghasilkan Yield terbesar yaitu 17,32% 3. Waktu 12 jam menghasilkan Yield terbesar yaitu 17,08%

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III
METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut :

Tabel III.1 Bahan yang digunakan

No	Bahan	Jumlah
1.	Antifoam merek dagang “Struktol”	1050 ppm
2.	Antifoam merek dagang “Buckman”	1050 ppm
3.	Antifoam merek dagang “Dowfax”	1050 ppm
4.	Biji bintaro	2 kg
5.	NaOH	150 mL
6.	Limbah tetes tebu pabrik gula	15 L
7.	Metanol	6,75 L

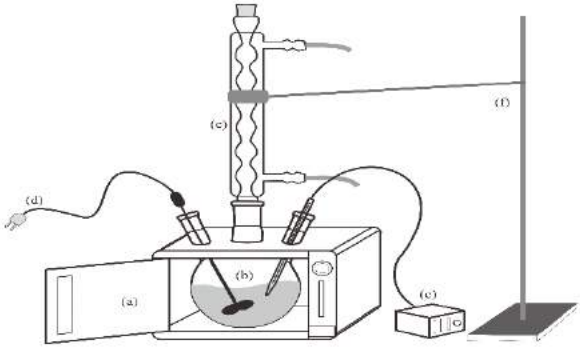
III.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan inovasi ini diantaranya sebagai berikut :

Tabel III.2 Alat yang digunakan

No	Alat	Jumlah
1.	Alat pengepresan	1 unit
2.	Alat uji tes antifoam	1 unit
3.	Beaker Glass 1000 ml	2 unit
4.	Gelas Ukur 1000 ml dan 10 ml	2 unit
5.	*Hot plate (waterbath)*	1 unit
6.	Kondensor	1 unit
7.	Labu leher tiga	2 unit
8.	*Microwave*	1 unit
9.	Pipet tetes	2 unit
10.	Statif dan klem holder	2 unit
11.	*Electric Stirrer*	1 unit
12.	*Thermo Couple*	1 unit

Metode yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rancangan alat penelitian seperti pada **Gambar III.1** di bawah ini:



Gambar III.1 Skema Peralatan Transesterifikasi Menggunakan Pemanas *Microwave*

Berikut ini keterangan dari **Gambar III.1** yaitu:

a. *Microwave*
b. Labu Leher Tiga
c. Kondensor
d. *Electric Strirrer*
e. *Thermo Couple*
f. Statif dan Klem

Penjelasan dari peralatan percobaan transesterifikasi dengan menggunakan pemanas microwave adalah sebagai berikut :

a. *Microwave*

Microwave berfungsi sebagai pemanas dalam proses transesterifikasi antara minyak bintaro dengan metanol.

Spesifikasi :

- Merk : Electrolux EMM2308X
- Daya *output* : 450 Watt
- Frekuensi : 2450 MHz
- Panjang gelombang : 24 cm

b. Labu Leher Tiga

Labu leher tiga berfungsi sebagai wadah tempat bereaksinya antara methanol dan minyak bintaro.

c. Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat yang mengubah fase vapor dari methanol yang menguap agar menjadi fase liquid lagi dan tidak menguap keatas sehingga tidak terjadi kehilangan masa dari methanol dan dapat bereaksi dengan minyak biji bintaro menjadi methyl ester.

d. *Electric Stirrer*

Electric stirrer berfungsi sebagai pengaduk agar methanol bercampur dan bereaksi sempurna dengan minyak bintaro.

e. *Thermo Couple*

Thermo couple berfungsi sebagai alat pengendali suhu agar tidak terjadi *overheating* dalam proses pengambilan.

Spesifikasi :

- Tipe Sensor : Thermocouple type K
- Tipe Controller : Autonics TC4S-14R
- Power Supply : 100 – 240 VAC 50/60 Hz

f. Statif dan Klem

Statif dan klem berfungsi sebagai penyangga kondensor.

III.3 Variabel Percobaan

Kondisi operasi pada saat pelaksanaan penelitian yaitu sebagai berikut :

- Tekanan operasi sebesar 1 atm.
- Waktu operasi :
  a. Pemanas konvensional : 105 menit
  b. Pemanas *microwave* : 6 menit

Variabel percobaan yang digunakan dalam inovasi ini, yaitu :

1. Membandingkan metode transesterifikasi yang digunakan yaitu dengan pemanas konvensional *(hotplate)* dan pemanas *microwave*.
2. Suhu operasi : 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C

Tabel III.3 Perbandingan Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional *(hotplate)* dan *Microwave* terhadap Variasi Suhu Transesterifikasi

Variabel (°C)	**Trans-Konvensional Yield (gr/gr)**	**Trans-*Microwave* Yield (gr/gr)**
45	K_{45}	M_{45}
50	K_{50}	M_{50}
55	K_{55}	M_{55}
60	K_{60}	M_{60}
65	K_{65}	M_{65}

Tabel III.4 Perbandingan Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional *(hotplate)* dan *Microwave*

Plant	**Trans-Konvensional**	**Trans-*Microwave***
Waktu Transesterifikasi	T_1	T_2
Yield Methyl Ester	Y_1	Y_2
Daya input total (Watt)	W_1	W_2
Konsumsi Energi (kWh)	P_1	P_2
Biaya (Rp/gr antifoam)	C_1	C_2

III.4 Variabel Uji Ketinggian Antifoam

Variabel uji yang digunakan dalam inovasi ini, yaitu :

1. Antifoam merek dagang "Struktol", "Buckman" dan "Dowfax"
2. Konsentrasi penambahan metill ester 25, 40, 55, 70 dan 85 ppm

Tabel III.5 Perbandingan Penambahan Antifoam Merek Dagang "Struktol" dengan Antifoam Bintaro terhadap Penurunan Busa Limbah Tetes Tebu Pabrik Gula

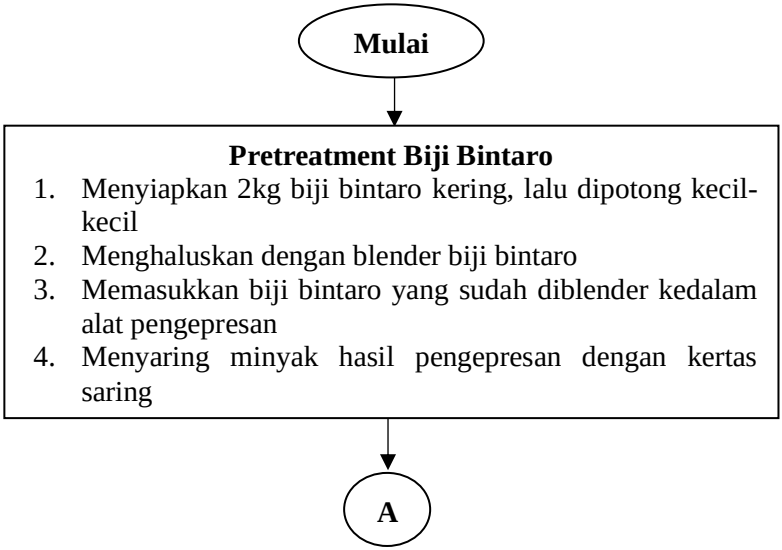
Variabel (ppm)	**Antifoam "Struktol" Penurunan (cm)**	**Antifoam Bintaro Penurunan (cm)**				
		Hasil trans-45°C	Hasil trans-50°C	Hasil trans-55°C	Hasil trans-60°C	Hasil trans-65°C

25	A_{25}	$B45_{25}$	$B50_{25}$	$B55_{25}$	$B60_{25}$	$B65_{25}$
40	A_{40}	$B45_{40}$	$B50_{40}$	$B55_{40}$	$B60_{40}$	$B65_{40}$
55	A_{55}	$B45_{55}$	$B50_{55}$	$B55_{55}$	$B60_{55}$	$B65_{55}$
70	A_{70}	$B45_{70}$	$B50_{70}$	$B55_{70}$	$B60_{70}$	$B65_{70}$
85	A_{85}	$B45_{85}$	$B50_{85}$	$B55_{85}$	$B60_{85}$	$B65_{85}$

III.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen. Pendekatan eksperimen dilakukan untuk mempelajari pengaruh pemanasan dengan gelombang mikro pada proses transesterifikasi minyak bintaro.

Adapun metode pelaksanaan yang digunakan, secara garis besar digambarkan pada diargam alir berikut :



A

Tahap Persiapan

1. Menyiapkan bahan yang digunakan :
   - Minyak bintaro 25 mL
   - Metanol 225 mL
   - NaOH 2% berat minyak
2. Mempersiapkan alat yang digunakan diantaranya yaitu :
   - Pemanas *water bath*
   - Statif dan klem holder
   - *Microwave*
   - Kondensor
   - Labu leher 3
   - *Electric stirrer*

Merangkai Alat

Mengatur alat yang digunakan diantaranya yaitu :

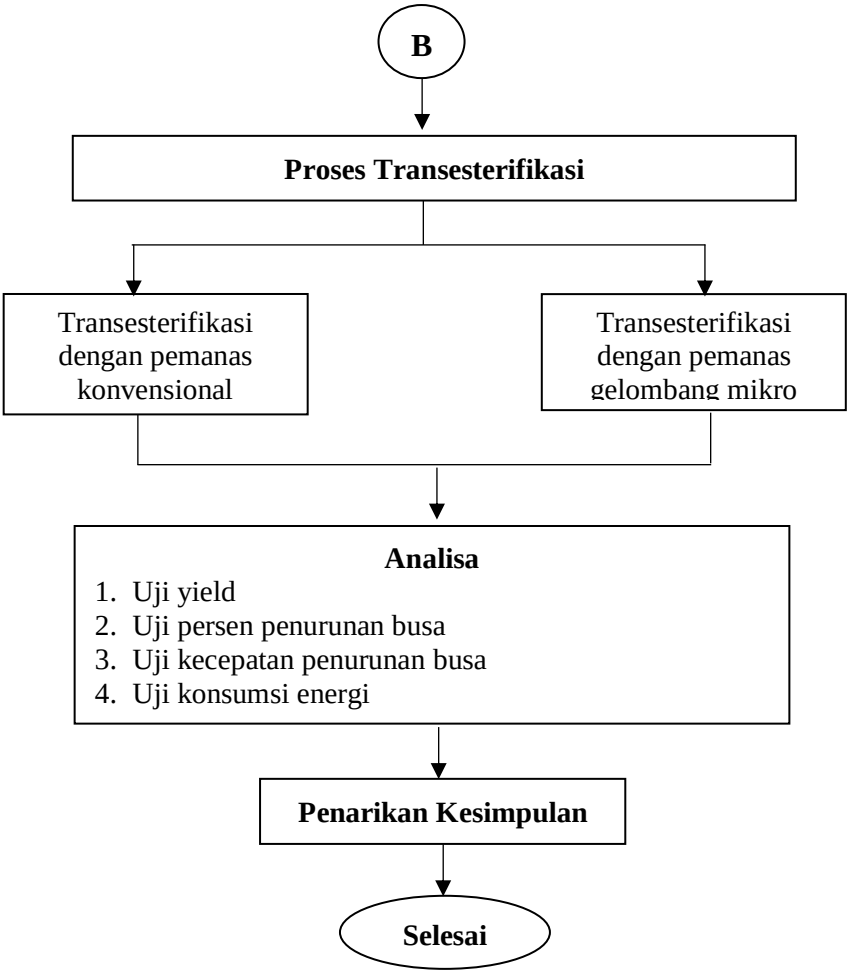
- Pemanas *water bath*
- Statif dan klem holder
- *Microwave*
- Kondensor
- Labu leher 3
- *Electric stirrer*
- *Termo couple*

Kinerja Alat

Dengan mengatur peralatan sebagai berikut :

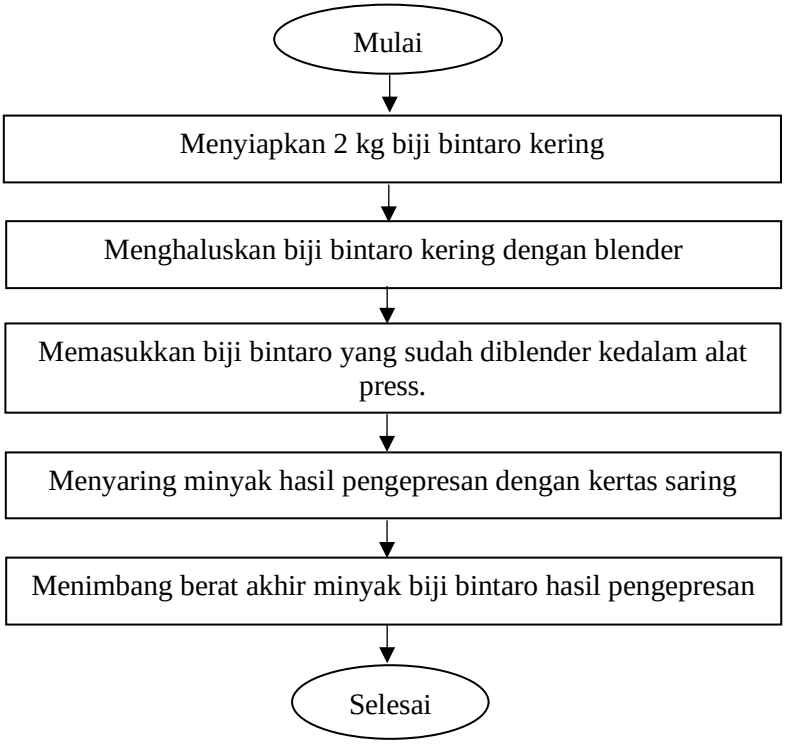
- *Microwave* dengan T sesuai
- Kondensor jenis *glassware*
- *Electric stirrer*
- *Thermo couple*

B



III.5.1 Tahap *Pretreatmen* Biji Bintaro

Tahap *pretreatmen* biji bintaro dilakukan untuk memisahkan minyak bintaro (*Crude Carbera Oil*) yang terkandung dalam biji bintaro dengan metode pengepresan. Berikut prosedur percobaan untuk untuk proses *pretreatmen* biji bintaro :



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses *pretreatment* bahan baku :

1. **Menyiapkan 2 kg biji bintaro kering**

   Pada tahap ini biji bintaro yang telah diambil dari buah bintaro dipotong kecil-kecil dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama 1 hari. Tujuan dari proses pengeringan adalah untuk menurunkan kadar air yang terdapat dalam biji bintaro, sehingga memudahkan dalam proses pembambilan minyak biji bintaro. Tahap ini dapat ditunjukkan dalam gambar A.1.

2. **Menghaluskan biji bintaro kering dengan blender**

   Biji bintaro yang sudah kering dan dipotong kecil-kecil kemudian dihaluskan dengan blender. Hal ini bertujuan agar luas permukaan biji bintaro menjadi lebih besar dan lebih mudah untuk mendapatkan minyak dengan *yield* yang lebih besar. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar A.2.

3. **Memasukkan biji bintaro yang sudah diblender kedalam alat press.**

   Setelah biji bintaro kering dihaluskan kemudian dimasukkan kedalam alat press dan mulai melakukan pengepresan. Pengepresan ini bertujuan untuk memisahkan minyak dari biji bintaro. Proses ini dapat ditunjukkan dalam gambar A.3.

4. **Menyaring minyak hasil pengepresan dengan kertas saring**

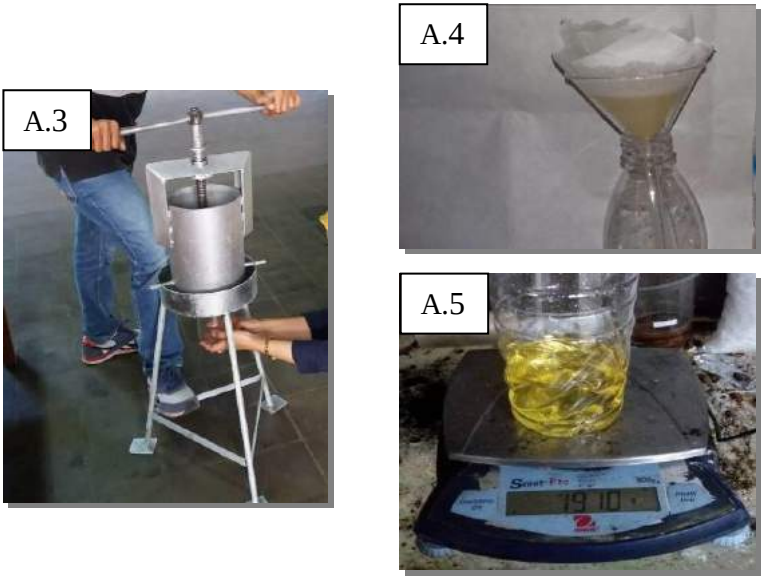
   Minyak yang didapatkan dari proses pengepresan kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Tujuan dari proses penyaringan ini adalah untuk mendapatkan minyak murni bntaro, karena selama proses pengepresan terdapat ampas-ampas kecil yang ikut kedalam minyak. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam A.4.

5. **Menimbang berat akhir minyak bintaro hasil pengepresan**

   Minyak bintaro yang telah disaring kemudian ditimbang untuk mendapatkan massa rimpang jahe kering. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam A.5.

A.1

A.2

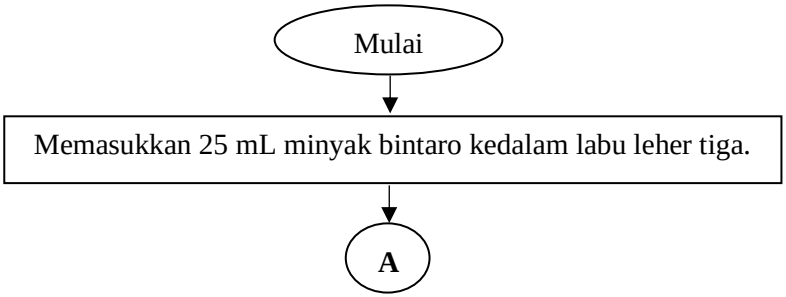


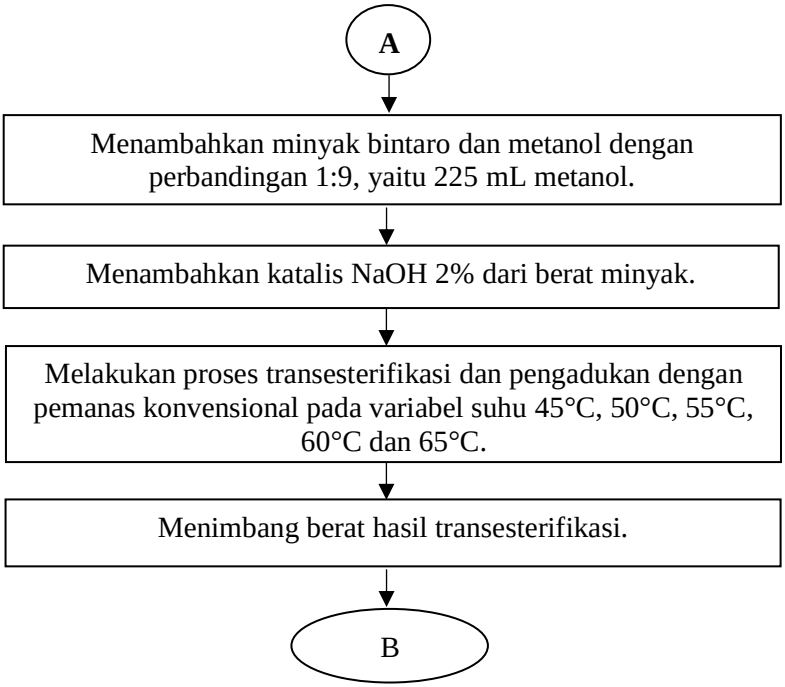
Gambar III.2 Proses *Pretreatmen* Biji Bintaro

III.5.2 Tahap Transesterifikasi

Proses transesterifikasi dilakukan untuk mendapatkan metil ester dan zat sisa gliserin dari trigliserida yang terkandung di dalam minyak bintaro (*Crude Carbera Oil*). Proses transesterifikasi dilakukan dengan modifikasi pemanas konvensional menggunakan pemanas *microwave*.

III.5.2.1 Prosedur Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional





Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional :

1. **Memasukkan 25 mL minyak bintaro kedalam labu leher tiga**

   Pada tahap ini minyak biji bintaro diukur sebanyak 25 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga seperti pada gambar B.1.

2. **Menambahkan minyak bintaro dan metanol dengan perbandingan volume 1:9**

   Labu leher tiga yang sudah berisi minyak bintaro kemudian ditambahkan metanol 1:9, yaitu sebanyak 225 mL metanol. Penambahan metanol bertujuan untuk mereaksikan trigliserida (minyak bintaro) untuk menjadi metil ester dan gliserol. Metanol merupakan alkohol rantai pendek yang sering

digunakan pada tahap transesterifikasi dikarenakan harganya lebih murah dan reaktifitasnya paling tinggi. Penambahan rasio minyak dan metanol 1:9 merupakan rasio yang paling optimum untuk menghasilkan yield biodiesel yang paling tinggi *(Patil, 2011)*. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar B.1.

3. **Menambahkan katalis NaOH 2% dari berat minyak**

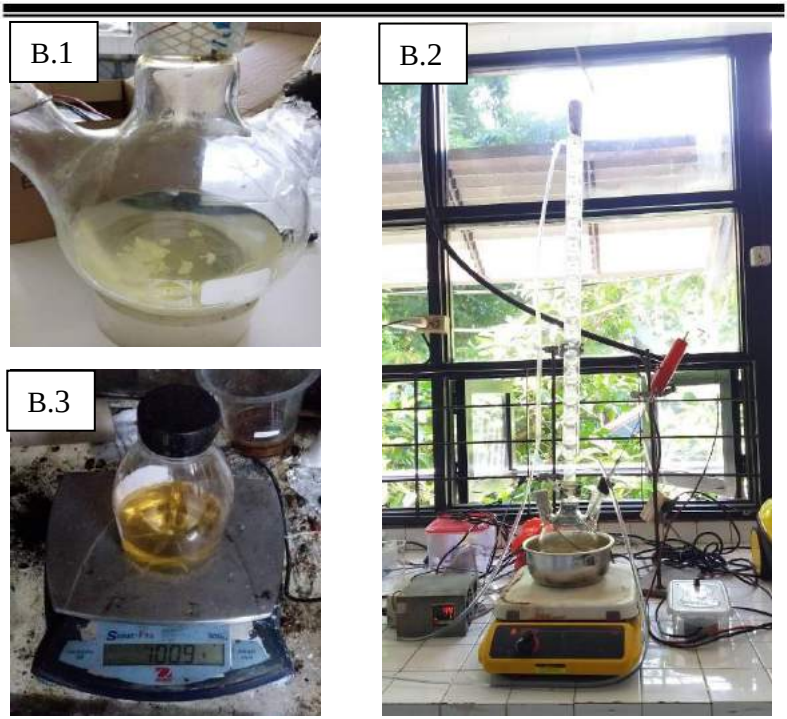
   Setelah labu leher tiga diisi minyak bintaro dan metanol, kemudian menambahkan katalis NaOH 2% dari berat minyak bintaro. Penambahan katalis NaOH bertujuan untuk berfungsi untuk mencapai reaksi dengan jalan menurunkan energi aktifasi dan tidak mengubah kesetimbangan reaksi. Kelebihan NaOH sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi adalah mudah larut dalam metanol sehingga reaksi metanol dengan trigliserida berlangsung lebih cepat *(Ma dan Hanna 1999)*. Proses ini dapat ditunjukkan dalam gambar B.1.

4. **Melakukan proses transesterifikasi dan pengadukan dengan pemanas konvensional**

   Labu leher tiga yang telah berisi minyak bintaro, metanol dan katalis NaOH kemudian memasukkan kedalam *waterbath* dengan pemanas konvensional. Kemudian merangkai alat seperti kondensor, *thermocouple* dan *electric stirrer*. Proses transesterifikasi dilakukan dengan 5 variabel suhu yaitu 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C selama 105 menit. Menurut Patil (2011) waktu untuk proses transesterifikasi dengan pemanas konvensional *(hotplate)* yang terbaik adalah selama 105 menit. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam B.2.

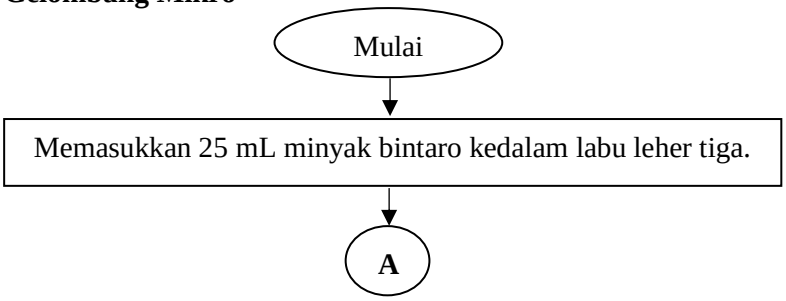
5. **Menimbang berat hasil transesterifikasi**

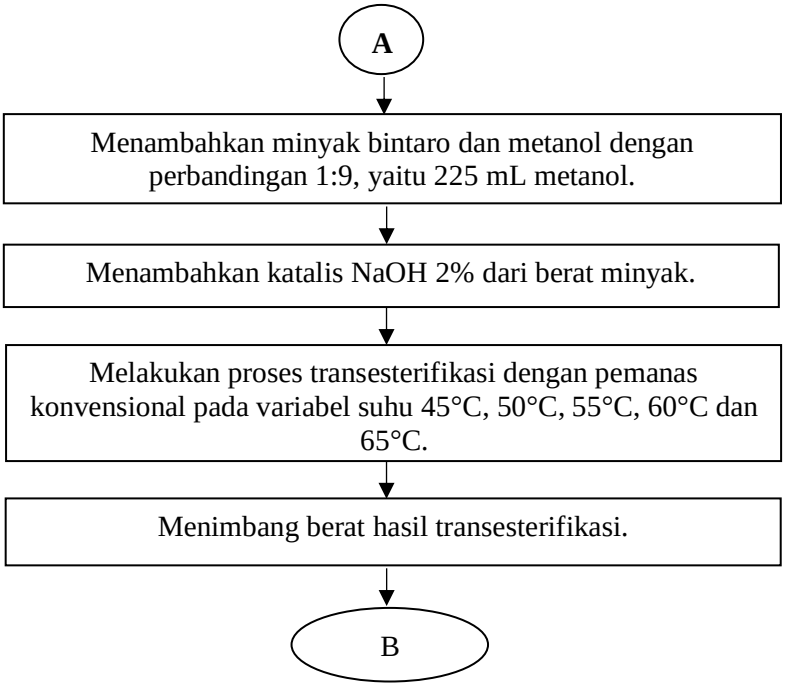
   Hasil pada tahap transesterifikasi kemudian diambil dan ditimbang untuk mendapatkan massa metil ester mentah dari hasil transesterifikasi. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam B.3.



Gambar III.3 Proses Transesterifikasi Konvensional

III.5.2.2 Prosedur Transesterifikasi dengan Pemanas Gelombang Mikro





Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses transesterifikasi menggunakan pemanas gelombang mikro :

1. **Memasukkan 25 mL minyak bintaro kedalam labu leher tiga**

   Pada tahap ini minyak biji bintaro diukur sebanyak 25 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu leher tiga seperti pada gambar C.1.

2. **Menambahkan minyak bintaro dan metanol dengan perbandingan 1:9**

   Labu leher tiga yang sudah berisi minyak bintaro kemudian ditambahkan metanol 1:9, yaitu sebanyak 225 mL metanol. Penambahan metanol bertujuan untuk mereaksikan trigliserida (minyak bintaro) untuk menjadi metil ester dan gliserol. Metanol merupakan alkohol rantai pendek yang sering

digunakan pada tahap transesterifikasi dikarenakan harganya lebih murah dan reaktifitasnya paling tinggi. Penambahan rasio minyak dan metanol 1:9 merupakan rasio yang paling optimum untuk menghasilkan yield biodiesel yang paling tinggi *(Patil, 2011)*. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar C.1.

3. **Menambahkan katalis NaOH 2% dari berat minyak**

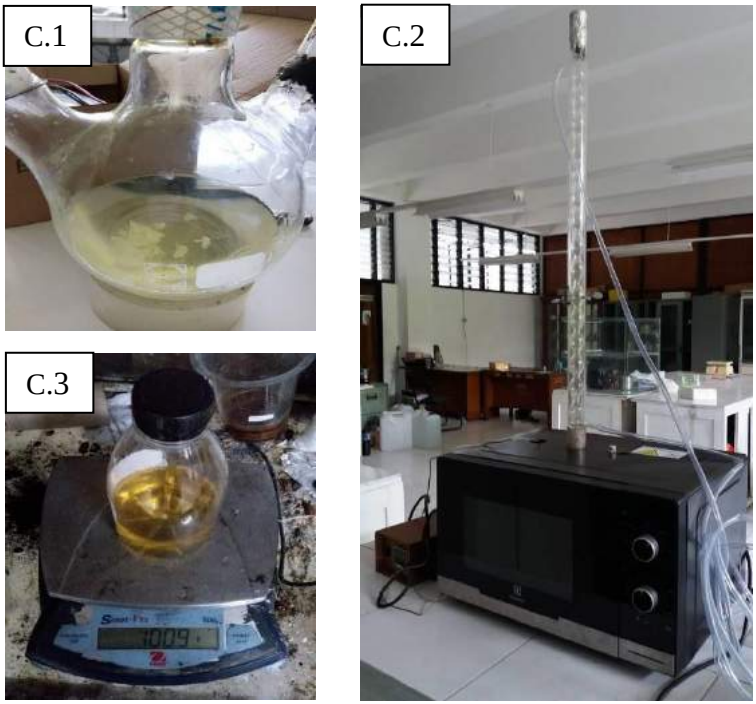
   Setelah labu leher tiga diisi minyak bintaro dan metanol, kemudian menambahkan katalis NaOH 2% dari berat minyak bintaro. Penambahan katalis NaOH bertujuan untuk berfungsi untuk mencapai reaksi dengan jalan menurunkan energi aktifasi dan tidak mengubah kesetimbangan reaksi. Kelebihan NaOH sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi adalah mudah larut dalam metanol sehingga reaksi metanol dengan trigliserida berlangsung lebih cepat *(Ma dan Hanna 1999)*. Proses ini dapat ditunjukkan dalam gambar C.1.

4. **Melakukan proses transesterifikasi dengan pemanas gelombang mikro**

   Labu leher tiga yang telah berisi minyak bintaro, metanol dan katalis NaOH kemudian memasukkan kedalam *microwave*. Kemudian merangkai alat seperti kondensor, *thermocouple* dan *electric stirrer*. Proses transesterifikasi dilakukan dengan 5 variabel suhu yaitu 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C selama 6 menit. Menurut Patil (2011) waktu untuk proses transesterifikasi dengan pemanas *microwave* yang terbaik adalah selama 6 menit. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam C.2.

5. **Menimbang berat hasil transesterifikasi**

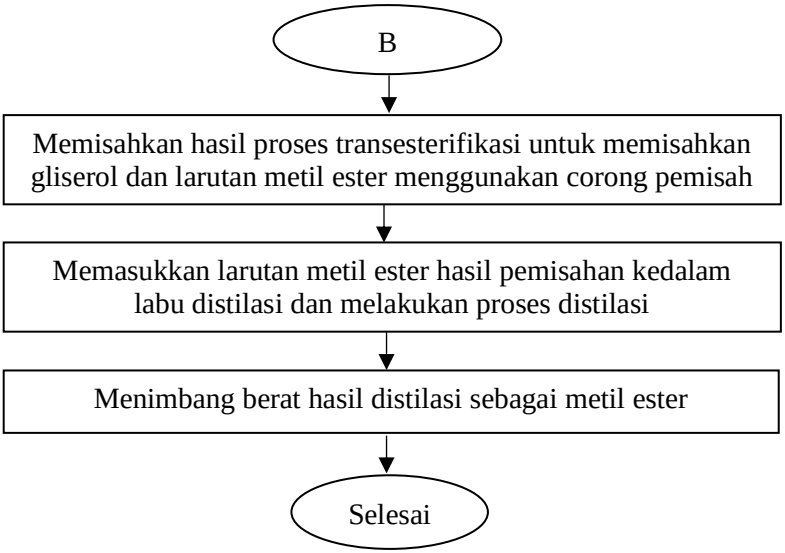
   Hasil pada tahap transesterifikasi kemudian diambil dan ditimbang untuk mendapatkan massa metil ester mentah dari hasil transesterifikasi. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam C.3.



Gambar III.4 Proses Transesterifikasi Microwave

III.5.3 Prosedur Pemurnian Metil Ester

Proses pemurnian metil ester dilakukan dengan memisahkan lapisan atas dan bawah antara metil ester dan gliserol. Setelah pemisahan dilakukan proses distilasi yang bertujuan untuk memisahkan excess metanol dalam proses transesterifikasi. Sehingga didapatkan produk akhir berupa metil ester.



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir proses pemurnian metil ester :

1. **Memisahkan hasil transesterifikasi**

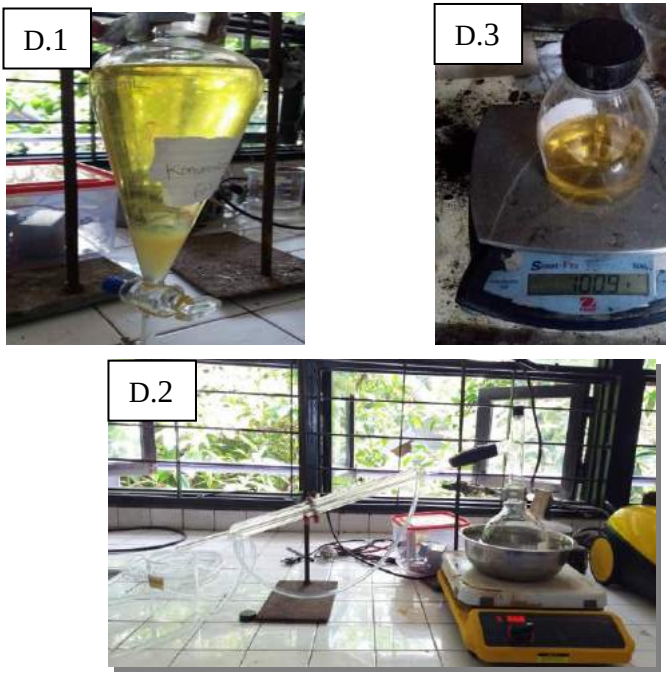
   Pada tahap ini larutan metil ester dari hasil proses transesterifikasi didiamkan selama satu hari agar gliserol dari hasil reaksi transesterifikasi mengendap. Lapisan atas merupakan larutan metil ester sementara lapisan bawah adalah gliserol. Kemudian melakukan pemisahan antara lapisan atas dan bawah seperti pada gambar D.1.

2. **Memasukkan larutan metil ester hasil pemisahan kedalam labu distilasi dan melakukan proses distilasi**

   Larutan metil ester yang telah dipisahkan gliserolnya kemudian di masukkan kedalam labu distilasi untuk dipisahkan metanol excess pada proses transesterifikasi. Distilasi diatur pada suhu 70°C dikarenakan metanol memiliki titik didih 64,5°C sehingga didapatkan produk metil ester. Tahap ini ditunjukkan dalam gambar D.2.

3. Menimbang berat hasil distilasi sebagai metil ester

Hasil pada tahap distilasi yang terdapat dalam labu distilat kemudian diambil dan ditimbang untuk mendapatkan massa metil ester dari hasil pemurnian. Pada tahap ini dapat ditunjukkan dalam D.3.



Gambar III.5 Proses Pemurnian Metil Ester

III.6 Tahap Analisa

III.6.1 Analisa Perhitungan *Yield*

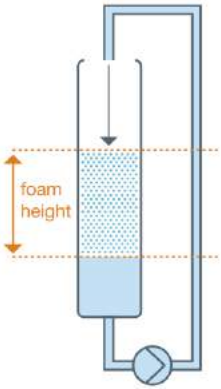
Yield didefinisikan sebagai massa methyl ester hasil transesterifikasi yang sudah dimurnikan dibagi dengan masa bahan baku yang masuk (minyak bintaro). Dari metode transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional dan pemanas gelombang mikro akan dibandingkan hasil yield yang diperoleh.

Rumus perhitungan Yield sebagai berikut :

$$\text{Yield} = \frac{\text{Massa metil ester}}{\text{Massa bahan baku (minyak bintaro)}} \text{ x } 100\%$$

III.6.2 Metode Pengujian Antifoam

Metode pengujian antifoam dilakukan dengan referensi standar pengujian dari Momentive yang diterbitkan oleh 22 Corporate Woods Boulevard USA pada tahun 2012. Proses pengujian dilakukan sesuai gambar berikut :



Gambar III.6 Alat uji antifoam

III.6.2.1 Metode Pengujian Persen Penurunan Antifoam

Metode pengujian persen penurunan antifoam dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Limbah tetes tebu pabrik gula di masukkan kedaam tabung kaca sebanyak 500 mL.
2. Pompa dinyalakan dan biarkan limbah mengalir secara terus menerus selama 5 menit sampai terbentuk busa.
3. Mengukur tinggi busa dari permukaan limbah.
4. Menambahkan anti foam minyak bintaro yang dibuat pada proses transesterifikasi dengan suhu 45°C dengan konsentrasi 25 ppm.
5. Menyalakan pompa.

6. Mengukur tinggi busa akhir dari permukaan limbah tetes tebu pabrik gula.
7. Menghitung persen penurunan antifoam dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{tinggi busa akhir-tinggi busa awal}}{\text{tinggi busa awal}} \times 100\ \%$$

8. Melakukan blowdown dan membersihkan peralatan.
9. Mengulangi langkah 1-8 dengan mengganti variabel penambahan minyak bintaro sebesar 40 ppm, 55 ppm, 70 ppm dan 85 ppm yang dibuat pada proses transesterifikasi dengan pemanas konvensional pada suhu 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C dan pada proses transesterifikasi dengan pemanas gelombang mikro pada suhu 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C serta dengan mengganti minyak bintaro dengan antifoam merk dagang "Struktol".

III.6.2.2 Metode Pengujian Kecepatan Penurunan Antifoam

Metode pengujian kecepatan penurunan antifoam dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Limbah tetes tebu pabrik gula di masukkan kedaam tabung kaca sebanyak 500 mL.
2. Pompa dinyalakan dan biarkan limbah mengalir secara terus menerus selama 5 menit sampai terbentuk busa.
3. Mengukur tinggi busa dari permukaan limbah.
4. Menambahkan anti foam minyak bintaro yang dibuat pada proses transesterifikasi dengan suhu 45°C dengan konsentrasi 25 ppm.
5. Menghitung waktu yang diperlukan sampai busa tidak dapat turun lagi
6. Menghitung kecepatan penurunan antifoam dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan Penurunan} = \frac{\text{tinggi busa akhir-tinggi busa awal}}{\text{waktu penurunan busa}}$$

7. Melakukan blowdown dan membersihkan peralatan.

8. Mengulangi langkah 1-7 dengan mengganti variabel penambahan minyak bintaro sebesar 40 ppm, 55 ppm, 70 ppm dan 85 ppm yang dibuat pada proses transesterifikasi dengan pemanas konvensional pada suhu 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C dan pada proses transesterifikasi dengan pemanas gelombang mikro pada suhu 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C serta dengan mengganti minyak bintaro dengan antifoam merk dagang "Struktol".

III.6.2.3 Metode Pengujian Antifoam di Industri

Metode pengujian antifoam di industri dilakukan di Laboratorium Energi Agro Nusantara (Enero), PT Perkebunan Nusantara X (Persero). Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu penurunan tercepat pada berbagai jenis antifoam dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Antifoam A : Antifoam merk dagang "Dowfax DF-105" Ex. Dow - Taiwan
b. Antifoam B : Antifoam merk dagang "Buckman"
c. Antifoam C : Antifoam dari minyak bintaro hasil transesterifikasi dengan pemanas microwave pada suhu 60°C

Untuk metode pengujian dilakukan dengan prosedur dibawah ini :

1. Sampel dari stasiun fermentor diambil sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan kedalam botol kaca berukuran 300 mL.
2. Sampel didalam botol kaca di kocok manual dengan tangan selama 30 detik.
3. Membuka tutup botol kaca dan memasukkan antifoam A, B dan C dalam masing-masing botol yang berbeda dengan dosis penambahan 50 ppm.
4. Menghitung dan mencatat lama waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan busa dari masing-masing antifoam
5. Melakukan blowdown dan membersihkan botol kaca.

6. Mengulangi langkah 1-5 dengan mengganti variabel penambahan dosis antifoam yaitu 100 ppm

III.7 Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan dan Pemurnian Departemen Teknik Kimia Industri-ITS dan Laboratorium Energi Agro Nusantara (Enero), PT Perkebunan Nusantara X (Persero). Pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 5 bulan.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Analisis Pengaruh Suhu Operasi Transesterifikasi terhadap Yield Metil Ester

Pada penelitian ini dilakukan proses pembuatan metil ester dari minyak bintaro dengan menggunakan metode transesterifikasi dengan pemanas konvensional dan transesterifikasi pemanas *microwave* dengan variabel suhu 45°C, 50°C, 55°C, 60°C dan 65°C. Transesterifikasi merupakan suatu metode konversi metil ester dengan bahan baku trigliserida (minyak bintaro) dan metanol dengan rasio 1:9 dengan penambahan katalis NaOH 2% yang menghasilkan metil ester dan gliserol.

Menurut Patil (2011) rasio minyak dan metanol sebanyak 1:9 dapat menghasilkan yield biodiesel yang paling tinggi. Hal ini sesuai dengan asas Le Chatelier. Dimana apabila konsentrasi metanol bertambah maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah produk. Maka dalam penelitian ini dilakukan dengan penggunaan metanol berlebih *(excess).* Penambahan katalis NaOH dengan konsentrasi 2% dari berat minyak juga mampu menghasilkan yield yang tinggi karena mampu mempercepat reaksi tanpa menghasilkan reaksi samping yaitu sabun.

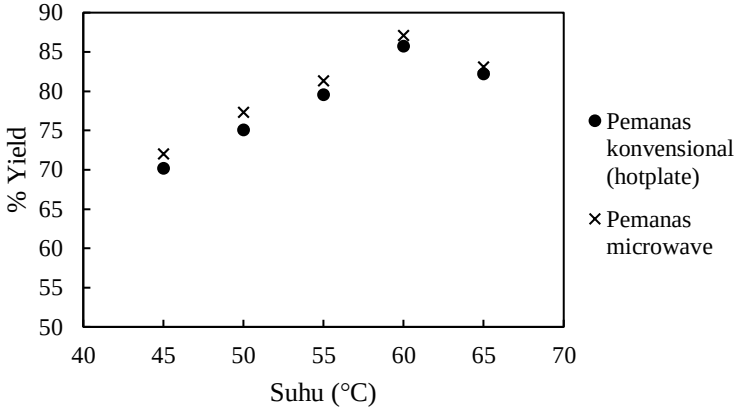
Berikut merupakan data percobaan pengaruh suhu operasi proses transesterifikasi dengan pemanas konvensional dan pemanas *microwave.*

Tabel IV.1 Pengaruh Suhu Operasi terhadap Yield Metil Ester

No	Variabel (°C)	Berat Bahan Baku (gr)	Berat Hasil Metil Ester (gr)		% Yield	
			Trans-Konvensional	Trans-Microwave	Trans-Konvensional	Trans-Microwave
1.	45	22,5	15,8	16,2	70,222	72,000
2.	50	22,5	16,9	17,4	75,111	77,333
3.	55	22,5	17,9	18,3	79,556	81,333

4.	60	22,5	19,3	19,6	85,778	87,111
5.	65	22,5	18,5	18,7	82,222	83,111

Berdasarkan **Tabel IV.1** diperoleh data yield metil ester yang dapat ditunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.1 Pengaruh Suhu Operasi terhadap Yield Metil Ester

Berdasarkan **Grafik IV.1** didapatkan hasil bahwa pada suhu 45°C merupakan suhu operasi paling reandah untuk mendapatkan yield metil ester yaitu untuk yield transesterifikasi konvensional adalah 48,331% dan yield transesterifikasi *microwave* adalah 50,324%. Sementara yield metil ester tertinggi didapatkan pada suhu 60°C yaitu untuk yield transesterifikasi konvensional adalah 61,286% dan yield transesterifikasi *microwave* adalah 61,784%.

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa suhu operasi optimum untuk proses transesterifikasi konvensional adalah pada suhu 60°C yakni sebesar 61,286%. Dan suhu operasi optimum untuk proses transesterifikasi microwave adalah pada suhu 60°C yakni sebesar 61,784%. Hal ini terjadi karena dengan naiknya suhu, maka tumbukan antar partikel semakin besar, sehingga reaksi berjalan semakin cepat dan konstanta reaksi semakin besar. Reaksi esterifikasi minyak dengan methanol menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) dengan metanol merupakan reaksi endotermis

(Vieville et al, 1993), sehingga apabila suhu reaksi dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan/ke produk *(Dogra, 1990)*.

Peningkatan laju reaksi ini disebabkan oleh meningkatnya konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari temperatur. Semakin tinggi temperaturnya, maka semakin besar konstanta laju reaksinya. Hal ini sesuai dengan persamaan Archenius :

$$k = A\, e^{(-Ea/RT)}$$

k = konstanta laju reaksi
A = frekuensi tumbukan
R = konstanta gas
T = temperatur
Ea = energi aktivasi

(Levenspiel, 1985)

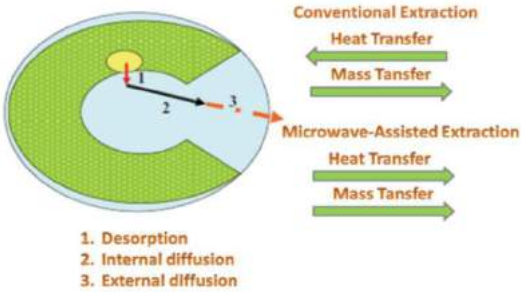
Suhu operasi 60°C merupakan suhu operasi yang mendekati suhu titik didih metanol yaitu 64,7°C. Jika suhu operasi diatas titik didih metanol maka menyebabkan metanol telah berubah fase menjadi gas sehingga kontak antara metanol dan trigliserida berkurang. Jika kontak metanol dan trigliserida berkurang, maka reaksi tidak dapat berjalan sempurna dan reaksi tidak dapat bergeser ke kanan atau ke produk. Jika reaksi kesetimbangan tidak bergeser ke produk maka menyebabkan yield metil ester menjadi rendah.

Suhu yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan terlepasnya asam lemak dari trigliserida sehingga meningkatnya bilangan asam. Dimana apabila hal ini terjadi, akan terjadi kemungkinan asam lemak bereaksi dengan katalis (NaOH). Ketika asam lemak bereaksi dengan NaOH akan terbentuk padatan yang disebut proses penyabunan *(Choo Yuen May, 2004)*.

Pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro dapat menghasilkan *yield* yang lebih besar daripada menggunakan pemanas konvensional. Menurut Patil (2011), pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro untuk proses transesterifikasi

menyebabkan proses berjalan lebih cepat karena mampu mensintesis pori-pori dari bahan baku.

Penggunaan gelombang mikro juga dapat mempercepat waktu pemanasan. Hal ini disebabkan karena pada pemanasan *microwave* perpindahan panas terjadi dari dalam ke luar sedangkan pada pemanasan konvensional perpindahan panas terjadi dari luar ke dalam *(Veggi et al., 2013)*. Perpindahan panas dari dalam ke luar pada pemanasan dengan gelombang mikro artinya pemanasan terjadi karena adanya gesekan-gesekan didalam bahan yang menyebabkan adanya energi panas sehingga pemanasan berlangsung lebih cepat dari pada pemanasan konvensional dimana sumber panas dari luar ke dalam atau secara konduksi merambat dari energi panas menuju bahan yang akan dipanaskan. Sementara Fenomena pemanasan ini dapat dilihat pada **Gambar IV.1**



Gambar IV.1 Perbandingan Distribusi Panas dengan Menggunakan Metode Konvensional *(hotplate)* dan dengan Menggunakan *Microwave*

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa **suhu optimum untuk proses transesterifikasi adalah pada suhu 60°C** karena menghasilkan yield yang paling tinggi. Penggunaan **pemanas gelombang mikro pada proses transesterifikasi juga mampu membuat proses berjalan lebih cepat** yakni hanya 6 menit dari pada pemanas konvensional *(hotplate)* yaitu 105 menit, dan **yield pada proses pemanas gelombang mikro lebih besar daripada pemanas konvensional.**

IV.2 Analisis Dosis Optimum Antifoam Minyak Bintaro dalam Uji Tes Ketinggian Busa

Produk metil ester dari minyak bintaro yang telah didapatkan dari proses transesterifikasi digunakan untuk menurunkan busa yang kemudian selanjutnya disebut antifoam minyak bintaro. Analisis dosis optimum penambahan antifoam minyak bintaro dilakukan dengan uji tes ketinggian busa. Limbah yang diuji adalah limbah tetes tebu. Data hasil analisis dosis optimum penambahan antifoam ini didapat dari data persen penurunan dan kecepatan penurunan.

IV.2.1 Persen Penurunan Ketinggian Busa

Untuk menentukan persen penurunan ketinggian busa digunakan persamaan berikut ini :

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{H akhir - H awal}}{\text{H awal}} \times 100\ \%$$

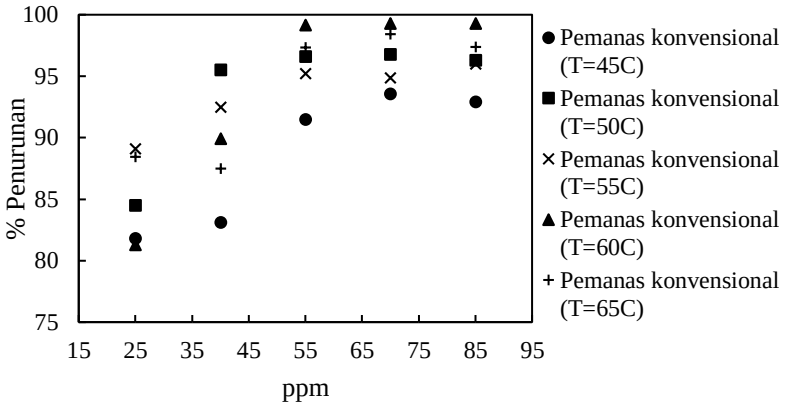
H awal merupakan ketinggian busa awal, dan H akhir merupakan ketinggian busa akhir setelah ditambah antifoam minyak bintaro sesuai dosis. Berikut merupakan data persen penurunan dari penambahan antifoam minyak bintaro dalam uji tes ketinggian busa :

Tabel IV.2 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi Konvensional *(hotplaet)* terhadap Persen Penurunan Busa

No	Variabel Suhu Trans konvensional (°C)		Penambahan Antifoam Minyak Bintaro (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	45	H awal (cm)	8,80	14,20	12,90	12,40	12,70
		ΔH (cm)	7,20	11,80	11,80	11,60	11,80
		% ΔH	81,82	83,10	91,47	93,55	92,91
2	50	H awal (cm)	14,20	13,40	11,80	12,40	10,80
		ΔH (cm)	12,00	12,80	11,40	12,00	10,40

		% ΔH	84,51	95,52	96,61	96,77	96,30
3	55	H awal (cm)	11,00	9,30	14,70	13,70	12,50
		ΔH (cm)	9,80	8,60	14,00	13,00	12,00
		% ΔH	89,09	92,47	95,24	94,89	96,00
4	60	H awal (cm)	12,30	12,90	12,10	14,20	13,80
		ΔH (cm)	10,00	11,60	12,00	14,10	13,70
		% ΔH	81,30	89,92	99,17	99,30	99,28
5	65	H awal (cm)	10,40	12,80	15,10	12,80	11,40
		ΔH (cm)	9,20	11,20	14,70	12,60	11,10
		% ΔH	88,46	87,50	97,35	98,44	97,37

Berdasarkan **Tabel IV.2** diperoleh data persen penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.2 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro dari Proses Pemanasan Konvensional *(hotplate)* terhadap Persen penurunan Busa

Berdasarkan **Grafik IV.2** dapat diketahui bahwa penambahan antifoam minyak bintaro yang didapat dengan pemanas konvensional pada suhu 60°C pada penambahan dosis 25 ppm sampai 55 ppm terus mengalami kenaikan dari 81,30% ke

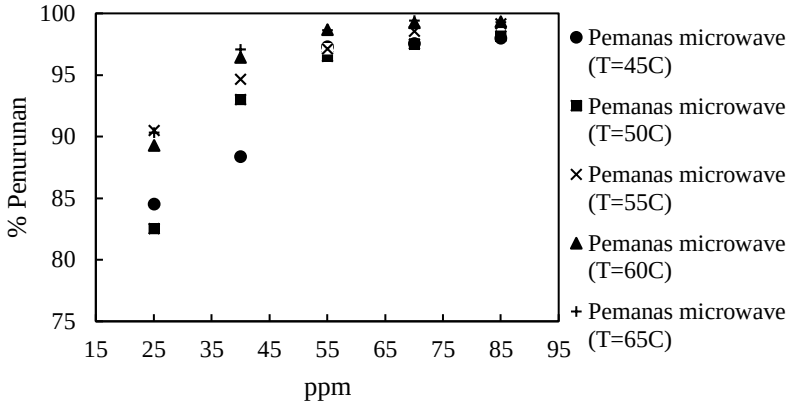
96,17%. Sementara pada penambahan 70 dan 85 ppm, persen penurunan cenderung konstan sekitar 96%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan **dosis optimum antifoam minyak bintaro** terhadap persen penurunan busa pada alat pengujian antifoam **adalah pada penambahan 55 ppm**.

Selain antifoam minyak bintaro yang didapatkan dari proses transesterifikasi dengan menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)*, penelitian ini juga menggunakan pemanas *microwave* untuk proses transesterifikasi. Berikut adalah data pengaruh variabel suhu proses transeterifikasi *microwave* dengan dosis penambahan antifoam minyak bintaro :

Tabel IV.3 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi *Microwave* terhadap Persen Penurunan

No	Variabel Suhu Trans konvensional (°C)		Penambahan Antifoam Minyak Bintaro (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	45	H awal (cm)	13,70	12,80	16,80	12,80	10,20
		ΔH (cm)	12,80	12,60	16,70	12,80	10,20
		% ΔH	93,43	98,44	99,40	100,00	100,00
2	50	H awal (cm)	12,00	14,20	11,90	16,00	12,90
		ΔH (cm)	1,20	1,50	1,20	1,70	1,30
		% ΔH	10,00	10,56	10,08	10,63	10,08
3	55	H awal (cm)	16,80	12,90	11,00	16,20	14,90
		ΔH (cm)	14,20	11,40	10,70	15,80	14,60
		% ΔH	84,52	88,37	97,27	97,53	97,99
4	60	H awal (cm)	12,00	12,80	11,40	12,00	10,80
		ΔH (cm)	9,90	11,90	11,00	11,70	10,60
		% ΔH	82,50	92,97	96,49	97,50	98,15
5	65	H awal (cm)	14,70	9,30	13,80	13,70	11,80
		ΔH (cm)	13,30	8,80	13,40	13,50	11,70
		% ΔH	90,48	94,62	97,10	98,54	99,15

Berdasarkan **Tabel IV.3** diperoleh data persen penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.3 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro dari Proses Pemanasan Microwave terhadap Persen penurunan Busa

Berdasarkan **Grafik IV.3** dapat diketahui bahwa penambahan antifoam minyak bintaro yang didapat dengan pemanas microwave pada suhu 60°C pada penambahan dosis 25 ppm sampai 55 ppm terus mengalami kenaikan dari 89,29% ke 98,68%. Sementara pada penammbahan 70 dan 85 ppm, persen penurunan cenderung konstan sekitar 98-99%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa **penambahan dosis optimum antifoam minyak bintaro** terhadap persen penurunan busa pada alat pengujian antifoam **adalah pada penambahan 55 ppm.**

IV.2.2 Kecepatan Penurunan Ketinggian Busa

Untuk menentukan kecepatan penurunan ketinggian busa digunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Kecepatan Penurunan} = \frac{\text{H akhir - H awal}}{\text{waktu penurunan}}$$

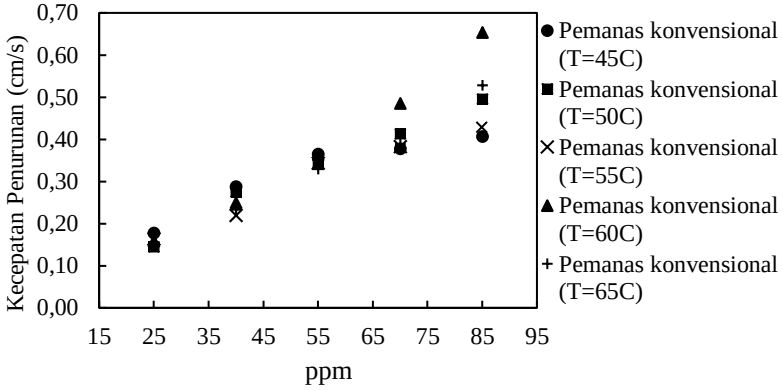
H awal merupakan ketinggian busa awal, dan H akhir merupakan ketinggian busa akhir setelah ditambah antifoam minyak bintaro sesuai dosis, kemudian dibagi dengan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan busa. Berikut merupakan data kecepatan penurunan dari penambahan antifoam minyak bintaro dalam uji tes ketinggian busa :

Tabel IV.4 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi Konvensional *(hotplate)* terhadap Kecepatan Penurunan Busa

No	Variabel Suhu Transesterifikasi (°C)		Penambahan Antifoam Minyak Bintaro (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	45	H awal (cm)	8,80	14,20	12,90	12,40	12,70
		ΔH (cm)	7,20	13,80	12,60	12,20	12,60
		t (s)	40,32	47,81	34,52	32,31	30,98
		v (cm/s)	0,18	0,29	0,37	0,38	0,41
2	50	H awal (cm)	14,20	13,40	11,80	12,40	10,80
		ΔH (cm)	12,00	12,80	11,40	12,00	10,40
		t (s)	82,89	46,46	32,98	29,03	20,96
		v (cm/s)	0,14	0,28	0,35	0,41	0,50
3	55	H awal (cm)	11,00	9,30	14,70	13,70	12,50
		ΔH (cm)	9,80	8,60	14,00	13,00	12,00
		t (s)	59,54	39,02	40,78	33,90	28,01
		v (cm/s)	0,16	0,22	0,34	0,38	0,43
4	60	H awal (cm)	12,30	12,90	12,10	14,20	13,80
		ΔH (cm)	10,00	11,60	12,00	14,10	13,70
		t (s)	62,89	46,46	32,98	29,03	20,96
		v (cm/s)	0,16	0,25	0,36	0,49	0,65
5	65	H awal (cm)	10,40	12,80	15,10	12,80	11,40
		ΔH (cm)	9,20	11,20	14,70	12,60	11,10

t (s)	59,32	47,81	44,52	32,31	20,98
v (cm/s)	0,16	0,23	0,33	0,39	0,53

Berdasarkan **Tabel IV.4** diperoleh data kecepatan penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.4 Perbandingan Kecepatan Penurunan Antifoam Minyak Bintaro dari Pemanasan Konvensional *(hotplate)*

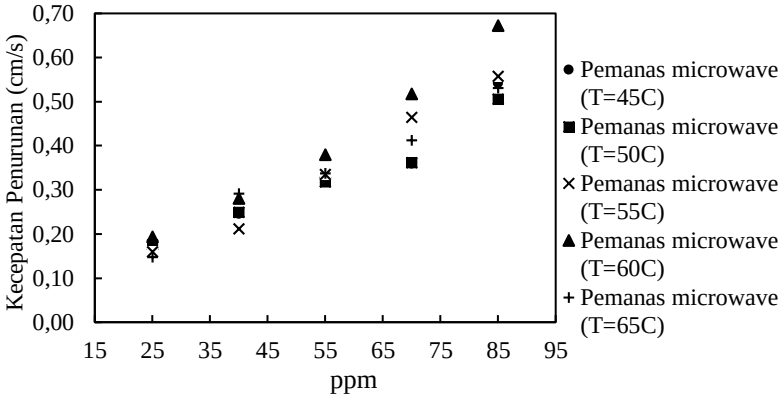
Berdasarkan **Grafik IV.4** dapat diketahui bahwa penambahan dosis optimum antifoam minyak bintaro terhadap kecepatan penurunan busa terus mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya dosis penambahan antifoam minyak bintaro. Dapat disimpulkan bahwa **kecepatan penurunan paling tinggi didapat pada penambahan antifoam minyak bintaro yang diperoleh dari proses transeterifikasi dengan pemanas konvensional *(hotplate)* pada suhu 60°C.**

Selain antifoam minyak bintaro yang didapatkan dari proses transesterifikasi dengan menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)*, penelitian ini juga menggunakan pemanas *microwave* untuk proses transesterifikasi. Berikut adalah data pengaruh variabel suhu proses transeterifikasi *microwave* dengan dosis penambahan antifoam minyak bintaro :

Tabel IV.5 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro pada Proses Transesterifikasi Microwave terhadap Kecepatan Penurunan Busa

No	Variabel Suhu Transesterifikasi (°C)		Penambahan Antifoam Minyak Bintaro (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	45	H awal (cm)	16,80	12,90	11,00	16,20	14,90
		ΔH (cm)	14,20	11,40	10,70	15,80	14,60
		t (s)	82,89	46,46	32,98	44,03	26,96
		v (cm/s)	0,17	0,25	0,32	0,36	0,54
2	50	H awal (cm)	12,00	12,80	11,40	12,00	10,80
		ΔH (cm)	9,90	11,90	11,00	11,70	10,60
		t (s)	56,32	47,81	34,52	32,31	20,98
		v (cm/s)	0,18	0,25	0,32	0,36	0,51
3	55	H awal (cm)	14,70	9,30	13,80	13,70	11,80
		ΔH (cm)	13,30	8,80	13,40	13,50	11,70
		t (s)	82,89	41,46	39,98	29,03	20,96
		v (cm/s)	0,16	0,21	0,34	0,47	0,56
4	60	H awal (cm)	16,80	13,90	15,20	12,70	14,20
		ΔH (cm)	15,00	13,40	15,00	12,60	14,10
		t (s)	77,32	47,81	39,52	24,31	20,98
		v (cm/s)	0,19	0,28	0,38	0,52	0,67
5	65	H awal (cm)	10,30	17,00	14,70	16,20	13,90
		ΔH (cm)	9,30	16,50	14,50	16,10	13,80
		t (s)	62,89	56,46	42,98	39,03	25,96
		v (cm/s)	0,15	0,29	0,34	0,41	0,53

Berdasarkan **Tabel IV.5** diperoleh data kecepatan penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.5 Perbandingan Kecepatan Penurunan Antifoam Minyak Bintaro dari Pemanasan Microwave

Berdasarkan **Grafik IV.5** dapat diketahui bahwa penambahan dosis optimum antifoam minyak bintaro terhadap kecepatan penurunan busa terus mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya dosis penambahan antifoam minyak bintaro. Dapat disimpulkan bahwa **kecepatan penurunan paling tinggi didapat pada penambahan antifoam minyak bintaro yang diperoleh dari proses transeterifikasi dengan pemanas *microwave* pada suhu 60°C.**

IV.3. Analisis Perbandingan Antifoam Minyak Bintaro dan Antifoam Agent Merk "Struktol".

Produk metil ester dari minyak bintaro yang telah didapatkan dari proses transesterifikasi akan dibandingkan dengan minyak bintaro tanpa proses transesterifikasi dan juga dibandingkan dengan antifoam merk dagang "Struktol" untuk menganilisis keefektifan dalam hal penurunan busa. Analisis ini dilakukan dengan beberapa dosis penambahan antifoam minyak bintaro, antifoam "Struktol" dan minyak bintaro. Limbah yang diuji adalah limbah tetes tebu. Data hasil analisis keefektifan

penurunan busa didapatkan dari data persen penurunan dan kecepatan penurunan.

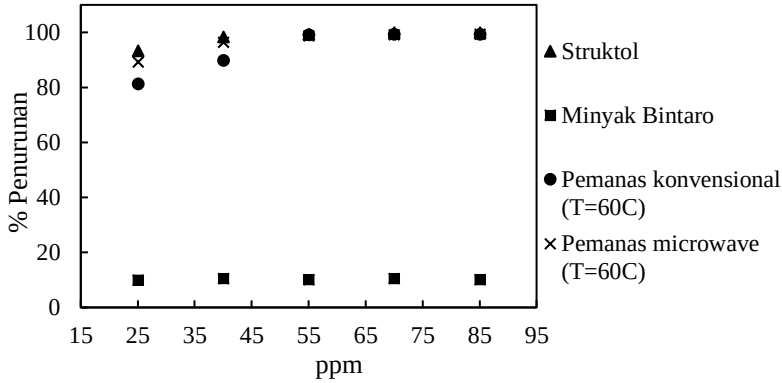
IV.3.1 Persen Penurunan Ketinggian Busa

Berikut merupakan data persen penurunan dari penambahan antifoam minyak bintaro, antifoam 'Struktol" dan minyak bintaro dalam uji tes ketinggian busa :

Tabel IV.6 Analisis Dosis Optimum Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Struktol dan Minyak Bintaro terhadap Persen Penurunan Busa

No	Variabel Jenis Antifoam		Penambahan Dosis (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	Struktol	H awal (cm)	13,70	12,80	16,80	12,80	10,20
		ΔH (cm)	12,80	12,60	16,70	12,80	10,20
		% ΔH	93,43	98,44	99,40	100,00	100,00
2	Minyak Bintaro	H awal (cm)	12,00	14,20	11,90	16,00	12,90
		ΔH (cm)	1,20	1,50	1,20	1,70	1,30
		% ΔH	10,00	10,56	10,08	10,63	10,08

Berdasarkan **Tabel IV.6** diperoleh data persen penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.6 Pengaruh Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Antifoam "Struktol" dan Minyak Bintaro terhadap Persen penurunan Busa

Berdasarkan **Grafik IV.6** dapat diketahui bahwa penambahan minyak bintaro tanpa proses transesterifikasi pada busa hanya dapat menurunkan persen ketinggian busa sekitar 10%. Sementara hasil yang berbeda didapatkan dari penambahan minyak bintaro yang telah dilakukan proses transesterifikasi, dimana memiliki persen penurunan busa yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa minyak bintaro yang telah dilakukan transesterifikasi telah berubah menjadi metil ester, yang dapat digunakan sebagai *antifoam agent*. Menurut Adamson (1990), metil ester dapat berfungsi sebagai antifoam yang menyapu permukaan foam, mengeringkan dinding-dinding gelembung dengan melakukan transportasi pada permukaan. Selain itu metil ester mampu mengadsorpsi partikel pendispersi pada permukaannya.

Metil ester dari minyak bintaro yang kemudian disebut antifoam minyak bintaro didapatkan dari proses transesterifikasi yang dilakukan pada suhu 60°C dengan pemanas konvensional *(hotplate)* dan pemanas *microwave.* Dari **Grafik IV.6** didapatkan data bahwa antifoam minyak bintaro yang didapatkan dengan pemanas *microwave* lebih baik daripada antifoam minyak bintaro

yang didapatkan dengan pemanas *hotplate* dalam hal penurunan busa.

Antifoam"Struktol" merupakan antifoam merk dagang yang digunakan sebagai pembanding dengan antifoam minyak bintaro. Dari **Grafik IV.6** dapat diketahui bahwa penambahan antifoam minyak bintaro baik yang diperoleh dari proses transesterifikasi dengan pemanas *microwave* dan *hotplate* mampu menyamai kemampuan antifoam "Struktol" pada penambahan 55 ppm yakni persen penurunan hingga 98-99%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa metil ester dapat digunakan secara efektif untuk menurunkan busa. Menurut Lloyd (1962), metil ester termasuk dalam golongan zat-zat antifoam agent yaitu golongan asam lemak dan asam lemak ester dimana dosis asam lemak dan asam lemak ester berpengaruh terhadap inhibisi pada busa.

IV.3.2 Kecepatan Penurunan

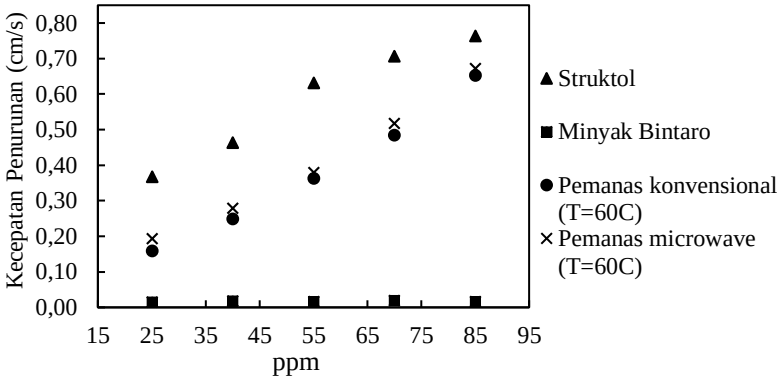
Berikut merupakan data kecepatan penurunan dari penambahan antifoam minyak bintaro, antifoam 'Struktol" dan minyak bintaro dalam uji tes ketinggian busa :

Tabel IV.7 Analisis Dosis Optimum Penambahan Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Struktol dan Minyak Bintaro terhadap Kecepatan Penurunan Busa

No	Variabel Jenis Antifoam		Penambahan Dosis (ppm)				
			25	40	55	70	85
1	Struktol	H awal (cm)	8,80	14,20	12,90	12,40	12,70
		ΔH (cm)	7,20	13,80	12,60	12,20	12,60
		t (s)	60,32	67,81	54,52	52,31	50,98
		v (cm/s)	0,12	0,20	0,23	0,23	0,25
2	Minyak Bintaro	H awal (cm)	14,20	13,40	11,80	12,40	10,80
		ΔH (cm)	12,00	12,80	11,40	12,00	10,40
		t (s)	102,89	66,46	52,98	49,03	40,96

v (cm/s)	0,12	0,19	0,22	0,24	0,25

Berdasarkan **Tabel IV.7** diperoleh data kecepatan penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.7 Perbandingan Kecepatan Penurunan terhadap Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Struktol dan Minyak Bintaro

Berdasarkan **Grafik IV.7** dapat diketahui bahwa penambahan minyak bintaro pada busa hanya dapat menurunkan busa dengan kecepatan penurunan ketinggian busa sekitar 0,02 cm/s. Hal berbeda ditunjukkan dengan penambahan minyak bintaro yang telah dilakukan proses transesterifikasi atau yang disebut metil ester.

Dari **Grafik IV.7** didapatkan bahwa grafik mengalami kenaikan seiring penambahan dosis pada antifoam minyak bintaro dan antifoam "Struktol". Pada antifoam "Struktol" kecepatan penurunan tertinggi ada pada penambahan 85 ppm yakni sebesar yakni 0,76 cm/s, sementara pada penambahan antifoam minyak bintaro dengan pemanas konvensional suhu 60°C dan antifoam minyak bintaro dengan pemanas *microwave* suhu 60°C kecepatan penurunan masing-masing penurunan adalah 0,65 dan 0,67 cm/s. Hal ini dapat diindikasikan bahwa antifoam minyak bintaro

mampu untuk menurunkan busa dengan kecepatan yang cukup cepat namun tidak secepat antifoam merk dagang "Struktol".

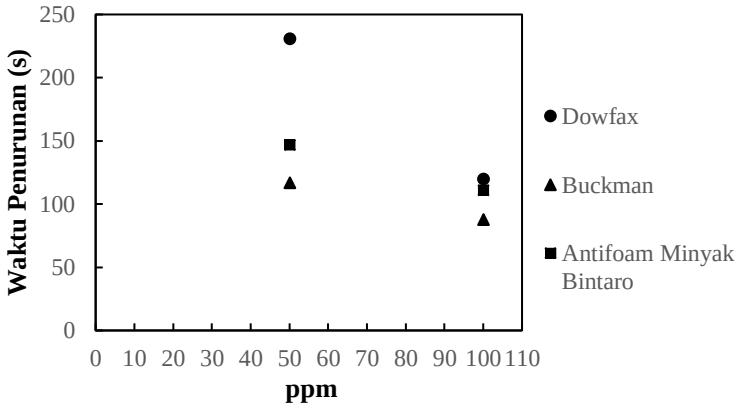
IV.4. Analisis Perbandingan Antifoam Minyak Bintaro dan Antifoam Agent Merk "Dowfax" dan "Buckman".

Antifoam minyak bintaro akan dibandingkan dengan antifoam merk dagang "Dowfax" dan 'Buckman" untuk menganilisis efektivitas dalam hal kecepatan penurunan busa. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Energi Agro Nusantara (Enero), PT Perkebunan Nusantara X (Persero). Sampel yang diuji adalah sampel fermentor. Data hasil analisis keefektifan kecepatan penurunan busa dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel IV.8 Analisis Penambahan Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Antifoam "Dowfax" dan Antifoam "Buckman" terhadap Kecepatan Penurunan Busa

No	Antifoam	Pengulangan	Waktu Penurunan Berdasarkan Dosis Penambahan (detik)	
			50 ppm	100 ppm
1	Dowfax	1	231	120
		2	231	120
2	Buckman	1	117	88
		2	117	88
3	Minyak Bintaro	1	147	111
		2	147	111

Berdasarkan **Tabel IV.8** diperoleh data kecepatan penurunan yang dapat di tunjukkan dengan grafik berikut :



Grafik IV.8 Perbandingan Waktu Penurunan terhadap Penambahan Antifoam Minyak Bintaro, Dowfax dan Buckman

Berdasarkan **Grafik IV.8** dari ketiga jenis antifoam tersebut, antifoam yang dapat menurunkan busa paling cepat adalah antifoam merk "Buckman" dengan waktu penurunan 117 detik untuk penambahan 50 ppm dan 88 detik untuk penambahan 88 ppm. Disusul antifoam minyak bintaro dengan waktu penurunan 147 detik untuk penambahan 50 ppm dan 111 detik untuk penambahan 100 ppm. Antifoam merk dagang "Dowfax" merupakan antifoam yang paling lama untuk menurunkan busa. Dengan waktu penurunan 231 detik untuk penambahan 50 ppm dan 120 untuk penambahan 100 ppm.

Antifoam "Buckman" dan "Dowfax" merupakan antifoam merk dagang yang sering digunakan dalam industri di Indonesia, dimana antifoam tersebut merupakan produk impor dari luar negeri. Antifoam Minyak Bintaro yang merupakan produk inovasi pembuatan antifoam ramah lingkungan yang terbuat dari bahan baku minyak bintaro, mampu bersaing dengan beberapa antifoam merk dagang yang berasal dari luar negeri baik dari waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan busa maupun dari segi ketersediaan serta dapat menekan biaya impor antifoam dari luar negeri.

IV.5. Analisis Pengaruh Proses Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional dan Pemanas *Microwave* terhadap Konsumsi Energi

Untuk mengetahui nilai ekonomis dari kedua metode, tidak hanya dilihat dari segi *yield*. Faktor konsumsi energi yang dibutuhkan selama proses berlangsung juga perlu dihitung untuk mengetahui nilai ekonomis dari metode yang digunakan. Berikut ini merupakan **Tabel IV.9** tentang perbandingan konsumsi energi antara metode transesterifikasi yang menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)* dan transesterifikasi yang menggunakan pemanas *microwave*.

Tabel IV.9 Konsumsi Energi pada Metode Transesterifikasi dengan Pemanas Konvensional *(hotplate)* dan Pemanas *Microwave* pada Suhu 60°C

Parameter	**Metode**	
	Transesterifikasi Pemanas Konvensional	**Transesterifikasi Pemanas *Microwave***
Waktu Transesterifikasi (Menit)	105	6
Yield (%)	85,778	87,111
Daya input total (Watt)	1215	715
Konsumsi Energi (kWh)	1,9425	0,292
Biaya (Rp/gr antifoam)	770,59	632,49

Dari **Tabel IV.9** dapat disimpulkan bahwa prosedur transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* menghasilkan *yield* sebesar 87,111% sedangkan transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)* menghasilkan *yield* sebesar 85,778%. Energi yang dibutuhkan untuk melakukan metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* dan menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)* adalah 0,292 kWh dan 1,9425 kWh. Sehingga biaya yang dibutuhkan untuk memperoleh 1 gram produk antifoam pada metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* adalah Rp 632,49 dan

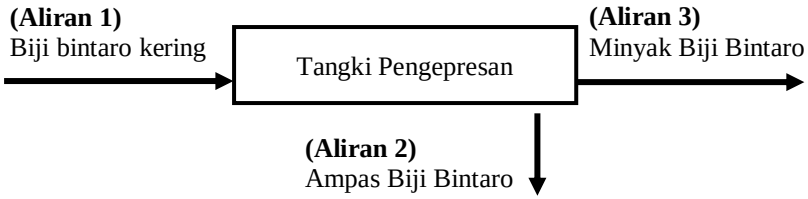
menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)* adalah sebesar Rp 770,59.

Dari penjelasan tersebut menunjukkan bahwa metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* lebih hemat biaya hingga 17,9% dibandingkan dengan metode transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)*. Hal ini semakin menegaskan bahwa metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* jauh lebih baik bila ditinjau dari segi *yield*, biaya dan keefektifan waktu jika dibandingkan dengan metode transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional. Dengan menggunakan pemanas *microwave* untuk proses transesterifikasi, mampu berjalan dengan waktu 17,5 × lebih cepat daripada menggunakan pemanas konvensional *(hotplate)*.

BAB V
NERACA MASSA

V.1 Tangki Pengepresan

Bahan baku biji bintaro : 1000 kg
Densitas minyak bintaro : 0,91 kg/L



Fungsi : Untuk mengambil minyak biji bintaro dengan metode pengepresan

Tabel V.1 Neraca Massa Total pada Tangki Pengepresan

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 1)		**(Aliran 2)**	
Biji Bintaro	1000	Ampas Biji Bintaro	653,472
		(Aliran 3)	
		Minyak Bintaro	346,528
Total	1000		

Perhitungan Rendemen

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Massa Minyak Bintaro (kg)}}{\text{Massa Biji Bintaro (kg)}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{346{,}528 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} \times 100\ \%$$

$$= 34{,}6528\ \%$$

Komposisi Minyak Bintaro (Percobaan)

Tabel V.2 Komposisi Minyak Bintaro

Komponen	**Fraksi Berat**	**Massa (kg)**
Trigliserida	0,97	336,132
FFA	0,025	8,663
H_2O	0,005	1,733
Total	1	346,528

Komposisi Trigliserida dalam Minyak Mentah Bintaro *(Sudradjat et al, 2012)*

Tabel V.3 Komposisi Trigliserida dalam Minyak Bintaro

Komponen	**BM**	**Rumus Molekul**	**Fraksi Berat (%)**
Tri Palmitat gliserida	806	$C_{51}H_{98}O_6$	47,5
Tri Stearat gliserida	890	$C_{57}H_{110}O_6$	4,5
Tri Oleat gliserida	884	$C_{57}H_{104}O_6$	36,6
Tri Linoleat gliserida	878	$C_{57}H_{98}O_6$	10
Tri Linolenat gliserida	876	$C_{57}H_{96}O_6$	1,4
Total			1

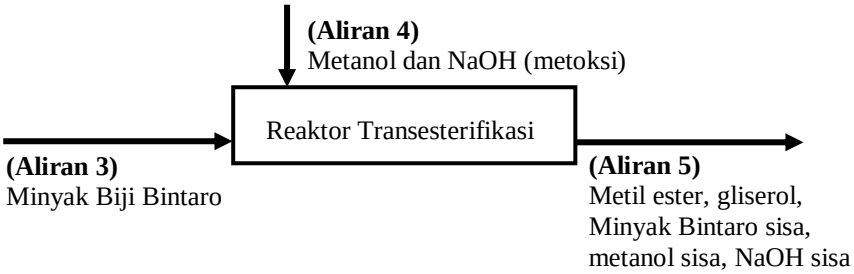
Komposisi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Mentah Bintaro *(Sudradjat et al, 2012)*

Tabel V.4 Komposisi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Bintaro

Komponen	BM	Rumus Molekul	Fraksi Berat (%)
Asam Palmitat	256	$C_{14}H_{28}O_2$	19,68
Asam Stearat	284	$C_{18}H_{36}O_2$	5,33
Asam Oleat	282	$C_{18}H_{34}O_2$	38,13
Asam Linoleat	280	$C_{18}H_{32}O_2$	14,19
Asam Linolenat	278	$C_{18}H_{30}O_2$	0,19

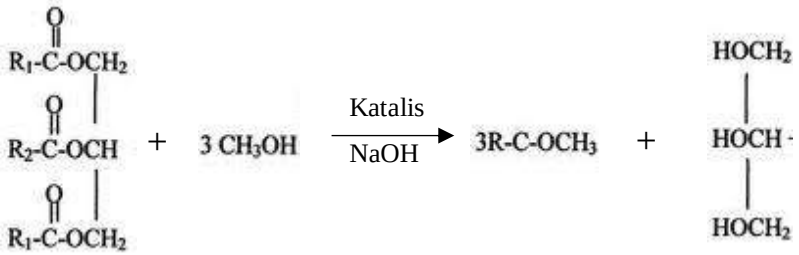
V.2 Reaktor Transesterifikasi

Massa Minyak Bintaro = 346,528 kg
Densitas Minyak Bintaro = 0,91 kg/L
Volume Minyak Bintaro = 346,528 kg : 0,91 kg/L
= 380,8 L
Rasio Minyak Bintaro dan Metanol = 1:9
Volume Metanol = 380,8 L × 9
= 3.427,2 L
Densitas Metanol = 0,792 kg/L
Massa Metanol = 3.427,2 L × 0,792 kg/L
= 2.714,3424 kg
Konsentrasi NaOH = 2% dari berat minyak
= 2% × 346,528 kg
= 6,93056 kg



Fungsi : Untuk mereaksikan trigliserida (minyak bintaro) dengan alkohol rantai pendek (metanol) menjadi metil ester dan gliserol

Reaksi Transesterifikasi



	Trigliserida +	3 Metanol →	3 Methyl Ester +	Gliserol
M	1,246504	203,8446		
R	1,221574	3,664721	3,664721	1,221574
S	0,02493	200,1799	3,664721	1,221574

Tabel V.5 Neraca Massa Total pada Reaktor Transesterifikasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 3)		**(Aliran 5)**	
Minyak Bintaro	346,528	Metil Ester	266,2859
		Metanol sisa	2135,252
(Aliran 4)		Gliserol	112,3848
Metanol	2174,342	Minyak Bintaro sisa	6,93056
NaOH	6,93056	NaOH sisa	6,93056
Total	2527,801	**Total**	2527,801

Komposisi Metil Ester dalam Hasil Transesterifikasi Minyak Bintaro *(Utami, 2011)*

Tabel V.6 Komposisi Metil Ester Hasil Transesterifikasi Minyak Bintaro

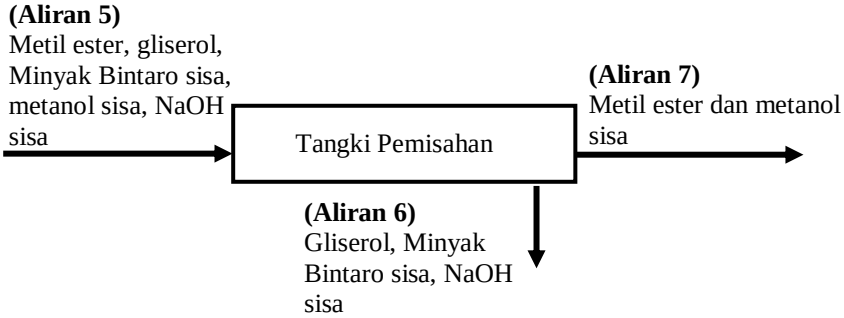
Komponen	BM	Rumus Molekul
Palmitat Metil Ester	242	$C_{13}H_{27}COOCH_3$
Stearat Metil Ester	298	$C_{17}H_{35}COOCH_3$
Oleat Metil Ester	296	$C_{17}H_{33}COOCH_3$
Linoleat Metil Ester	294	$C_{17}H_{31}COOCH_3$
Linolenat Metil Ester	292	$C_{17}H_{29}COOCH_3$

Tabel V.7 Neraca Massa Tiap Komponen pada Reaktor Transesterifikasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 3)		**(Aliran 5)**	
Trigliserida		**Metil Ester**	
Tri-Palmitat	159,663	Metil palmitat	52, 4151
Tri-Stearat	15,126	Metil stearat	4,96319

Tri-Oleat	123,024	Metil Oleat	40,36966
Tri-Linoleat	33,613	Metil Linoleat	11,03088
Tri Linolenat	4,706	Metil Linolenat	1,537088
Free Fatty Acid		**Trigliserida Sisa**	
Asam Palmitat	1,705	Tri-Palmitat	3,19326
Asam Stearat	0,462	Tri-Stearat	0,30252
Asam Oleat	3,303	Tri-Oleat	2,46048
Asam Linoleat	1,229	Tri-Linoleat	0,67226
Asam Linolenat	0,016	Tri Linolenat	0,09412
Others		***Free Fatty Acid***	
Water	1,733	Asam Palmitat	1,705
		Asam Stearat	0,462
(Aliran 4)		Asam Oleat	3,303
Metanol	2174,342	Asam Linoleat	1,229
NaOH	6,93056	Asam Linolenat	0,016
		Others	
		Water	1,733
		Metanol sisa	2135,252
		Gliserol	112,3848
		NaOH sisa	6,93056
Total	2527,801	**Total**	2527,801

V.3 Pemisahan



Fungsi : Untuk memisahkan antara gliserol, trigliserida sisa, dan NaOH sehingga dapat memisah dari metil ester dan metanol.

Tabel V.8 Neraca Massa Total pada Pemisahan

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 5) Hasil proses transesterifikasi (metil ester, metanol, gliserol, trigliserida sisa dan NaOH	2527,801	**(Aliran 6)** Gliserol, trigliserida sisa dan NaOH	126,2631
		(Aliran 7) Metil Ester dan Metanol	2401,5379
Total	2527,801	**Total**	2527,801

Tabel V.9 Neraca Massa Tiap Komponen pada Pemisahan

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 5)		**(Aliran 6)**	
Metil Ester		**Gliserol**	112,3848
Metil palmitat	52, 4151	**Trigliserida Sisa**	
Metil stearat	4,96319	Tri-Palmitat	3,19326
Metil Oleat	40,36966	Tri-Stearat	0,30252
Metil Linoleat	11,03088	Tri-Oleat	2,46048
Metil Linolenat	1,537088	Tri-Linoleat	0,67226
Trigliserida Sisa		Tri Linolenat	0,09412
Tri-Palmitat	3,19326	***Free Fatty Acid***	
Tri-Stearat	0,30252	Asam Palmitat	1,705
Tri-Oleat	2,46048	Asam Stearat	0,462
Tri-Linoleat	0,67226	Asam Oleat	3,303
Tri Linolenat	0,09412	Asam Linoleat	1,229

Free Fatty Acid		Asam Linolenat	0,016
Asam Palmitat	1,705	**Others**	
Asam Stearat	0,462	Water	1,733
Asam Oleat	3,303	**NaOH sisa**	6,93056
Asam Linoleat	1,229		
Asam Linolenat	0,016	**(Aliran 7)**	
Others		**Metil Ester**	
Water	1,733	Metil palmitat	52, 4151
Metanol sisa	2135,252	Metil stearat	4,96319
Gliserol	112,3848	Metil Oleat	40,36966
NaOH sisa	6,93056	Metil Linoleat	11,03088
		Metil Linolenat	1,537088
		Metanol sisa	2135,252
Total	2527,801	**Total**	2527,801

V.4 Distilasi

Fungsi : Untuk memisahkan metanol dari metil ester sehingga didapatkan metil ester murni. Proses ditilasi dilakukan pada suhu 70°C.

Tabel V.10 Neraca Massa Total pada Distilasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Hasil proses pemisahan	2401,5379	Metanol	2135,252

(metil ester dan metanol)		**(Aliran 9)** Metil Ester	266,2859
Total	2401,5379	**Total**	2401,5379

Tabel V.11 Neraca Massa Tiap Komponen pada Distilasi

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Metil Ester		**Metanol sisa**	2135,252
Metil palmitat	52, 4151		
Metil stearat	4,96319	**(Aliran 9)**	
Metil Oleat	40,36966	**Metil Ester**	
Metil Linoleat	11,03088	Metil palmitat	52, 4151
Metil Linolenat	1,537088	Metil stearat	4,96319
		Metil Oleat	40,36966
Metanol sisa	2135,252	Metil Linoleat	11,03088
		Metil Linolenat	1,537088
Total	2401,5379	**Total**	2401,5379

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VI
NERACA PANAS

VI.1 Data Perhitungan

Perhitungan neraca panas dimulai dari proses transesterifikasi hingga destilasi.

Percobaan :

Massa Minyak Bintaro = 346,528 kg
Densitas percobaan = 0,91 kg/L
Volume Minyak Bintaro = 380,8 L
Suhu *Reference* = 25°C
Satuan = Kcal

Komposisi Minyak Bintaro (Percobaan)

Tabel VI.1 Komposisi Minyak Bintaro

Komponen	Fraksi Berat	Massa (kg)
Trigliserida	0,97	336,132
FFA	0,025	8,663
H_2O	0,005	1,733
Total	1	346,528

Dari perhitungan neraca massa diperoleh data berat molekul tiap komponen dan massa tiap komponen sebagai berikut :

Tabel VI.2 Komponen TGS dan FFA

Komponen	BM FFA	BM Trigliserida	Fraksi Berat	Massa FFA	Massa Trigliserida
Palmitat	200	806	19,68	1,705	159,663
Stearat	256	890	5,33	0,462	15,126
Oleat	284	884	38,13	3,303	123,024
Linoleat	280	878	14,19	1,229	33,613
Linolenat	278	876	0,19	0,016	4,706
Total					336,132

Tabel VI.3 Komponen Metil Ester dalam Minyak Bintaro

Komponen	BM	Rumus Molekul
Palmitat Metil Ester	242	$C_{13}H_{27}COOCH_3$
Stearat Metil Ester	298	$C_{17}H_{35}COOCH_3$
Oleat Metil Ester	296	$C_{17}H_{33}COOCH_3$
Linoleat Metil Ester	294	$C_{17}H_{31}COOCH_3$
Linolenat Metil Ester	292	$C_{17}H_{29}COOCH_3$

Tabel VI.4 Berat Molekul Komponen Lain

Komponen	BM	Rumus Molekul
Metanol	32	CH3OH
Natrium Oksida	40	NaOH
Gliserol	92	C_3H8O_3
Water	18	H_2O

Menentukan Heat Capacity (cp) :

Dari tabel 8.2 Coulson & Richardson's "*Chemical Engineering*" volume 6, 4th *edition* diperoleh data untuk perhitungan *heat capacity* (cp) komponen– komponen yang terkandung di dalam Minyak Bintaro.

Tabel VI.5 Data Perhitungan *Heat Capacity* Komponen

Komponen	Solid	Liquid
C	7,5	11,7
H	9,6	18
B	11,3	19,7
St	15,9	24,3
O	16,7	25,1
F	20,9	29,3
P and S	22,6	31,0
Others	26	33,5

Tabel VI.6 Perhitungan Cp pada Trigliserida Minyak Bintaro

Komponen	Rumus	kJ/kmol°C	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Tri Palmitat	$C_{51}H_{98}O_6$	2511,300	3,116	0,748
Tri Stearat	$C_{57}H_{110}O_6$	2581,500	2,940	0,706
Tri Oleat	$C_{57}H_{104}O_6$	2225,100	3,082	0,740
Tri Linoleat	$C_{57}H_{98}O_6$	2689,500	3,042	0,730
Tri Linolenat	$C_{57}H_{96}O_6$	2653,500	3,039	0,686

Tabel VI.7 Perhitungan Cp pada FFA Minyak Bintaro

Komponen	Rumus	kJ/kmol°C	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Asam Palmitat	$C_{14}H_{28}O_2$	813,4	3,2000	0,768
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	836,8	2,9886	0,710
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	718	3,1491	0,756
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	872	3,0950	0,743
Asam Linolenat	$C_{18}H_{30}O_2$	868	3,0943	0,684

Tabel VI.8 Perhitungan Cp pada Metil Ester Minyak Bintaro

Komponen	Rumus	kJ/kmol°C	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Metil Palmitat	$C_{13}H_{27}COOCH_3$	813,4	3,2000	0,768
Metil Stearat	$C_{17}H_{35}COOCH_3$	836,8	2,9886	0,710
Metil Oleat	$C_{17}H_{33}COOCH_3$	718	3,1491	0,756
Metil Linoleat	$C_{17}H_{31}COOCH_3$	872	3,0950	0,743
Metil Linolenat	$C_{17}H_{29}COOCH_3$	868	3,0943	0,684

Tabel VI.9 Perhitungan Cp pada Komponen Lain

Komponen	Rumus	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Metanol	CH3OH	2,540	0,610
Natrium Hidroksida	NaOH	2,314	0,447
Gliserol	C_3H8O_3	2,412	0,576
Water	H_2O	4,181	0,999

Menentukan Δ Hf Komponen :

ΔHf berdasarkan struktur ikatan kimia :

Dari tabel 7-6, hal.284 Maron, "*Fundamental of Physical Chemistry*" diperoleh data untuk menentukan ΔHf komponen–komponen yang terkandung di dalam Minyak Bintaro :

Tabel VI.10 Perhitungan ΔHf pada Komponen Minyak Bintaro

Ikatan	**ΔHf (kcal/mol)**
C=C	147
C-C	83
C-H	99
C-O	84
O-H	111
C=O	170
H-H	107

ΔHf komponen lain :

Sumber : Hougen, *" Chemical Process Principles "*

Tabel VI.11 Perhitungan ΔHf pada Komponen Lain

Bahan	**ΔHf (kcal/mol)**
NaOH	-101,78
H_2O	-68,3174
CH_3OH	-57,04
Gliserol	396,27

Tabel VI.12 Perhitungan ΔHf pada Trigliserida

Komponen	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Tri Palmitat	47	98	6	3	14.617
Tri Stearat	53	110	6	3	16.303
Tri Oleat	53	104	6	3	15.709
Tri Linoleat	53	98	6	3	15.115
Tri Linolenat	53	94	6	3	15.023

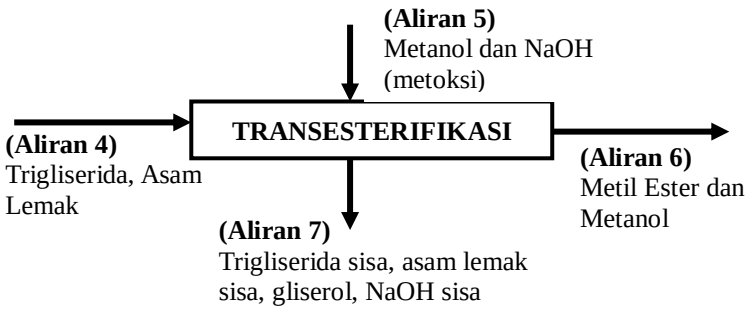
Tabel VI.13 Perhitungan ΔHf pada Metil Ester

Komponen	C=C	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Metil Palmitat	0	15	34	1	1	4.949
Metil Stearat	0	17	38	1	1	5.511
Metil Oleat	1	16	36	1	1	5.377
Metil Linoleat	2	15	34	1	1	5.243
Metil Linolenat	2	15	31	1	1	5.134

Tabel VI.14 Perhitungan ΔHf pada FFA

Komponen	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Asam Palmitat	0	15	1	1	4.679
Asam Stearat	0	17	1	1	5.241
Asam Oleat	1	16	1	1	5.305
Asam Linoleat	2	15	1	1	5.072
Asam Linolenat	2	13	1	1	5.011

VI.2 Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi



Entalpi Bahan Masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta H = m.\ Cp.\ (T\text{-}Tref)$$

T masuk	30	T keluar	60
T ref	25	T ref	25
ΔT	5	ΔT	35

Tabel VI.15 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk

Komponen	**Massa (kg)**	**Cp(kcal/kg C)**	**T (C)**	**T-Tref**	**ΔH(kcal)**
Aliran 4					
Trigliserida					
Tri Palmitat	159,663	0,748	30	5	596,965
Tri Stearat	15,126	0,706	30	5	57,053
Tri Oleat	123,024	0,740	30	5	449,148
Tri Linoleat	33,613	0,730	30	5	118,594
Tri Linolenat	4,706	0,686	30	5	16,142
Asam Lemak					
A. Palmitat	1,705	0,768	30	5	6,500
A. Stearat	0,462	0,710	30	5	1,774
A. Oleat	3,303	0,756	30	5	12,267
A. Linoleat	1,229	0,743	30	5	4,407
A. Linolenat	0,016	0,684	30	5	0,055
Water	1,733	0,999	30	5	8,653
Aliran 5					
Metanol	2.174,342	0,610	30	5	6.627,394
NaOH	6,93056	0,447	30	5	15,489

Tabel VI.16 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kgC)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 6					
Metil Ester					
Metil Palmitat	52, 4151	0,768	60	35	1.404,188
Metil Stearat	4,96319	0,710	60	35	133,816
Metil Oleat	40,36966	0,756	60	35	1.054,548
Metil Linoleat	11,03088	0,743	60	35	16,988
Metil Linolenat	1,537088	0,684	60	35	2,299
TGS sisa					
Tri Palmitat	3,19326	0,748	60	35	83,575
Tri Stearat	0,30252	0,706	60	35	7,987
Tri Oleat	2,46048	0,740	60	35	62,880
Tri Linoleat	0,67226	0,730	60	35	16,603
Tri Linolenat	0,09412	0,686	60	35	2,259
FFA sisa					
Asam palmitat	1,705	0,768	60	35	45,505
Asam Stearat	0,462	0,710	60	35	12,418
Asam Oleat	3,303	0,756	60	35	85,872
Asam Linoleat	1,229	0,743	60	35	30,852
Asam Linolenat	0,016	0,684	60	35	0,383
Aliran 7					
Water	1,733	0,999	60	35	60,655
Metanol sisa	2.135,252	0,610	60	35	4.557,736
Gliserol	112,3848	0,576	60	35	2.265,948
NaOH sisa	6,93056	0,447	60	35	108,428

Menghitung Entalpi Reaksi dengan rumus :

$$\mathbf{Hr = \Delta Hp + \Delta Hf_{25} - \Delta Hr}$$

Perhitungan Entalpi Reaksi pada Tri Palmitat

Tabel VI.17 Perhitungan ΔHf25 Tri Palmitat

Komponen	Mol	ΔHf (kcal/mol)	ΔH (kcal)
Tri Palmitat	0,19413	14.617	2.837,593
Metanol	0,58239	-57,04	-33,219
Metil Palmitat	0,58239	4.949	2.882,248
Gliserol	0,19413	396,27	76,927
Total			5.763,554

Tabel VI.18 Perhitungan ΔHr Tri Palmitat

Komponen	Massa (kg)	Cp	ΔT	ΔHr (kcal)
Tri Palmitat	156,468	0,748	35	4.095,156
Metanol	6,212	0,610	35	132,542
Total				4.227,699

Tabel VI.19 Perhitungan ΔHp Tri Palmitat

Komponen	Massa (kg)	Cp	ΔT	ΔHr (kcal)
Metil Palmitat	52,415	0,765	35	1.404,188
Gliserol	17,859	0,576	35	360,099
Total				1.764,288

Untuk menghitung Entalpi Reaksi pada komponen yang lain dapat menggunakan perhitungan seperti diatas.

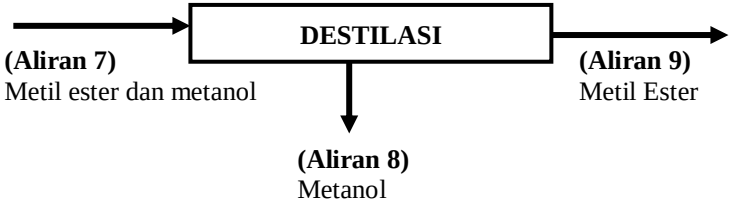
Tabel VI.20 Perhitungan Hr setiap Komponen

Komponen	H reaksi (kcal)
Tri Palmitat	3.300,143
Tri Stearat	199,093
Tri Oleat	2.506,429
Tri Linoleat	674,854
Tri Linolenat	97,649

Tabel VI.21 Neraca Panas Proses Transesterifikasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	ΔH (Kcal)	Komponen	ΔH (Kcal)
(Aliran 4)		**(Aliran 6)**	
Trigliserida		**Metil Ester**	
Tri-Palmitat	596,965	Metil palmitat	1.404,188
Tri-Stearat	57,053	Metil stearat	133,816
Tri-Oleat	449,148	Metil Oleat	1.054,548
Tri-Linoleat	118,594	Metil Linoleat	16,988
Tri Linolenat	16,142	Metil Linolenat	2,299
Free Fatty Acid		**Trigliserida Sisa**	
Asam Palmitat	6,500	Tri-Palmitat	83,575
Asam Stearat	1,774	Tri-Stearat	7,987
Asam Oleat	12,267	Tri-Oleat	62,880
Asam Linoleat	4,407	Tri-Linoleat	16,603
Asam Linolenat	0,055	Tri Linolenat	2,259
Others		***Free Fatty Acid***	
Water	8,653	Asam Palmitat	45,505
		Asam Stearat	12,418
(Aliran 5)		Asam Oleat	85,872
Metanol	6.627,394	Asam Linoleat	30,852
NaOH	15,489	Asam Linolenat	0,383
		Qloss	2621,930223
Q supply	52.438,60447	Hreaksi	6778,17087
		Metanol sisa	4.557,736
		Gliserol	2.265,948
		NaOH sisa	108,428
Total	60.353,0506	**Total**	60.353,0506

VI.3 Neraca Panas Destilasi



Entalpi Bahan Masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta H = m.\ Cp.\ (T\text{-}Tref)$$

T masuk	60	T keluar	65
T ref	25	T ref	25
ΔT	35	ΔT	40

Tabel VI.22 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kg C)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 7					
Metil Ester					
Metil Palmitat	52,4151	0,768	60	35	1.524,547
Metil Stearat	4,96319	0,710	60	35	145,286
Metil Oleat	40,36966	0,756	60	35	1.144,938
Metil Linoleat	11,03088	0,743	60	35	302,660
Metil Linolenat	1,537088	0,684	60	35	40,944
Others					
Metanol sisa	2135,252	0,610	60	35	49.462,685

Tabel VI.23 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kgC)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 8					
Metanol	2135,252	0,610	65	40	49462,685
Aliran 9					
Metil ester					
Metil Palmitat	52, 4151	0,768	65	40	1.524,547
Metil Stearat	4,96319	0,710	65	40	145,286
Metil Oleat	40,36966	0,756	65	40	1.144,938
Metil Linoleat	11,03088	0,743	65	40	302,660
Metil Linolenat	1,537088	0,684	65	40	40,944

Tabel VI.24 Neraca Panas Proses Destilasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	ΔH (Kcal)	Komponen	ΔH (Kcal)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Metil Ester		**Metanol**	49.462,685
Metil Palmitat	1.524,547	**(Aliran 9)** Metil palmitat	1.524,547
Metil Stearat	145,286	Metil stearat	145,286
Metil Oleat	1.144,938	Metil Oleat	1.144,938
Metil Linoleat	302,660	Metil Linoleat	302,660
Metil Linolenat	40,944	Metil Linolenat	40,944
Metanol	49.462,685		
Total	52.621,06308	**Total**	52.621,06308

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VII
ESTIMASI BIAYA

Kapasitas produksi Antifoam Minyak Bintaro adalah 50 drum/hari, dengan rincian sebagai berikut :

- Volume antifoam minyak bintaro untuk 1 drum yaitu 35 L.
- Setiap drum berisi 31,5 kg antifoam minyak bintaro.
- Untuk menghasilkan antifoam minyak bintaro 1.750 L per hari dibutuhkan bahan baku (biji bintaro) kering sebesar 6047,06 kg biji bintaro atau sebesar 6,04706 ton biji bintaro.

VII.1 Peralatan (*Equipment*)

Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel VII.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No	Keterangan	Jumlah	Harga per Unit (Rp)	Lifetime (Bulan)	Biaya (Rp/Bulan)
1.	*Microwave*	1	1750000	60	29166.66667
2.	*Thermocouple*	1	1800000	60	30000
3.	Timbangan	1	500000	60	8333.333333
4.	Tangki Transesterifikasi	2	1500000	60	25000
5.	*Washer*	2	800000	60	13333.33333
6.	*Tangki pengujian antifoam*	2	500000	60	8333.333333
7.	Kolom distilasi	2	8500000	60	141666.6667
8.	*Cooler*	2	1000000	60	16666.66667
9.	*Stirer*	2	500000	60	8333.333333
10.	Pompa sentrifugal	2	500000	60	8333.333333
11.	Heater	2	2500000	60	41666.66667
Total					330833.3333

VII.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel VII.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp
1.	Biji Bintaro	6047,06 kg	150000	907.059.000
2.	Metanol	20724,883 L	14000	290.136.000
3.	NaOH	41,449 kg	11000	455939
Total				1.197.650.939

VII.3 Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

Tabel VII.3 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Air	500 m^3	5.000	2500000
2.	Listrik	800 kWh	1.300	1040000
Total				3540000

VII.4 Biaya Pendukung Lainnya

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel VII.4 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Gaji karyawan	5 orang	4.500.000	22.500.000
2.	Sewa bangunan	-	5.000.000	5.000.000
3.	*Maintenance* peralatan	-	1.500.000	1.500.000
Total				29.000.000

VII.5 *Fixed Cost* (FC)

Fixed cost atau biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel VII.5 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1.	Ivestasi alat	19.850.000
2.	Utilitas	3.540.000
3.	Lain-lain	29.000.000
Total		34.525.000

VII.6 *Variable Cost* (VC)

Variable cost atau biaya variabel total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi.

1. Biaya Variabel per Produksi = 23.953.266,02
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan = 23.953.266,02 x 24
   = Rp 574.878.384,5

VII.7 *Total Cost* (TC)

Total cost atau biaya total produksi merupakan hasil penjumlahan *fixed cost* dan *variable cost*. Hasil TC dalam waktu satu bulan, yaitu :

TC = FC + VC
TC = 34.525.000 + 574.878.384,5
TC = Rp 609.403.384,5

VII.8 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$HPP = \frac{TC}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

HPP = Rp 409.883,74

2. Harga Jual

$$\text{Harga Jual} = \frac{\text{HPP}}{(1 - \%\text{Mark Up})}$$

Harga Jual = Rp 512.479,675

3. Laba = Harga Jual – HPP
   = 512.479,675 – 409.883,74
   = Rp 102.495,935

4. Hasil Penjualan per Bulan
   Hasil Penjualan/Bulan = Harga Jual x Jumlah Produk/Bulan
   Hasil Penjualan/Bulan = 512479,675 x 1200
   Hasil Penjualan/Bulan = Rp 614.975.610

5. Laba per Bulan
   Laba/Bulan = Laba x Jumlah Produk/Bulan
   Laba/Bulan = 102495,935 x 1200
   Laba/Bulan = Rp 222.995.122
6. Laba per Tahun
   Laba/Tahun = Laba/Bulan x 12
   Laba/Tahun = 222.995.122 x 12
   Laba/Tahun = Rp 2.675.941.464

VII.9 *Break Event Point* (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan.

VII.9.1 Metode Perhitungan (Aljabar)

a) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{P - VC}}$$

BEP = 620,58 unit

b) Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$BEP = \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - (VC/P)}$$

BEP =Rp 223.544.880,25

Keterangan :

- Data *fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5
- P merupakan Harga Jual dimana data diperoleh pada sub bab D.4 Harga Penjualan Produk (HPP)
- VC merupakan biaya variabel per produksi dimana data diperoleh dari sub bab D.2 *Variable Cost*

VII.9.2 Metode Grafik

Perhitungan data pada produksi 300 drum antifoam minyak bintaro

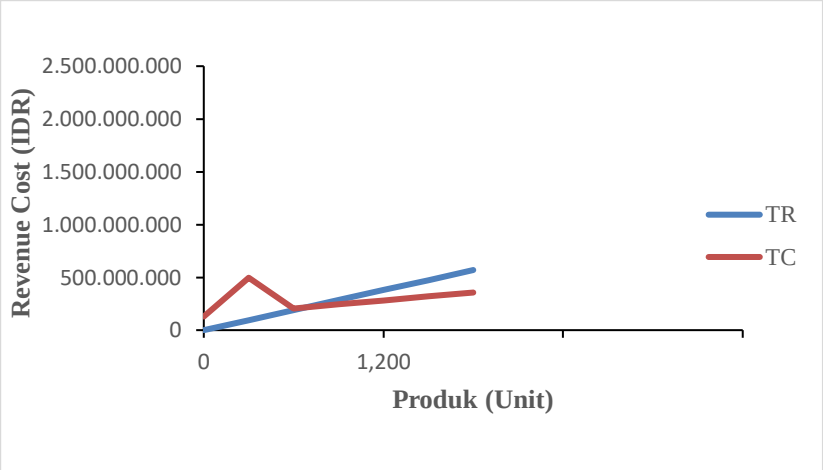
- Total Penghasilan = jumlah produksi drum antifoam minyak bintaro x harga jual
  = 300 x Rp 512.479,675
  = Rp 512.479.675
- *Fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5 yaitu Rp 34.525.000
- *Variable cost* = jumlah produksi drum antifoam minyak bintaro x *variable cost* per produksi
  = 300 x Rp 23.953.266,02
  = Rp 461.840.000
- Total biaya = *Fixed cost* + *Variable cost*
  =Rp 34.525.000+ Rp 461.840.000
  = Rp 496.370.000

Kemudian untuk produksi selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama seperti produksi 300 drum. Sehingga diperoleh tabel perhitungan biaya penjualan sebagai berikut :

Tabel VII.6 Perhitungan Biaya Penjualan

Drum	Total Penghasilan (Rp)	*Fixed Cost* (Rp)	*Variable Cost* (Rp)	Total Biaya (Rp)
300	94.878.123	34.525.000	94.235.000	128.760.000
600	189.756.246	34.525.000	170.435.000	204.960.000
900	284.634.369	34.525.000	246.635.000	281.160.000
1.200	379.512.492	34.525.000	284.735.000	319.260.000
1.500	474.390.615	34.525.000	322.835.000	357.360.000

Dari tabel D.6, maka dapat dibuat grafik D.1 sehingga dapat diketahui BEP.



Grafik VII.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Keterangan :
BEP = *Break Even Point*
TC = *Total Cost* (Total Biaya)
TR = *Total Revenue* (Total Penghasilan)
VC = *Variabel cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke 620,58 unit dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 223.544.880,25

BAB VIII
KESIMPULAN DAN SARAN

VIII.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu operasi sangat berpengaruh terhadap yield. Semakin tinggi suhu operasi maka yield metil ester semakin tinggi, tapi *stagnant* pada suhu 60°C dikarenakan titik didih metanol adalah 64,7°C dan jika suhu operasi diatas itu maka metanol dan minyak bintaro tidak dapat bereaksi sempurna. Maka suhu operasi proses transesterifikasi adalah pada suhu 60°C. Dimana metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* pada suhu 60°C menghasilkan *yield* 87,11% lebih tinggi dibandingkan dengan metode transesterifikasi menggunakan pemanas konvensional pada suhu 60°C yakni sebesar 85,77%.
2. Dosis penambahan metil ester yang optimum dalam uji ketinggian busa adalah sebesar 55 ppm dengan persen penurunan 96,49% dan kecepatan penurunan 0,38 cm/s.
3. Antifoam minyak bintaro mampu bersaing dengan antifoam merk dagang “Struktol” dalam hal persen penurunan pada dosis penambahan 55 ppm yang sama-sama memiliki persen penurunan 98%. Dalam hal kecepatan penurunan antifoam minyak bintaro lebih cepat dari antifoam merk dagang “Dowfax” namum kalah cepat dengan antifoam merk dagang “Struktol” dan “Buckman”.
4. Pengaruh proses transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* lebih hemat dalam hal konsumsi energi yakni sebesar 0,292 kWh, sedangkan konsumsi energi untuk proses transesterifikasi yang menggunakan pemanas konvensional adalah 1,9425 kWh. Metode transesterifikasi menggunakan pemanas *microwave* membutuhkan biaya per gram lebih rendah 17,9% dibandingkan dengan metode transesterifikasi

menggunakan pemanas konvensional yaitu Rp 632,49 dan Rp 770,59.

VIII.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Produk antifoam minyak bintaro yang dihasilkan memiliki kelemahan dari segi kecepatan waktu menurunkan busa dibandingkan dengan antifoam merk dagang “Struktol” dan “Buckman”, sehingga perlu pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan antifoam yang mampu menurunkan busa dengan waktu yang cepat.
2. Minyak yang digunakan untuk antifoam (metil ester) sebaiknya dilakukan dari berbagai jenis minyak seperti minyak jelantah atau minyak nabati lainya agar mampu menghasilkan metil ester atau antifoam dalam jumlah banyak sehingga mampu memenuhi kebutuhan antifoam di Indonesia.
3. Perlu dilakukan riset lebih lanjut untuk menentukan perbandingan rasio antara minyak dan metanol sehingga memperoleh proses yang paling efisien dalam penggunaan jumlah metanol. Penambahan metanol yang tepat dan sesuai kebutuhan dapat mempercepat proses pembuatan antifoam karena tidak terdapat metanol berlebih sehingga tidak membutuhkan proses distilasi.
4. Perlu dilakukan kajian mengenai alat transesterifikasi agar bisa melakukan proses selanjutnya yaitu distilasi secara kontinyu, sehingga dapat menghemat waktu proses yang lebih efisien.

DAFTAR NOTASI

No.	Notasi	Keterangan	Satuan
1.	ΔH	Enthalpi	Cal
2.	Cp	*Heat Capacities*	Cal/gr.^oC
3.	M	Massa	gr
4.	P	Daya	Watt
5.	H_v	*Saturated Liquid*	Cal/gr
6.	H_L	*Saturated Vapor*	Cal/gr
7.	T	Suhu	^oC
8.	T_{ref}	Suhu Referensi	^oC
9.	T	Waktu	min
10.	Λ	Panas Laten	Cal/gr

DAFTAR PUSTAKA

Adamson A.W, J. a. (1990). *Physical Chemistry of Surface*. New York: Leiden University Press.

Almeidaetal, Y. W. (2015). Karakteristik Biodiesel dari Limbah Minyak Ikan dan Minyak Goreng. Jurnal Kimia dan Teknologi, 43-50.

Andrian B, R. (2009). *Analysis of Carbera Manghas L as Antibacterial using Pseudomonas*. Journalism and Chemistry in Britain , 151-171.

Badan Pusat Statistik Jawa Timur Tahun 2010 dan 2016. Jumlah Industri di jawa Timur

Chemicals and Material Equipment. Material Safety Data Sheet Antifoam A MSDS. *Science Lab.com*

Darnoko et al. S. (2001). *Krakteristik Metil Ester*. Jakarta: Agro Media Pustaka, 67-76.

Dogra, S.K. dan S. Dogra (1990). *Kimia Fisik dan Soal-soal*. Universitas Indonesia. Jakarta

Djeni Hendra, S. W. (2015). Karakteristik Biodiesel Minyak Bintaro (*Carbera manghas L*) Dengan Proses Modifikasi (. Jurnal Penelitian Hasil Hutan , 11-21.

Farn, R. J. (2006). *Chemistry and Technology of Surfactants*. California: Library of Congress Cataloging-Publication Data of California.

Freedman. (1984). Pengambilan metil ester sebagai Biodiesel dari Minyak Biji Bintaro , Badan Penelitian dan Pengembangan Bandung 43-50.

Gailardest J, V. J. (2004). *Trace Element in River Water*. Geochemistry , 252-272.Lin, C. M.,

Gerpen L. (2004). Kualitas Metil Ester dalam Biodiesel. *J. Tek. Ind. Pert. Vol. 17(3),* 80-88.

John Willey & Sons. Inc. Artafia, L.D. (1994). *Polyurethane Flexible Foam Formation Low Density Celluler Plastics*. London : Chapman & Hall

Joshua Folaranmi. (2012). *Production of Biodiesel (B100) from Jathropa Oil using Sodium Hydroxide as Catalyst. Journal of Petroleum Engineering*, 6 pages.

Kurniasari, L., Hartati, I., Ratnani, R. D., & Sumantri, I. (2008). Kajian Ekstraksi Minyak Jahe Menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE). Momentum, Vol. 4, No. 2 , 47-52.

Levenspiel, O (1985). *Chemical Reaction Engineering. 2nd* ed. John Willeys and Sons, New York.

Lloyd I, Osipow (1962). *Surface Chemistry: Teory and Industri Application.* United States of America : 1964.

Lotero et al, Maher et al V. (2005). Karakteristik Biodiesel Minyak Jarak. *Institut Pertanian Bogor, 56-67.*

Malaya Naik, L.C. Meher, S.N. Naik, L.M. Das. (2008). *Production of Biodiesel from fatty acid Karanja (Pongamia Pinnata) oil*. Biomass and Bioenergy 32 , 354-357.

May, Choo Yuen (2012). Transesterification of Palm Oil : Effect of Reaction Parameters. *Journal of Palm Research,* 16 (2).

Ma F, and M.A. Hanna (1990). *Biodiesel Production : A Review. Bioresource Technology,* 1999; 70:1-15

Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan Volume VII No. 2*, 361-367.

Prafulla D. Patil, V. G. (2012). *Biodiesel Production of Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes*. Journal of Environmental Protection , 107-113.

Rani Handayani, Sukma Sumanti. (2010). Karakteristik Fisika-Kimia Minyak Biji Bintaro (Carbera Manghas L) dan Potensinya sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. Universitas Padjajaran Bandung.

Sudrajat et al, L., Hartati, I. *Karakeristik Fisika dan Kimia Minyak Bintaro.* Momentum, Vol. 4, No. 2, 47-52.

Tjitrosoepomo, G. (2007). Morfologi Tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

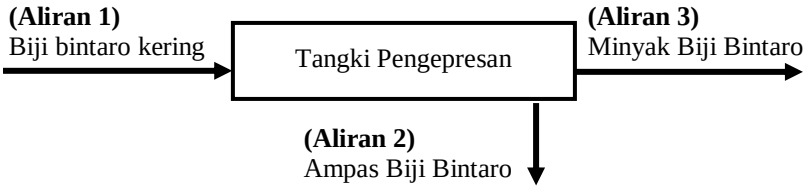
Vieville. C. Moulooungui Z. and Gaset A (1993). *Etherification of Oleic Acid by Methanol Catalyzed by p-Toluenesulfonic Acid and the Cation-exchange Resin K2411 and K1481 I Supercritical Carbon Dioxide.* Industri Engineering Chemical Research. 32.2065-2068

Yu, Y., Huang, T., Yang, B., Liu, X., & Duan, G. (2017). *Development of Gas Chromatography–mass Spectrometry with Microwave Distillation and Simultaneous Solid-phase Microextraction for Rapid Determination of Volatile Constituents in Ginger*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 24–31.

APPENDIKS A
NERACA MASSA

A.1 Tangki Pengepresan

Bahan baku biji bintaro : 1000 kg
Densitas minyak bintaro : 0,91 kg/L



Fungsi : Untuk mengambil minyak biji bintaro dengan metode pengepresan

Tabel A.1 Neraca Massa Total pada Tangki Pengepresan

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 1)		**(Aliran 2)**	
Biji Bintaro	1000	Ampas Biji Bintaro	653,472
		(Aliran 3)	
		Minyak Bintaro	346,528
Total	1000		

Perhitungan Rendemen

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Massa Minyak Bintaro (kg)}}{\text{Massa Biji Bintaro (kg)}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{346{,}528 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} \times 100\ \%$$

$$= 34{,}6528\ \%$$

Komposisi Minyak Bintaro (Percobaan)

Tabel A.2 Komposisi Minyak Bintaro

Komponen	**Fraksi Berat**	**Massa (kg)**
Trigliserida	0,97	336,132
FFA	0,025	8,663
H_2O	0,005	1,733
Total	1	346,528

Komposisi Trigliserida dalam Minyak Mentah Bintaro *(Sudradjat et al, 2012)*

Tabel A.3 Komposisi Trigliserida dalam Minyak Bintaro

Komponen	**BM**	**Rumus Molekul**	**Fraksi Berat (%)**
Tri Palmitat gliserida	806	$C_{51}H_{98}O_6$	47,5
Tri Stearat gliserida	890	$C_{57}H_{110}O_6$	4,5
Tri Oleat gliserida	884	$C_{57}H_{104}O_6$	36,6
Tri Linoleat gliserida	878	$C_{57}H_{98}O_6$	10
Tri Linolenat gliserida	876	$C_{57}H_{96}O_6$	1,4
Total			1

Komposisi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Mentah Bintaro
(Sudradjat et al, 2012)

Tabel A.4 Komposisi Asam Lemak Bebas dalam Minyak Bintaro

Komponen	BM	Rumus Molekul	Fraksi Berat (%)
Asam Palmitat	256	$C_{14}H_{28}O_2$	19,68
Asam Stearat	284	$C_{18}H_{36}O_2$	5,33
Asam Oleat	282	$C_{18}H_{34}O_2$	38,13
Asam Linoleat	280	$C_{18}H_{32}O_2$	14,19
Asam Linolenat	278	$C_{18}H_{30}O_2$	0,19

Dari data tersebut, dapat dihitung massa komponen Trigliserida, *Free Fatty Acid*, dan *Water* pada bahan Minyak Bintaro adalah sebagai berikut

a. Trigliserida

1. Tri-Palmitat = Massa Trigliserida × Fraksi
   = 336,132 × 0,475
   = 159,663 kg
2. Tri-Stearat = Massa Trigliserida × Fraksi
   = 336,132 × 0,045
   = 15,126 kg
3. Tri-Oleat = Massa Trigliserida × Fraksi
   = 336,132 × 0,366
   = 123,024 kg
4. Tri-Linoleat = Massa Trigliserida × Fraksi
   = 336,132 × 0,10
   = 33,613 kg
5. Tri-Linolenat = Massa Trigliserida × Fraksi
   = 336,132 × 0,014
   = 4,706 kg

b. *Free Fatty Acid*

1. Asam Palmitat = Massa FFA × Fraksi
   = 8,663 × 0,1968
   = 1,705 kg
2. Asam Stearat = Massa FFA × Fraksi
   = 8,663 × 0,0533
   = 0,462 kg
3. Asam Oleat = Massa FFA × Fraksi
   = 8,663 × 0,3813
   = 3,303 kg
4. Asam Linoleat = Massa FFA × Fraksi
   = 8,663 × 0,1419
   = 1,229 kg
5. Asam Linolenat = Massa FFA × Fraksi
   = 8,663 × 0,0019
   = 0,016 kg

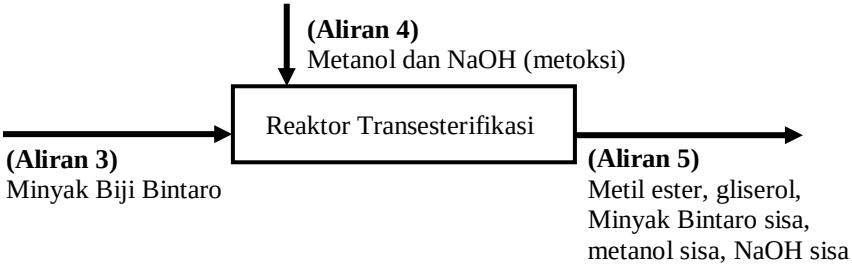
c. *Water*

1. Massa air = Massa air × Fraksi
   = 1,733 × 1
   = 1,733 kg

A.2 Reaktor Transesterifikasi

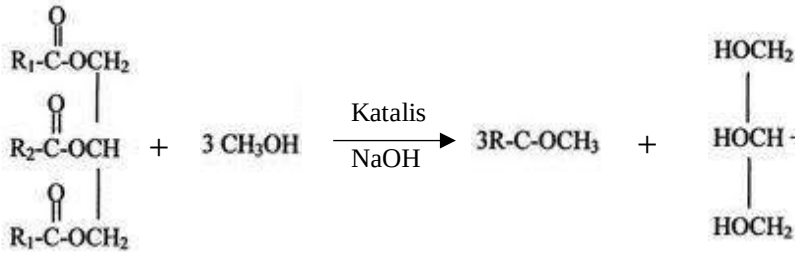
Massa Minyak Bintaro = 346,528 kg
Densitas Minyak Bintaro = 0,91 kg/L
Volume Minyak Bintaro = 346,528 kg : 0,91 kg/L
= 380,8 L
Rasio Minyak Bintaro dan Metanol = 1:9
Volume Metanol = 380,8 L × 9
= 3.427,2 L
Densitas Metanol = 0,792 kg/L
Massa Metanol = 3.427,2 L × 0,792 kg/L
= 2.714,3424 kg

Konsentrasi NaOH = 2% dari berat minyak
= 2% × 346,528 kg
= 6,93056 kg



Fungsi : Untuk mereaksikan trigliserida (minyak bintaro) dengan alkohol rantai pendek (metanol) menjadi metil ester dan gliserol

Reaksi Transesterifikasi



	Trigliserida +	3 Metanol →	3 Methyl Ester +	Gliserol
M	1,246504	203,8446		
R	1,221574	3,664721	3,664721	1,221574
S	0,02493	200,1799	3,664721	1,221574

Perhitungan Reaksi Transesterifikasi

1. **Trigliserida (minyak bintaro)**

Mol mula-mula	= massa trigliserida / BM trigliserida
	= 346,528 kg / 278 kg/kgmol
	= 1,246504 kgmol
Mol saat bereaksi	= mol mula-mula × konversi ke metil ester
	= 1,246504 kgmol × 98%
	= 1,221574 kgmol
Mol sisa	= mol mula-mula – mol saat bereaksi
	= 1,246504 kgmol – 1,221574 kgmol
	= 0,02493 kgmol
Massa trigliserida sisa	= mol sisa × BM trigliserida
	= 0,02493 kgmol × 278 kg/ kgmol
	= 6,93056 kg

2. **Metanol**

Mol mula-mula	= massa metanol / BM metanol
	= 2174,342 kg / 32 kg/kgmol
	= 203,8446 kgmol
Mol saat bereaksi	= mol trigliserida saat bereaksi × konstanta reaksi metanol
	= 1,221574 kgmol × 3
	= 3,664721 kgmol
Mol sisa	= mol mula-mula – mol saat bereaksi
	= 203,8446 kgmol – 3,664721 kgmol
	= 200,1799 kgmol
Massa metanol sisa	= (mol sisa × BM metanol) : konstanta reaksi metanol
	= (200,1799 kgmol × 32 kg/ kgmol) : 3
	= 2135,252 kg

3. **Metil Ester**

Mol saat bereaksi = mol trigliserida saat bereaksi × konstanta reaksi metil ester
= 1,221574 kgmol × 3
= 3,664721 kgmol

Mol sisa = mol saat bereaksi
= 3,664721 kgmol

Massa metil ester = (mol sisa × BM metil ester) : konstanta reaksi metil ester
= (3,664721 kgmol × 217,986 kg/ kgmol) : 3
= 266,2859 kg

4. **Gliserol**

Mol saat bereaksi = mol trigliserida saat bereaksi
= 1,221574 kgmol

Mol sisa = mol saat bereaksi
= 1,221574 kgmol

Massa gliserol = mol sisa × BM trigliserida
= 1,221574 kgmol × 92 kg/ kgmol
= 112,3848 kg

Tabel A.5 Neraca Massa Total pada Reaktor Transesterifikasi

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 3)		**(Aliran 5)**	
Minyak Bintaro	346,528	Metil Ester	266,2859
		Metanol sisa	2135,252
(Aliran 4)		Gliserol	112,3848
Metanol	2174,342	Minyak Bintaro sisa	6,93056

NaOH	6,93056	NaOH sisa	6,93056
Total	2527,801	**Total**	2527,801

Komposisi Metil Ester dalam Hasil Transesterifikasi Minyak Bintaro *(Utami, 2011)*

Tabel A.6 Komposisi Metil Ester Hasil transesterifikasi Minyak Bintaro

Komponen	BM	Rumus Molekul
Palmitat Metil Ester	242	$C_{13}H_{27}COOCH_3$
Stearat Metil Ester	298	$C_{17}H_{35}COOCH_3$
Oleat Metil Ester	296	$C_{17}H_{33}COOCH_3$
Linoleat Metil Ester	294	$C_{17}H_{31}COOCH_3$
Linolenat Metil Ester	292	$C_{17}H_{29}COOCH_3$

Dari data tersebut, dapat dihitung massa komponen metil ester pada hasil transesterifikasi minyak bintaro adalah sebagai berikut

- Reaksi terhadap trigliserida = maasa konversi = 98%

a. Tripalmitat ⟶ Methyl palmitat

$C_{39}H_{74}O_6 + 3\ CH_3OH \longrightarrow 3\ C_{11}H_{23}COOH_3 + C_3H_8O_3$

- BM Tripalmitat = 806 kg/kmol
- BM Methyl palmitat = 270 kg/kmol
- BM gliserol = 92 kg/kmol
- BM Metanol = 32 kg/kmol

Massa Tripalmitat mula-mula = 159,663 kg

Mol Tripalmitat mula-mula $= \dfrac{\text{Massa tripalmitat}}{\text{BM tripalmitat}}$

$= \dfrac{159{,}663\ \text{kg}}{806\ \text{kg/kmol}}$

= 0,198093 kmol

Mol Tripalmitat bereaksi	= Konversi × mol mula-mula = 0,98 × 0,198093 kmol = 0,19413 kmol
Mol Tripalmitat sisa	= (Mol mula-mula) – (mol reaksi) = 0,198093 kmol - 0,19413 kmol = 0,003963 kmol
Massa Tripalmitat sisa	= Mol Tripalmitat sisa × BM Tripalmitat = 0,003963 kmol × 806 kg/kmol = 3,194178 kg
Mol Metanol yang dibutuhkan	= 3 × Mol Tripalmitat bereaksi = 3 × 0,19413 kmol = 0,58239 kmol
Mol Methyl palmitat terbentuk	= 3 × Mol Tripalmitat bereaksi = 3 × 0,19413 kmol = 0,58239 kmol
Massa Methyl palmitat terbentuk	= (Mol methyl palmitat × BM methyl palmitat) / 3 = (0,58239 kmol × 270 kg/kmol) / 3 = 52, 4151 kg
Mol Gliserol yang dihasilkan	= 1 × Mol Tripalmitat bereaksi = 1 × 0,19413 kmol = 0,19413 kmol
Massa Gliserol yang dihasilkan	= Mol Gliserol × BM Gliserol = 0,19413 kmol × 92 kg/kmol = 17,85996 kg

b. Tristearat ⟶ Methyl stearat

$C_{57}H_{110}O_6 + 3\ CH_3OH \longrightarrow 3\ C_{17}H_{35}COOH_3 + C_3H_8O_3$

- BM Tristearat = 890 kg/kmol
- BM Methyl stearat = 298 kg/kmol
- BM gliserol = 92 kg/kmol
- BM Metanol = 32 kg/kmol

Massa Tristearat mula-mula = 15,126 kg

Mol Tristearat mula-mula $= \dfrac{\text{Massa tristearat}}{\text{BM tristearat}}$

$= \dfrac{15{,}126\ \text{kg}}{890\ \text{kg/kmol}}$

= 0,016995 kmol

Mol Tristearat bereaksi = Konversi × mol mula-mula

= 0,98 × 0,016995 kmol

= 0,016655 kmol

Mol Tristearat sisa = (Mol mula-mula) – (mol reaksi)

= 0,016995 kmol - 0,016655 kmol

= 0,00034 kmol

Massa Tristearat sisa = Mol Tristearat sisa × BM Tristearat

= 0,00034 kmol × 890 kg/kmol

= 0,3026 kg

Mol Metanol yang dibutuhkan = 3 × Mol Tristearat bereaksi

= 3 × 0,016655 kmol

= 0,049965 kmol

Mol Methyl stearat yang terbentuk = 3 × Mol Tristearat bereaksi

= 3 × 0,016655 kmol

= 0,049965 kmol

Massa Methyl stearat terbentuk = (Mol methyl stearat × BM methyl stearat) / 3
= (0,049965 kmol × 298 kg/kmol) / 3
= 4,96319 kg

Mol Gliserol yang dihasilkan = 1 × Mol Tristearat bereaksi
= 1 × 0,016655 kmol
= 0,016655 kmol

Massa Gliserol yang dihasilkan = Mol Gliserol × BM Gliserol
= 0,016655 kmol × 92 kg/kmol
= 1,53226 kg
= 17,85996 kg

c. Trioleat → Methyl oleat

$C_{57}H_{104}O_6 + 3\ CH_3OH \longrightarrow 3\ C_{17}H_{33}COOH_3 + C_3H_8O_3$

- BM Trioleat = 884 kg/kmol
- BM Methyl oleat = 296 kg/kmol
- BM gliserol = 92 kg/kmol
- BM Metanol = 32 kg/kmol

Massa Trioleat mula-mula = 123,024 kg

Mol Trioleat mula-mula $= \dfrac{\text{Massa trioleat}}{\text{BM trioleat}}$

$= \dfrac{123{,}024\ \text{kg}}{884\ \text{kg/kmol}}$

= 0,139167 kmol

Mol Trioleat bereaksi = Konversi × mol mula-mula
= 0,98 × 0,139167 kmol
= 0,136384 kmol

Mol Trioleat sisa	= (Mol mula-mula) – (mol reaksi) = 0,139167 kmol - 0,136384 kmol = 0,002783 kmol
Massa Trioleat sisa	= Mol Trioleat sisa × BM Trioleat = 0,002783 kmol × 884 kg/kmol = 2,460172 kg
Mol Metanol yang dibutuhkan	= 3 × Mol Trioleat bereaksi = 3 × 0,136384 kmol = 0,409152 kmol
Mol Methyl oleat yang terbentuk	= 3 × Mol Trioleat bereaksi = 3 × 0,136384 kmol = 0,409152 kmol
Massa Methyl oleat terbentuk	= (Mol methyl oleat × BM methyl oleat) / 3 = (0,409152 kmol × 296 kg/kmol) / 3 = 40,36966 kg
Mol Gliserol yang dihasilkan	= 1 × Mol Trioleat bereaksi = 1 × 0,136384 kmol = 0,136384 kmol
Massa Gliserol yang dihasilkan	= Mol Gliserol × BM Gliserol = 0,136384 kmol × 92 kg/kmol = 12,54733 kg

d. Trilinoleat ⟶ Methyl linoleat

$C_{57}H_{98}O_6 + 3\ CH_3OH \longrightarrow 3\ C_{17}H_{31}COOH_3 + C_3H_8O_3$

- BM Trilinoleat = 878 kg/kmol
- BM Methyl linooleat = 294 kg/kmol
- BM gliserol = 92 kg/kmol
- BM Metanol = 32 kg/kmol

Massa Trilinoleat mula-mula = 33,613 kg

Mol Trilinoleat mula-mula $= \frac{\text{Massa trilinoleat}}{\text{BM trilinoleat}}$

$= \frac{33{,}613 \text{ kg}}{878 \text{ kg/kmol}}$

= 0,03828 kmol

Mol Trilinoleat bereaksi = Konversi × mol mula-mula

= 0,98 × 0,03828 kmol

= 0,03752 kmol

Mol Trilinoleat sisa = (Mol mula-mula) – (mol reaksi)

= 0,03828 kmol - 0,03752 kmol

= 0,00076 kmol

Massa Trilinoleat sisa = Mol Trilinoleat sisa × BM Trilinoleat

= 0,00076 kmol × 878 kg/kmol

= 0,66728 kg

Mol Metanol yang dibutuhkan = 3 × Mol Trilinoleat bereaksi

= 3 × 0,03752 kmol

= 0,11256 kmol

Mol Methyl linoleat yang terbentuk = 3 × Mol Trilinoleat bereaksi

= 3 × 0,03752 kmol

= 0,11256 kmol

Massa Methyl linoleat terbentuk = (Mol methyl linoleat × BM methyl linoleat) / 3

= (0,11256 kmol × 294 kg/kmol) / 3

= 11,03088 kg

Mol Gliserol yang dihasilkan = 1 × Mol Trilinoleat bereaksi
= 1 × 0,03752 kmol
= 0,03752 kmol

Massa Gliserol yang dihasilkan = Mol Gliserol × BM Gliserol
= 0,03752 kmol × 92 kg/kmol
= 3,45184 kg

e. Trilinolenat ⟶ Methyl linolenat

$C_{57}H_{96}O_6 + 3\ CH_3OH \longrightarrow 3\ C_{17}H_{29}COOH_3 + C_3H_8O_3$

- BM Trilinolenat = 876 kg/kmol
- BM Methyl linolenat = 292 kg/kmol
- BM gliserol = 92 kg/kmol
- BM Metanol = 32 kg/kmol

Massa Trilinolenat mula-mula = 4,706 kg

Mol Trilinolenat mula-mula $= \dfrac{\text{Massa trilinolenat}}{\text{BM trilinolenat}}$

$= \dfrac{4{,}706\ \text{kg}}{876\ \text{kg/kmol}}$

= 0,005372 kmol

Mol Trilinolenat bereaksi = Konversi × mol mula-mula
= 0,98 × 0,005372 kmol
= 0,005264 kmol

Mol Trilinoleat sisa = (Mol mula-mula) – (mol reaksi)
= 0,005372 kmol - 0,005264 kmol
= 0,000108 kmol

Massa Trilinolenat sisa = Mol Trilinolenat sisa × BM Trilinolenat
= 0,000108 kmol × 876 kg/kmol
= 0,094608 kg

Mol Metanol yang dibutuhkan = 3 × Mol Trilinolenat bereaksi
= 3 × 0,005264 kmol
= 0,015792 kmol

Mol Methyl linolenat terbentuk = 3 × Mol Trilinolenat bereaksi
= 3 × 0,005264 kmol
= 0,015792 kmol

Massa Methyl linolenat terbentuk = (Mol methyl linolenat × BM methyl linolenat) / 3
= (0,015792 kmol × 292 kg/kmol) / 3
= 1,537088 kg

Mol Gliserol yang dihasilkan = 1 × Mol Trilinolenat bereaksi
= 1 × 0,005264 kmol
= 0,005264 kmol

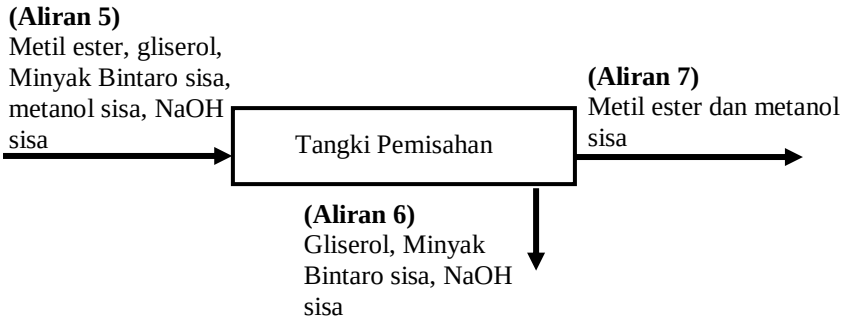
Massa Gliserol yang dihasilkan = Mol Gliserol × BM Gliserol
= 0,005264 kmol × 92 kg/kmol
= 0,484288 kg

Tabel A.7 Neraca Massa Tiap Komponen pada Reaktor Transesterifikasi

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 3)		**(Aliran 5)**	
Trigliserida		**Metil Ester**	
Tri-Palmitat	159,663	Metil palmitat	52, 4151
Tri-Stearat	15,126	Metil stearat	4,96319
Tri-Oleat	123,024	Metil Oleat	40,36966
Tri-Linoleat	33,613	Metil Linoleat	11,03088
Tri Linolenat	4,706	Metil Linolenat	1,537088
Free Fatty Acid		**Trigliserida Sisa**	
Asam Palmitat	1,705	Tri-Palmitat	3,19326

Asam Stearat	0,462	Tri-Stearat	0,30252
Asam Oleat	3,303	Tri-Oleat	2,46048
Asam Linoleat	1,229	Tri-Linoleat	0,67226
Asam Linolenat	0,016	Tri Linolenat	0,09412
Others		***Free Fatty Acid***	
Water	1,733	Asam Palmitat	1,705
		Asam Stearat	0,462
(Aliran 4)		Asam Oleat	3,303
Metanol	2174,342	Asam Linoleat	1,229
NaOH	6,93056	Asam Linolenat	0,016
		Others	
		Water	1,733
		Metanol sisa	2135,252
		Gliserol	112,3848
		NaOH sisa	6,93056
Total	2527,801	**Total**	2527,801

A.3 Pemisahan



Fungsi : Untuk memisahkan antara gliserol, trigliserida sisa, dan NaOH sehingga dapat memisah dari metil ester dan metanol.

Tabel A.8 Neraca Massa Total pada Pemisahan

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 5) Hasil proses transesterifikasi (metil ester, metanol, gliserol, trigliserida sisa dan NaOH	2527,801	**(Aliran 6)** Gliserol, trigliserida sisa dan NaOH	126,2631
		(Aliran 7) Metil Ester dan Metanol	2401,5379
Total	2527,801	**Total**	2527,801

Tabel A.9 Neraca Massa Tiap Komponen pada Pemisahan

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 5)		**(Aliran 6)**	
Metil Ester		**Gliserol**	112,3848
Metil palmitat	52, 4151	**Trigliserida Sisa**	
Metil stearat	4,96319	Tri-Palmitat	3,19326
Metil Oleat	40,36966	Tri-Stearat	0,30252
Metil Linoleat	11,03088	Tri-Oleat	2,46048
Metil Linolenat	1,537088	Tri-Linoleat	0,67226
Trigliserida Sisa		Tri Linolenat	0,09412
Tri-Palmitat	3,19326	***Free Fatty Acid***	
Tri-Stearat	0,30252	Asam Palmitat	1,705
Tri-Oleat	2,46048	Asam Stearat	0,462
Tri-Linoleat	0,67226	Asam Oleat	3,303
Tri Linolenat	0,09412	Asam Linoleat	1,229
Free Fatty Acid		Asam Linolenat	0,016
Asam Palmitat	1,705	**Others**	
Asam Stearat	0,462	Water	1,733

Asam Oleat	3,303	**NaOH sisa**	6,93056
Asam Linoleat	1,229		
Asam Linolenat	0,016	**(Aliran 7)**	
Others		**Metil Ester**	
Water	1,733	Metil palmitat	52, 4151
Metanol sisa	2135,252	Metil stearat	4,96319
Gliserol	112,3848	Metil Oleat	40,36966
NaOH sisa	6,93056	Metil Linoleat	11,03088
		Metil Linolenat	1,537088
		Metanol sisa	2135,252
Total	2527,801	**Total**	2527,801

A.4 Distilasi

Fungsi : Untuk memisahkan metanol dari metil ester sehingga didapatkan metil ester murni. Proses ditilasi dilakukan pada suhu 70°C.

Tabel A.10 Neraca Massa Total pada Distilasi

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Hasil proses pemisahan	2401,5379	Metanol	2135,252
		(Aliran 9)	

(metil ester dan metanol)		Metil Ester	266,2859
Total	2401,5379	**Total**	2401,5379

Tabel A.11 Neraca Massa Tiap Komponen pada Distilasi

Bahan Masuk		**Bahan Keluar**	
Komponen	Berat (Kg)	Komponen	Berat (Kg)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Metil Ester		**Metanol sisa**	2135,252
Metil palmitat	52, 4151		
Metil stearat	4,96319	**(Aliran 9)**	
Metil Oleat	40,36966	**Metil Ester**	
Metil Linoleat	11,03088	Metil palmitat	52, 4151
Metil Linolenat	1,537088	Metil stearat	4,96319
		Metil Oleat	40,36966
Metanol sisa	2135,252	Metil Linoleat	11,03088
		Metil Linolenat	1,537088
Total	2401,5379	**Total**	2401,5379

APPENDIKS B
NERACA PANAS

B.1 Data Perhitungan

Perhitungan neraca panas dimulai dari proses transesterifikasi hingga destilasi.

Percobaan :

Massa Minyak Bintaro	= 346,528 kg
Densitas percobaan	= 0,91 kg/L
Volume Minyak Bintaro	= 380,8 L
Suhu *Reference*	= 25°C
Satuan	= Kcal

Komposisi Minyak Bintaro (Percobaan)

Tabel B.1 Komposisi Minyak Bintaro

Komponen	Fraksi Berat	Massa (kg)
Trigliserida	0,97	336,132
FFA	0,025	8,663
H_2O	0,005	1,733
Total	1	346,528

Dari perhitungan neraca massa diperoleh data berat molekul tiap komponen dan massa tiap komponen sebagai berikut :

Tabel B.2 Komponen TGS dan FFA

Komponen	BM FFA	BM Trigliserida	Fraksi Berat	Massa FFA	Massa Trigliserida
Palmitat	200	806	19,68	1,705	159,663
Stearat	256	890	5,33	0,462	15,126
Oleat	284	884	38,13	3,303	123,024
Linoleat	280	878	14,19	1,229	33,613
Linolenat	278	876	0,19	0,016	4,706
Total					336,132

Tabel B.3 Komponen Metil Ester dalam Minyak Bintaro

Komponen	BM	Rumus Molekul
Palmitat Metil Ester	242	$C_{13}H_{27}COOCH_3$
Stearat Metil Ester	298	$C_{17}H_{35}COOCH_3$
Oleat Metil Ester	296	$C_{17}H_{33}COOCH_3$
Linoleat Metil Ester	294	$C_{17}H_{31}COOCH_3$
Linolenat Metil Ester	292	$C_{17}H_{29}COOCH_3$

Tabel B.4 Berat Molekul Komponen Lain

Komponen	BM	Rumus Molekul
Metanol	32	CH3OH
Natrium Oksida	40	NaOH
Gliserol	92	C_3H8O_3
Water	18	H_2O

Menentukan Heat Capacity (cp) :

Dari tabel 8.2 Coulson & Richardson's "*Chemical Engineering*" volume 6, 4th *edition* diperoleh data untuk perhitungan *heat capacity* (cp) komponen– komponen yang terkandung di dalam Minyak Bintaro.

Tabel B.5 Data Perhitungan *Heat Capacity* Komponen

Komponen	Solid	Liquid
C	7,5	11,7
H	9,6	18
B	11,3	19,7
St	15,9	24,3
O	16,7	25,1
F	20,9	29,3
P and S	22,6	31,0
Others	26	33,5

Heat Capacity tiap komponen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Cp = Cp (kepala rantai) + Cp (kepala rantai) + Cp (tubuh rantai)

Menghitung Cp Asam Palmitat pada Minyak Bintaro :

Cp = 16(11,7) + 32(18) + 2(25,1)

= 813,400 kj/kmol^{o}C

Cp (kj/ kg^{o}C) = 813,400 : 256
= 3,177 kj/ kg^{o}C

Cp (kcal/kg^{o}C) = 3,177 x 0,24
= 0,763 kcal/kg^{o}C

Untuk menghitung *heat capacity* pada komponen lain dapat menggunakan perhitungan seperti diatas.

Tabel B.6 Perhitungan Cp pada Trigliserida Minyak Bintaro

Komponen	**Rumus**	**kJ/kmol^{o}C**	**kJ/kg^{o}C**	**Kcal/kg^{o}C**
Tri Palmitat	$C_{51}H_{98}O_6$	2511,300	3,116	0,748
Tri Stearat	$C_{57}H_{110}O_6$	2581,500	2,940	0,706
Tri Oleat	$C_{57}H_{104}O_6$	2225,100	3,082	0,740
Tri Linoleat	$C_{57}H_{98}O_6$	2689,500	3,042	0,730
Tri Linolenat	$C_{57}H_{96}O_6$	2653,500	3,039	0,686

Tabel B.7 Perhitungan Cp pada FFA Minyak Bintaro

Komponen	**Rumus**	**kJ/kmol^{o}C**	**kJ/kg^{o}C**	**Kcal/kg^{o}C**
Asam Palmitat	$C_{14}H_{28}O_2$	813,4	3,2000	0,768
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	836,8	2,9886	0,710
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	718	3,1491	0,756
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	872	3,0950	0,743
Asam Linolenat	$C_{18}H_{30}O_2$	868	3,0943	0,684

Tabel B.8 Perhitungan Cp pada Metil Ester Minyak Bintaro

Komponen	Rumus	kJ/kmol°C	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Metil Palmitat	$C_{13}H_{27}COOCH_3$	813,4	3,2000	0,768
Metil Stearat	$C_{17}H_{35}COOCH_3$	836,8	2,9886	0,710
Metil Oleat	$C_{17}H_{33}COOCH_3$	718	3,1491	0,756
Metil Linoleat	$C_{17}H_{31}COOCH_3$	872	3,0950	0,743
Metil Linolenat	$C_{17}H_{29}COOCH_3$	868	3,0943	0,684

Tabel B.9 Perhitungan Cp pada Komponen Lain

Komponen	Rumus	kJ/kg°C	Kcal/kg°C
Metanol	CH3OH	2,540	0,610
Natrium Hidroksida	NaOH	2,314	0,447
Gliserol	C_3H8O_3	2,412	0,576
Water	H_2O	4,181	0,999

Menentukan Δ Hf Komponen :

ΔHf berdasarkan struktur ikatan kimia :

Dari tabel 7-6, hal.284 Maron, ”*Fundamental of Physical Chemistry*” diperoleh data untuk menentukan ΔHf komponen–komponen yang terkandung di dalam Minyak Bintaro :

Tabel B.10 Perhitungan ΔHf pada Komponen Minyak Bintaro

Ikatan	**ΔHf (kcal/mol)**
C=C	147
C-C	83
C-H	99
C-O	84
O-H	111
C=O	170
H-H	107

ΔHf komponen lain :
Sumber : Hougen, *" Chemical Process Principles "*

Tabel B.11 Perhitungan ΔHf pada Komponen Lain

Bahan	**ΔHf (kcal/mol)**
NaOH	-101,78
H_2O	-68,3174
CH_3OH	-57,04
Gliserol	396,27

Tabel B.12 Perhitungan ΔHf pada Trigliserida

Komponen	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Tri Palmitat	47	98	6	3	14.617
Tri Stearat	53	110	6	3	16.303
Tri Oleat	53	104	6	3	15.709
Tri Linoleat	53	98	6	3	15.115
Tri Linolenat	53	94	6	3	15.023

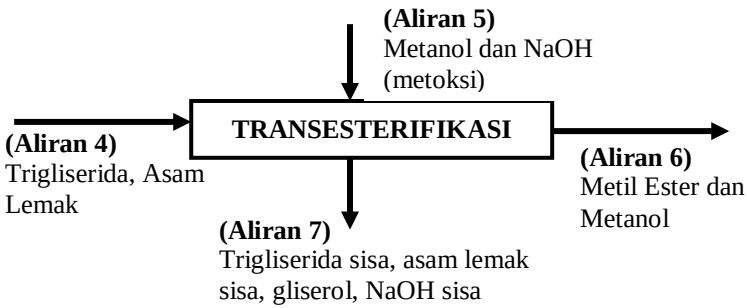
Tabel B.13 Perhitungan ΔHf pada Metil Ester

Komponen	C=C	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Metil Palmitat	0	15	34	1	1	4.949
Metil Stearat	0	17	38	1	1	5.511
Metil Oleat	1	16	36	1	1	5.377
Metil Linoleat	2	15	34	1	1	5.243
Metil Linolenat	2	15	31	1	1	5.134

Tabel B.14 Perhitungan ΔHf pada FFA

Komponen	C-C	C-H	C-O	C=O	**ΔHf**
Asam Palmitat	0	15	1	1	4.679
Asam Stearat	0	17	1	1	5.241
Asam Oleat	1	16	1	1	5.305
Asam Linoleat	2	15	1	1	5.072
Asam Linolenat	2	13	1	1	5.011

B.2 Neraca Panas Reaktor Transesterifikasi



Entalpi Bahan Masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta H = m.\ Cp.\ (T\text{-}Tref)$$

T masuk	30	T keluar	60
T ref	25	T ref	25
ΔT	5	ΔT	35

Tabel B.15 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kgC)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 4					
Trigliserida					
Tri Palmitat	159,663	0,748	30	5	596,965
Tri Stearat	15,126	0,706	30	5	57,053
Tri Oleat	123,024	0,740	30	5	449,148
Tri Linoleat	33,613	0,730	30	5	118,594
Tri Linolenat	4,706	0,686	30	5	16,142
Asam Lemak					
A. Palmitat	1,705	0,768	30	5	6,500
A. Stearat	0,462	0,710	30	5	1,774
A. Oleat	3,303	0,756	30	5	12,267
A. Linoleat	1,229	0,743	30	5	4,407
A. Linolenat	0,016	0,684	30	5	0,055

Water	1,733	0,999	30	5	8,653
Aliran 5					
Metanol	2.174,342	0,610	30	5	6.627,394
NaOH	6,93056	0,447	30	5	15,489

Tabel B.16 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar

Komponen	**Massa (kg)**	**Cp(kcal/kgC)**	**T (C)**	**T-Tref**	**ΔH(kcal)**
Aliran 6					
Metil Ester					
Metil Palmitat	52, 4151	0,768	60	35	1.404,188
Metil Stearat	4,96319	0,710	60	35	133,816
Metil Oleat	40,36966	0,756	60	35	1.054,548
Metil Linoleat	11,03088	0,743	60	35	16,988
Metil Linolenat	1,537088	0,684	60	35	2,299
TGS sisa					
Tri Palmitat	3,19326	0,748	60	35	83,575
Tri Stearat	0,30252	0,706	60	35	7,987
Tri Oleat	2,46048	0,740	60	35	62,880
Tri Linoleat	0,67226	0,730	60	35	16,603
Tri Linolenat	0,09412	0,686	60	35	2,259
FFA sisa					
Asam palmitat	1,705	0,768	60	35	45,505
Asam Stearat	0,462	0,710	60	35	12,418
Asam Oleat	3,303	0,756	60	35	85,872
Asam Linoleat	1,229	0,743	60	35	30,852
Asam Linolenat	0,016	0,684	60	35	0,383
Aliran 7					
Water	1,733	0,999	60	35	60,655
Metanol sisa	2.135,252	0,610	60	35	4.557,736
Gliserol	112,3848	0,576	60	35	2.265,948
NaOH sisa	6,93056	0,447	60	35	108,428

Menghitung Entalpi Reaksi dengan rumus :

$$\mathbf{Hr = \Delta Hp + \Delta Hf_{25} - \Delta Hr}$$

Perhitungan Entalpi Reaksi pada Tri Palmitat

Tabel B.17 Perhitungan ΔHf25 Tri Palmitat

Komponen	Mol	ΔHf (kcal/mol)	ΔH (kcal)
Tri Palmitat	0,19413	14.617	2.837,593
Metanol	0,58239	-57,04	-33,219
Metil Palmitat	0,58239	4.949	2.882,248
Gliserol	0,19413	396,27	76,927
Total			5.763,554

Tabel B.18 Perhitungan ΔHr Tri Palmitat

Komponen	Massa (kg)	Cp	ΔT	ΔHr (kcal)
Tri Palmitat	156,468	0,748	35	4.095,156
Metanol	6,212	0,610	35	132,542
Total				4.227,699

Tabel B.19 Perhitungan ΔHp Tri Palmitat

Komponen	Massa (kg)	Cp	ΔT	ΔHr (kcal)
Metil Palmitat	52,415	0,765	35	1.404,188
Gliserol	17,859	0,576	35	360,099
Total				1.764,288

Sehingga, Hr Tri Palmitat $= \Delta Hp + \Delta Hf_{25} - \Delta Hr$
$= 1.764,288 + 5.763,554 - 4.227,699$
$= 3.300,143$ kcal

Untuk menghitung Entalpi Reaksi pada komponen yang lain dapat menggunakan perhitungan seperti diatas.

Tabel B.20 Perhitungan Hr setiap Komponen

Komponen	H reaksi (kcal)
Tri Palmitat	3.300,143
Tri Stearat	199,093
Tri Oleat	2.506,429
Tri Linoleat	674,854
Tri Linolenat	97,649

Menghitung Q Supply pada Microwave

Daya Microwave = 450 Watt
1 watt = 0,000239 kcal/sekon
Q supply = 450 x 0,000239
= 0,10755 kcal/sekon

Q loss = Q supply x 5%
Q loss = 0,10755 x 0,05
= 0,0053775 kcal/sekon

ΔH bahan masuk = 7914,44613 kcal
ΔH bahan keluar = 50952,9495 kcal
H Reaksi total = 6778,17087 kcal

Menghitung Heat Balance pada Proses Transesterifikasi

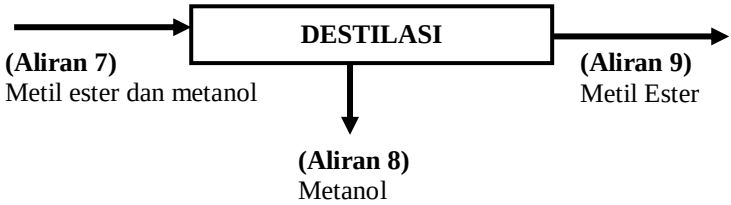
ΔHin + Qsupply	= ΔHout + Qloss + Hreaksi
ΔHmasuk + Qsupply	= ΔHkeluar + Qloss + Hreaksi
7914,44613 + 0,10755	= 50952,9495 + 0,0053775 + 6778,17087
Qsupply – Qloss	= ΔH keluar - ΔH masuk + Hreaksi
0,10755 - 0,0053775	= 50952,9495 - 7914,44613 + 6778,17087
0,1021725 kcal/sekon	= 49816, 67424 kcal
t	= 487574,1931 sekon

Q supply = 0,10755 x 487574,1931 = 52438,60447 kcal
Q loss = 52438,60447 x 0,05 = 2621,930223 kcal

Tabel B.21 Neraca Panas Proses Transesterifikasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	ΔH (Kcal)	Komponen	ΔH (Kcal)
(Aliran 4)		**(Aliran 6)**	
Trigliserida		**Metil Ester**	
Tri-Palmitat	596,965	Metil palmitat	1.404,188
Tri-Stearat	57,053	Metil stearat	133,816
Tri-Oleat	449,148	Metil Oleat	1.054,548
Tri-Linoleat	118,594	Metil Linoleat	16,988
Tri Linolenat	16,142	Metil Linolenat	2,299
Free Fatty Acid		**Trigliserida Sisa**	
Asam Palmitat	6,500	Tri-Palmitat	83,575
Asam Stearat	1,774	Tri-Stearat	7,987
Asam Oleat	12,267	Tri-Oleat	62,880
Asam Linoleat	4,407	Tri-Linoleat	16,603
Asam Linolenat	0,055	Tri Linolenat	2,259
Others		***Free Fatty Acid***	
Water	8,653	Asam Palmitat	45,505
		Asam Stearat	12,418
(Aliran 5)		Asam Oleat	85,872
Metanol	6.627,394	Asam Linoleat	30,852
NaOH	15,489	Asam Linolenat	0,383
		Qloss	2621,930223
Q supply	52.438,60447	Hreaksi	6778,17087
		Metanol sisa	4.557,736
		Gliserol	2.265,948
		NaOH sisa	108,428
Total	60.353,0506	**Total**	60.353,0506

B.3 Neraca Panas Destilasi



Entalpi Bahan Masuk dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta H = m.\ Cp.\ (T\text{-}Tref)$$

T masuk	60	T keluar	65
T ref	25	T ref	25
ΔT	35	ΔT	40

Tabel B.22 Perhitungan Entalpi Bahan Masuk

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kgC)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 7					
Metil Ester					
Metil Palmitat	52, 4151	0,768	60	35	1.524,547
Metil Stearat	4,96319	0,710	60	35	145,286
Metil Oleat	40,36966	0,756	60	35	1.144,938
Metil Linoleat	11,03088	0,743	60	35	302,660
Metil Linolenat	1,537088	0,684	60	35	40,944
Others					
Metanol sisa	2135,252	0,610	60	35	49.462,685

Tabel B.23 Perhitungan Entalpi Bahan Keluar

Komponen	Massa (kg)	Cp(kcal/kgC)	T (C)	T-Tref	ΔH(kcal)
Aliran 8					
Metanol	2135,252	0,610	65	40	49462,685
Aliran 9					
Metil ester					
Metil Palmitat	52, 4151	0,768	65	40	1.524,547
Metil Stearat	4,96319	0,710	65	40	145,286
Metil Oleat	40,36966	0,756	65	40	1.144,938
Metil Linoleat	11,03088	0,743	65	40	302,660
Metil Linolenat	1,537088	0,684	65	40	40,944

Tabel B.24 Neraca Panas Proses Destilasi

Bahan Masuk		Bahan Keluar	
Komponen	ΔH (Kcal)	Komponen	ΔH (Kcal)
(Aliran 7)		**(Aliran 8)**	
Metil Ester		**Metanol**	49.462,685
Metil Palmitat	1.524,547	**(Aliran 9)** Metil palmitat	1.524,547
Metil Stearat	145,286	Metil stearat	145,286
Metil Oleat	1.144,938	Metil Oleat	1.144,938
Metil Linoleat	302,660	Metil Linoleat	302,660
Metil Linolenat	40,944	Metil Linolenat	40,944
Metanol	49.462,685		
Total	52.621,06308	**Total**	52.621,06308

APPENDIKS C
KONSUMSI ENERGI

1. Data Daya untuk Peralatan yang Digunakan :

- Daya *electrical stirrer* = 20 Watt
- Daya *hotplate* = 950 Watt
- Daya *heating mantle* = 245 Watt
- Daya *microwave Electrolux* = 450 Watt

2. Data Hasil Berat Metil Ester Menggunakan Metode Transesterifikasi Pemanas Konvensional

Tabel C.1 Pengaruh Suhu Transesterifikasi Terhadap Hasil *Yield* Metil Ester Menggunakan Metode Pemanas Konvensional

Suhu Transesterifikasi (menit)	Massa (gr)
45	15,8
50	16,9
55	17,9
60	19,3
65	18,5

3. Data Hasil Berat Metil Ester Menggunakan Metode Transesterifikasi Pemanas Microwave

Tabel C.2 Pengaruh Suhu Transesterifikasi Terhadap Hasil *Yield* Metil Ester Menggunakan Metode Pemanas Microwave

Suhu Transesterifikasi (menit)	Massa (gr)
45	16,2
50	17,4
55	18,3
60	19,6
65	18,7

Biaya Bahan Baku yang Dibutuhkan

1. **Biji Bintaro**

- Setiap sekali running membutuhkan minyak bintaro 25 mL atau biji bintaro 65,65 gram bahan kering.

  Densitas minyak bintaro 0,91 gr/mL

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$0{,}91 \text{ gr/mL} = \frac{X}{25 \text{ mL}}$$

  Maka

$$X = 25 \text{ mL} \times 0{,}91 \text{ gr/mL}$$

$$X = 22{,}75 \text{ gr}$$

  Rendemen minyak bintaro = $\frac{\text{Massa Minyak Bintaro (gr)}}{\text{Massa Biji Bintaro (gr)}} \times 100\ \%$

$$34{,}65\ \% = \frac{22{,}75 \text{ gr}}{Y} \times 100\ \%$$

  Sehingga biji bintaro yang dibutuhkan untuk sekali run adalah

$$Y = \frac{22{,}75 \text{ gr}}{34{,}65\ \%} \times 100\ \%$$

$$= 65{,}65 \text{ gr}$$

- 1.000 gram biji bintaro kering dari pengepul memiliki harga sebesar Rp 150.000
- Harga 65,65 gram biji bintaro kering adalah Rp 9.847,5
  65,65 gram biji bintaro kering → Rp y
  1.000 gram biji bintaro kering → Rp 150.000

  Sehingga, $\frac{y}{150.000} = \frac{65{,}65}{1.000}$

  y = Rp 9.847,5

2. **Metanol**
   - Setiap sekali running membutuhkan metanol sebanyak 225 mL.
   - 1500 mL metanol di pasar memiliki harga sebesar Rp. 14.000
   - Harga 225 mL metanol adalah Rp. 2.100
     225 mL metanol → Rp y
     1500 mL metanol → Rp 14.000
     Sehingga, $\frac{y}{14.000} = \frac{225}{1.500}$
     y = Rp 2100

3. **NaOH**
   - Setiap sekali running membutuhkan NaOH sebanyak 0,45 gram.
   - 1000 gram NaOH di pasar memiliki harga sebesar Rp. 25.000
   - Harga 0,45 gram NaOH adalah Rp. 11,25
     0,45 gr NaOH → Rp y
     1000 gr NaOH → Rp 25.000
     Sehingga, $\frac{y}{25.000} = \frac{0,45}{1.000}$
     y = Rp 11,25

4. **Harga Bahan Baku Total**
   - Harga bahan baku total diperoleh dari penambahan minyak bintaro, metnaol dan NaOH yang dibutuhkan untuk sekali running.
   - Harga bahan baku = harga minyak bintaro + harga metanol + harga NaOH
     = Rp 9.847,5 + Rp 2100 + Rp 11,25
     = Rp. 11.958,75

C.1 Perhitungan Konsumsi Energi pada Metode Transesterifikasi Konvensional

Pada metode Transesterifikasi Konvensional, peralatan yang digunakan adalah *hotplate* dan *electrical stirrer*.

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 105 menit = 1,75 jam
  - Daya input total = daya *hotplate* + daya *electrical stirrer*
    = 950 Watt + 20 Watt
    = 970 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 1,75 jam x 970 Watt
    = 1.697,5 Wh = 1,6975 kWh

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 105 menit = 1,75 jam
  - Daya input total = daya *hotplate* + daya *electrical stirrer*
    = 950 Watt + 20 Watt
    = 970 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 1,75 jam x 970 Watt
    = 1.697,5 Wh = 1,6975 kWh

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 105 menit = 1,75 jam
  - Daya input total = daya *hotplate* + daya *electrical stirrer*
    = 950 Watt + 20 Watt
    = 970 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 1,75 jam x 970 Watt

= 1.697,5 Wh = 1,6975 kWh

d) Variabel suhu 60°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 105 menit = 1,75 jam
  - Daya input total = daya *hotplate* + daya *electrical stirrer*
    = 950 Watt + 20 Watt
    = 970 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 1,75 jam x 970 Watt
    = 1.697,5 Wh = 1,6975 kWh

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 105 menit = 1,75 jam
  - Daya input total = daya *hotplate* + daya *electrical stirrer*
    = 950 Watt + 20 Watt
    = 970 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 1,75 jam x 970 Watt
    = 1.697,5 Wh = 1,6975 kWh

C.2 Perhitungan Konsumsi Energi pada Metode Transesterifikasi Microwave

Pada metode Transesterifikasi microwave, peralatan yang digunakan adalah *hotplate* dan *microwave Electrolux*.

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 6 menit = 0,1 jam
  - Daya input total = daya *microwave Electrolux* + daya *electrical stirrer*
    = 450 Watt + 20 Watt
    = 470 Watt

- Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
  = 0,1 jam x 470 Watt
  = 47 Wh = 0,047 kWh

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 6 menit = 0,1 jam
  - Daya input total = daya *microwave Electrolux* + daya *electrical stirrer*
    = 450 Watt + 20 Watt
    = 470 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 0,1 jam x 470 Watt
    = 47 Wh = 0,047 kWh

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 6 menit = 0,1 jam
  - Daya input total = daya *microwave Electrolux* + daya *electrical stirrer*
    = 450 Watt + 20 Watt
    = 470 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 0,1 jam x 470 Watt
    = 47 Wh = 0,047 kWh

d) Variabel suhu 60°C

- Waktu transesterifikasi = 6 menit = 0,1 jam
- Daya input total = daya *microwave Electrolux* + daya *electrical stirrer*
  = 450 Watt + 20 Watt
  = 470 Watt
- Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
  = 0,1 jam x 470 Watt
  = 47 Wh = 0,047 kWh

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi
  - Waktu transesterifikasi = 6 menit = 0,1 jam
  - Daya input total = daya *microwave Electrolux* + daya *electrical stirrer*
    = 450 Watt + 20 Watt
    = 470 Watt
  - Energi = waktu transesterifikasi x daya input total
    = 0,1 jam x 470 Watt
    = 47 Wh = 0,047 kWh

C.3 Perhitungan Konsumsi Energi Proses Distilasi pada Metode Transesterifikasi Konvensional

Pada metode Distilasi, peralatan yang digunakan adalah *heating mantle.*.

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam

- Daya input total = daya *heating mantle*
  = 245 Watt
- Energi = waktu distilasi x daya input total
  = 1 jam x 245 Watt
  = 245 Wh = 0,245 kWh

d) Variabel suhu 60°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

C.4 Perhitungan Konsumsi Energi Proses Distilasi pada Metode Transesterifikasi Microwave

Pada metode Distilasi, peralatan yang digunakan adalah *heating mantle.*.

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt

= 245 Wh = 0,245 kWh

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

d) Variabel suhu 60°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total
    = 1 jam x 245 Watt
    = 245 Wh = 0,245 kWh

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi
  - Waktu distilasi = 60 menit = 1 jam
  - Daya input total = daya *heating mantle*
    = 245 Watt
  - Energi = waktu distilasi x daya input total

= 1 jam x 245 Watt
= 245 Wh = 0,245 kWh

C.5 Perhitungan Biaya Pembuatan pada Metode Transesterifikasi Konvensional

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi konvensional suhu 45°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi konvensional + energi distilasi
    = 1,6975 kWh + 0,245 kWh
    = 1,9425 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 15,8 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(1{,}9425\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{15{,}8\,\text{gram}}$$

= Rp 941,29 per gram metil ester

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi konvensional suhu 50°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi konvensional + energi distilasi
    = 1,6975 kWh + 0,245 kWh
    = 1,9425 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 16,9 gram
- Biaya per gram metil ester

- Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
- Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(1{,}9425\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{16{,}9\,\text{gram}}$$

= Rp 880,03 per gram metil ester

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi konvensional suhu 55°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi konvensional + energi distilasi
    = 1,6975 kWh + 0,245 kWh
    = 1,9425 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 17,9 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(1{,}9425\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{17{,}9\,\text{gram}}$$

= Rp 830,86 per gram metil ester

d) Variabel suhu 60°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi konvensional suhu 60°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi konvensional + energi distilasi

= 1,6975 kWh + 0,245 kWh
= 1,9425 kWh

- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 19,3 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(1{,}9425\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{19{,}3\,\text{gram}}$$

= Rp 770,59 per gram metil ester

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi konvensional suhu 65°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi konvensional + energi distilasi
    = 1,6975 kWh + 0,245 kWh
    = 1,9425 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 18,5 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(1{,}9425\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{18{,}5\,\text{gram}}$$

= Rp 803,92 per gram metil ester

C.6 Perhitungan Biaya Pembuatan pada Metode Transesterifikasi Microwave

a) Variabel suhu 45°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi microwave suhu 45°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi microwave + energi distilasi
    = 0,047 kWh + 0,245 kWh
    = 0,292 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 16,2 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(0{,}292\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{16{,}2\,\text{gram}}$$

= Rp 765,23 per gram metil ester

b) Variabel suhu 50°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi microwave suhu 50°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi microwave + energi distilasi
    = 0,047 kWh + 0,245 kWh
    = 0,292 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 17,4 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(0{,}292\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{17{,}4\,\text{gram}}$$

= Rp 712,46 per gram metil ester

c) Variabel suhu 55°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi microwave suhu 55°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi microwave + energi distilasi
    = 0,047 kWh + 0,245 kWh
    = 0,292 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 18,3 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(0{,}292\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{18{,}3\,\text{gram}}$$

= Rp 677,42 per gram metil ester

d) Variabel suhu 60°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi microwave suhu 60°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi microwave + energi distilasi
    = 0,047 kWh + 0,245 kWh
    = 0,292 kWh

- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 19,6 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(0{,}292\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{19{,}6\,\text{gram}}$$

= Rp 632,49 per gram metil ester

e) Variabel suhu 65°C

- Konsumsi energi Total proses transesterifikasi microwave suhu 65°C dan distilasi
  - Total energi = energi transesterifikasi microwave + energi distilasi
    = 0,047 kWh + 0,245 kWh
    = 0,292 kWh
- Massa metil ester yang dihasilkan dari proses distilasi
  Massa = 18,7 gram
- Biaya per gram metil ester
  - Biaya listrik per kWh = Rp 1.500
  - Biaya per gram metil ester

$$\frac{(\text{Energi x biaya listrik per kWh}) + \text{harga bahan baku yang dibutuhkan}}{\text{massa metil ester}}$$

$$= \frac{(0{,}292\,\text{kWh x Rp}\,1.500) + \text{Rp}\,11.958{,}75}{18{,}7\,\text{gram}}$$

= Rp 662,93 per gram metil ester

LAMPIRAN D
ESTIMASI BIAYA

Kapasitas produksi Antifoam Minyak Bintaro adalah 50 drum/hari, dengan rincian sebagai berikut :

- Volume antifoam minyak bintaro untuk 1 drum yaitu 35 L.
- Setiap drum berisi 31,5 kg antifoam minyak bintaro.
- Untuk menghasilkan antifoam minyak bintaro 1.750 L per hari dibutuhkan bahan baku (biji bintaro) kering sebesar 6047,06 kg biji bintaro atau sebesar 6,04706 ton biji bintaro.

D.1 Peralatan (*Equipment*)

Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel D.1 Biaya Investasi Peralatan per Bulan

No	Keterangan	Jumlah	Harga per Unit (Rp)	Lifetime (Bulan)	Biaya (Rp/Bulan)
1.	*Microwave*	1	1750000	60	29166.66667
2.	*Thermocouple*	1	1800000	60	30000
3.	Timbangan	1	500000	60	8333.333333
4.	Tangki Transesterifikasi	2	1500000	60	25000
5.	*Washer*	2	800000	60	13333.33333
6.	*Tangki pengujian antifoam*	2	500000	60	8333.333333
7.	Kolom distilasi	2	8500000	60	141666.6667
8.	*Cooler*	2	1000000	60	16666.66667
9.	*Stirer*	2	500000	60	8333.333333
10.	Pompa sentrifugal	2	500000	60	8333.333333
11.	Heater	2	2500000	60	41666.66667
Total					330833.3333

D.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku

Berikut merupakan beberapa kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dalam proses produksi :

Tabel D.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Hari

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp
1.	Biji Bintaro	6047,06 kg	150000	907.059.000
2.	Metanol	20724,883 L	14000	290.136.000
3.	NaOH	41,449 kg	11000	455939
Total				1.197.650.939

D.3 Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu:

Tabel D.3 Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Air	500 m^3	5.000	2500000
2.	Listrik	800 kWh	1.300	1040000
Total				3540000

D.4 Biaya Pendukung Lainnya

Pada proses produksi ini terdapat beberapa biaya pendukung lainnya yang terdiri dari gaji karyawan, sewa bangunan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel D.4 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Gaji karyawan	5 orang	4.500.000	22.500.000
2.	Sewa bangunan	-	5.000.000	5.000.000
3.	*Maintenance* peralatan	-	1.500.000	1.500.000
Total				29.000.000

D.5 *Fixed Cost* (FC)

Fixed cost atau biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

Tabel D.5 Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Total Biaya (Rp)
1.	Ivestasi alat	19.850.000
2.	Utilitas	3.540.000
3.	Lain-lain	29.000.000
Total		34.525.000

D.6 *Variable Cost* (VC)

Variable cost atau biaya variabel total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi.

1. Biaya Variabel per Produksi = 23.953.266,02
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan = 23.953.266,02 x 24
   = Rp 574.878.384,5

D.7 *Total Cost* (TC)

Total cost atau biaya total produksi merupakan hasil penjumlahan *fixed cost* dan *variable cost*. Hasil TC dalam waktu satu bulan, yaitu :

TC = FC + VC
TC = 34.525.000 + 574.878.384,5
TC = Rp 609.403.384,5

D.8 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dijual atau harga perolehan dari barang yang dijual.

1. HPP

$$HPP = \frac{TC}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}}$$

HPP = Rp 409.883,74

2. Harga Jual

$$\text{Harga Jual} = \frac{\text{HPP}}{(1 - \%\text{Mark Up})}$$

Harga Jual = Rp 512.479,675

3. Laba = Harga Jual – HPP
= 512.479,675 – 409.883,74
= Rp 102.495,935

4. Hasil Penjualan per Bulan
Hasil Penjualan/Bulan = Harga Jual x Jumlah Produk/Bulan
Hasil Penjualan/Bulan = 512479,675 x 1200
Hasil Penjualan/Bulan = Rp 614.975.610

5. Laba per Bulan
Laba/Bulan = Laba x Jumlah Produk/Bulan
Laba/Bulan = 102495,935 x 1200
Laba/Bulan = Rp 222.995.122
6. Laba per Tahun
Laba/Tahun = Laba/Bulan x 12
Laba/Tahun = 222.995.122 x 12
Laba/Tahun = Rp 2.675.941.464

D.9 *Break Event Point* (BEP)

Break event point (BEP) adalah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan.

D.9.1 Metode Perhitungan (Aljabar)

a) Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\text{BEP} = \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{P - VC}}$$

BEP = 620,58 unit

b) Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

$$BEP = \frac{\text{Fixed Cost}}{1 - (VC/P)}$$

BEP =Rp 223.544.880,25

Keterangan :

- Data *fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5
- P merupakan Harga Jual dimana data diperoleh pada sub bab D.4 Harga Penjualan Produk (HPP)
- VC merupakan biaya variabel per produksi dimana data diperoleh dari sub bab D.2 *Variable Cost*

D.9.2 Metode Grafik

Perhitungan data pada produksi 300 drum antifoam minyak bintaro

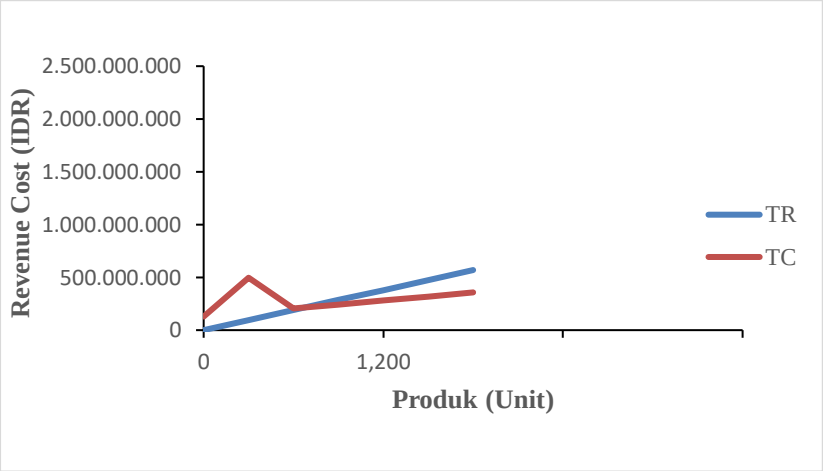
- Total Penghasilan = jumlah produksi drum antifoam minyak bintaro x harga jual
  = 300 x Rp 512.479,675
  = Rp 512.479.675
- *Fixed cost* diperoleh dari Tabel D.5 yaitu Rp 34.525.000
- *Variable cost* = jumlah produksi drum antifoam minyak bintaro x *variable cost* per produksi
  = 300 x Rp 23.953.266,02
  = Rp 461.840.000
- Total biaya = *Fixed cost* + *Variable cost*
  =Rp 34.525.000+ Rp 461.840.000
  = Rp 496.370.000

Kemudian untuk produksi selanjutnya dilakukan perhitungan dengan cara yang sama seperti produksi 300 drum. Sehingga diperoleh tabel perhitungan biaya penjualan sebagai berikut :

Tabel D.6 Perhitungan Biaya Penjualan

Drum	Total Penghasilan (Rp)	*Fixed Cost* (Rp)	*Variable Cost* (Rp)	Total Biaya (Rp)
300	94.878.123	34.525.000	94.235.000	128.760.000
600	189.756.246	34.525.000	170.435.000	204.960.000
900	284.634.369	34.525.000	246.635.000	281.160.000
1.200	379.512.492	34.525.000	284.735.000	319.260.000
1.500	474.390.615	34.525.000	322.835.000	357.360.000

Dari tabel D.6, maka dapat dibuat grafik D.1 sehingga dapat diketahui BEP.



Grafik D.1 Grafik *Break Even Point* (BEP)

Keterangan :
BEP = *Break Even Point*
TC = *Total Cost* (Total Biaya)
TR = *Total Revenue* (Total Penghasilan)
VC = *Variabel cost*

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke 620,58 unit dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 223.544.880,25

LAMPIRAN E
DOKUMENTASI STUDI LAPANGAN

1. Uji Efektivitas Antifoam di PT ENERO PTPN X Mojokerto

Untuk mengetahui kemampuan antifoam minyak bintaro dalam menurunkan busa, maka dilakukan pengujian antifoam di PT ENERO PTPN X Mojokerto pada tanggal 31 Mei 2018

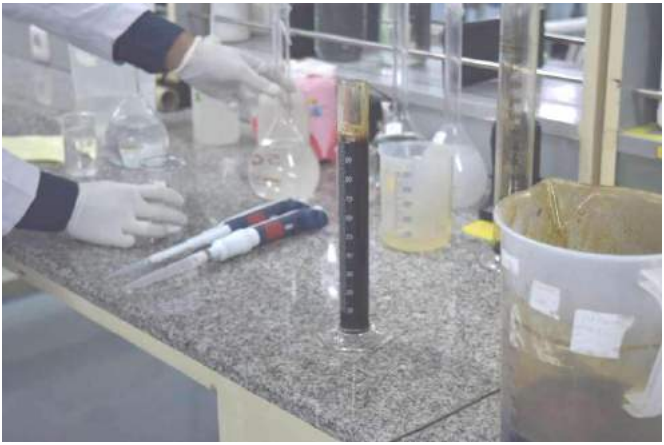
Metode pengujian antifoam di industri dilakukan di Laboratorium Energi Agro Nusantara (Enero), PT Perkebunan Nusantara X (Persero). Pengujian ini dilakukan untuk menentukan waktu penurunan tercepat pada berbagai jenis antifoam dengan spesifikasi sebagai berikut :

a. Antifoam A : Antifoam merk dagang “Dowfax DF-105” Ex. Dow - Taiwan
b. Antifoam B : Antifoam merk dagang “Buckman”
c. Antifoam C : Antifoam dari minyak bintaro hasil transesterifikasi dengan pemanas microwave pada suhu 60°C

Untuk metode pengujian dilakukan dengan prosedur dibawah ini :

1. Sampel dari stasiun fermentor diambil sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan kedalam botol kaca berukuran 300 mL.
2. Sampel didalam botol kaca di kocok manual dengan tangan selama 30 detik.
3. Membuka tutup botol kaca dan memasukkan antifoam A, B dan C dalam masing-masing botol yang berbeda dengan dosis penambahan 50 ppm.
4. Menghitung dan mencatat lama waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan busa dari masing-masing antifoam
5. Melakukan blowdown dan membersihkan botol kaca.
6. Mengulangi langkah 1-5 dengan mengganti variabel penambahan dosis antifoam yaitu 100 ppm

Berikut merupakan lampiran kegiatan pengujian antifoam di PT ENERO



Sampel yang digunakan adalah Molases pada Tangki Fermentor Pabrik Bioetanol PT ENERO

Sampel dipisahkan dalam botol masing-masing 100 mL

Antifoam pembanding dari PT ENERO yang pertama adalah merk Buckman yang diimport dari Jerman

Antifoam pembanding dari PT ENERO yang kedua adalah merk Dowfax yang diimport dari Taiwan

Antifoam minyak bintaro yang merupakan produk inovasi dan produk antifoam satu-satunya yang ada di Indonesia

Sampel molases dikocok selama 30 detik, setelah itu diberikan antifoam dari ketiga jenis diatas

Mencatat waktu yang dibutuhkan antifoam untuk menurunkan busa

BIODATA PENULIS

Penulis 1

Erik Priyanto. Dilahrikan di Gresik pada tanggal 01 Pebruari 1997 Pendidikan formal penulis yaitu TK Dharma Wanita Tenggor Gresik, SDN 1 Tenggor Gresik, SMPN 3 Balongpanggang Gresik dan SMAN 1 Cerme Gresik.

Semasa kuliah penulis aktif berorganisasi seperti menjadi staff baru Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HIMAD3KKIM FV-ITS 2016-2017, menjadi Kepala Divisi Keilmiahan Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HIMAD3KKIM FV-ITS 2017-2018 serta penulis merupakan Trainer Keilmiahan tingkat ITS *(Batch 6)* 2017-2018. Penulis juga menerima beberapa penghargaan seperti Program Kreativitas Mahasiswa yang mendapatkan program hibah dari DIKTI dengan karya PKM-K yang terdanai 3 tahun berturut-turut pada tahun 2016,2017 dan 2018. Penulis juga menerima dana hibah dari LPPM Penelitian Pemula ITS 2018 Penulis pernah menjadi pembicara dalam 5th AASIC Conference di Khon Kaen Thailand pada tahun 2017 dan menjadi Delegasi ITS Goes Global di Singapura pada tahun 2017. Selain itu penulis juga pernah menjadi Asisten Laboratorium Ilmu Logam dan Korosi pada semester gasal 2017-2018 dan menjadi Asisten Laboratorium Kimia Fisika pada semester genap 2017-2018

Alamat email : erikpriyanto0102@gmail.com

Penulis 2

Endang Dian Lestari, penulis dilahirkan di Pati pada tanggal 14 April 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari SD Negeri Trimulyo 02 pada tahun 2009, lulus dari SMP Negeri 1 Juwana pada tahun 2012 dan lulus dari SMA Negeri 1 Pati pada tahun 2015. Setelah lulus SMA, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Kimia FV-ITS dengan Nomor Registrasi 10411500000049.

Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Sekertaris Departemen HIMAD3KKIM FV-ITS, serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PTPN X PG. Tjokier Jombang. Selama kuliah, penulis juga pernah menjuarai Lomba Karya Tulis Ilmiah GAMACOM 2 di Universitas Gadjah Mada Yogjakarta dan Lomba Karya Tulis Ilmiah GEMINI di Universitas Brawijaya Malang. Selain itu penulis juga pernah terdanai PKM K 2018 dan LPPM Penelitian Pemula 2018 ITS.

Email : Estaari751@gmail.com