



TUGAS AKHIR - TK145501

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI BIJI  
KELOR DAPAT MENURUNKAN ASAM LEMAK  
BEBAS DAN BILANGAN PEROKSIDA PADA  
MINYAK JELANTAH**

Xeela Ramadhani Indra Putri  
NRP. 1041150000003

Ramadani Lucky Wildansyah  
NRP. 1041150000061

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS  
NIP. 19580312 198601 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
FAKULTAS VOKASI  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



---

TUGAS AKHIR - TK145501

**PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI BIJI  
KELOR DAPAT MENURUNKAN ASAM LEMAK  
BEBAS DAN BILANGAN PEROKSIDA PADA  
MINYAK JELANTAH**

XEELA RAMADHANI INDRA PUTRI  
NRP. 10411500000003

RAMADANI LUCKY WILDANSYAH  
NRP. 10411500000061

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS  
NIP. 19580312 198601 1 001

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



---

TUGAS AKHIR - TK145501

**MAKING ACTIVATED CARBON FROM  
*MORINGA OLEIFERA* SEEDS CAN REDUCE  
FREE FATTY ACID AND NUMBERS OF  
PEROXIDE ON USED OIL**

XEELA RAMADHANI INDRA PUTRI  
NRP. 1041150000003

RAMADANI LUCKY WILDANSYAH  
NRP. 10411500000061

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS  
NIP. 19580312 198601 1 001

DEPARTMENT INDUSTRIAL OF CHEMICAL ENGINEERING  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2018

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :  
PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI BIJI KELOR DAPAT  
MENURUNKAN ASAM LEMAK BEBAS DAN BILANGAN  
PEROKSIDA PADA MINYAK JELANTAH**

**TUGAS AKHIR**

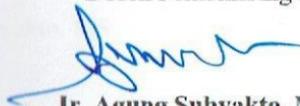
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Xeela Ramadhani Indra Putri (NRP 10411500000003)**  
**Ramadani Lucky Wildansyah (NRP 104115000000061)**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I



**Ir. Agung Subyakto, MS**  
**NIP. 19580312 198601 1 001**

Mengetahui,

**Kepala Departemen Teknik Kimia Industri  
FV-ITS**



## LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai hasil ujian tugas akhir pada 6 Juli 2018 untuk tugas akhir dengan judul **“Pembuatan Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dapat Menurunkan Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah”**, yang disusun oleh :

**Keela Ramadhani Indra Putri**

**(NRP 10411500000003)**

**Ramadani Lucky Wildansyah**

**(NRP 10411500000061)**

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT



.....

2. Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita, M.Eng



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Agung Subyakto, MS



.....

SURABAYA, 20 JULI 2018

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **“Pembuatan Karbon Aktif dari Biji Kelor Dapat Menurunkan Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah”**

Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, adik, serta keluarga yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita M.Eng selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Warlinda Eka Triastuti S.Si, MT dan Ibu Dr. Ir. Niniek Fajar Puspita M.Eng selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, MSc dan Ibu Dr. Ir. Lily Pudjiastuti, MT selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2015 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 4 Juni 2018

Penyusun

# PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI BIJI KELOR DAPAT MENURUNKAN ASAM LEMAK BEBAS DAN BILANGAN PEROKSIDA PADA MINYAK JELANTAH

Nama Mahasiswa : 1. Xeela Ramadhani Indra Putri  
10411500000003  
2. Ramadani Lucky Wildansyah  
10411500000061  
Program Studi : D III Teknik Kimia Industri FV-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyaktio MS

## ABSTRAK

*Karbon aktif merupakan salah satu bahan organik yang cakupan pemakaiannya cukup luas, baik di industri besar maupun kecil, yang biasa dibuat dari limbah biomassa. Pembuatan karbon aktif pada penelitian ini menggunakan bahan baku dari biji kelor, yang mana karbon aktif tersebut akan digunakan untuk menurunkan asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak jelantah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pengaktifan karbon aktif dari biji kelor menggunakan larutan HCl, NaCl, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan konsentrasi larutan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam terhadap daya serap iodium, kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap. Menentukan konsentrasi larutan dan waktu perendaman yang paling baik pada pembuatan karbon aktif dari biji kelor untuk menurunkan bilangan peroksida dan kadar FFA dalam minyak jelantah.*

*Prosedur penelitian pembuatan karbon aktif dari biji kelor dimulai dengan persiapan bahan baku yaitu biji kelor. Pertama, mengeringkan biji kelor sebanyak 500 gram dengan suhu 105 °C sampai berat konstan, menimbang biji kelor yang sudah dikeringkan. membuat karbon aktif, membuat larutan aktivasi yaitu HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan NaCl dengan konsentrasi 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dengan variasi waktu 20 jam dan 24 jam, menganalisa karbon aktif. Analisa karbon aktif yang diuji meliputi analisa kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu dan daya serap iodine. Alat uji efektifitas karbon aktif pada minyak jelantah. Analisa pemurnian minyak jelantah yang diuji yaitu analisa kadar asam lemak bebas (FFA) dan bilangan peroksida*

*Dari hasil percobaan didapatkan daya serap iodine berkisar antara 734,98 – 1233,68 mg/g, kadar air berkisar antara 3% - 12%, kadar abu berkisar antara 1% - 8%, dan kadar zat menguap berkisar*

*antara 3% - 14%, yang mana hasil keseluruhan uji karbon aktif dari biji kelor memenuhi standar SNI 06-3730-95, kecuali pada pengaktifan arang menggunakan NaCl 7% dengan lama perendaman 20 jam. Hasil dari penurunan asam lemak bebas pada minyak jelantah oleh karbon aktif dari biji kelor berkisar antara 0,09 – 0,243 dengan tanpa karbon aktif sebesar 0,627, sedangkan pada penurunan bilangan peroksida pada minyak jelantah oleh karbon aktif dari biji kelor berkisar antara 0,1 – 0,9 meq/gr dengan tanpa karbon aktif sebesar 3,3 meq/gr.*

***Kata kunci: biji kelor, iodine, karbon aktif***

## **MAKING ACTIVATED CARBON FROM *MORINGA OLEIFERA* SEEDS CAN REDUCE FREE FATTY ACID AND NUMBERS OF PEROXIDE ON USED OIL**

Student Name : 1. Xeela Ramadhani Indra Putri  
1041150000003  
2. Ramadani Lucky Wildansyah  
10411500000061  
Study Program : D III Teknik Kimia Industri FV-ITS  
Supervisor : Ir. Agung Subyakto MS

### **ABSTRACT**

*Activated carbon is one of the organic materials that the coverage is wide enough, both in large and small industries, commonly made from biomass waste. The preparation of activated carbon in this study used raw materials from moringa seeds, which the activated carbon will be used to reduce free fatty acids and peroxide numbers in cooking oil. The purpose of this research is to know the effect of activation of activated carbon from Moringa seed using HCl, NaCl, and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> solution with 7%, 9%, 11%, 13%, 15% solution concentration and 20 hours and 24 hours immersion time on iodine absorption, moisture content, ash content and volatile substances. Determine the best concentration of solvent and time of immersion in the production of activated carbon from Moringa seed to decrease peroxide number and FFA levels in cooking oil.*

*The research procedure of making activated carbon from moringa seed begins with preparation of raw material that is moringa oleifera seed. First, dry the moringa oleifera seeds as much as 500 grams with temperature 105 °C to constant weight, weigh the dried moringa seeds. making activated carbon, making its activation soluble HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and NaCl with concentrations of 7%, 9%, 11%, 13%, 15% with time variations of 20 hours and 24 hours, analyzing the activated carbon. The active carbon analyzes tested included moisture content, volatile substances, ash content and iodine absorption. Effectiveness test of activated carbon in cooking oil. Analysis of purification of used cooking oil that is analyzed free fatty acid content (FFA) and peroxide number*

*From the experiments, iodine absorption rate ranged from 734.98 - 1233.68 mg / g, water content ranged from 3% - 12%, ash content ranged from 1% - 8%, and the content of evaporates ranged from 3% - 14%, whereby the overall results of the activated carbon test from*

*moringa seeds meet the SNI 06-3730-95 standard, except for activation of charcoal using 7% NaCl with 20 hours of soaking time. The result of the reduction of free fatty acids on the cooking oil by the activated carbon of the seeds of moringa ranged from 0.09 to 0.243 with no activated carbon of 0.627, whereas in the decrease of peroxide number in the cooking oil by activated carbon from seed kelor ranged from 0.1 to 0, 9 meq / gr with no activated carbon of 3.3 meq / g*

***Keywords: activated carbon, iodine, moringa oleifera seeds***

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR REVISI</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-2
1.3 Batasan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan Inovasi Produk .....	I-3
1.5 Manfaat Inovasi Produk .....	I-4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Biji Kelor.....	II-1
2.2 Karbon Aktif .....	II-3
2.3 Adsorpsi .....	II-10
2.4 Adsorpsi Isotermis.....	II-13
2.5 Macam-Macam Adsorben .....	II-14
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorben .....	II-15
<b>BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK</b>	
3.1 Bahan Yang Digunakan .....	III-1
3.2 Peralatan Yang Digunakan .....	III-1
3.3 Variabel Yang Dipilih .....	III-2
3.4 Tahap Pelaksanaan .....	III-2
3.5 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif.....	III-3
3.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi Produk.....	III-5
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Uji Kualitas Karbon Aktif .....	IV-1
4.2 Hasil Penerapan Karbon Aktif Pada Minyak	

Jelantah .....	IV-14
<b>BAB V NERACA MASSA DAN NERACA PANAS</b>	
5.1 Neraca Massa .....	V-1
5.2 Neraca Panas .....	V-3
<b>BAB VI ESTIMASI BIAYA</b>	
6.1 Estimasi Biaya.....	VI-1
6.2 Fixed Cost (FC).....	VI-3
6.3 Variable Cost (VC) .....	VI-4
6.4 Harga Pokok Penjualan (HPP).....	VI-4
6.5 Break Event Point (BEP) .....	VI-5
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1 Kesimpulan .....	VII-1
7.2 Saran.....	VII-1
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>xv</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Biji Kelor.....	II-1
<b>Gambar 3.1</b>	Tahap Persiapan Bahan Baku.....	III-10
<b>Gambar 3.2</b>	Tahap Pembuatan Karbon Aktif Biji Kelor.....	III-10
<b>Gambar 3.3</b>	Analisa Kadar Air .....	III-10
<b>Gambar 3.4</b>	Analisa Kadar Zat Mudah Menguap .....	III-11
<b>Gambar 3.5</b>	Analisa Kadar Abu .....	III-11
<b>Gambar 3.6</b>	Analisa Daya Serap Iodine.....	III-11
<b>Gambar 3.7</b>	Pemurnian Minyak Jelantah .....	III-11

## DAFTAR GRAFIK

- Grafik 4.1** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi HCL Terhadap Daya Serap  $I_2$  Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-2
- Grafik 4.2** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $H_3PO_4$  Terhadap Daya Serap  $I_2$  Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-3
- Grafik 4.3** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi NaCl Terhadap Daya Serap  $I_2$  Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-3
- Grafik 4.4** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi HCl Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-6
- Grafik 4.5** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-6
- Grafik 4.6** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi NaCl Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-7
- Grafik 4.7** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi HCl Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-9
- Grafik 4.8** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-10
- Grafik 4.9** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi NaCl Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam..... IV-10
- Grafik 4.10** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi HCl Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam. .... IV-13
- Grafik 4.11** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan

	Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam. ....	IV-13
<b>Grafik 4.12</b>	Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi NaCl Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam. ....	IV-13
<b>Grafik 4.13</b>	Pengaruh Karbon Aktif Biji Kelor Terhadap Penurunan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah .....	IV-16
<b>Grafik 4.14</b>	Pengaruh Karbon Aktif Biji Kelor Terhadap Penurunan Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah .....	IV-18

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Kandungan Protein, Lemak, dan Karbohidrat Dalam Biji Kelor (dalam %berat) .....	II-2
<b>Tabel 2.2</b>	Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995 .....	II-10
<b>Tabel 4.1</b>	Hasil Analisa Daya Serap Iodin Karbon Aktif Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam.....	IV-1
<b>Tabel 4.2</b>	Hasil Analisa Kadar Air Karbon Aktif Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam .....	IV-4
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Analisa Kadar Abu Karbon Aktif Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam .....	IV-8
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Analisa Kadar Zat Mudah Menguap Karbon Aktif Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam.....	IV-11
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Analisa Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah Setelah Dimurnikan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Kelor .....	IV-15
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Analisa Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah Setelah Dimurnikan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Kelor .....	IV-17
<b>Tabel 5.1</b>	Neraca Massa Pengeringan Biji Kelor .....	V-1
<b>Tabel 5.2</b>	Neraca Massa Furnace.....	V-1
<b>Tabel 5.3</b>	Neraca Massa Proses Aktivasi .....	V-2
<b>Tabel 5.4</b>	Neraca Massa Proses Pencucian.....	V-3
<b>Tabel 5.5</b>	Neraca Massa Proses Pengeringan Karbon Aktif...	V-3
<b>Tabel 5.6</b>	Neraca Panas Pengeringan Biji Kelor .....	V-4
<b>Tabel 5.7</b>	Neraca Panas Furnace .....	V-4
<b>Tabel 5.8</b>	Neraca Panas Proses Pengeringan Karbon Aktif....	V-5
<b>Tabel 6.1</b>	Biaya Investasi Peralatan Per Bulan.....	VI-1
<b>Tabel 6.2</b>	Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi Per Produk .....	VI-2

<b>Tabel 6.3</b>	Biaya Utilitas Per Bulan.....	VI-2
<b>Tabel 6.4</b>	Biaya Pendukung Lainnya Per Bulan.....	VI-3
<b>Tabel 6.5</b>	<i>Break Even Point</i> .....	VI-6

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Karbon aktif adalah bahan yang berupa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya, dengan cara mengaktifkan karbon tersebut. Aktivasi merupakan suatu proses yang menyebabkan perubahan fisik pada permukaan karbon melalui penghilangan hidrokarbon, gas-gas, dan air dari permukaan tersebut sehingga permukaan karbon semakin luas dan pori-porinya akan semakin banyak sehingga semakin mudah menyerap zat-zat lain. Luas permukaan karbon aktif pada umumnya berkisar antara 300–3000 m<sup>2</sup>/gram (*Shofa, 2012*).

Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktivator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi lepas. Selanjutnya zat aktivator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya CaCl<sub>2</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, NaCl, MgCl<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub> dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (*Dahlan, 2013*).

Karbon aktif digunakan untuk mengadopsi gas maupun cairan. Salah satu fungsi utama pada adsorpsi gas dengan karbon aktif adalah pemurnian gas buangan pada komponen beracun yang



mengandung sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hydrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), karbon disulfide dan komponen organik sulfur. Diantaranya banyaknya metode recovering dan neutralizing  $\text{SO}_2$  dari gas buang, adsorpsi dengan karbon aktif memiliki peranan yang lebih besar. Pada adsorpsi fisika dari  $\text{SO}_2$  dengan karbon aktif menggunakan katalis oksidasi sulfur trioxide, selanjutnya akan mengalami pembentukan dari asam sulfur dan sebagian cairan. Sehingga sulfur akan menyerap terperangkap oleh permukaan karbon aktif dalam tiga bentuk, sebagai adsorpsi fisika  $\text{SO}_2$ , sebagai larutan asam sulfur, dan sebagai pembatas komponen penyusun sulfur pada permukaan (*Jankowska, 1991*).

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi karbon aktif dari fase cairan banyak digunakan di industri makanan untuk berbagai produksi dan proses pembuatan makanan, seperti pada industri gula yang menggunakan adsorben karbon aktif untuk pemurnian sirup dan proses deklorinasi gula secara teknologi, sistem pemurnian air dengan karbon aktif digunakan untuk menghilangkan substansi yang berasal dan berbau tidak enak, serta untuk menghilangkan oksidasi produk yang dihasilkan dari treatment air dengan oksidator yang kuat (*Jankowska, 1991*).

Penelitian ini mencoba meningkatkan kualitas minyak goreng jelantah dengan menggunakan adsorben dari biji kelor yang akan dijadikan sebagai karbon aktif. Keuntungan penggunaan karbon aktif sebagai bahan pemurnian minyak ialah karena karbon aktif dapat menyerap sebagian bau yang tidak dikehendaki dan mengurangi jumlah kadar asam lemak bebas sehingga memperbaiki kualitas minyak. Karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan alam yang mengandung karbon, baik karbon organik maupun karbon anorganik dengan syarat bahan tersebut



mempunyai struktur berpori, salah satu bahannya adalah biji kelor (*Apriliani, 2010*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Beberapa rumusan masalah yang akan dicoba diselesaikan dalam penelitian pembuatan karbon aktif dari biji kelor, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh pengaktifan arang aktif dari biji kelor menggunakan larutan HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NaCl dengan konsentrasi larutan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam terhadap daya serap iodium, kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap ?
2. Bagaimana menentukan konsentrasi zat aktivator dan waktu aktivasi yang paling baik pada pembuatan karbon aktif dari biji kelor untuk menurunkan bilangan peroksida dan kadar FFA dalam minyak jelantah ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian pembuatan karbon aktif dari biji kelor, yaitu:

1. Sebagai bahan pembuatan karbon aktif menggunakan biji kelor.
2. Pengaktifan karbon aktif menggunakan HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NaCl dengan konsentrasi larutan yang digunakan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam.

## **1.4 Tujuan Inovasi Produk**

Tujuan dari penelitian pembuatan karbon aktif dari biji kelor, yaitu:



1. Mempelajari pengaruh pengaktifan arang aktif dari biji kelor menggunakan larutan HCl, NaCl, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan konsentrasi larutan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam terhadap daya serap iodium, kadar air, kadar abu dan kadar zat mudah menguap.
2. Menentukan konsentrasi dan lama perendaman yang paling baik pada pembuatan karbon aktif dari biji kelor untuk menurunkan bilangan peroksida dan kadar FFA dalam minyak jelantah.

### 1.5 Manfaat Inovasi Produk

Manfaat dari penelitian pembuatan karbon aktif dari biji kelor, yaitu:

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif dari biji kelor.
2. Mengetahui konsentrasi dan jenis zat aktivator yang paling baik pada pembuatan karbon aktif yang memenuhi syarat mutu karbon aktif.
3. Memberikan wawasan keilmuan bagi mahasiswa dalam hal pembuatan karbon aktif sehingga dapat menjadi dorongan pengembangan penelitian lebih lanjut
4. Memberikan informasi bagi masyarakat tentang pemanfaatan biji kelor menjadi karbon aktif.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biji Kelor**

Kelor (*Moringa oleifera*) tumbuh dalam bentuk pohon, berumur panjang (perennial) dengan tinggi 7 – 12 meter. Batang berkayu (lignosus), tegak, bewarna putih kotor, kulit tipis, permukaan kasar. Percabangan simpodial, arah cabang tegak atau miring, cenderung tumbuh lurus dan memanjang. Daun majemuk, bertangkai panjang, tersusun berseling (alternate), beranak daun gasal (imparipinnatus), helai daun saat muda bewarna hijau muda setelah dewasa hijau tua, bentuk helai daun bulat telur, panjang 1-2 cm, lebar 1-2 cm, tipis lemas, ujung dan pangkal tumpul, tepi rata, susunan pertualangan menyirip, permukaan atas dan bawah halus (Dahlan, 2013).



**Gambar II.1** Biji Kelor

Biji kelor dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif yang tersedia secara lokal. Biji kelor yang dipergunakan dibiarkan sampai matang atau tua dipohon baru dipanen setelah kering dengan kadar air kurang lebih sama dengan 10%. Menurut penelitian dilaporkan bahwa tepung biji kelor adalah bahan alami yang dapat membersihkan limbah cair relatif



sama efektifnya bila dilakukan dengan cara pembersihan menggunakan bahan kimia (Nurhidayat, 2010).

Biji kelor merupakan alternatif koagulan organik. Biji kelor sebagai koagulan dapat digunakan dengan dua cara yaitu: biji kering dengan kulitnya dan biji kering tanpa kulitnya. Hasil analisis elemen pada biji kelor dengan kulit, 6,1% N; 54,8% C; dan 8,5% H, sedangkan untuk biji tanpa kulit, 5,0% N; 53,3% C dan 7,7% H (dalam %berat) sedangkan sisanya terdiri dari oksigen (Ndabigengesere, dkk, 1995). Kandungan protein, lemak dan karbohidrat biji kelor dapat dilihat pada **Tabel II.1**

**Tabel II.1** Kandungan protein, lemak, dan karbohidrat dalam biji kelor (dalam %berat)

Preparat	: Protein(%)	: Lemak (%)	: Karbohidrat (%)
Biji dengan kulit:			
• Bubuk	: 36,7	: 34,6	: 5,0
• Larutan	: 0,9	: 0,8	: -
• Padatan residu	: 29,3	: 50,3	: 1,3
Biji tanpa kulit:			
• Bubuk	: 27,1	: 21,1	: 5,5
• Larutan	: 0,3	: 0,4	: -
• Padatan residu	: 26,4	: 27,3	: -

(Sumber: Ndabigengesere dkk, 1995)

Efektivitas koagulasi oleh biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik bertegangan rapat dengan molekul sekitar 6,5 kdalton. Zat aktif yang terkandung dalam biji kelor yaitu 4 $\alpha$  L-rhamnosyloxy-benzyl-isothiocyanate. Prinsip utama mekanisme koagulasinya adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan protein tersebut. Dalam koagulasinya, biji kelor memberikan pengaruh yang kecil terhadap derajat keasaman dan konduktifitas. Jumlah lumpur yang diproduksi biji kelor lebih sedikit dari jumlah lumpur yang diproduksi oleh ferro sulfat sebagai koagulan (Husin, 2005).



Bahan koagulan dalam biji kelor adalah protein kationik yang larut dalam air. Potensial zeta larutan 5% biji kelor tanpa kulit adalah sekitar +6 mV. Hal ini menunjukkan bahwa larutan ini didominasi oleh tegangan positif meskipun merupakan campuran heterogen yang kompleks, potensial zeta air sintetik adalah sekitar -46 mV. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH netral, partikel-partikel bermuatan negatif. Akibatnya, koagulasi partikel tersuspensi dengan biji kelor dipengaruhi oleh proses destabilisasi tegangan negatif koloid oleh polielektrolit kationik (Ndabigengesere, dkk, 1995).

## 2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar yaitu 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr. Luas permukaan yang sangat besar ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Karbon aktif yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi yang hexagonal. Kemampuan karbon aktif mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional (Dahlan, 2013).

Karbon aktif merupakan suatu bahan karbon yang diproses dengan menghasilkan struktur daya serap tinggi dan khususnya luas permukaan area internal yang besar. Tentunya, hal ini terdiri dari karbon (87-97%), tetapi juga mengandung elemen-elemen seperti hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen maupun berbagai senyawa lain dari bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan atau dihasilkan selama proses produksi. Karbon aktif diperoleh dengan proses karbonisasi yang diikuti dengan aktivasi dari bahan yang mengandung zat arang dimana biasanya berasal dari tumbuh-tumbuhan (Jankowska, 1991).



Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap. Untuk menghilangkan bahan-bahan terlarut dalam air, biasa menggunakan karbon aktif dengan mengubah sifat permukaan partikel karbon melalui proses oksidasi. Partikel ini akan menyerap bahan-bahan organik dan akan terakumulasi pada bidang permukaannya. Adsorpsi oleh karbon aktif akan melepaskan gas, cairan dan zat padat dari larutan dimana kecepatan reaksi dan kesempurnaan pelepasan tergantung pada pH, suhu, konsentrasi awal, ukuran molekul, berta molekul dan struktur molekul, sementara penyerapan terbesar adalah pada pH rendah. (*Sembiring, 2003*).

Berdasarkan *Cheremisinoff dan AC. Moressi (1978)*, mengemukakan bahwa proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. *Dehidrasi*, yang merupakan proses penghilangan air dimana bahan mentah dipanaskan sampai temperatur 170°C.
2. *Karbonisasi*, yakni proses pemecehan bahan-bahan organik menjadi karbon dengan suhu yang digunakan diatas 170°C akan menghasilkan CO dan CO<sub>2</sub>, sedangkan pada suhu 275°C, dekomposisi mengasilkan “tar”, tapi methanol dengan hasil samping lainnya, akan tetapi pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400-600°C.
3. *Aktivasi*, terjadi melalui dekomposisi tar dan perluasan pori-pori dapat dilakukan dengan uap atau CO<sub>2</sub> sebagai aktivator.

#### 1. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini,



diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit (Dahlan, 2013).

Proses ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kadar air pada bahan baku. Proses dehidrasi dapat dilakukan ketika masih berbentuk bahan baku atau setelah menjadi karbon aktif serbuk atau granular. Selama kadar air pada bahan baku tidak melebihi SII, berarti masih layak dipergunakan untuk karbon aktif (Hambali, 2007).

## 2. Proses Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan didalam furnace. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk methanol, uap asam asetat, tar-tar dan hidrokarbon. Material pada yang tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (Cheremisinoff, 1993).

Tujuan utama dalam proses ini adalah untuk menghasilkan butiran yang mempunyai daya serap dan struktur yang rapi, dasar karbonisasi adalah pemanasan, dimana bahan dasar dipanaskan dengan temperatur yang bervariasi sampai temperature  $1300^{\circ}\text{C}$ . Bahan organik di dekomposisi dengan menyisakan karbon dan komponen volatile yang lain diuapkan (Jankowska, 1991).

Sifat-sifat dari karbonisasi ini ditentukan oleh kondisi dari bahan dasarnya. Beberapa parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kondisi karbonisasi yang sesuai yaitu



temperatur akhir yang di capai, waktu karbonisasi, laju peningkatan temperatur, medium dari proses karbonisasi. Temperatur akhir proses mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap struktur dari butiran. Pada temperatur tinggi akan terjadi berbagai macam reaksi dari bahan mentah, sesuai dengan sifat dari struktur kimianya. Reaktifitas dari hasil karbonisasi yang didapatkan setelah pirolisis pada temperature  $300^{\circ}\text{C}$  lebih rendah dari temperatur  $600^{\circ}\text{C}$  dikarenakan penurunan jumlah karbonnya (Jankowska, 1991).

Jika temperatur dinaikan dengan cepat pembentukan sebagian besar zat volatile terjadi dalam waktu singkat dan hasilnya biasanya terbentukpori yang berukuran lebih besar. Reaktivitas hasil karbonisasinya lebih besar daripada hasil yang dipanaskan dengan laju lambat. Bahan yang mengandung zat arang merupakan dasar untuk pembuatan karbon aktif oleh metode steam-gas harus memenuhi syarat pasti diantaranya yang terpenting adalah kandungan volatile matter yang rendah, kandungan karbon yang tinggi, kemampuan daya serap dan pengurangan kekuatan bahan yang cukup (Jankowska, 1991).

Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 komponen pokok yaitu karbon atau arang, tar, dan gas ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}$ , dll). Temperatur diatas  $170^{\circ}\text{C}$  akan menghasilkan  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  dan asam asetat. Pada temperatur  $275^{\circ}\text{C}$ , dekomposisi menghasilkan tar, methanol, dan hasil samping lainnya (Jankowska, 1991).

### 3. Proses Aktivasi

Aktivasi arang berarti penghilangan zat-zat yang menutupi pori-pori pada permukaan arang. Hidrokarbon pada permukaan arang dapat dihilangkan melalui proses oksidasi menggunakan oksidator yang sangat lemah ( $\text{CO}_2$  dan uap air) agar atom karbon yang lain tidak turut teroksidasi. Selain itu dapat juga



dilakukan proses dehidrasi dengan garam-garam seperti  $ZnCl_2$  atau  $CaCl_2$ . Unsur mineral akan masuk diantara plat-plat heksagonal dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup, sehingga jumlah permukaan karbon aktif bertambah besar (Dahlan, 2013).

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003).

Pada proses produksi karbon aktif, proses aktivasi merupakan proses terpenting karena proses ini sangat menentukan sekali terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan baik luas permukaan maupun daya adsorpsinya. Produk dari karbonisasi tidak dapat diaplikasikan sebagai adsorben, dikarenakan struktur porusnya tidak berkembang tanpa adanya tambahan aktivasi. Proses aktivasi menghasilkan karbon dioksida yang tersebar dalam permukaan karbon karenanya adanya reaksi antar karbon dengan zat pengoksidasi. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses aktivasi adalah waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio activator, dan jenis activator yang dalam hal ini akan mempengaruhi daya serap arang aktif (Kinoshita, 1988).

Aktivator adalah zat atau senyawa kimia yang berfungsi sebagai reagen pengaktif dan zat ini akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga daya serapnya menjadi lebih baik. Zat aktifator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi menjadi



lepas. Selanjutnya zat aktifator tersebut akan memasuki pori dan membuka permukaan arang yang tertutup. Dengan demikian pada saat dilakukan pemanasan, senyawa pengotor yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terserap sehingga luas permukaan karbon aktif semakin besar dan meningkatkan daya serapnya. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif di antaranya  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$  dan sebagainya. Semua bahan aktif ini umumnya bersifat sebagai pengikat air (*Dahlan, 2013*).

Dalam hal aktivasi karbon aktif ini, terdapat 3 jenis aktivasi yang digunakan, yaitu aktivasi fisika, kimia dan fisika kimia.

### 1. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan  $\text{CO}_2$ . Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, nitrogen dan oksigen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang (*Sembiring, 2003*).

Untuk aktivasi fisika, arang yang terbuat dari material biomassa dipanaskan di dalam furnace pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ - $800^\circ\text{C}$  dengan kondisi inert melalui penginjeksian nitrogen dalam reactor aktivasi. Penggunaan gas nitrogen selama proses aktivasi karena nitrogen merupakan gas yang inert sehingga pembakaran karbon menjadi abu dan oksidasi pemanasan dapat dikurangi, selain itu dengan aktivasi gas akan mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya (*Gratisito, 2008*).

Aktivasi fisika dapat mengubah bahan yang telah dikarbonasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan



yang luar biasa dan struktur pori. Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru. Aktivasi fisika biasa digunakan untuk memproduksi karbon aktif yang akan digunakan untuk water treatment dan prosesnya adalah endotermis. Proses endotermis ini melibatkan kontak antara activating agent berfasa gas, biasanya steam, walaupun CO<sub>2</sub> dan air juga terkadang digunakan, dengan arang pada temperatur 850-1000<sup>0</sup>C. pada proses ini sering kali terjadi reduksi dari ukuran adsorben yang disebabkan karena kelebihan oksidasi eksternal selama gas pengoksidasi berdifusi ke dalam karbon yang tidak teraktivasi (*Goodman et al, 2004*).

## 2. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kima. Beberapa keuntungan aktivasi kimia dibandingkan aktivasi fisika adalah bahwa proses aktivasi kimia memungkinkan untuk dihasilkan luas permukaan karbon aktif yang sangat tinggi. Bahan yang mengandung karbon dengan aktivasi kimia dapat meredakan kandungan oksigen hydrogen, sehingga aktivasi ini pada bahan organik lebih sulit sebagai pembanding dengan bahan non-karbon. Di industri, asam fosfat, seng klorida dan potassium sulfide terutama digunakan sebagai reagen pengaktivasi (*Smisek, 1970*).

## 3. Aktivasi Kimia Fisika

Aktivasi kimia fisika merupakan suatu metode untuk mengaktivasi zeolit dengan cara menggabungkan kedua cara aktivasi tersebut. Pertama-tama dilakukan aktivasi kimia yaitu dengan cara penambahan pereaksi tertentu dapat berupa asam ataupun basa. Selanjutnya proses aktivasi dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur tertentu dengan tujuan menguapkan



air kristal yang terperangkap di dalam pori-pori zeolit sehingga luas permukaan internal pori meningkat (*Is Fatimah, 2000*).

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif, yaitu sifat arang aktif, sifat komponen yang diserapnya, sifat larutan dan sistem kontak. Daya serap karbon aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan atau gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya. Sifat karbon aktif sendiri selain dipengaruhi oleh jenis bahan baku, luas permukaan penyebaran pori dan sifat kimia permukaan arang aktif, namun juga dipengaruhi oleh cara aktivasi yang digunakan. Bahan-bahan pengaktif tersebut bersifat sebagai dehidrator yang dapat mereduksi OH dan CO yang masih tersisa dari karbon hasil karbonisasi.

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan SNI 06-3730-1995 pada **Tabel II.2**.

**Tabel II.2** Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar Air	Maks 15%
Kadar Abu	Maks 10%
Kadar Zat Menguap	Maks 25%
Kadar Karbon Terikat	Min 65%
Daya Serap Terhadap Iodium	Min 750 mg/g
Daya Serap Terhadap Benzena	Min 25%

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan massa akibat dari fasa gerak (fluida pembawa adsorbant) ke permukaan adsorben. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat dengan tempat-tempat aktif di permukaan



adsorben. Proses adsorpsi pada arang aktif terjadi melalui tiga tahap dasar, yaitu zat terjerap pada arang bagian luar, kemudian menuju pori-pori arang, dan terjerap pada dinding bagian dalam arang (Wijayanti, 2009).

Adsorpsi dapat terjadi pada antarfasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben. Pada adsorpsi, interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi adalah gejala pada permukaan, sehingga makin besar luas permukaan maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi (Apriliani, 2010).

Menurut Ketaren (1986), daya adsorpsi karbon aktif disebabkan karena karbon mempunyai pori-pori dalam jumlah besar dan adsorpsi akan terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan karbon dan zat yang diserap. Karbon merupakan bahan padat berpori dan umumnya diperoleh dari hasil pembakaran kayu atau bahan yang mengandung unsur karbon. Umumnya karbon mempunyai daya adsorpsi tersebut dapat diperbesar dengan cara mengaktifkan karbon menggunakan uap atau bahan kimia.

Mekanisme peristiwa adsorpsi berlangsung sebagai berikut, molekul adsorbant berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben (difusi eksternal), sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, sebagian besar berdifusi lanjut di dalam pori-pori adsorben (difusi internal). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar akan teradsorpsi dan terikat di permukaan, namun bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh dengan adsorbat, dapat terjadi dua hal, yaitu :



1. Terbentuknya lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya diatas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi *multilayer*.
2. Tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbant yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida.

(Wijayanti, 2009)

Ada dua metode adsorpsi, secara fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi secara kimia (kimisorpsi). Kedua metode ini terjadi bila molekul-molekul dalam fase cair diikat pada permukaan suatu fase padat sebagai akibat dari gaya tarik-menarik pada permukaan padatan (adsorben), mengatasi energi kinetik dari molekul-molekul kontaminan dalam cairan (adsorbant). Bila gaya pengikat pada permukaan merupakan gaya Van der Waals, reaksinya dapat balik, *multilayer*, dan tidak ada transfer elektron, adsorpsinya disebut fisisorpsi. Bila gaya pengikatannya merupakan interaksi kimiawi artinya terjadi rekonfigurasi dan transfer elektron antara adsorbat dan adsorben *monolayer*, dan reaksinya tidak dapat balik, maka peristiwa adsorpsinya disebut kimisorpsi (Wijayanti, 2009).

Menurut Wijayanti (2009), beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain :

1. Sifat fisik dan kimia adsorben, yaitu luas permukaan, pori-pori, dan komposisi kimia.
2. Sifat fisika dan kimia adsorbat, yaitu ukuran molekul, polaritas molekul dan komposisi kimia.
3. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair (larutan).
4. Sifat fase cair, seperti pH dan temperatur.
5. Lamanya proses adsorpsi tersebut berlangsung

Perbesaran luas permukaan dapat dilakukan dengan pengecilan partikel adsorben, tetapi pengecilan ukuran tidak boleh



terlalu kecil karena dapat menyebabkan adsorben terbawa oleh aliran fluida (Wijayanti, 2009).

Adsorben yang paling sering digunakan adalah karbon aktif karena memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya lebih besar dari pada adsorben lainnya. Aplikasi proses adsorpsi banyak digunakan di dalam dunia industri. Contoh aplikasi adsorpsi fasa uap adalah pemulihan pelarut organik yang digunakan pada zat, tinta cetak, dan pelapisan tekstil. Sedangkan adsorpsi untuk fasa cair digunakan untuk memisahkan komponen-komponen organik dari limbah cair dan air dari zat cair organik (Atmayudha, 2007).

## 2.4 Adsorpsi Isothermis

Untuk mengevaluasi kemampuan biomassa dalam mengadsorpsi larutan logam berat dapat dilakukan dengan mendapatkan data keseimbangan adsorbs yang diperoleh dari eksperimen. Keseimbangan adsorbs ion-ion logam dapat digambarkan dengan model adsorbs isothermal yang digunakan oleh larutan. Model-model adsorbs isothermal dari *Langmuir (1918)* dan *Freundlich (1962)* telah banyak digunakan dalam literatur untuk memodelkan adsorpsi keseimbangan dalam larutan.

### *Model Isothermis Langmuir*

Model ini dapat dinyatakan dalam persamaan (1):

$$q_e = \frac{q_{\max} b C_e}{1 + b C_e}$$

dengan  $q_e$  adalah jumlah ion logam yang terserap per satuan berat biomassa, mg/g;  $C_e$  adalah konsentrasi keseimbangan ion logam dalam larutan, mg/l;  $q_{\max}$  adalah kapasitas serap maksimum bahan penyerap, mg/g; dan  $b$  adalah konstanta keseimbangan adsorpsi.



### **Model Isothermis Langmuir**

Model ini dapat dinyatakan dalam persamaan (2):

$$q_e = kC_e^{1/n}$$

dengan  $k$  dan  $n$  adalah konstanta keseimbangan adsorpsi.  
(Soeprijanto dkk, 2007).

## **2.5 Macam-Macam Adsorben**

### a. Silika Gel

Silica gel cenderung mengikat adsorbat dengan energi yang relatif lebih kecil dan membutuhkan temperatur yang lebih rendah untuk proses desorpsi, dibandingkan jika menggunakan adsorben lain seperti karbon atau zeolit. Kemampuan desorpsi silika gel meningkat dengan meningkatnya temperatur. Silika gel terbuat dari silika dengan ikatan kimia mengandung air kurang lebih 5%. Pada umumnya temperatur kerja silika gel sampai pada temperatur 200°C, jika dioperasikan lebih dari batas temperatur kerjanya maka kandungan air dalam silika gel akan hilang.

### b. Zeolit

Zeolite mengandung kristal zeolit yaitu mineral *aluminosilicate* yang disebut sebagai penyaring molekul. Mineral *aluminosilicate* ini terbentuk secara alami. Zeolit memiliki diameter pori yang lebih besar sehingga dapat mengadsorpsi adsorbat pada umumnya.

### c. Karbon Aktif

Karbon Aktif dapat dibuat dari batubara, kayu, dan tempurung kelapa melalui proses *pyrolizing* dan *carburizing* pada temperatur 700 sampai 800°C. Hampir semua adsorbat dapat diserap oleh karbon aktif kecuali



air. Karbon aktif dapat ditemukan dalam bentuk bubuk dan granular. Granular merupakan gumpalan-gumpalan dari partikel-partikel yang lebih kecil, umumnya tidak berbentuk tidak merata dan menjadi seperti patikel tunggal yang lebih besar. Pada umumnya karbon aktif dapat mengadsorpsi methanol atau sampai dengan 30%, bahkan karbon aktif super dapat mengadsorpsi sampai dua kalinya.

(Ambarita, 2008).

## 2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorben

Banyaknya adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Jenis adsorben dapat ditinjau dari :
  - a. Ukuran molekul adsorbat, rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melalui ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang beda diadsorpsi adalah molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben
  - b. Polaritas molekul adsorbat, apabila diameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul kurang polar, sehingga molekul-molekul yang lebih bisa menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah diserap
2. Sifat adsorben dapat ditinjau dari
  - a. Kemurnian adsorben, adsorben yang lebih murni memiliki daya serap yang lebih baik
  - b. Luas permukaan, semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin banyak pula



- c. Temperatur, adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperature adsorbat. Adsorpsi fisika yang substansi bisa terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat, terutama dibawah suhu  $50^{\circ}\text{C}$ . Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah yang diadsorpsi berkurang dengan naiknya temperatur adsorbat
- d. Tekanan untuk adsorpsi fisika, kenaikan tekanan adsorbat mengakibatkan kenaikan jumlah zat yang diadsorpsi  
(*Apriliani, 2010*).

## **BAB III**

### **METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK**

#### **3.1 Bahan Yang Digunakan**

1. Asam Asetat
2. Aquades
3. Biji Kelor
4. Etanol 96%
5. HCl
6. Indikator PP
7. Klorofom
8. Minyak jelantah
9.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$
10. NaCl
11. NaOH

#### **3.2 Peralatan Yang Digunakan**

##### **3.2.1 Analisa Minyak Jelantah**

1. Buret
2. Minyak Jelantah
3. Gelas Beaker
4. Gelas Ukur
5. Pipet
6. Timbangan

##### **3.2.2 Pembuatan Larutan Zat Aktivator**

1. Batang Pengaduk
2. Gelas Beaker
3. Gelas Ukur
4. Kaca Arloji
5. Labu Ukur
6. Timbangan

**3.2.3 Pembuatan Karbon Aktif**

1. Corong
2. Erlenmeyer
3. Kertas Saring
4. Oven
5. Cawan
6. Timbangan

**3.2.4 Pemurnian Minyak Jelantah**

1. Corong
2. Gelas Beaker
3. Heater
4. Kertas Saring
5. Termometer
6. Timbangan

**3.3 Variabel Yang Dipilih**

1. Konsentrasi Zat Aktivator:  
7%, 9%, 11%, 13%, 15%
2. Larutan Zat Aktivator  
 $\text{H}_3\text{PO}_4$ , HCl, NaCl
3. Waktu aktivasi  
20, 24 jam

**3.4 Tahap Pelaksanaan**

1. Persiapan Bahan Baku
2. Pembuatan Karbon Aktif
3. Analisa Karbon Aktif
4. Analisa Daya Serap Iodin
5. Pemurnian Minyak Jelantah
6. Analisa Minyak Jelantah Yang Sudah Dimurnikan



### **3.5 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif**

#### **3.5.1 Tahap Pelaksanaan**

##### **3.5.1.1 Persiapan Bahan Baku (Siti, 2010)**

1. Mengeringkan biji kelor sebanyak 500 gram.
2. Mengeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan.
3. Menimbang biji kelor yang setelah dikeringkan.
4. Setelah dikeringkan, biji kelor di blender hingga halus.

##### **3.5.1.2 Pembuatan Karbon Aktif (Dahlan, 2013)**

1. Setelah dihaluskan, biji kelor dikarbonisasi didalam furnace selama 25 menit dengan suhu pembakaran 350°C.
2. Mengaktifkan arang diaktivasi di dalam larutan aktivator 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dengan zat aktivator HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan NaCl dan variasi waktu aktivasi 20 jam dan 24 jam dengan ratio 1:6 (b/v).
3. Menyaring arang dengan kertas saring dan mencuci dengan aquadest hingga pH 7.
4. Mengeringkan dalam oven dari suhu kamar sampai suhu 110°C sampai berat konstan.

##### **3.5.1.3 Uji Kualitas Karbon Aktif**

###### **3.5.1.3.1 Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995)**

1. Contoh sebanyak 1 gram (bobot kering udara) ditempatkan di dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot keringnya.
2. Cawan yang telah berisi contoh tersebut dipanaskan di dalam oven bersuhu 105°C selama 4 jam.

###### **3.5.1.3.2 Analisa Kadar Zat Mudah Menguap (SNI 06-3730-1995)**

1. Contoh kering sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobot keringnya.



2. Contoh dipanaskan dalam tanur pada suhu 950°C selama 10 menit, kemudian didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang.
3. Cawan ditutup serapat mungkin (bila perlu diikat dengan kawat) selama pemanasan dan dihindari terjadinya pembakaran contoh.

#### **3.5.1.3.3 Analisa Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)**

1. Contoh kering sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah ditentukan bobot keringnya.
2. Contoh dipanaskan di dalam tanur pada suhu 750°C selama 6 jam.
3. Setelah itu didinginkan di dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang.
4. Pemanasan dan penimbangan diulang hingga diperoleh bobot yang konstan.
5. Waktu pemanasan cukup 1 jam selama pengulangan.

#### **3.5.1.3.4 Analisa Daya Serap Iodin (SNI 06-3730-1995)**

1. Contoh kering sebanyak 0,25 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang dibungkus kertas karbon.
2. Lalu ditambahkan 25 mL larutan I<sub>2</sub> 0, N, kemudian dikocok selama 15 menit pada suhu kamar lalu disaring.
3. Filtrat sebanyak 10 mL dititrasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N hingga bewarna kuning muda lalu diberi beberapa tetes larutan kanji 1%, dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

#### **3.5.1.4 Penerapan Karbon Aktif Minyak Jelantah (Barau, 2015)**

1. Sebanyak 100 mL minyak jelantah dipanaskan hingga mencapai suhu 90°C.



2. Setelah itu ditambahkan karbon aktif dari biji kelor sebanyak 0,75 gram, kemudian diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 60 menit.
3. Lalu disaring untuk diambil filtrat atau minyak yang telah diadsorpsi.

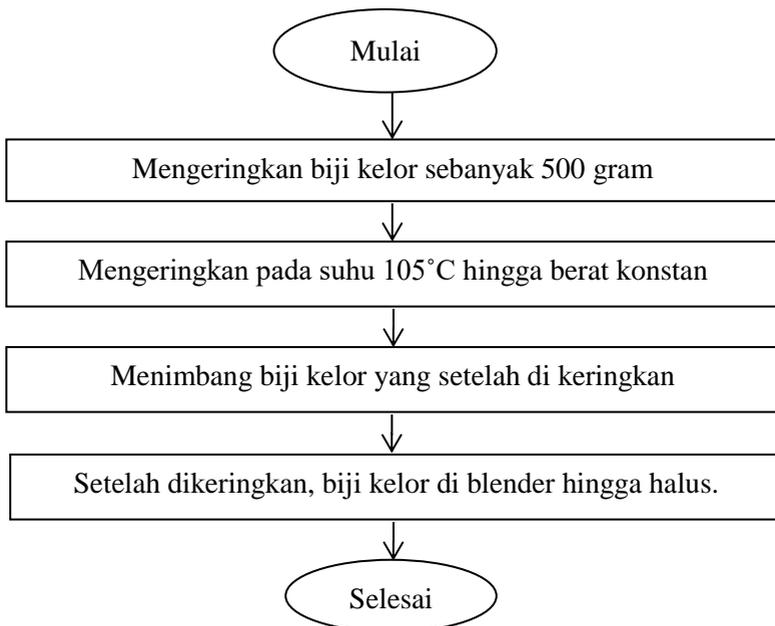
### 3.5.2 Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di laboratorium Kimia Organik Teknik Kimia Industri FV-ITS Surabaya.

### 3.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi Produk

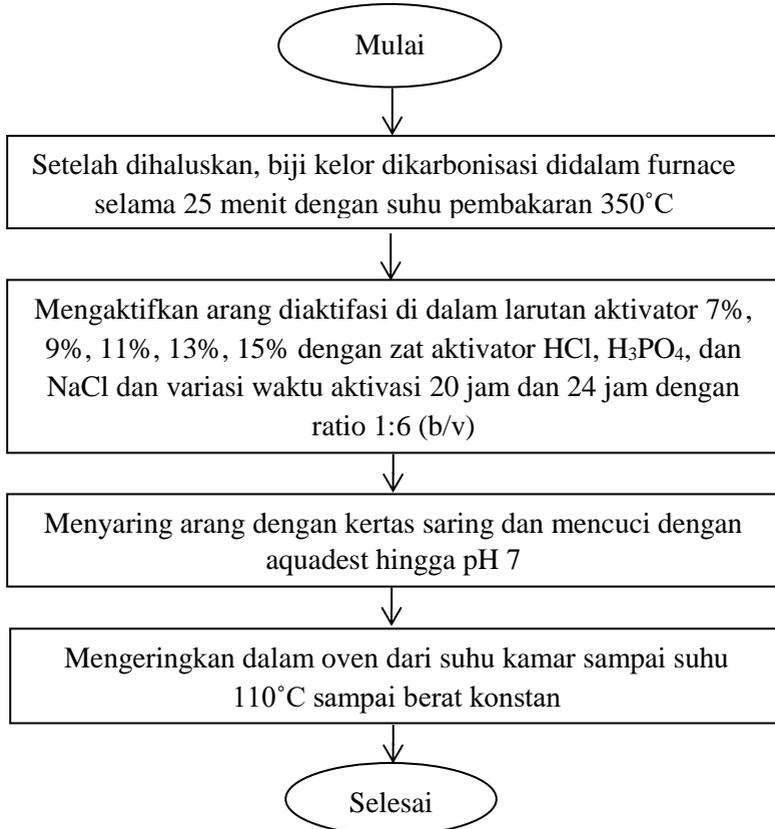
#### 3.6.1 Tahap Persiapan

##### 3.6.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku (Siti, 2010)



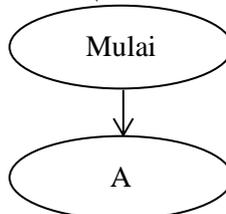


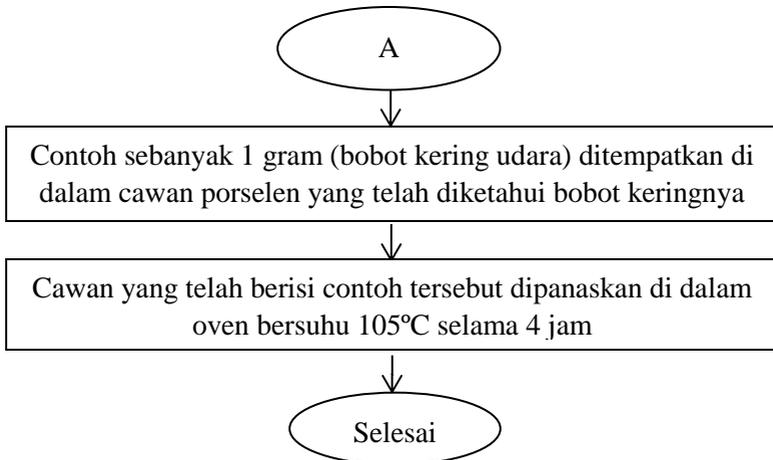
### 3.6.1.2 Tahap Pembuatan Karbon Aktif dari Biji Kelor



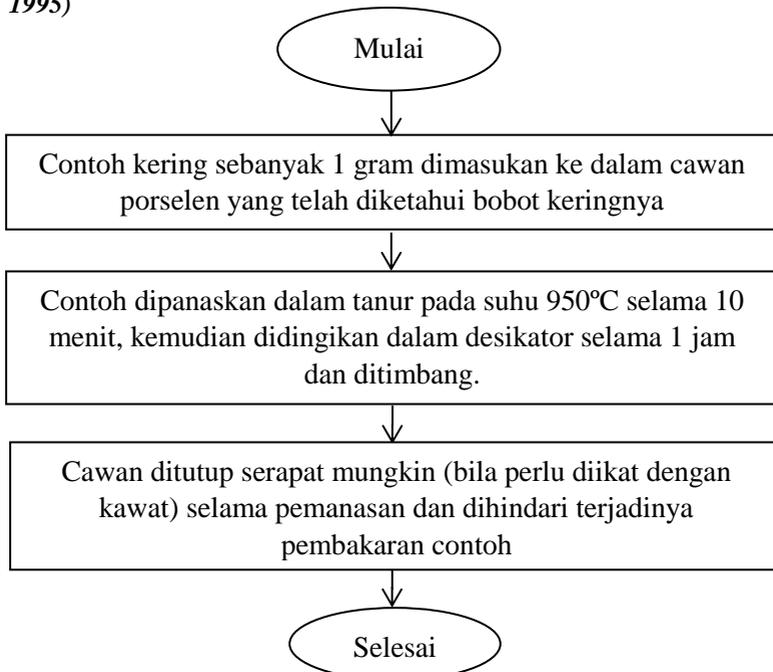
### 3.6.1.3 Uji Kualitas Karbon Aktif

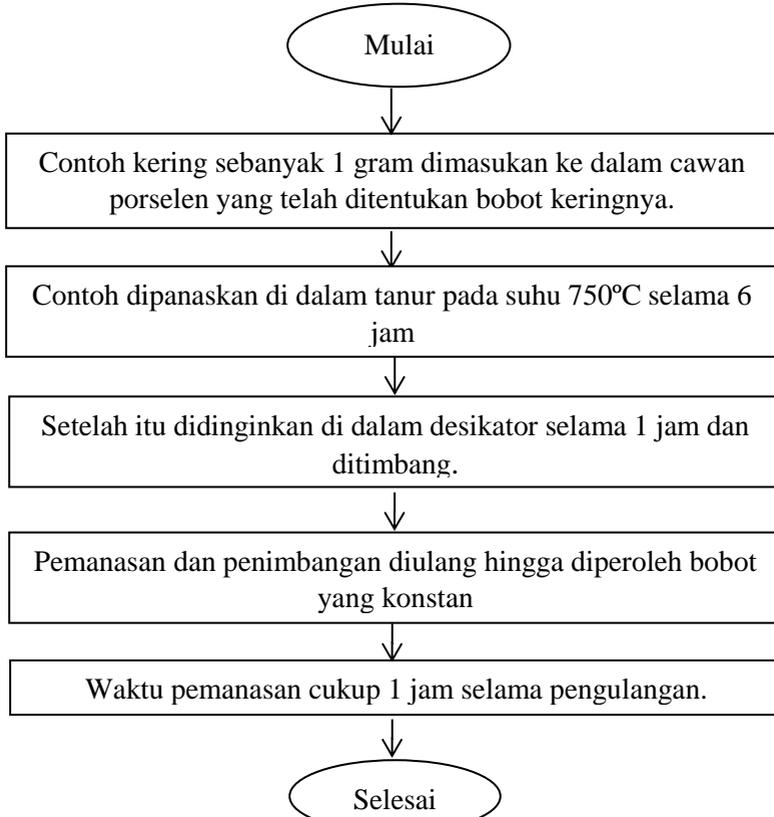
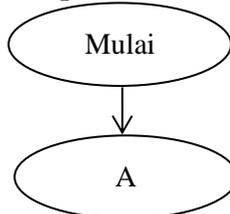
#### 3.6.1.3.1 Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

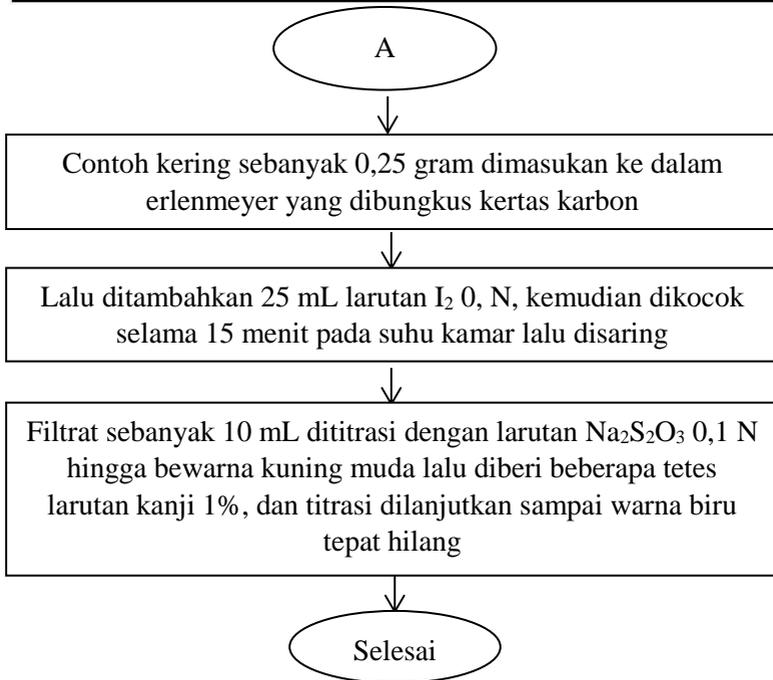




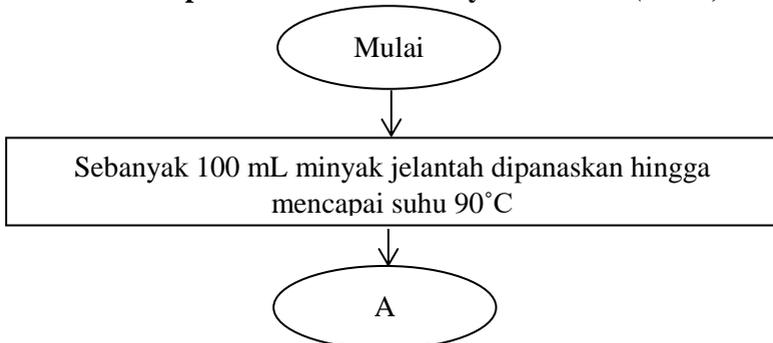
### 3.6.1.3.2 Analisa Kadar Zat Mudah Menguap (SNI 06-3730-1995)

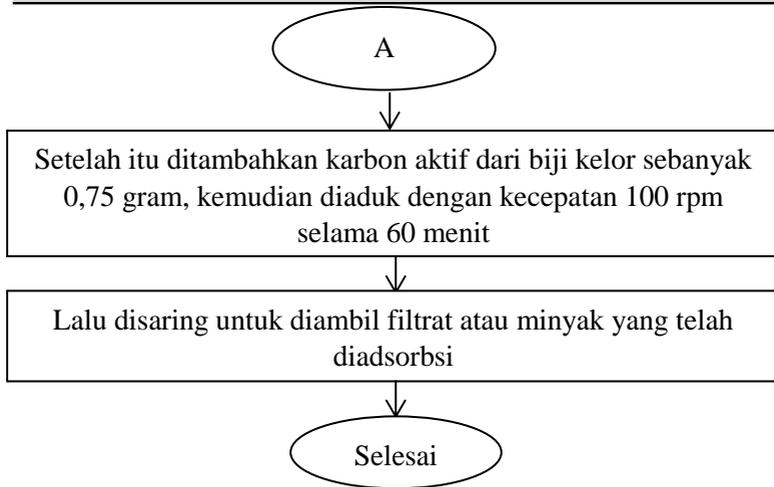


**3.6.1.3 Analisa Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)****3.6.1.4 Analisa Daya Serap Iodin (SNI 06-3730-1995)**

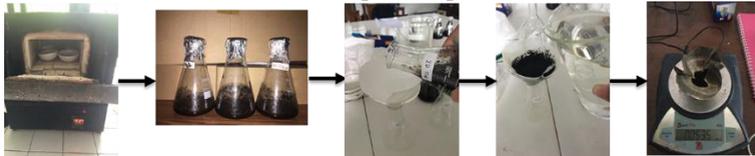


### 3.6.1.5 Penerapan Karbon Aktif Minyak Jelantah (Barau, 2015)





**Gambar 3.1** Tahap Persiapan Bahan Baku



**Gambar 3.2** Tahap Pembuatan Karbon Aktif Biji Kelor



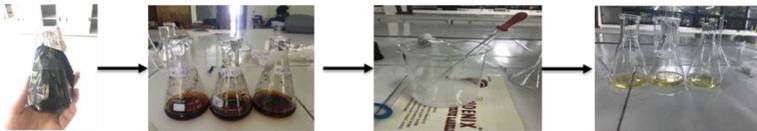
**Gambar 3.3** Analisa Kadar Air



**Gambar 3.4** Analisa Kadar Zat Mudah Menguap



**Gambar 3.5** Analisa Kadar Abu



**Gambar 3.6** Analisa Daya Serap Iodine



**Gambar 3.7** Pemurnian Minyak Jelantah



*Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan pembuatan karbon aktif dari biji kelor meliputi daya serap iodine, kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap. Karbon aktif dari biji kelor akan diaplikasikan pada pemurnian minyak jelantah dengan diuji kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida.

### 4.1 Hasil Uji Kualitas Karbon Aktif

#### 4.1.1 Daya Serap Iodine

Hasil daya serap iodine karbon aktif dari biji kelor yang di aktivasi menggunakan aktivator HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan NaCl dengan lama perendaman 20 jam dan 24 jam, tersaji di **Tabel 4.1** dan **Grafik 4.1**, **Grafik 4.2**, dan **Grafik 4.3**

**Tabel 4.1** Hasil Analisa Daya Serap Iodine Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

Larutan	Konsentrasi	Daya Serap Iodin (mg/g)	
		Lama Perendaman	
		24 Jam	20 Jam
Tanpa Aktivasi		450.014	
HCl	15%	1233.679	1198.058
	13%	1120.879	1103.068
	11%	1085.257	1067.447
	9%	1014.015	978.394
	7%	847.783	770.604
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	15%	1209.931	1180.247
	13%	1103.068	1091.194
	11%	1073.384	1079.321
	9%	996.205	990.268
	7%	841.846	758.730
NaCl	15%	1186.184	1192.121
	13%	1097.131	1055.573
	11%	1067.447	1008.078



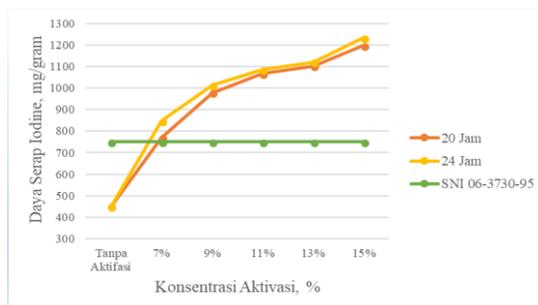
## IV-2

### BAB IV Hasil Inovasi dan Pembahasan

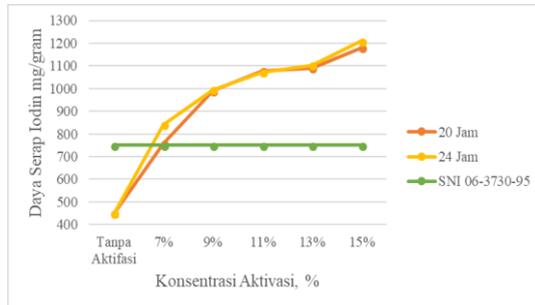
	9%	1031.826	936.836
	7%	835.909	734.983

Luas area permukaan pori merupakan suatu parameter yang sangat penting dalam menentukan kualitas dari suatu karbon aktif sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena luas area permukaan pori merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Kereaktifan dari karbon aktif dapat dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserapp oleh karbon aktif sebagai adsorbennya. Terserapnya larutan iod ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi larutan iod. Pengukuran konsentrasi iod sisa dapat dilakukan dengan menitrasi larutan iod dengan natrium tiosulfat 0,1 N dan indicator yang digunakan amilum (Landiana Etni Laos, 2016).

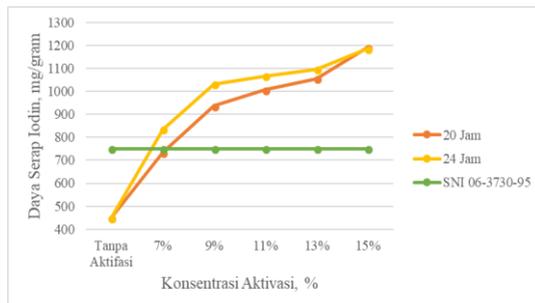
Apabila digambarkan secara grafik hasil aktivasi menggunakan metode kimia maka daya serap iodium sebagai berikut:



**Grafik 4.1** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi HCl Terhadap Daya Serap Iodin Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.2** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $H_3PO_4$  Terhadap Daya Serap Iodin Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.3** Pengaruh Konsentrasi Larutan Aktivasi  $NaCl$  Terhadap Daya Serap Iodin Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

Pada grafik diatas merupakan pengaruh konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi pada saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadapp daya serap iodin. Secara umum dari grafik diatas terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan, maka daya serap iodinnya semakin besar, dan semakin lama perendaman aktivasi maka daya serap iodinnya semakin besar. Hal ini disebabkan karena kadar tar semakin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi bahan pengaktif pada saat perendaman, dimana proses perendaman dengan bahan pengaktif pada dasarnya



dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sehingga semakin pekat bahan pengaktif yang digunakan maka akan semakin berkurang kadar tar pada karbon, akibatnya pori-pori yang terdapat pada karbon semakin besar atau dengan kata lain permukaan karbon aktif semakin bertambah. (Indah Subadra, 2005).

Pada **Tabel 4.1** dapat dilihat bahwa pengaktifan mempengaruhi daya serap iodine pada karbon aktif. Larutan HCl dapat menghilangkan oksida-oksida logam dalam arang yang menutupi pori karena sifat dari asam dapat merusak jaringan pada tumbuhan sehingga mampu memperbesar pori-pori. Larutan  $H_3PO_4$  dapat membersihkan pori-pori dan memperluas permukaan arang serta memberikan gugus aktif sehingga dapat memperbesar daya serap parang tersebut. Larutan NaCl sebagai zat dehidrat yang dapat membatasi pembentukan tar, tar yang terbentuk pada proses karbonisasi akan menutupi pori-pori dari karbon aktif. Pengaktifan menggunakan larutan HCl merupakan daya serap iodine tertinggi dibandingkan dengan  $H_3PO_4$  dan NaCl. Namun hasil daya serap iodine yang didapat diantara ketiga larutan tersebut tidak beda jauh.

#### 4.1.2 Kadar Air

Hasil kadar air karbon aktif dari biji kelor yang diaktivasi menggunakan aktivator HCl,  $H_3PO_4$  dan NaCl dengan lama perendaman 20 jam dan 24 jam, tersaji di **Tabel 4.2** dan **Grafik 4.4**, **Grafik 4.5**, dan **Grafik 4.6**.

**Tabel 4.2** Hasil Analisis Kadar Air Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

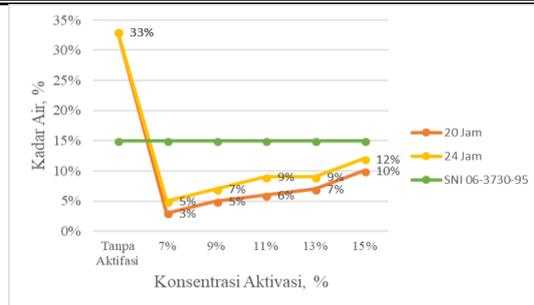
Larutan	Konsentrasi	Kadar Air	
		Lama Perendaman	
		24 Jam	20 Jam
Tanpa Aktivasi		33%	
HCl	15%	12%	10%
	13%	9%	7%
	11%	9%	6%



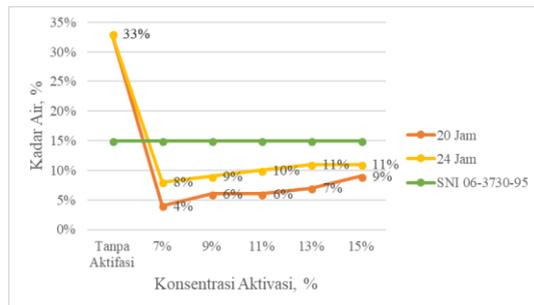
	9%	7%	5%
	7%	5%	3%
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	15%	11%	9%
	13%	11%	7%
	11%	10%	6%
	9%	9%	6%
	7%	8%	4%
NaCl	15%	11%	10%
	13%	10%	9%
	11%	9%	7%
	9%	7%	6%
	7%	6%	5%

Perhitungan kadar air bertujuan mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif, dimana umumnya karbon aktif memiliki sifat afinitas yang sangat besar terhadap air. Sifat yang sangat higroskopis inilah yang mengakibatkan karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben. Kadar air diasumsikan bahwa hanya air yang merupakan senyawa volatile, karena dimungkinkan masih adanya air yang terjebak dalam rongga dan menutupi pori karbon aktif. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori karbon aktif. Jika kadar air rendah maka banyak tempat di dalam pori yang dapat di tempati oleh molekul iodium.

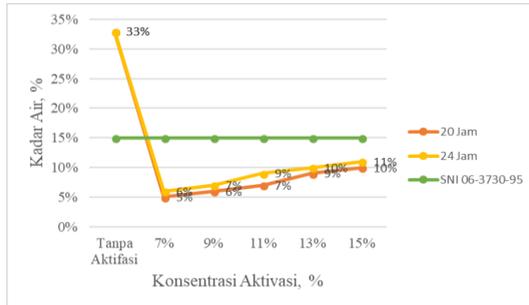
Apabila digambarkan secara grafik hasil aktivasi menggunakan metode kimia maka kadar air sebagai berikut:



**Grafik 4.4** Pengaruh Konsentrasi Larutan HCl Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.5** Pengaruh Konsentrasi Larutan  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.6** Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl Terhadap Kadar Air Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

Pada grafik diatas merupakan pengaruh konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi pada saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadap kadar air. Secara umum terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka kadar airnya semakin besar, dan semakin lama perendaman maka kadar airnya semakin besar. Pada dasarnya proses perendaman dengan bahan pengaktif dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sehingga semakin pekat bahan pengaktif yang digunakan maka akan semakin berkurang kadar tar pada karbon, akibatnya pori-pori yang terdapat pada karbon aktif semakin besar dan banyak. Semakin besar dan banyaknya pori-pori yang terbentuk maka luas permukaan karbon aktif akan semakin bertambah. Bertambahnya luas permukaan karbon aktif tersebut akan meningkatkan sifat higroskopis, sehingga penyerapan air dari udara oleh karbon aktif itu sendiri menjadi semakin meningkat, akibatnya kadar air pada karbon aktif tersebut juga meningkat. (Indah Subadra, 2005).

Pada **Tabel 4.2** dapat dilihat bahwa pengaktifan mempengaruhi kadar air pada karbon aktif. Salah satu sifat karbon aktif yaitu higroskopis, dimana karbon aktif menyerap air dari udara. Pengaktifan menggunakan larutan HCl merupakan kadar air tertinggi dibandingkan dengan  $H_3PO_4$  dan NaCl, karena karbon



aktif yang telah diaktivasi dengan HCl memiliki pori pori dan luas permukaan yang besar, semakin besar luas permukaan karbon aktif, semakin banyak air dari udara yang diserap oleh karbon aktif. Namun hasil kadar air yang didapat diantara ketiga larutan tersebut tidak beda jauh.

#### 4.1.3 Kadar Abu

Hasil kadar abu karbon aktif dari biji kelor yang diaktivasi menggunakan aktivator HCl,  $H_3PO_4$  dan NaCl dengan lama perendaman 20 jam dan 24 jam, tersaji di **Tabel 4.3** dan **Grafik 4.7**, **Grafik 4.8**, dan **Grafik 4.9**.

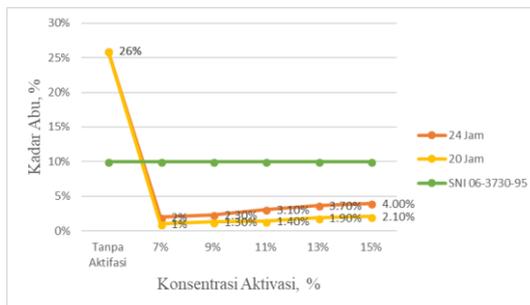
**Tabel 4.3** Hasil Analisa Kadar Abu Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

Larutan	Konsentrasi	Kadar Abu	
		Lama Perendaman	
		24 Jam	20 Jam
Tanpa Aktivasi		31%	
HCl	15%	4,0%	2,1%
	13%	3,7%	1,9%
	11%	3,1%	1,4%
	9%	2,3%	1,3%
	7%	2,0%	1,0%
$H_3PO_4$	15%	6,1%	4,0%
	13%	6,0%	3,5%
	11%	5,8%	3,2%
	9%	5,3%	3,0%
	7%	5,0%	2,5%
NaCl	15%	8,0%	7,6%
	13%	7,7%	7,3%
	11%	7,4%	6,5%
	9%	7,3%	6,2%
	7%	6,7%	5,6%

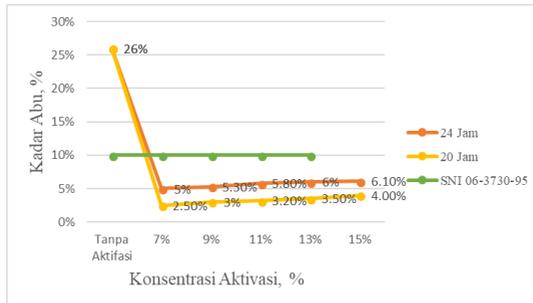


Perhitungan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam arang aktif. Nilai kadar abu menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Kadar abu diasumsikan sebagai sisa mineral yang tertinggal pada saat dibakar, karena bahan alam sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon tetapi juga mengandung beberapa mineral, dimana sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat dikarbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi diperkirakan masih tertinggal dalam karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang. Selain itu juga menyebabkan korosi dimana karbon aktif yang telah terbentuk menjadi rusak.

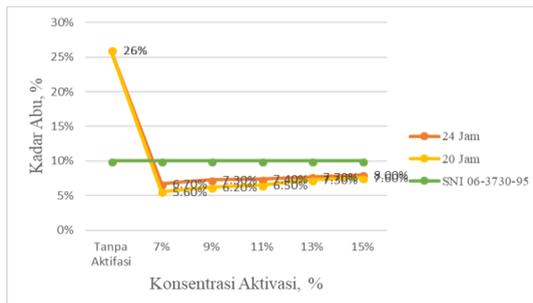
Apabila digambarkan secara grafik hasil aktivasi menggunakan metode kimia maka kadar abu sebagai berikut:



**Grafik 4.7** Pengaruh Konsentrasi Larutan HCl Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.8** Pengaruh Konsentrasi Larutan  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.9** Pengaruh Konsentrasi Larutan  $NaCl$  Terhadap Kadar Abu Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam

Pada grafik diatas merupakan pengaruh konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi pada saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadap kadar abu. Secara umum terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka kadar abunya semakin besar, dan semakin lama perendaman maka kadar abunya semakin besar. karbon aktif terdiri dari lapisan-lapisan bertumpuk satu sama lain yang membentuk pori. Selama pembentukan pori, pada proses aktivasi terjadi pembakaran bidang kristal yang akan menghasilkan abu. Semakin banyak pori-pori yang terbentuk maka abu yang dihasilkan jua semakin banyak. Tingginya kadar abu dalam arang



aktif yang dihasilkan dapat mempengaruhi daya serap, karena pori arang aktif akan terisi oleh mineral-mineral logam yang merupakan komponen utama dalam abu seperti K, Na, Ca dan Mg. peningkatan kadar abu menunjukkan adanya proses oksidasi lebih lanjut (*Indah Subadra, 2005*).

Pada **Tabel 4.3** dapat dilihat bahwa pengaktifan mempengaruhi kadar abu pada karbon aktif. Ketiga larutan aktivasi yang digunakan sebenarnya memiliki fungsi yang sama untuk kadar abu, pada dasarnya larutan aktivasi dapat meyerap mineral pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif. Pengaktifan menggunakan larutan NaCl merupakan kadar abu tertinggi dibandingkan dengan HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Namun hasil kadar abu yang didapat diantara ketiga larutan tersebut tidak beda jauh.

#### 4.1.4 Kadar Zat Mudah Menguap

Hasil kadar zat mudah menguap karbon aktif dari biji kelor yang diaktivasi menggunakan aktivator HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan NaCl dengan lama perendaman 20 jam dan 24 jam, tersaji di **Tabel 4.4** dan **Grafik 4.10**, **Grafik 4.11**, dan **Grafik 4.12**.

**Tabel 4.4** Hasil Analisa Kadar Zat Mudah Menguap Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dengan Lama Perendaman Aktivasi 24 Jam dan 20 Jam

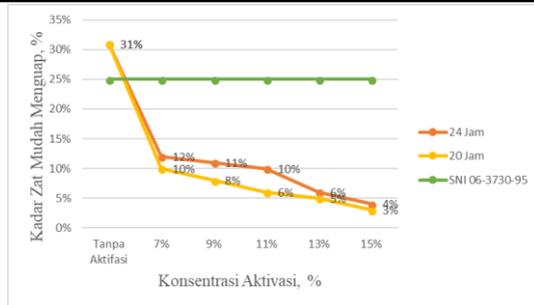
Larutan	Konsentrasi	Kadar Zat Menguap	
		Lama Perendaman	
		24 Jam	20 Jam
Tanpa Aktivasi		26%	
HCl	15%	4%	3%
	13%	6%	5%
	11%	10%	6%
	9%	11%	8%
	7%	12%	10%
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	15%	6%	4%
	13%	8%	6%



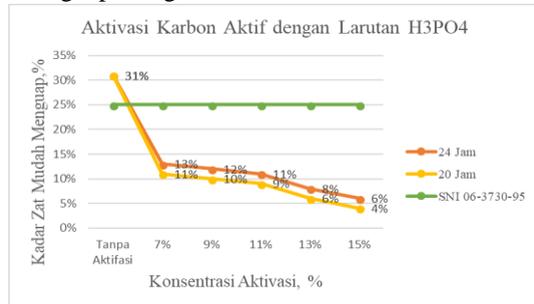
	11%	11%	9%
	9%	12%	10%
	7%	13%	11%
NaCl	15%	7%	6%
	13%	9%	8%
	11%	12%	10%
	9%	13%	12%
	7%	14%	13%

Penetapan kadar zat mudah menguap ini untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap yang terkandung dalam arang aktif. Kadar zat mudah menguap merupakan nilai yang menunjukkan persentase jumlah zat-zat menguap yang terkandung didalam karbon aktif seperti  $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ , dan uap-uap yang mengembun seperti gas  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Pengujian kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui persentase zat atau senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Kadar zat mudah menguap yang tinggi dapat mempengaruhi daya serap arang aktif. Semakin tinggi kadar zat menguap pada arang aktif, semakin rendah daya serap nya. Pada penelitian ini, kadar zat mudah menguap arang aktif yang diperoleh telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu maksimum 25% (Febryanti, 2015).

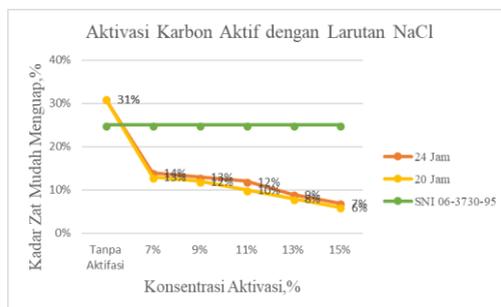
Apabila digambarkan secara grafik hasil aktivasi menggunakan metode kimia maka kadar abu sebagai berikut:



**Grafik 4.10** Pengaruh Konsentrasi Larutan HCl Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.11** Pengaruh Konsentrasi Larutan  $H_3PO_4$  Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam



**Grafik 4.12** Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl Terhadap Kadar Zat Mudah Menguap Dengan Lama Perendaman 24 Jam dan 20 Jam



Pada grafik diatas merupakan pengaruh konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi pada saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadap kadar zat mudah menguap. Secara umum terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka kadar zat menguapnya semakin kecil, dan semakin lama perendaman aktivasi maka kadar zat menguapnya semakin besar. Banyaknya jumlah garam yang masih tertinggal pada karbon akibat pekatnya atau tingginya konsentrasi larutan pengaktif akan menyebabkan tingginya kadar abu yang berupa oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap, sedangkan mineral yang mudah menguap jumlahnya menjadi sangat kecil, akibatnya kadar zat mudah menguap pada karbon semakin menurun. Dengan demikian semakin tinggi kadar abu yang terbentuk maka akan semakin rendah kadar zat mudah menguap pada karbon aktif (*Indah Subadra, 2005*).

Pada **Tabel 4.4** dapat dilihat bahwa pengaktifan mempengaruhi kadar zat mudah menguap pada karbon aktif. Ketiga larutan aktivasi yang digunakan sebenarnya memiliki fungsi yang sama untuk kadar abu, pada dasarnya larutan aktivasi dapat meyerap mineral yang tidak menguap pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif sedangkan mineral yang mudah menguap jumlahnya menjadi sedikit. Pengaktifan menggunakan larutan HCl merupakan kadar zat menguap tertinggi dibandingkan dengan NaCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Namun hasil kadar zat mudah menguap yang didapat diantara ketiga larutan tersebut tidak beda jauh.

## **4.2 Hasil Penerapan Karbon Aktif Pada Minyak Jelantah**

### **4.2.1 Kadar Asam Lemak Bebas**

Hasil analisa asam lemak bebas pada minyak jelantah yang telah di murnikan menggunakan karbon aktif biji kelor yang telah di aktivasi di **Tabel 4.5** dan **Grafik 4.13**.

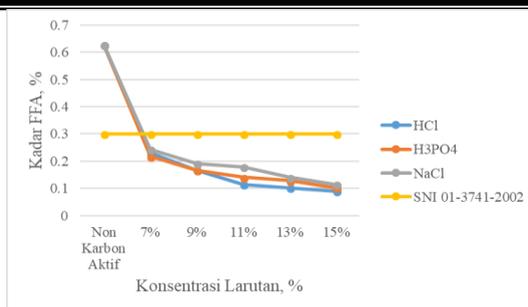


**Tabel 4.5** Hasil Analisa Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah Setelah Dimurnikan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Kelor

Larutan	Konsentrasi	Kadar FFA
Tanpa Karbon Aktif	-	0.627
HCl	15%	0.090
	13%	0.102
	11%	0.115
	9%	0.166
	7%	0.230
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	15%	0.102
	13%	0.128
	11%	0.141
	9%	0.166
	7%	0.218
NaCl	15%	0.115
	13%	0.141
	11%	0.179
	9%	0.192
	7%	0.243

Asam lemak bebas merupakan sifat penting yang digunakan untuk menentukan atau mengontrol kualitas minyak pangan. Hal ini dikarenakan tingginya asam lemak bebas dapat mempengaruhi cita rasa dan bau pada minyak sehingga menyebabkan penurunan kualitas dari minyak tersebut. Semakin tinggi nilai FFA maka semakin banyak asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak tersebut, sehingga asam lemak bebas tersebut akan mempengaruhi sifat kimia, sifat fisik dan stabilitas minyak selama proses penggorengan (*Panagan, 2010*).

Apabila digambarkan secara grafik hasil analisa kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah sebagai berikut:



**Grafik 4.13** Pengaruh Karbon Aktif Dari Biji Kelor Terhadap Penurunan Asam Lemak Bebas Pada Minyak Jelantah

Grafik diatas merupakan grafik pengaruh konsentrasi zat aktivator dan waktu aktivasi pda saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadap penurunan asam lemak bebas. Secara umum terlihat bahwa semakin lama waktu aktivasi dan besar konsentrasi zat aktivator maka asam lemak bebas yang terkandung pada minyak jelantah semakin kecil. Besarnya luas permukaan dan banyaknya pori-pori pada karbon aktif akan mempengaruhi daya serap terhadap asam lemak bebas yang terkandung pada minyak. Maka semakin besar daya serap karbon aktif semakin kecil kadar asam lemak bebas. Proses adsorpsi pada arang aktif terjadi melalui tiga tahap dasar, yaitu zat terjerap pada arang bagian luar, kemudian menuju pori-pori arang, dan terjerap pada dinding bagian dalam arang, sehingga asam lemak bebas dan bilangan asam dapat diturunkan.

#### 4.2.2 Bilangan Peroksida

Hasil analisa bilangan peroksida pada minyak jelantah yang telah dimurnikan menggunakan karbon aktif dari biji kelor yang telah di aktivasi, tersaji di **Tabel 4.6** dan **Grafik 4.14**.

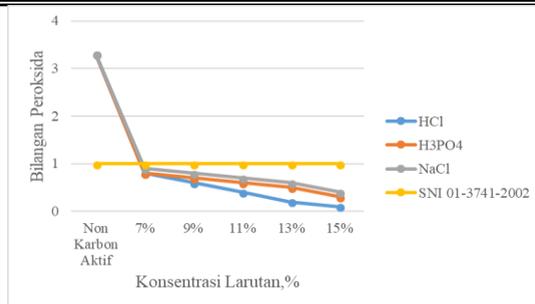
**Tabel 4.6** Hasil Analisa Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah Setelah Dimurnikan Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Kelor



Larutan	Konsentrasi	Bilangan Peroksida
Tanpa Karbon Aktif	-	3.3
HCl	15%	0.3
	13%	0.6
	11%	0.8
	9%	0.9
	7%	1.1
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	15%	0.4
	13%	0.6
	11%	0.9
	9%	1
	7%	1.2
NaCl	15%	0.5
	13%	0.7
	11%	0.9
	9%	1.1
	7%	1.3

Bilangan peroksida sangat penting untuk identifikasi tingkat oksidasi minyak. Minyak yang mengandung asam lemak tidak jenuh dapat teroksidasi oleh oksigen yang menghasilkan suatu senyawa peroksida. Asam lemak tidak jenuh penyusun suatu trigliserida dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya, sehingga oksidasi terjadi pada ikatan tak jenuh dalam asam lemak. Nilai peroksida pada dasarnya dapat digunakan untuk mengikuti perubahan bau tengik, meskipun tidak selalu tepat, sebab pembentukan peroksida sangat sensitif terhadap perubahan suhu sehingga menuntut ketelitian tinggi dalam menganalisisnya.

Apabila digambarkan secara grafik hasil analisa kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah sebagai berikut:



**Grafik 4.14** Pengaruh Karbon Aktif Dari Biji Kelor Terhadap Penurunan Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah

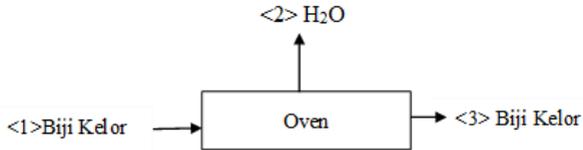
Grafik diatas merupakan grafik pengaruh konsentrasi zat aktivator dan waktu aktivasi pada saat pembuatan karbon aktif dari biji kelor terhadap penurunan bilangan peroksida. Secara umum terlihat bahwa semakin lama waktu aktivasi dan besar konsentrasi zat aktivator maka bilangan peroksida yang terkandung pada minyak jelantah semakin kecil. Besarnya luas permukaan dan banyaknya pori-pori pada karbon aktif akan mempengaruhi daya serap terhadap peroksida yang terkandung pada minyak. Maka semakin besar daya serap karbon aktif semakin kecil peroksida yang terkandung. Proses adsorpsi antara peroksida dengan karbon aktif dikarenakan adanya perbedaan energi potensial antara permukaan adsorben dan zat yang diserap, baik itu melibatkan gaya fisika atau kimia.

## BAB V

### NERACA MASSA DAN NERACA PANAS

#### 5.1 Neraca Massa

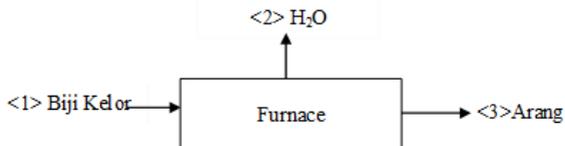
##### 5.1.1 Neraca Massa Pengeringan Biji Kelor



**Tabel 5.1** Neraca Massa Proses Pegeringan Biji Kelor

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Air	18.61	3.01	15.59
Protein	192.59	31.200	161.393
Minyak dan Lemak	193.85	31.404	162.446
Serat	94.950	15.382	79.568
Jumlah	500	81	419
		500	

##### 5.1.2 Neraca Massa Furnace



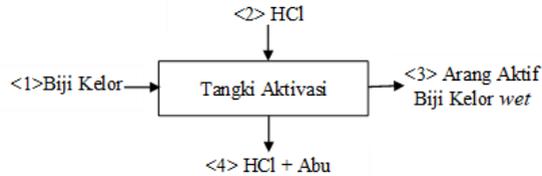
**Tabel 5.2** Neraca Massa Furnace

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Air	4.47	4.47	



Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Protein	46.22	11.930	
Minyak dan Lemak	46.52	12.008	
Serat	22.79	5.882	
Arang			85.710
Jumlah	120	34.29	85.71
		120	

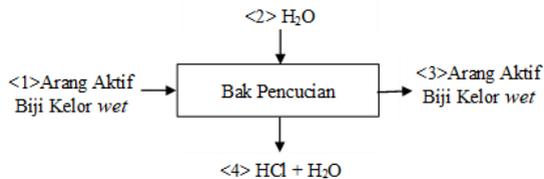
### 5.1.3 Neraca Massa Proses Aktivasi



Tabel. 5.3 Neraca Massa Proses Aktivasi

Komponen	Masuk		Keluar	
	<1>	<2>	<3>	<4>
Arang	4.170		4.170	
Abu	0.830			0.83
HCl		30.9	3.69	27.21
Jumlah	5.000	30.9	7.86	28.04
	35.9		35.9	

### 5.1.4 Neraca Massa Proses Pencucian

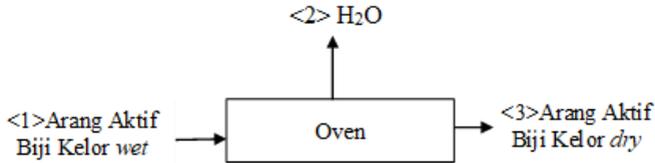




**Tabel 5.4** Neraca Massa Proses Pencucian

Komponen	Masuk		Keluar	
	<1>	<2>	<3>	<4>
Arang	4.170			4.170
HCl	3.690		3.69	
H <sub>2</sub> O		730	725.94	4.06
Jumlah	7.860	730	729.63	8.23
	737.86		737.86	

### 5.1.5 Neraca Massa Proses Pengeringan Karbon Aktif

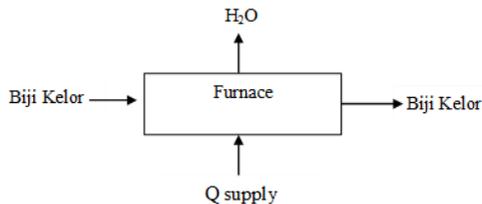


**Tabel 5.5** Neraca Massa Proses Pengeringan Karbon Aktif

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Arang	4.170		4.170
H <sub>2</sub> O	4.060	4.060	
Jumlah	8.230	4.060	4.170
		8.230	

## 5.2 Neraca Panas

### 5.2.1 Neraca Panas Pengeringan Biji Kelor

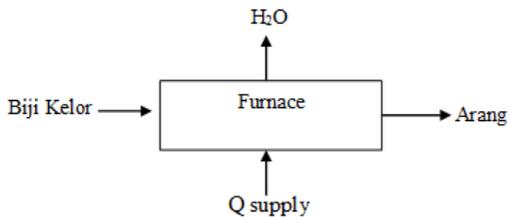




Tabel 5.6 Neraca Panas Pengeringan Biji Kelor

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Air	92.84	241.84	1251.02
Protein	469.93	1241.15	6420.28
Minyak dan Lemak	469.12	1235.11	6389.01
		573.28	2965.50
Serat	215.54		
Q Supply	20073.45		
Q Loss		1003.67	
Jumlah	21320.87	4295.06	17025.81469
		21320.87	

### 5.2.2 Neraca Panas Furnace

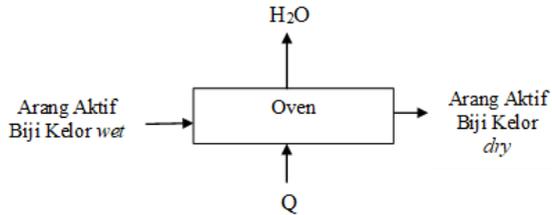


Tabel 5.7 Neraca Panas Furnace

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Air	22.28	1526.20	
Protein	112.78	2017.65	
Minyak dan Lemak	112.59	1911.64	
Serat	51.73	915.12	
Arang			5571.15
Q Supply	12255.13		
Q Loss		612.76	
Jumlah	12554.52	6983.37	5571.15
		12554.52	

*Pembuatan Karbon Aktif Dari Biji Kelor Dapat Menurunkan Asam Lemak Bebas dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Jelantah*

*Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi ITS*

**5.2.3 Neraca Panas Pengeringan Karbon Aktif****Tabel 5.8** Neraca Panas Pengeringan Karbon Aktif

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Arang	4.170		66.72
H <sub>2</sub> O	20.259	325.77	
Q Supply	387.44		
Q Loss		19.37	
Jumlah	411.87	345.15	66.72
		411.87	



*Halaman ini sengaja di kosongkan*

## **BAB VI**

### **ESTIMASI BIAYA**

#### **6.1 Estimasi Biaya**

Produksi karbon aktif biji kelor di- *scale up* pada skala industri dengan kapasitas produksi sebesar 100 bungkus/hari. Dengan rincian sebagai berikut :

- Setiap bungkus berisi 25 kg karbon aktif
- Untuk menghasilkan karbon aktif 100 bungkus per hari dibutuhkan bahan baku arang biji kelor sebesar 2500 kg

##### **6.1.1 Peralatan (*Equipment*)**

Peralatan merupakan salah satu penunjang di dalam proses industri. Berikut merupakan beberapa kebutuhan peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi :

**Tabel 6.1** Biaya Investasi Peralatan Per Bulan

<b>No</b>	<b>Peralatan</b>	<b>Unit</b>	<b>Harga per unit (Rp)</b>	<b>Lifetime (bulan)</b>	<b>Biaya per bulan (Rp)</b>
1	Furnace	1	10.000.000	60	166.667
2	Bak Penampung	2	2.000.000	60	33.333
3	Pengaduk	2	500.000	60	8.333
4	Timbangan	1	1.000.000	60	16.667
<b>Total</b>					225.000

##### **6.1.2 Biaya Kebutuhan Bahan Baku**

Bahan baku merupakan komponen penting dalam berjalannya suatu proses di industri. Ole karena itu, perhitungan mengenai biaya bahan baku dilakukan untuk memperoleh analisa



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

**Tabel 6.2** Biaya Kebutuhan Bahan Baku Produksi per Produksi

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga per Unit (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Biji Kelor	25	Kg	100,000	2,500,000
2	HCl	25	L	5,000	25,000
3	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	25	L	7,000	175,000
4	NaCl	25	Kg	3,000	75,000
<b>Total</b>					2,875.000

### 6.1.3 Utilitas

Utilitas yang dibutuhkan dalam proses industri ini yaitu :

- Air yang digunakan untuk air pemasakan, sanitasi, dan air steam.
- Listrik yang digunakan pada furnace, oven, dan tenaga penggerak dari peralatan proses serta penerangan.

**Tabel 6.3** Biaya Utilitas per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Satuan	Harga per Bulan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Air	100	m <sup>3</sup>	6,000	600,000
2.	Listrik	650	kWh	1,500	975,000
<b>Total</b>					1,575,000



#### 6.1.4 Biaya Pendukung Lainnya

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

**Tabel 6.4** Biaya Pendukung Lainnya per Bulan

No	Keterangan	Kuantitas	Harga per Bulan (Rp)	Total Biaya (Rp)
1.	Gaji karyawan	3 orang	5,000,000	15,000,000
2.	Sewa bangunan	1 bangunan	5,000,000	5.000.000
3.	Maintenance peralatan	1 kali	200,000	200,000
<b>Total</b>				20,200,000

#### 6.2 *Fixed Cost* (FC)

*Fixed cost* atau biaya tetap adalah total biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak berproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, sewa tanah atau bangunan, utilitas, gaji karyawan, dan *maintenance* peralatan.

1. Investasi Alat Rp 225.000,00
  2. Utilitas Rp 1.575.000,00
  3. Biaya Pendukung Rp 20.200.000,00
- 
- Rp 22.000.000,00



### 6.3 Variable Cost (VC)

*Variable cost* atau biaya variable total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubahan volume penjualan/produksi. Biaya variable akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variable meliputi kebutuhan bahan baku.

1. Biaya Variabel per bungkus = Rp 28.750,00
2. Biaya Variabel selama 1 Bulan = Rp 28.750,00 x 2500  
= Rp 71.875.000

Dari hasil *fixed cost* dan *variable cost* maka dapat diketahui biaya total produksi (TC) dalam waktu satu bulan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{TC} &= \text{FC} + \text{VC} \\ \text{TC} &= \text{Rp } 22.000.000 + \text{Rp } 71.875.000 \\ \text{TC} &= \text{Rp } 93.875.000 \end{aligned}$$

### 6.4 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

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \frac{\text{TC}}{\text{Jumlah Produk Per Bulan}} \\ \text{HPP} &= \frac{93.875.000}{2500} \\ \text{HPP} &= \text{Rp } 37.550 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Laba} &= \text{Harga Jual} - \text{HPP} \\ &= \text{Rp. } 45.000 - \text{Rp. } 37.190 \\ &= \text{Rp } 7.810 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ \% Laba} &= (\text{Laba} / \text{HPP}) \times 100\% \\ &= (\text{Rp. } 7.810 / \text{Rp. } 37.190) \times 100\% \\ &= 21\% \end{aligned}$$



4. Hasil Penjualan per Bulan  
Hasil Penjualan/Bulan = Harga Jual x Jumlah Produk/Bulan  
Hasil Penjualan/Bulan = Rp 45.000 x 2.500  
Hasil Penjualan/Bulan = Rp 112.500.000
  
5. Laba per Bulan  
Laba/Bulan  
= Hasil Penjualan per Bulan – Biaya Produksi Total (TC)  
= Rp 112.500.000 – Rp. 93.875.000  
= Rp 18.625.000
  
6. Laba per Tahun  
Laba/Tahun = Laba/Bulan x 12  
Laba/Tahun = Rp 18.625.000 x 12  
Laba/Tahun = Rp 223.500.000

### 6.5 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. BEP ini digunakan untuk menganalisa proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

Dalam menentukan BEP dapat melalui metode perhitungan secara langsung dan secara grafis.

#### a) Metode Perhitungan (Aljabar)

- Menentukan BEP dalam jumlah unit produk

$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{Fixed Cost}}{\text{P} - \text{VC}} \\ \text{BEP} &= \frac{\text{Rp } 22.000.000}{\text{Rp } 45.000 - \text{Rp } 28.750} \\ \text{BEP} &= 1353,85 \end{aligned}$$



Artinya, perusahaan perlu menjual 1353.85 kg karbon aktif untuk tercapainya titik impas antara total penjualan sama dengan total biaya produksi. Pada penjualan ke- 1353.85 kg, maka perusahaan tersebut akan mulai memperoleh laba.

- Menentukan BEP dalam jumlah unit rupiah

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

$$\text{BEP} = \frac{22.000.000}{1 - (28.750/45.000)}$$

$$\text{BEP} = \text{Rp } 60.773.480$$

Artinya, perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan produk karbon aktif arang sekam padi senilai Rp 60.773.480 agar terjadi BEP dan perusahaan akan memperoleh keuntungan jika mendapatkan omset sebesar Rp 60.773.480.

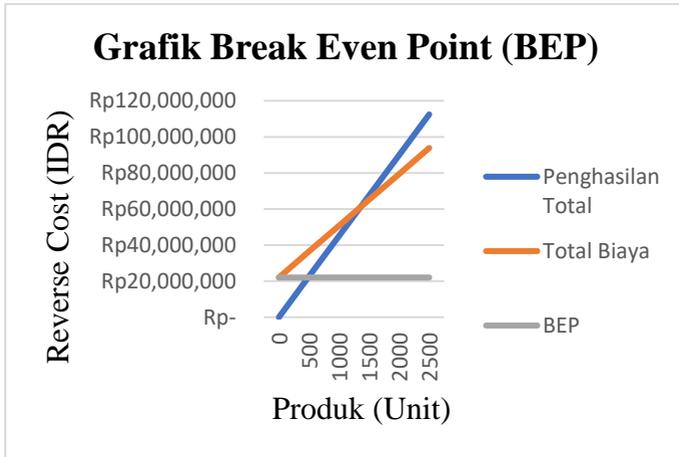
#### b) Metode Grafik

Pada penentuan BEP dengan metode grafik dapat diketahui dari perpotongan antara garis total cost dan total penghasilan selang waktu tertentu.

Karbon Aktif yang dijual (kg)	Total Penghasilan (Rp)	Fixed Cost (Rp)	Variable Cost (Rp)	Total Biaya (Rp)
0	-	22,000,000	-	22,000,000
100	4,500,000	22,000,000	2,875,000	24,875,000
200	9,000,000	22,000,000	5,750,000	27,750,000
300	13,500,000	22,000,000	8,625,000	30,625,000
400	18,000,000	22,000,000	11,500,000	33,500,000
500	22,500,000	22,000,000	14,375,000	36,375,000



<b>Karbon Aktif yang dijual (kg)</b>	<b>Total Penghasilan (Rp)</b>	<b>Fixed Cost (Rp)</b>	<b>Variable Cost (Rp)</b>	<b>Total Biaya (Rp)</b>
600	27,000,000	22,000,000	17,250,000	39,250,000
700	31,500,000	22,000,000	20,125,000	42,125,000
800	36,000,000	22,000,000	23,000,000	45,000,000
900	40,500,000	22,000,000	25,875,000	47,875,000
1000	45,000,000	22,000,000	28,750,000	50,750,000
1100	49,500,000	22,000,000	31,625,000	53,625,000
1200	54,000,000	22,000,000	34,500,000	56,500,000
1300	58,500,000	22,000,000	37,375,000	59,375,000
1400	63,000,000	22,000,000	40,250,000	62,250,000
1500	67,500,000	22,000,000	43,125,000	65,125,000
1600	72,000,000	22,000,000	46,000,000	68,000,000
1700	76,500,000	22,000,000	48,875,000	70,875,000
1800	81,000,000	22,000,000	51,750,000	73,750,000
1900	85,500,000	22,000,000	54,625,000	76,625,000
2000	90,000,000	22,000,000	57,500,000	79,500,000
2100	94,500,000	22,000,000	60,375,000	82,375,000
2200	99,000,000	22,000,000	63,250,000	85,250,000
2300	103,500,000	22,000,000	66,125,000	88,125,000
2400	108,000,000	22,000,000	69,000,000	91,000,000
2500	112,500,000	22,000,000	71,875,000	93,875,000



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

Dari grafik tersebut diketahui bahwa BEP berada pada titik produksi unit ke- 1353.85 kg dengan BEP rupiah yang didapatkan sebesar Rp 60.773.480.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Dari hasil percobaan pembuatan karbon aktif dari biji kelor diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Karbon aktif dari biji kelor dengan proses aktivasi menggunakan larutan HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan NaCl dengan konsentrasi larutan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam. Didapatkan hasil analisa daya serap iodine berkisar antara 734,98-1233,68 mg/g yang memenuhi standar SNI 06-3730-95, kecuali pada aktivator NaCl 7% dengan lama perendaman 20 jam. Hasil analisa kadar air berkisar antara 3%-12% yang memenuhi standar SNI 06-3730-95. Hasil analisa kadar abu berkisar antara 1%-8% yang memenuhi standar SNI 06-3730-95. Hasil analisa kadar zat menguap berkisar antara 3%-14% yang memenuhi standar SNI 06-3730-95.
2. Karbon aktif dari biji kelor dengan proses aktivasi menggunakan larutan HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan NaCl dengan konsentrasi larutan 7%, 9%, 11%, 13%, 15% dan waktu perendaman 20 jam dan 24 jam. Didapatkan hasil analisa bilangan peroksida 0,09-0,243 dengan non karbon aktif 0,627 dan kadar FFA berkisar antara 0,1 – 0,9 dengan non karbon aktif 3,3.

#### **7.2 Saran**

Saran untuk percobaan pembuatan karbon aktif dari biji kelor sebagai berikut:

1. Pada proses perendaman arang dalam larutan pengaktivasi sebaiknya juga dilakukan pemanasan, untuk pembentukan



- pori-pori yang banyak dan semakin memperluas luas permukaan karbon aktif.
2. Untuk skala industri sebaiknya menggunakan bahan baku biji kelor yang diproses dengan tahap pengurangan sendiri agar meminimalisir pengeluaran.

## DAFTAR NOTASI

No	Keterangan	Notasi	Satuan
1	Massa	m	gr
2	Volume	V	ml
3	Waktu	t	jam
4	Densitas	$\rho$	gr/ml
5	<i>Specific heat</i>	Cp	cal/gr <sup>0</sup> C
6	Panas Laten	$\lambda$	cal/gr
7	Suhu	T	<sup>0</sup> C
9	Daya	P	watt
11	Konsentrasi	C	%(w/w)
12	Enthalpy	$\Delta H$	cal
13	Kalor	Q	kalori
14	Berat Molekul	BM	gr/mol

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A.L. Bhatia, S. Ibrahim, N. and Sumathi, S. 2005. Adsorption of residu oil from palm oil mill effluent using rubber powder. Vol. 22, No. 03, pp. 371 -379, July -September, 2005 ISSN 0104-6632 Brazilian Journal of Chemical Engineering.
- Ambarita, Nishio (2008). "Modifikasi Mesin Pendingin". Universitas Indonesia. Jakarta.
- Apriliani, Ade. 2010. "Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah". Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Cheremisinoff, N. P. 2003. Carbon Adsorption of Pollutant Controll.
- Cheremisinoff, Morresi. (1978). Carbon Adsorption Applications, Carbon Adsorption Handbook: Ann Arbor Science Publishers, Inc, Michigan: 7-8. Michigan.
- Dahlan, M. H. 2013. Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dapat Memurnikan Minyak Jelantah. Jurnal Teknik Kimia.
- Febryanti. (2015). Potensi Arang Aktif Sekam Padi Sebagai Adsorben Emisi Gas CO, NO, Dan NOx pada Kendaraan Bermotor. Jurusan Kimia FMIPA.
- Gratisito, M.K.B, dkk. (2008). "Production of Activated Carbon from Coconut Shell: Optimization Using Response Surface Methodologi". Thailand
- Hambali, Erliza, Soejanto. (2007). "Jarak Pagar, Tanaman Penghasil Biodiesel". Jakarta: Penebar Swadaya.
- Husin, 2005. Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. Jurnal Teknologi Proses.
- I.Subrada, B. Setiaji, dan Tahir. (2005). Activated Carbon Production From Coconut Shell with  $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$  Activator as an Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Jankowska, 1991. Active Carbon. London: Horwood Press.
- Ketaren, S. 1986. Pengantar Minyak dan Lemak Pangan. UI Press.
- Kinoshita, K. 1988. Carbon Electrochemical and Physicochemical Properties. New York: John Wiley & Sons.
- Mu'jizah, 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa Olifera*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif.
- Ndabingengesere, 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Water Using *Moringa Oleifera*.

- Nurhidayat, 2010. Biji Kelor *Moringa Oleifera*.
- Rasjiddin, I. (2006). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Biji Jambu Mede (*Anacardium Occidentale*) Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sembiring, M. dan Sinaga, T. (2003). “Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Smisek, M., Cerny, S., (1970) “Active Carbon from Some Agricultural Waste Products, the Philippine Agriculturist, V 29, No.4: 275-295. New York.
- Wijaayanti, 2009. Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas.

## APPENDIKS A NERACA MASSA

### A. Neraca Massa

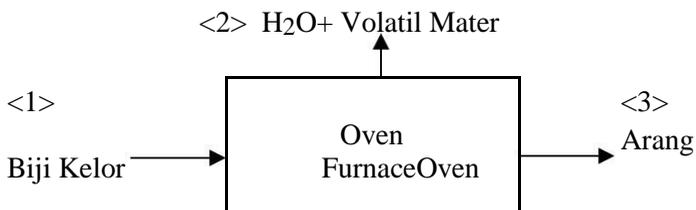
Kapasitas Produksi : 41700 gram/hari  
 Operasi : 300 hari operasi; 8 jam/hari  
 Satuan Massa : gram  
 Basis Waktu : 1 hari

Tabel A.1 Komposisi massa (fraksi massa) biji kelor

Komponen	Massa (kg)	Fraksi (%)
Air	3.11	3.72
Protein	32.19	38.52
Minyak dan Lemak	32.4	38.77
Serat	15.87	18.99
Jumlah	83.57	100

(Syarifah,2005)

### A.1 Neraca Massa Pengeringan Biji Kelor



#### Bahan Masuk

Massa biji kelor masuk furnace = 500 gram

Contoh perhitungan massa komponen air

Massa air = Fraksi air x massa biji kelor masuk

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3.721}{100} \times 500 \\
 &= 18.61 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

**Sehingga, didapatkan massa masing-masing komponen sebagai berikut**

<b>Komponen</b>	<b>Fraksi (%)</b>	<b>Massa (gram)</b>
Air	3.72	18.61
Protein	38.52	192.59
Minyak dan Lemak	38.77	193.85
Serat	18.99	94.95
Jumlah	100	500

### **Bahan Keluar**

Massa biji kelor kering = 419 gram

Massa yang hilang = 81 gram

Komponen pada aliran <3>

<b>Komponen</b>	<b>Fraksi (%)</b>	<b>Massa (gram)</b>
Air	3.72	15.59
Protein	38.52	161.39
Minyak dan Lemak	38.77	162.45
Serat	18.99	79.57
Jumlah	100.00	419

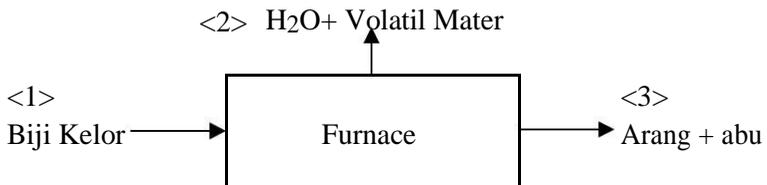
Komponen pada aliran <2>

<b>Komponen</b>	<b>Fraksi (%)</b>	<b>Massa (gram)</b>
Air	3.72	3.01
Protein	38.52	31.20
Minyak dan Lemak	38.77	31.40
Serat	18.99	15.38
Jumlah	100.00	81

Sehingga, neraca massa pengeringan biji kelor dapat dituliskan sebagai berikut

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Air	18.61	3.01	15.59
Protein	192.59	31.200	161.393
Minyak dan Lemak	193.85	31.404	162.446
Serat	94.950	15.382	79.568
Jumlah	500	81	419
		500	

## A.2 Neraca Massa Furnace



## Bahan Masuk

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	15.59
Protein	38.52	161.39
Minyak dan Lemak	38.77	162.45
Serat	18.99	79.57
Jumlah	100.00	419

Massa biji kelor masuk = 120 gram

Contoh perhitungan massa komponen air

Massa air = Fraksi air x massa biji kelor masuk

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3.721}{100} \times 120 \\
 &= 4.47 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan massa masing-masing komponen sebagai berikut

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	4.47
Protein	38.52	46.22
Minyak dan Lemak	38.77	46.52
Serat	18.99	22.79
Jumlah	100	120

### Bahan Keluar

Massa arang biji kelor = 85.71 gram  
 Massa yang hilang = 34.29 - 4.47  
 = 29.82 gram

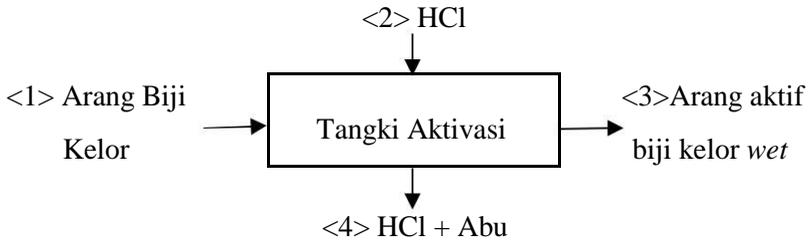
Komponen pada aliran <2>

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Protein	40.01	11.93
Minyak dan Lemak	40.27	12.01
Serat	19.72	5.88
Jumlah	100.00	29.82

Sehingga, neraca massa furnace dapat dituliskan sebagai berikut

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Air	4.47	4.47	
Protein	46.22	11.930	
Minyak dan Lemak	46.52	12.008	
Serat	22.79	5.882	
Arang			85.710
Jumlah	120	34.29	85.71
		120	

### A.3 Neraca Massa Proses Aktivasi



#### Bahan Masuk

Pada proses aktivasi arang biji kelor yang digunakan pada setiap variabel waktu, variabel konsentrasi, variabel larutan adalah 5 gram massa biji kelor proses aktivasi = 5 gram

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gr)
Arang	83.40	4.17
Abu	16.60	0.83
Jumlah	100	5

Perhitungan massa HCl 15%

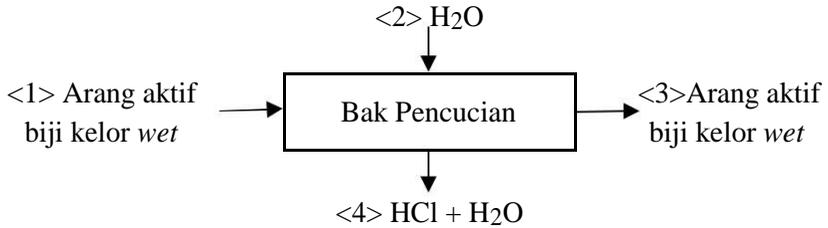
$$\begin{aligned}
 \text{massa HCl} &= \text{massa jenis} \times \text{volume} \\
 &= 1.03 \text{ gr/mL} \times 30 \text{ mL} \\
 &= 30.9 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

#### Bahan Keluar

Massa arang aktif biji kelor basah = 7.86 gram

Komponen	Masuk		Keluar	
	<1>	<2>	<3>	<4>
Arang	4.170		4.170	
Abu	0.830			0.83
HCl		30.9	3.69	27.21
Jumlah	5.000	30.9	7.86	28.04
	35.9		35.9	

#### A.4 Neraca Massa Proses Pencucian



#### Bahan Masuk

Komponen	Massa (gram)
Arang	4.170
HCl	3.690
Jumlah	7.86

Pada proses pencucian karbon aktif, air yang dibutuhkan sebanyak 730 mL

$$\rho = 1 \text{ gr/mL}$$

$$m = \rho \times v$$

$$= 1 \times 730$$

$$= 730 \text{ gram}$$

Sehingga, massa air yang dibutuhkan sebesar 730 gram

#### Bahan Keluar

Masa arang setelah proses pencucian adalah 8.23

Komponen	Massa (gram)
Arang	4.170
Air	4.06
Jumlah	8.23

Diasumsikan seluruh HCl terikut ke aliran <4> sehingga massa pada aliran <4> adalah sebagai berikut:

$$\text{H}_2\text{O pada aliran } <4> = \text{H}_2\text{O masuk aliran } <2> - \text{H}_2\text{O terikut bahan keluar } <3>$$

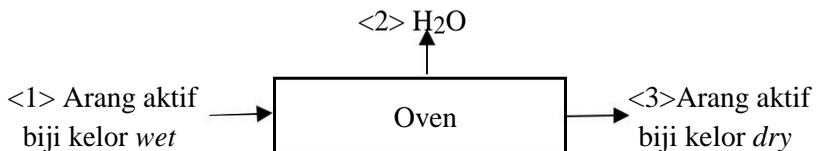
$$= 730 - 4.06 = 725.94$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total massa aliran } \langle 4 \rangle &= \text{H}_2\text{O pada aliran } \langle 4 \rangle + \text{ massa HCl} \\
 &= 725.94 + 3.69 \\
 &= 729.63 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

### Neraca Massa Proses Pencucian

Komponen	Masuk		Keluar	
	<1>	<2>	<3>	<4>
Arang	4.170			4.170
HCl	3.690		3.69	
H <sub>2</sub> O		730	725.94	4.06
Jumlah	7.860	730	729.63	8.23
	737.86		737.86	

### A.5 Neraca Massa Proses Pengeringan Karbon Aktif



#### Bahan Masuk

Komponen	Massa (gram)
Arang	4.170
H <sub>2</sub> O	4.060
Jumlah	8.23

#### Bahan Keluar

Diasumsikan seluruh kandungan air seluruhnya menguap

Komponen	Masuk (gram)	Keluar (gram)	
	<1>	<2>	<3>
Arang	4.170		4.170
H <sub>2</sub> O	4.060	4.060	
Jumlah	8.230	4.060	4.170
		8.230	



## APPENDIKS B NERACA PANAS

### B. Neraca Panas

Kapasitas Produksi : 41700 gram/hari  
Operasi : 300 hari operasi; 8 jam/hari  
Satuan Massa : gram  
Basis Waktu : 1 hari

Kapasitas panas air, protein, lemak, serat, abu, karbon aktif didapat dari persamaan untuk menghitung *heat capacity*, dengan suhu referensi 25°C

#### Air

$$\int C_p \cdot dT = \int (4.1762 - 9.0864 \times 10^{-5} T + 5.4731 \times 10^{-6} T^2)$$

$$\begin{aligned} \int C_p &= (4.1762 \cdot (T - T_{ref}) - ((9.0864 \cdot 10^{-5} / 2) \cdot (T^2 - T_{ref}^2)) \\ &\quad + ((5.4731 \cdot 10^{-6} / 3) \cdot (T^3 - T_{ref}^3))) \\ &= 20.881 - 0.0124938 + 0.02075217 \\ &= 20.89 \text{ J/gr} \\ &= 4.99 \text{ cal/gr} \end{aligned}$$

#### Protein

$$\int C_p \cdot dT = \int (2.0082 + 1.2089 \times 10^{-3} T - 1.3129 \times 10^{-6} T^2)$$

Pada Suhu 30°C

$$\begin{aligned} \int C_p &= (2.0082 \cdot (T - T_{ref}) + ((1.2089 \cdot 10^{-3} / 2) \cdot (T^2 - T_{ref}^2)) - \\ &\quad ((1.3129 \cdot 10^{-6} / 3) \cdot (T^3 - T_{ref}^3))) \\ &= 10.041 + 0.166224 - 0.004978 \\ &= 10.2 \text{ J/gr} \\ &= 2.44 \text{ cal/gr} \end{aligned}$$

#### Lemak

$$\int C_p \cdot dT = \int (1.9842 + 1.4733 \times 10^{-3} T - 4.8008 \times 10^{-6} T^2)$$

Pada Suhu 30°C

$$\begin{aligned} \int C_p &= (1.9842 \cdot (T - T_{ref}) + ((1.4733 \cdot 10^{-3}/2)(T_2 - T_{ref}^2)) - \\ &\quad ((4.8008 \cdot 10^{-6}/3)(T_3 - T_{ref}^3))) \\ &= 9.921 + 0.202579 - 0.018203 \\ &= 10.11 \text{ J/gr} \\ &= 2.42 \text{ cal/gr} \end{aligned}$$

Serat

$$\int C_p \cdot dT = \int (1.8459 + 1.9306 \times 10^{-3} T - 4.65 \times 10^{-6} T^2)$$

Pada Suhu 30°C

$$\begin{aligned} \int C_p &= (1.8459 \cdot (T - T_{ref}) + ((1.9306 \cdot 10^{-3}/2)(T_2 - T_{ref}^2)) - ((4.65 \cdot 10^{-6}/3)(T_3 - T_{ref}^3))) \\ &= 9.2295 + 0.265458 - 0.017635 \\ &= 9.477 \text{ J/gr} \\ &= 2.27 \text{ cal/gr} \end{aligned}$$

Abu

$$\int C_p dT = \int_{25}^{30} (1.0926 + 1.8896 \times 10^{-3} T - 3.6817 \times 10^{-6} T^2)$$

Pada Suhu 30°C

$$\begin{aligned} \int C_p &= (1.0926 \cdot (T - T_{ref}) + ((1.8896 \cdot 10^{-3}/2)(T_2 - T_{ref}^2)) - \\ &\quad ((3.6817 \cdot 10^{-6}/3)(T_3 - T_{ref}^3))) \\ &= 5.463 + 0.25982 - 0.01396 \\ &= 5.709 \text{ J/gr} \\ &= 1.36 \text{ cal/gr} \end{aligned}$$

Dari perhitungan kapasitas panas diatas, maka didapat kapasitas panas sebagai berikut:

**Tabel B.1** Nilai Kapasitas Panas (Cp)

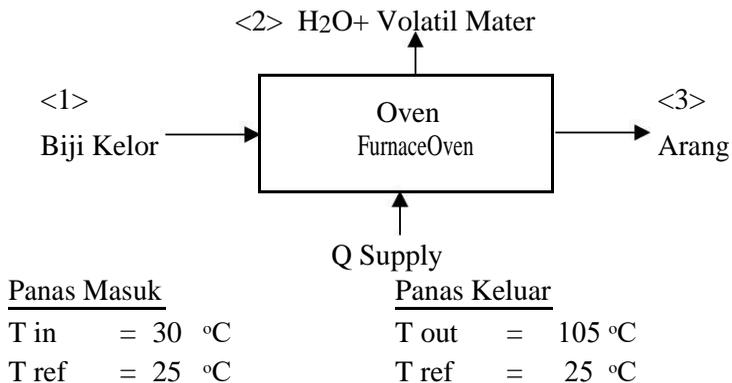
Komponen	Cp (Cal/gram°C)		
	30°C	105°C	350°C
Air	4.99	80.24	341.76
Protein	2.44	39.78	169.11
Lemak	2.42	39.33	159.19
Serat	2.27	37.27	155.62

Abu	1.36	22.90	99.82
Arang	1.0	16	65

**Tabel B.2** Komposisi Massa (Fraksi Massa) Biji Kelor

Komponen	Massa (gram)	Fraksi (%)
Air	3.11	3.721
Protein	32.19	38.519
Minyak dan Lemak	32.4	38.770
Serat	15.87	18.990
Jumlah	83.57	100

### B.1 Neraca Panas Pengeringan Biji Kelor



#### Panas Masuk

Massa biji kelor masuk furna = 500 gram

Sehingga, didapatkan massa masing-masing komponen sebagai berikut

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	18.61
Protein	38.52	192.60
Minyak dan Lemak	38.77	193.85

Serat	18.99	94.95
Jumlah	100.00	500

$$H = M \times Cp$$

$$H \text{ Air} = 18.61 \times 4.99 = 92.84$$

$$H \text{ Protein} = 192.60 \times 2.44 = 469.93$$

$$H \text{ Lemak} = 193.85 \times 2.42 = 469.12$$

$$H \text{ Serat} = 94.95 \times 2.27 = 215.54$$

**Tabel B.3** Neraca Panas Masuk Pengeringan

Komponen	Massa (gram)	Cp (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>in</sub>	t <sub>ref</sub>	
Air	18.61	4.99	30	25	92.84
Protein	192.60	2.44	30	25	469.93
Lemak	193.85	2.42	30	25	469.12
Serat	94.95	2.27	30	25	215.54
Total	500.00		30	25	1247.42

### Panas Keluar

$$\text{Massa biji kelor kering} = 419 \text{ gram}$$

$$\text{Massa yang hilang} = 81 \text{ gram}$$

Komponen pada aliran <3>

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	15.59
Protein	38.52	161.39
Minyak dan Lemak	38.77	162.45
Serat	18.99	79.57
Jumlah	100.00	419

$$H = M \times Cp$$

$$H \text{ Air} = 15.59 \times 80.24 = 1251.02$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ Protein} &= 161.39 \times 39.78 = 6420.28 \\
 H \text{ Lemak} &= 162.45 \times 39.33 = 6389.01 \\
 H \text{ Serat} &= 79.57 \times 37.27 = 2965.50
 \end{aligned}$$

**Tabel B.4** Neraca Panas Keluar Pengeringan <3>

Komponen	Massa (gram)	Cp (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>in</sub>	t <sub>ref</sub>	
Air	161.39	80.24	105	25	1251.02
Protein	162.45	39.78	105	25	6420.28
Lemak	0.00	39.33	105	25	6389.01
Serat	419.00	37.27	105	25	2965.50
Total	742.84		105	25	17025.81

Komponen pada aliran <2>

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	3.01
Protein	38.52	31.20
Minyak dan Lemak	38.77	31.40
Serat	18.99	15.38
Jumlah	100.00	81

$$H = M \times Cp$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ Air} &= 3.01 \times 80.24 = 241.84 \\
 H \text{ Protein} &= 31.20 \times 39.78 = 1241.15 \\
 H \text{ Lemak} &= 31.40 \times 39.33 = 1235.11 \\
 H \text{ Serat} &= 15.38 \times 37.27 = 573.28
 \end{aligned}$$

**Tabel B.5** Neraca Panas Keluar Pengeringan <2>

Komponen	Massa (gram)	Cp (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>n</sub>		
Air	3.01	80.24	105	25	241.84

Protein	31.20	39.78	105	25	1241.15
Lemak	31.40	39.33	105	25	1235.11
Serat	15.38	37.27	105	25	573.28
Total	81.00		105	25	3291.39

Qloss = 5% dari Qsupply

$$H \text{ masuk} + Q \text{ supply} = H \text{ keluar} + Q \text{ loss}$$

$$1247.42 + Q \text{ supply} = 20317.20 + 0.05 Q \text{ supply}$$

$$Q \text{ supply} = 19069.8 + 0.05 Q \text{ supply}$$

$$0.95 \times Q \text{ supply} = 19069.78$$

$$Q \text{ supply} = 20073.45$$

Qloss = 5% dari Qsupply

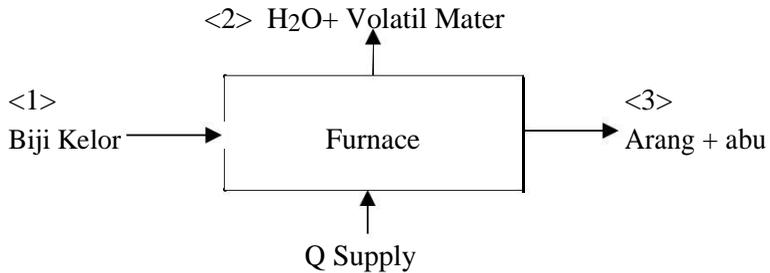
$$= 5\% \times 20073.45$$

$$= 1003.672 \text{ cal}$$

**Sehingga, neraca panas furnace dapat dituliskan sebagai berikut**

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Air	92.84	241.84	1251.02
Protein	469.93	1241.15	6420.28
Minyak dan	469.12	1235.11	6389.01
Lemak		573.28	2965.50
Serat	215.54		
Q Supply	20073.45		
Q Loss		1003.67	
Jumlah	21320.87	4295.06	17025.81469
		21320.87	

## B.2 Neraca Panas Proses Furnace



### Panas Masuk

$$T_{in} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ref} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

### Panas Keluar

$$T_{out} = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ref} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

### Panas Masuk

Massa biji kelor masuk = 120 gram

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Air	3.72	4.47
Protein	38.52	46.22
Minyak dan Lemak	38.77	46.52
Serat	18.99	22.79
Jumlah	100.00	120

$$H = M \times C_p$$

$$H_{Air} = 4.47 \times 4.99 = 22.28$$

$$H_{Protein} = 46.22 \times 2.44 = 112.78$$

$$H_{Lemak} = 46.52 \times 2.42 = 112.59$$

$$H_{Serat} = 22.79 \times 2.27 = 51.73$$

**Tabel B.6** Neraca Panas Masuk Furnace

Komponen	Massa (gram)	Cp (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>in</sub>	t <sub>ref</sub>	
Air	4.466	4.99	30	25	22.28
Protein	46.222	2.44	30	25	112.78

Lemak	46.524	2.42	30	25	112.59
Serat	22.788	2.27	30	25	51.73
Total	120		30	25	299.38

### Panas Keluar

Massa arang biji kelor = 85.71 gram

Massa yang hilang = 34.29 - 4.47

= 29.82 gram

Komponen pada aliran <2>

Komponen	Fraksi (%)	Massa (gram)
Protein	40.01	11.93
Minyak dan Lemak	40.27	12.01
Serat	19.72	5.88
Jumlah	100.00	29.82

$$H = M \times C_p$$

$$H_{\text{Air}} = 4.47 \times 341.76 = 1526.20$$

$$H_{\text{Protein}} = 11.93 \times 169.11 = 2017.65$$

$$H_{\text{Lemak}} = 12.01 \times 159.19 = 1911.64$$

$$H_{\text{Serat}} = 5.88 \times 155.62 = 915.12$$

**Tabel B.6** Neraca Panas Keluar Furnace <2>

Komponen	Massa (gram)	Cp (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>in</sub>	t <sub>ref</sub>	
Air	4.466	341.76	350	25	1526.20
Protein	11.931	169.11	350	25	2017.65
Lemak	12.009	159.19	350	25	1911.64
Serat	5.881	155.62	350	25	915.12
Total	34.29		350	25	6370.61

$$H_{\text{Arang}} = 85.71 \times 65 = 5571.15$$

$Q_{\text{loss}} = 5\%$  dari  $Q_{\text{supply}}$

$$H_{\text{masuk}} + Q_{\text{supply}} = H_{\text{keluar}} + Q_{\text{loss}}$$

$$299.38 + Q_{\text{supply}} = 11941.76 + 0.05 Q_{\text{supply}}$$

$$Q_{\text{supply}} = 11642.4 + 0.05 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 \times Q_{\text{supply}} = 11642.38$$

$$Q_{\text{supply}} = 12255.13$$

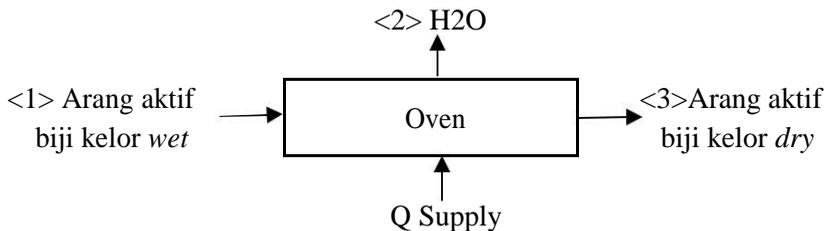
$Q_{\text{loss}} = 5\%$  dari  $Q_{\text{supply}}$

$$= 5\% \times 12255.13$$

$$= 612.7567 \text{ cal}$$

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Air	22.28	1526.20	
Protein	112.78	2017.65	
Minyak dan Lemak	112.59	1911.64	
Serat	51.73	915.12	
Arang			5571.15
Q Supply	12255.13		
Q Loss		612.76	
Jumlah	12554.52	6983.37	5571.15
		12554.52	

### B.3 Neraca Panas Proses Pengeringan Karbon Aktif



$$T_{\text{in}} = 30$$

$$T_{\text{out}} = 105$$

$$T_{\text{ref}} = 25$$

$$T_{\text{ref}} = 25$$

## Panas Masuk

Komponen	Massa (gram)
Arang	4.170
H <sub>2</sub> O	4.060
Jumlah	8.23

$$H = M \times C_p$$

$$H_{\text{Arang}} = 4.17 \times 1.00 = 4.17$$

$$H_{\text{H}_2\text{O}} = 4.06 \times 4.99 = 20.26$$

Komponen	Massa (gram)	C <sub>p</sub> (Cal/gr°C)	t (°C)		H (Cal)
			t <sub>in</sub>	t <sub>ref</sub>	
Arang	4.170	1.00	30	25	4.17
H <sub>2</sub> O	20.259	4.99	30	25	20.26
Total	24.43		30	25	24.43

## Panas Keluar

$$H = M \times C_p$$

$$H_{\text{Arang}} = 4.17 \times 16.00 = 66.72$$

$$H_{\text{H}_2\text{O}} = 4.06 \times 80.24 = 325.77$$

Q<sub>loss</sub> = 5% dari Q<sub>supply</sub>

$$H_{\text{masuk}} + Q_{\text{supply}} = H_{\text{keluar}} + Q_{\text{loss}}$$

$$24.43 + Q_{\text{supply}} = 392.49 + 0.05 Q_{\text{supply}}$$

$$Q_{\text{supply}} = 368 + 0.05 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 \times Q_{\text{supply}} = 368.07$$

$$Q_{\text{supply}} = 387.44$$

Q<sub>loss</sub> = 5% dari Q<sub>supply</sub>

$$= 5\% \times 387.44$$

$$= 19.37184 \text{ cal}$$

Komponen	Masuk (cal)	Keluar (cal)	
	<1>	<2>	<3>
Arang	4.170		66.72

H <sub>2</sub> O	20.259	325.77	
Q Supply	387.44		
Q Loss		19.37	
Jumlah	411.87	345.15	66.72
		411.87	



## APPENDIKS C

### 1. Daya Serap Iodin

Waktu	Larutan	Konsentrasi	Titration (mL)		Rata-Rata	Daya Serap Iodin
			1	2		
24 Jam	HCl	7%	3.4	3.7	3.55	847.783
		9%	2.	2.1	2.15	1014.015
		11%	1.5	1.6	1.55	1085.257
		13%	1.2	1.3	1.25	1120.879
		15%	0.3	0.3	0.3	1233.679
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	3.5	3.7	3.6	841.847
		9%	2.3	2.3	2.3	996.205
		11%	1.6	1.7	1.65	1073.384
		13%	1.4	1.4	1.45	1103.069
		15%	0.4	0.6	0.5	1209.931
	NaCl	7%	3.6	3.7	3.65	835.909
		9%	1.9	2.1	2	1031.826
		11%	1.7	1.7	1.7	1067.447
		13%	1.5	1.4	1.45	1097.131
		15%	0.6	0.8	0.7	1186.184
20 Jam	HCl	7%	4.1	4.3	4.2	770.604
		9%	2.5	2.4	2.45	978.394
		11%	1.6	1.8	1.7	1067.447
		13%	1.4	1.4	1.4	1103.068
		15%	0.5	0.7	0.6	1198.057
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	4.4	4.4	4.4	758.730
		9%	2.3	2.4	2.35	990.268
		11%	2	1	1.5	1079.321
		13%	1.6	1.6	1.6	1091.194
		15%	0.7	0.8	0.75	1180.248
	NaCl	7%	4.6	4.4	4.5	734.983
		9%	2.7	2.9	2.8	936.837
		11%	2.1	2.3	2.2	1008.078
		13%	1.7	1.9	1.8	1055.573
		15%	0.7	0.6	0.65	1192.121

- Contoh perhitungan daya serap iodine pada karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\text{Daya Serap Iodine} = \frac{\left(10 \cdot \frac{\text{Volume titrat} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}{N \text{ I}_2}\right) \times 12,693 \times \text{fp}}{\text{Bobot Karbon Aktif}}$$

$$= \frac{\left(10 - \left(\frac{0.3 \times 0.1}{0.1069}\right)\right) \times 12,693 \times 2,5}{0.25}$$

$$= 1233.679 \text{ mg/gram}$$

## 2. Kadar Air

Waktu	Larutan	Konsentrasi	W <sub>0</sub> (gram)	W <sub>1</sub> (gram)	Kadar Air
24 Jam	HCl	7%	1	0.95	5%
		9%	1	0.93	7%
		11%	1	0.91	9%
		13%	1	0.91	9%
		15%	1	0.88	12%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.94	6%
		9%	1	0.92	8%
		11%	1	0.9	10%
		13%	1	0.9	10%
		15%	1	0.89	11%
	NaCl	7%	1	0.94	6%
		9%	1	0.93	7%
		11%	1	0.91	9%
		13%	1	0.9	10%
		15%	1	0.89	11%
20 Jam	HCl	7%	1	0.97	3%
		9%	1	0.95	5%
		11%	1	0.94	6%
		13%	1	0.93	7%
		15%	1	0.9	10%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.96	4%
		9%	1	0.94	6%
		11%	1	0.94	6%
		13%	1	0.93	7%
		15%	1	0.91	9%
	NaCl	7%	1	0.95	5%
		9%	1	0.94	6%
		11%	1	0.93	7%
		13%	1	0.91	9%
		15%	1	0.9	10%

- Contoh perhitungan kadar air pada karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot setelah pemanasan } 105^{\circ}\text{C}}{\text{bobot awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1 - 0.95}{1} \times 100\%$$

$$= 5\%$$

### 3. Kadar Abu

Waktu	Larutan	Konsentrasi	W <sub>0</sub> (gram)	W <sub>1</sub> (gram)	Kadar Abu
24 Jam	HCl	7%	1	0.98	2%
		9%	1	0.977	2.3%
		11%	1	0.969	3.1%
		13%	1	0.963	3.7%
		15%	1	0.96	4%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.95	5%
		9%	1	0.947	5.3%
		11%	1	0.942	5.8%
		13%	1	0.94	6%
		15%	1	0.939	6.1%
	NaCl	7%	1	0.92	6.7%
		9%	1	0.923	7.3%
		11%	1	0.926	7.4%
		13%	1	0.927	7.7%
		15%	1	0.933	8%
20 Jam	HCl	7%	1	0.999	1%
		9%	1	0.987	1.3%
		11%	1	0.986	1.4%
		13%	1	0.981	1.9%
		15%	1	0.79	2.1%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.975	2.5%
		9%	1	0.97	3.0%
		11%	1	0.968	3.2%
		13%	1	0.965	3.5%
		15%	1	0.96	4%
	NaCl	7%	1	0.944	5.6%
		9%	1	0.938	6.2%
		11%	1	0.935	6.5%
		13%	1	0.927	7.3%
		15%	1	0.924	7.6%

- Contoh perhitungan kadar abu pada karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar abu} &= \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot setelah pemanasan } 500^{\circ}\text{C}}{\text{bobot awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1 - 0.96}{1} \times 100\% \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

#### 4. Kadar Zat Mudah Menguap

Waktu	Larutan	Konsentrasi	W <sub>0</sub> (gram)	W <sub>1</sub> (gram)	Kadar Zat Menguap
24 Jam	HCl	7%	1	0.84	16%
		9%	1	0.86	14%
		11%	1	0.89	11%
		13%	1	0.9	10%
		15%	1	0.91	9%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.85	15%
		9%	1	0.86	14%
		11%	1	0.9	10%
		13%	1	0.92	8%
		15%	1	0.94	6%
	NaCl	7%	1	0.86	14%
		9%	1	0.87	13%
		11%	1	0.88	12%
		13%	1	0.91	9%
		15%	1	0.92	8%
20 Jam	HCl	7%	1	0.89	11%
		9%	1	0.9	10%
		11%	1	0.92	8%
		13%	1	0.92	8%
		15%	1	0.93	7%
	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1	0.87	13%
		9%	1	0.88	12%
		11%	1	0.91	9%
		13%	1	0.93	7%
		15%	1	0.94	6%
	NaCl	7%	1	0.89	11%
		9%	1	0.91	9%
		11%	1	0.94	6%
		13%	1	0.95	5%
		15%	1	0.97	3%

- Contoh perhitungan kadar zat mudah menguap pada karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar zat menguap} &= \frac{\text{bobot awal} - \text{bobot setelah pemanasan } 500^{\circ}\text{C}}{\text{bobot awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1 - 0.96}{1} \times 100\% \\
 &= 4\%
 \end{aligned}$$

## 5. Asam Lemak Bebas

Larutan	Konsentrasi	Titrasi		Rata-rata	Asam Lemak Bebas
		1	2		
Non Karbon Aktif	-	2.4	2.5	2.45	0.627
HCl	7%	0.8	1	0.9	0.23
	9%	0.6	0.7	0.65	0.166
	11%	0.5	0.4	0.45	0.115
	13%	0.3	0.5	0.4	0.102
	15%	0.4	0.3	0.35	0.09
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	0.7	1	0.85	0.218
	9%	0.6	0.7	0.65	0.166
	11%	0.5	0.6	0.55	0.141
	13%	0.6	0.4	0.5	0.128
	15%	0.4	0.4	0.4	0.102
NaCl	7%	0.9	1	0.95	0.243
	9%	0.8	0.7	0.75	0.192
	11%	0.7	0.7	0.7	0.179
	13%	0.5	0.6	0.55	0.141
	15%	0.5	0.4	0.45	0.115

- Contoh perhitungan asam lemak bebas pada pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Asam Lemak Bebas} &= \frac{256 \times \text{Volume NaOH terpakai} \times N \text{ NaOH}}{\text{berat minyak} \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{256 \times 0.35 \times 0.05}{5 \times 1000} \times 100\% \\
 &= 0.090\%
 \end{aligned}$$

## 6. Bilangan Peroksida

Larutan	Konsentrasi	Titrasi		Rata-rata	Bilangan Peroksida
		1	2		
Non Karbon Aktif	-	2.5	2.2	2.35	3.3
HCl	7%	1.3	1.2	1.25	1.1
	9%	1.1	1.2	1.15	0.9
	11%	1.2	1	1.1	0.8
	13%	1.1	0.9	1	0.6
	15%	0.8	0.9	0.85	0.3
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7%	1.4	1.2	1.3	1.2

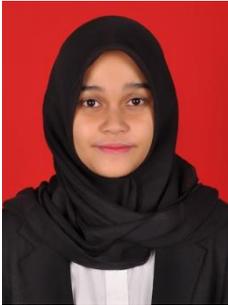
Larutan	Konsentrasi	Titrasi		Rata-rata	Bilangan Peroksida
		1	2		
	9%	1.3	1.1	1.2	1
	11%	1.1	1.2	1.15	0.9
	13%	1	1	1	0.6
	15%	0.9	0.9	0.9	0.4
	7%	1.4	1.3	1.35	1.3
NaCl	9%	1.2	1.3	1.25	1.1
	11%	1.1	1.2	1.15	0.9
	13%	1	1.1	1.05	0.7
	15%	0.9	1	0.95	0.5

- Contoh perhitungan bilangan peroksida pada pemurnian minyak jelantah menggunakan karbon aktif biji kelor dengan pengaktifan HCl 15% selama 24 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Bilangan Peroksida} &= \frac{(\text{Volume Titrasi} - \text{Volume Blanko}) \times N \text{ NaOH} \times 1000}{\text{berat sampel}} \\
 &= \frac{(0.85 - 0.7) \times 0.01 \times 1000}{5} \times 100\% \\
 &= 0.3 \text{ meq/gram}
 \end{aligned}$$

# **BIODATA PENULIS**

## **PENULIS I**



Xeela Ramadhani Indra Putri, penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 21 Januari 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu lulus dari TK Mutiara Ibu pada tahun 2003, lulus dari SDN Baratajaya pada tahun 2009, lulus dari SMP Al Azhar Kelapa Gading pada tahun 2012 dan lulus dari SMA Negeri 20 Surabaya pada tahun 2015.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2315 030 003. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen Dalam Negeri HIMAD3KKIM ITS (2016-2017), dan Ketua Divisi Departemen Dalam Negeri HIMAD3KKIM ITS (2017-2018), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PG. Kebon Agung Malang.

Email : [xeela98@gmail.com](mailto:xeela98@gmail.com)

## **PENULIS II**



Ramadani Lucky Wildansyah, penulis dilahirkan di Sidoarjo tepatnya pada tanggal 11 Maret 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal diantaranya TK Aisyah Bustanul Athfal pada tahun 2003, SDN Pucang 4 pada tahun 2009, SMPN 1 Sidoarjo pada tahun 2012, SMAN 1 Sidoarjo pada tahun 2015.

Setelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Kimia Industri Fakultas Vokasi-ITS dengan Nomor Registrasi 2315 030 061. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi sebagai Staff Departemen Dalam Negeri HIMAD3KKIM ITS (2016-2017), dan Ketua Departemen Dalam Negeri HIMAD3KKIM ITS (2017-2018), serta mengikuti beberapa pelatihan dan seminar yang diadakan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Semen Indonesia, Tuban.

Email: [ramadanilucky@gmail.com](mailto:ramadanilucky@gmail.com)