

@Hak cipta pada UNIPA

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.
2. Memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.



**STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI TAHU  
TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU**  
[*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]

**TESIS**



**NOOR ENDAH SETYANINGRUM**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PAPUA  
MANOKWARI  
2018**



**STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI TAHU  
TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU**  
[*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]

**TESIS**

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh Gelar  
Magister pada Program Magister, Program Studi Ilmu Lingkungan  
Program Pascasarjana UNIPA**



**NOOR ENDAH SETYANINGRUM  
NIM. 201502005**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PAPUA  
MANOKWARI  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : **STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI  
TAHU TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU  
MERBAU [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]**

Nama : Noor Endah Setyaningrum  
NIM : 201502005  
Program Studi : Ilmu Lingkungan  
Program Pendidikan : Strata 2

Telah diuji oleh tim penguji ujian akhir dan dinyatakan LULUS  
Pada tanggal 29 Januari 2018.

Disetujui  
Komisi Pembimbing



Dr. Drs. Bimo Budi Santoso, M.Sc  
Ketua



Dr. Bertha Mangallo, S.Si., M.Si  
Anggota

Diketahui

Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan



Dr. Ir. Eko Agus Martanto, M.P  
NIP. 19680229 199203 1 002

Direktur Program  
Pascasarjana UNIPA



Dr. Ir. Rudl A. Manarbonges, M.Si  
NIP. 19640417 199203 1 003



## PENETAPAN PENGUJI TESIS

Tesis ini telah diuji pada sidang Ujian Tesis  
Tanggal 29 Januari 2018

### Panitia Penguji Tesis

Nama	Penguji
1. Dr. Drs. Bimo Budi Santoso, M. Sc	Penguji I
2. Dr. Bertha Mangallo, S.Si., M. Si	Penguji II
3. Dr. Meike Meilan Lisangan., SP, M.Si	Penguji III
4. Dr. Ir. Vera Sabariah, M. Sc	Penguji IV

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Noor Endah Setyaningrum

NIM : 201502005

Program Studi : Ilmu Lingkungan

Program Pendidikan : Strata 2

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah tesis ini adalah karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan bebas plagiat. Apabila dikemudian hari ternyata terbukti plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan PERMENDIKNAS RI No. 17 Tahun 2001 dan Peraturan perundang-undangan lainnya yang berlaku.

Manokwari, 29 Januari 2018

Yang menyatakan,



Noor Endah Setyaningrum

9.

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Papua, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Noor Endah Setyaningrum  
NIM : 201502005  
Program Studi : Ilmu Lingkungan  
Program Pendidikan : Strata 2  
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan untuk kemanusiaan, menyetujui untuk memberikan kepada PPs UNIPA Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusve Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI TAHU TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU [*Intsia bijuga (Colebr) O. Kuntze*]

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini kepada PPs UNIPA untuk berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Manokwari

Pada tanggal : 29 Januari 2018



Noor Endah Setyaningrum

## STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI TAHU TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU

[*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze]

### ABSTRAK

Penelitian studi adsorpsi limbah organik industri tahu tempe dengan karbon aktif kayu merbau [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze] telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktifkan arang kayu merbau, menentukan waktu kontak optimum karbon aktif kayu merbau dan menentukan kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industri tahu tempe.

Metode penelitian pengaktifan arang kayu merbau secara fisik dengan pemanasan pada suhu 700°C dan secara kimia dengan perendaman dalam HCl 1M, 2M dan 3M. Selanjutnya dilakukan variasi waktu kontak karbon aktif kayu merbau dengan limbah cair selama 30, 60, 90 dan 120 menit. Selanjutnya dilakukan variasi volume limbah cair sebesar 100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml dan 300 ml. Hal ini dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi limbah organik industri tahu tempe adalah sebagai berikut : konsentrasi HCl 3M, waktu kontak 30 menit, volume limbah cair 250 ml per 0,5 gram karbon aktif. Pada kondisi tersebut diperoleh kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe Rizky masing-masing adalah 60.600 mg/g dan 12.500 mg/g. Pada kondisi volume limbah cair 100 ml per 0,5 gram, kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe Sukamaju masing-masing adalah 82.400 mg/g dan 164.200 mg/g.

**Kata kunci :** Adsorpsi, BOD<sub>5</sub>, COD, limbah cair Industry tahu tempe, karbon aktif, kayu merbau





## STUDY TOFU AND TEMPE INDUSTRIAL FLUID WASTE WITH TIMBER WOOD [*Intsia Bijuga* (Colebr) O. Kuntze] AS THE ACTIVE CARBON

### ABSTRACT

Study on adsorption of tofu and tempe industrial organic waste with timber wood [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze] as the active carbon has been executed. The objective the research is to determine the optimum required concentration of HCl to active the coal of timber wood, discover optimum adsorption capacity of timber charcoal to reduce the level of BOD<sub>5</sub> dan COD in fluids waste of tofu and tempe industry.

Research method of activating timber wood charcoal is physically by heating 700°C of temperature and chemically by submersion in HCl 1M, 2M and 3M. First, variation is made of contact duration of timber wood active carbon and fluid waste for 30, 60, 90 and 120 minutes. Then, volume of fluid waste is also differed by 100, 150, 200, 250 and 300 ml per 0.5 gram of active carbon.

Result of the research shows that optimum condition for adsorption of tofu and tempe industrial fluid waste are as follow : at concentrate of HCl 3M, contact duration 30 minutes, fluid waste volume 250 ml per 0.5 gram of active carbon, optimum adsorption capacity of timber wood active carbon is achieved which lowering the level of BOD<sub>5</sub> and COD of Rizky tofu and tempe industrial fluid waste; each by 60,600 mg/g and 12,500 mg/g. On the state where volume of the waste is 100 ml per 0.5 gram, optimum adsorption capacity of the timber wood active carbon in reducing the BOD<sub>5</sub> and COD level of Sukamaju tofu and tempe industrial fluid waste is 82,400 mg/g and 164,200 mg/g each.

**Keyword** : Adsorption, BOD<sub>5</sub>, COD, tofu and tempe industrial fluid waste, active carbon, timber wood.



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyajikan tulisan tesis yang berjudul : **“STUDI ADSORPSI LIMBAH ORGANIK INDUSTRI TAHU TEMPE DENGAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU [INTSIA BIJUGA (COLEBR) O. KUNTZE]”**.

Didalam tulisan ini, disajikan pokok-pokok bahasan meliputi konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe, waktu kontak optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe dan kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe.

Nilai penting penelitian ini adalah menentukan konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe, menentukan waktu kontak optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe dan menentukan kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe. Adapun kendala-kendala yang ada meliputi terbatasnya sarana dan prasarana laboratorium kimia yang menimbulkan waktu penelitian cukup lama, sehingga nantinya dapat diperbaiki melalui peningkatan sarana dan prasarana laboratorium kimia tersebut.

Disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti. Tetapi masih dirasakan banyak kekurang tepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Manokwari, Januari 2018  
Penulis,

Noor Endah Setyaningrum

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih setulusnya kami sampaikan kepada :

1. Rektor Universitas Papua (UNIPA) atas diberikannya kesempatan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Magister di Unipa.
2. Bapak Dr. Ir. Rudi Maturbongs, M.Si dan Bapak Dr. Aluisius P. E. Widodo. S.Pt., MScAg, selaku Direktur dan Wakil Direktur Program Pascasarjana (PPs) Universitas Papua atas fasilitas dan kebijakan yang telah diberikan.
3. Bapak Dr. Ir. Eko Agus Martanto, MP, selaku Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana (PPs) Universitas Papua Manokwari atas segala bantuan, motivasi dan dorongannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Lingkungan PPs Unipa.
4. Bapak Dr. Drs. Bimo Budi Santoso, MSc dan Ibu Dr. Bertha Mangallo, S.Si., M.Si selaku pembimbing 1 dan pembimbing 2, atas semua bimbingan dan arahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
5. Seluruh Staf Dosen Program Studi Ilmu Lingkungan atas semua ilmu yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
6. Ayahanda, Ibunda dan adik-adikku yang tercinta Teguh, Ryan dan Romi atas semua kasih sayang dan perhatian yang diberikan dengan tulus ikhlas kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa PPs Program Studi Ilmu Lingkungan angkatan tahun 2015, khususnya Kak Suriyanti Abubakar dan Kak Bertha Auri yang selalu memberikan dorongan dan semangat dalam keadaan suka duka, terima kasih atas dukungan dan kebersamaan kita selama ini.
8. Rekan-rekan di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari atas bantuan, kerjasama dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan magister ini.





## BIODATA MAHASISWA

### A. Identitas Diri

1. Nama : Noor Endah Setyaningrum
  2. Tempat, Tanggal Lahir : Ujung Pandang, 28 Desember 1982
  3. Pekerjaan/ Profesi : PNS
  4. Alamat Kantor : Jl. Kota Raja No. 1 Manokwari
  5. Alamat Rumah : Jl. Palapa IV No. 79 Reremi Pemda Manokwari
- Telepon/ Hp : 08114822505  
Email : [noorendahsns@gmail.com](mailto:noorendahsns@gmail.com)

### B. Riwayat Pendidikan di Perguruan Tinggi (Mulai dari yang terakhir)

No	Perguruan Tinggi	Bidang Ilmu	Tahun	Tahun Lulus
1.	Universitas Papua (UNIPA)	Ilmu Lingkungan	2015	2018
2.	Universitas Negeri Makassar (UNM)	Kimia	2000	2005

### C. Daftar Karya Ilmiah

No	Judul	Penerbit/ Forum	Tahun
1.	Studi adsorpsi limbah organik industri tahu tempe dengan karbon aktif kayu merbau ( <i>Intsia Bijuga</i> (Colebr) O. Kuntze).	Tesis, Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, UNIPA	2018
2.	Pengaruh Konsentrasi Aktivator Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Terhadap Daya Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Pada Ion Cd <sup>2+</sup>	Skripsi, Fakultas MIPA, Jurusan Kimia UNM	2005

Manokwari, 29 Januari 2018

**Noor Endah Setyaningrum**

NIM. 201502005



## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul Depan.....	i
Halaman Sampul Dalam.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Penetapan Penguji .....	iv
Pernyataan Orisinalitas .....	v
Pernyataan Publikasi .....	vi
Abstrak .....	vii
Abstract .....	viii
Kata Pengantar .....	ix
Ucapan Terima Kasih .....	x
Biodata Mahasiswa .....	xi
Daftar Isi.....	xii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xiv
Daftar Lampiran .....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Manfaat.....	5
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1. Industri Tahu Dan Tempe Kota Manokwari .....	6
2.1.2. Proses Produksi Industri Tahu Dan Tempe.....	7
2.1.3. Limbah Industri Tahu Dan Tempe.....	10
2.1.4. Karakteristik Limbah Industri Tahu Dan Tempe.....	10
2.1.4.1. Pengertian Limbah.....	10

2.1.4.2. Karakteristik Limbah.....	11
2.1.4.3. Karakteristik Limbah Industri Tahu Dan Tempe.....	13
2.1.4.4. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Dan Tempe Di Kota Manokwari.....	19
2.1.5. Karbon Aktif Kayu Merbau.....	22
2.1.5.1. Karbon Aktif.....	22
2.1.5.2. Pembuatan Karbon Aktif.....	24
2.1.5.3. Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau.....	26
2.1.5.4. Sifat Karbon Aktif.....	27
2.1.6. Adsorpsi.....	29
2.1.6.1. Adsorpsi Batch.....	30
2.1.7. Zat Aktivator HCl.....	30
2.2. Kerangka Penelitian.....	31
2.3. Hipotesis.....	33
2.4. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	34
2.4.1. Industri Tahu Tempe Sukamaju .....	34
2.4.2. Industri Tahu Tempe Rizky .....	35
<b>BAB III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian .....	36
3.2. Alat Dan Bahan Penelitian.....	41
3.3. Metode Penelitian.....	41
3.4. Variabel Penelitian.....	42
3.4.1. Definisi Operasional Variabel .....	42
3.5. Prosedur Penelitian.....	43
3.5.1. Pembuatan Karbon Aktif Kayu Merbau .....	43
3.5.2. Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau.....	44
3.5.3. Pengujian Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Tempe Dan Pengujian Daya Serap/ Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau Pada Limbah Cair Industri Tahu Tempe .....	46
3.5.3.1. Uji Nilai <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Dalam Limbah Cair Industri Tahu Tempe .....	46

3.5.3.2. Uji Nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Dalam Limbah Cair Industri Tahu Tempe Menggunakan Metode Spektrofotometri .....	47
3.5.3.3. Pengujian/ Penentuan Konsentrasi Optimum Aktivator HCl .....	47
3.5.3.4. Pengujian/ Penentuan Waktu Kontak Optimum Dengan Limbah Cair Industri Tahu Tempe.....	48
3.5.3.5. Pengujian/ Penentuan Kapasitas Adsorpsi Optimum Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe .....	48
3.6. Analisis Data.....	48
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>50</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	50
4.1.1. Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau Setelah Diaktivasi .....	50
4.2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky Dan Sukamaju .....	57
4.2.2.1. Variasi Konsentrasi Aktivator HCl .....	57
4.2.2.2. Variasi Waktu Kontak Karbon Aktif Dengan Limbah Cair .....	63
4.2.2.3. Variasi Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky Dan Sukamaju .....	65
4.2.3. Pengaruh Metode Aktivasi Karbon Aktif Terhadap Kadar BOD <sub>5</sub> Dan COD Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky Dan Sukamaju .....	67
4.2.4. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif .....	71
4.2.5. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Optimum Karbon Aktif Kayu Merbau .....	74
<b>BAB V. PENUTUP .....</b>	<b>81</b>
5.1. Kesimpulan .....	81
5.2. Saran .....	81
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>82</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>86</b>



## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1	Industri Tahu Dan Tempe Di Kota Manokwari.....	6
Tabel 2	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/ Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai .....	16
Tabel 3	Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Dan Tempe Di Kota Manokwari.....	20
Tabel 4	Syarat Mutu Karbon Aktif.....	24
Tabel 5	Waktu Dan Tempat Penelitian .....	38
Tabel 6	Karakteristik KArbon Aktif Kayu Merbau .....	51
Tabel 7	Perbandingan Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau Dari Hasil Penelitian Dan Literatur .....	56
Tabel 8	Daya Serap Karbon Aktif (%) Kayu Merbau Terhadap Parameter BOD <sub>5</sub> dan COD Limbah Cair Industri Tahu Tempe Dengan Variasi Konsentrasi HCl .....	60
Tabel 9	Daya Serap Karbon Aktif (%) Kayu Merbau Terhadap Parameter BOD <sub>5</sub> Dan COD Dengan Variasi Waktu Kontak .....	64
Tabel 10	Pengaruh Volume Limbah Cair Terhadap Daya Serap (%) Karbon Aktif Kayu Merbau .....	66
Tabel 11	Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (mg/g) .....	69
Tabel 12	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (mg/g) .....	71
Tabel 13	Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (Qe) .....	75



## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Diagram Alir Proses Pembuatan Tempe.....	8
Gambar 2	Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu.....	9
Gambar 3	Diagram Alir Kerangka Pemikiran.....	33
Gambar 4	Kurva Hubungan Kadar Air Sampel Dengan Metode Aktivasi .....	51
Gambar 5	Kurva Hubungan Kadar Abu Sampel Dengan Metode Aktivasi .....	53
Gambar 6	Kurva Daya Serap I <sub>2</sub> Tiap Sampel .....	55
Gambar 7	Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau (%) Dengan Variasi Konsentrasi HCl Terhadap Parameter BOD <sub>5</sub> Dan COD .....	62
Gambar 8	Kurva Hubungan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (mg/g) Dengan Variasi Konsentrasi HCl .....	69
Gambar 9	Kurva Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	72
Gambar 10	Kurva Hubungan Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky Dengan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau .....	76
Gambar 11	Kurva Hubungan Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe Sukamaju Dengan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau .....	77





## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator HCl .....	86
Lampiran 2 Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Waktu Kontak Karbon Aktif Dan Limbah Cair Industri Tahu Tempe .....	86
Lampiran 3 Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe .....	87
Lampiran 4 Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%) .....	87
Lampiran 5 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif (Qe) .....	92
Lampiran 6 Analisis Data (ANOVA dalam SPSS) .....	97
Lampiran 7 Peta Lokasi Penelitian .....	101
Lampiran 8 Foto-foto Penelitian .....	102



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Tahu dan tempe merupakan salah satu jenis makanan sumber protein dengan bahan baku kacang kedelai yang sangat digemari oleh masyarakat karena sehat, bergizi dan harganya murah. Kota Manokwari memiliki 10 industri tahu dan tempe, yaitu Banyumas, Sukamaju, Sumber Gizi, Rizky, Cipta Rasa, Pasar Wosi, Mandiri, Cahaya Transito, Margiono dan Fanindi (BLH Kabupaten Manokwari, 2015). Semua industri tahu tempe tersebut merupakan industri kecil skala rumah tangga yang tidak dilengkapi dengan unit pengolah air limbah. Selain itu, semua industri tahu tempe ini berlokasi di daerah pinggiran sungai dan tepi laut serta tidak memiliki ruang yang cukup untuk membuat system pengelolaan limbah cairnya sehingga semua industri tersebut mengalirkan limbahnya ke badan air.

Proses produksi tahu dan tempe memerlukan banyak air yang digunakan untuk perendaman, perebusan, pencucian dan pengupasan kulit kedelai. Limbah yang diperoleh dari proses tersebut dapat berupa limbah padat dan limbah cair. Sebagian besar limbah padat pada industri tahu tempe berasal dari kulit kedelai dan ampas tahu. Limbah padat ini dimanfaatkan untuk makanan ternak seperti sapi, kambing, dan babi. Limbah cair industri tahu tempe berupa air sisa rendaman kedelai, sisa perebusan/ penyaringan, pencucian dan pengupasan kulit kedelai. Apabila limbah cair ini dibuang langsung ke lingkungan maka dalam waktu singkat akan menimbulkan bau busuk dari gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), amoniak ataupun fosfin sebagai akibat dari terjadinya fermentasi limbah organik tersebut. Adanya proses pembusukan akan menimbulkan bau yang tidak sedap terutama pada musim kemarau dengan debit air yang kecil.

Perairan yang setiap hari menerima beban limbah dari proses pembuatan tahu dan tempe ini akan mempengaruhi kualitas air dan kehidupan mikroorganisme di perairan tersebut (Nurdianti, 2015). Limbah pabrik, khususnya limbah cair yang berasal dari air sisa perebusan tahu tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan

perairan karena limbah cair ini memiliki suhu yang sangat tinggi sehingga dapat mematikan mikroorganisme dan biota air yang ada di perairan tersebut. Yanti (2015) menyatakan bahwa akibat dari besarnya pemakaian air pada proses produksi tahu dan tempe, limbah cair yang dihasilkan juga besar. Besarnya beban pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan yang serius terutama untuk perairan di sekitar industri tahu dan tempe.

Bahan – bahan organik yang terkandung dalam limbah cair industri tahu tempe sangat tinggi. Senyawa – senyawa organik dalam limbah cair tersebut berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara bahan organik yang paling besar dibuang adalah protein dan lemak mencapai 10 – 60%. Jika dibiarkan terlalu lama dilingkungan akan mempersulit proses degradasi dari limbah tersebut karena beberapa zat tersebut sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Salah satunya adalah amoniak yang terdapat dalam protein tersebut masih berbentuk  $\text{NH}_3$  ( amoniak bebas ) yang sulit terdegradasi oleh mikroorganisme. Amoniak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sekitar perairan bila sudah diubah menjadi nitrat dan nitrit (Nurdianti, 2015).

Pada tahun 2013 terdapat pengaduan masyarakat yang mengeluhkan gangguan bau yang dihasilkan oleh industri tahu tempe Sukamaju yang berlokasi di Kampung Jawa Wosi Manokwari (BLH Kabupaten Manokwari, 2013). Daerah Kampung Jawa Wosi Manokwari merupakan salah satu daerah padat penduduk dan terdapat 3 industri tahu tempe, yaitu industri tahu tempe Banyumas, Sumber Gizi dan Sukamaju. Industri tahu tempe Sukamaju menggunakan bahan baku sebanyak 200 kg kedelai per hari untuk membuat tahu tempe dengan pembagian bahan baku 50 kg kedelai untuk pembuatan tempe dan 150 kg kedelai untuk pembuatan tahu kemudian hasil uji air limbahnya menunjukkan konsentrasi COD sebesar 517 mg/L. Selain itu, industri tahu tempe Rizky menggunakan bahan baku kedelai sebanyak 400 kg per hari dengan pembagian bahan baku 100 kg kedelai untuk membuat tempe dan 300 kg kedelai untuk membuat tahu. Hasil uji air limbah industri tahu tempe Rizky menunjukkan konsentrasi COD sebesar 1122 mg/L (BLH Kabupaten Manokwari, 2013). Banyaknya bahan baku kedelai yang digunakan oleh industri tahu tempe Rizky menyebabkan kandungan konsentrasi

COD dalam air limbah industri ini meningkat. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 15 Tahun 2008 menyebutkan baku mutu konsentrasi COD adalah 300 mg/L, sehingga air limbah industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah dan harus diolah sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan.

Nurhasan dan Pramudyanto (1991) menyatakan bahwa setiap 100 kg kedelai akan menghasilkan limbah cair 1,5 – 2 m<sup>3</sup> air limbah. Industri tahu tempe Sukamaju menggunakan 200 kg kedelai maka limbah cair yang dihasilkan sekitar 3 – 4 m<sup>3</sup> air limbah yang dibuang langsung ke badan air. Sedangkan untuk industri tahu tempe Rizky menggunakan 400 kg kedelai maka limbah cair yang dihasilkan oleh industri ini sekitar 6 – 8 m<sup>3</sup> air limbah yang dibuang langsung ke badan air. Sehingga kedua industri tahu tempe ini membutuhkan system pengolahan air limbah untuk mengurangi resiko beban pencemaran.

Salah satu teknik pengolahan air limbah industri tahu tempe adalah dengan penggunaan karbon aktif. Karbon aktif merupakan arang yang sudah diaktifkan sehingga pori-porinya terbuka dengan demikian daya adsorpsinya tinggi. Pada pembuatan karbon aktif, untuk meningkatkan daya adsorpsinya dilakukan dengan dua proses, yaitu aktivasi fisik dan aktivasi kimia.

Koem *et al.* (2014) dalam penelitiannya tentang uji perbedaan efektifitas arang aktif tempurung kelapa dan kayu meranti terhadap nilai COD pada pengolahan limbah cair industri tahu menyatakan bahwa nilai parameter COD limbah cair industri tahu dapat diturunkan dengan menggunakan arang aktif tempurung kelapa yang diaktivasi fisik pada suhu 700°C sebagai media saring, dengan rata-rata presentase penurunan sebesar 42,28% dan dengan suhu aktivasi 700°C, penurunan nilai parameter COD dengan arang aktif kayu meranti sebesar 40.95%.

Berdasarkan hasil penelitian Nayoan dan Berek (2006), tentang perbedaan efektifitas karbon aktif tempurung kelapa dan arang kayu dalam menurunkan tingkat kekeruhan pada proses filtrasi pengolahan limbah cair industri tahu. Tingkat kekeruhan limbah cair industri tahu dapat diturunkan dengan menggunakan karbon aktif tempurung kelapa sebagai media saring, dengan rata-



rata hasil penurunan menjadi sebesar 76,4 mg/L dari sebelum perlakuan dengan karbon aktif tingkat kekeruhannya sebesar 518,5 mg/L.

Noer Aini (2014) menyatakan bahwa hasil optimasi parameter optimum arang aktif diperoleh adalah arang aktif yang digunakan untuk proses adsorpsi, yaitu arang aktif dengan ukuran partikel 70 mesh tanpa melalui proses pemanasan, dengan massa arang aktif sebesar 1,2 gram dan waktu kontak arang aktif selama 30 menit dalam 20 mL sampel (limbah cair pabrik tahu). Kandungan sulfida dalam sampel sebelum dikontakkan dengan arang aktif (awal) adalah sebesar 0.169 mg/L, setelah sampel dikontakkan dengan arang aktif kondisi optimum kadar sulfida berkurang hingga 0.011 mg/L atau dengan persentase penurunan sebesar 93.46%. Dari hasil penelitian Juliandini dan Trihadiningrum (2008) menguji kemampuan karbon aktif dari limbah kayu dalam sampah kota untuk penyisihan fenol, diketahui bahwa daya adsorpsi terbesar berasal dari limbah kayu jati dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0.2095 mg/mg dibandingkan dengan kayu merbau yang kapasitas adsorpsinya sebesar 0.0107 mg/mg dan kayu kamper yang kapasitas adsorpsinya sebesar 0.0147 mg/mg.

## 1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan uraian diatas, industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky yang berada di Kota Manokwari merupakan industri kecil dan menengah skala rumah tangga yang berada di tepi badan air dan tidak memiliki tempat untuk mengolah limbah cairnya. Oleh karena itu, Industri Tahu tempe Sukamaju dan Rizky memerlukan system atau teknik pengolahan limbah cair yang berbiaya murah, efisien dan efektif untuk mengelola limbah cairnya agar aman ketika dibuang ke lingkungan. Salah satu teknik pengolahan limbah cair industri tahu tempe adalah dengan penggunaan karbon aktif. Karbon aktif yang digunakan berasal dari kayu merbau (kayu besi) dari limbah mebel yang diaktivasi secara kimia dengan menggunakan larutan HCl, sehingga rumusan masalahnya adalah sebagai berikut :

- a. Berapa konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe

- b. Berapa lama waktu kontak yang dibutuhkan karbon aktif kayu merbau optimum untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah organik industri tahu tempe
- c. Berapa kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe.

### 1.3. TUJUAN

- a. Menentukan konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe.
- b. Menentukan waktu kontak optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe.
- c. Menentukan kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe.

### 1.4. MANFAAT

- a. Sebagai sumber informasi salah satu teknik atau metode pengolahan air limbah industri tahu tempe bagi masyarakat, pemilik industri tahu tempe serta Dinas Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Manokwari.
- b. Sebagai alternatif teknik pengolahan limbah organik tahu tempe yang dapat digunakan oleh pemilik industri dalam menjaga kelestarian lingkungan sekitarnya.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PENELITIAN DAN HIPOTESIS

#### 2.1 TINJAUAN PUSTAKA

##### 2.1.1 INDUTRI TAHU TEMPE KOTA MANOKWARI

Tahu dan tempe merupakan salah satu jenis makanan sumber protein dengan bahan baku kacang kedelai yang sangat digemari oleh masyarakat karena makanannya sehat, bergizi dan harganya murah. Di Kota Manokwari terdapat 10

Industri tahu tempe yang tersebar di daerah Kampung Jawa Wosi, AMD Wosi, Pasir Wosi, Fanindi, Transito, Madu Raja Wosi dan Balai Latihan Kerja (BLK) Sanggeng (BLH Kabupaten Manokwari, 2015).

**Tabel 1 Industri tahu tempe di Kota Manokwari**

NO	NAMA INDUSTRI TAHU TEMPE	LOKASI	KAPASITAS PRODUKSI HARIAN
1	Banyumas	Kampung Jawa Wosi	200 kg kedelai
2	Sukamaju	Kampung Jawa Wosi	200 kg kedelai
3	Sumber Gizi	Kampung Jawa Wosi	150 kg kedelai
4	Rizky	AMD Wosi	400 kg kedelai
5	Cipta Rasa	AMD Wosi	250 kg kedelai
6	Pasar wosi	Pasir Wosi	150 kg kedelai
7	Mandiri	Madu Raja Wosi	100 kg kedelai
8	Cahaya Transito	Transito Wosi	200 kg kedelai
9	Margiono	BLK Sanggeng	150 kg kedelai
10	Fanindi	Fanindi	200 kg kedelai

*Sumber* : BLH Kabupaten Manokwari, 2013

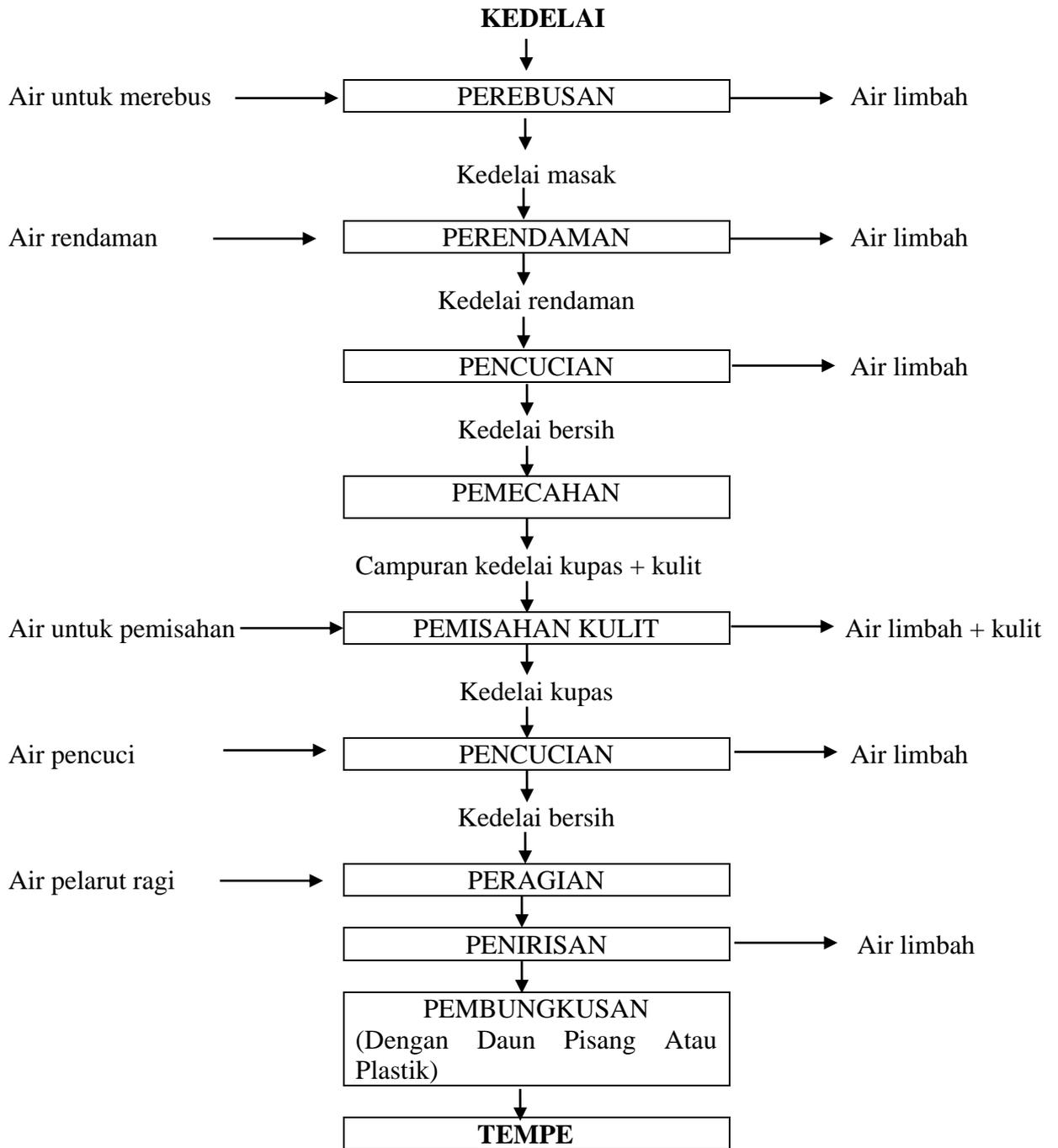
Nurhasan dan Pramudyanto (1991) menyatakan bahwa setiap 100 kg kedelai akan menghasilkan limbah cair 1,5 – 2 m<sup>3</sup> air limbah. Dan industri tahu tempe Sukamaju menggunakan 200 kg kedelai maka limbah cair yang dihasilkan sekitar 3 – 6 m<sup>3</sup> air limbah yang dibuang langsung ke badan air. Sedangkan untuk industri tahu tempe Rizky menggunakan 400 kg kedelai maka limbah cair yang dihasilkan oleh industri ini sekitar 6 – 8 m<sup>3</sup> air limbah yang dibuang langsung ke badan air. Sehingga kedua industri tahu tempe ini membutuhkan system pengolahan air limbah untuk mengurangi resiko beban pencemaran.

### 2.1.2 PROSES PRODUKSI INDUSTRI TAHU TEMPE

Kedelai sebagai bahan utama dari produk tahu dan tempe selalu dibutuhkan oleh pengusaha dalam melancarkan usahanya ( industry tahu ). Industry tahu juga merupakan salah satu alternative bagi petani dalam merubah produk kedelai menjadi bentuk lain yang memiliki nilai tambah (Ernawati, 2003).

Pemilihan (penyortiran) bahan baku kedelai merupakan pekerjaan awal dalam pembuatan tahu dan tempe. Kedelai yang baik adalah yang baru atau belum tersimpan lama dalam gudang. Kedelai yang baru dapat menghasilkan tahu dan tempe yang baik (aroma dan bentuk). Untuk mendapatkan tahu dan tempe yang mempunyai kualitas baik, diperlukan bahan baku kedelai yang sudah tua, kulit bijinya tidak keriput, biji kedelai tidak retak dan bebas dari sisa-sisa tanaman, batu kerikil, tanah atau biji-bijian lain. Kedelai yang digunakan biasanya berwarna kuning, putih atau hijau jarang menggunakan kedelai berwarna hitam.

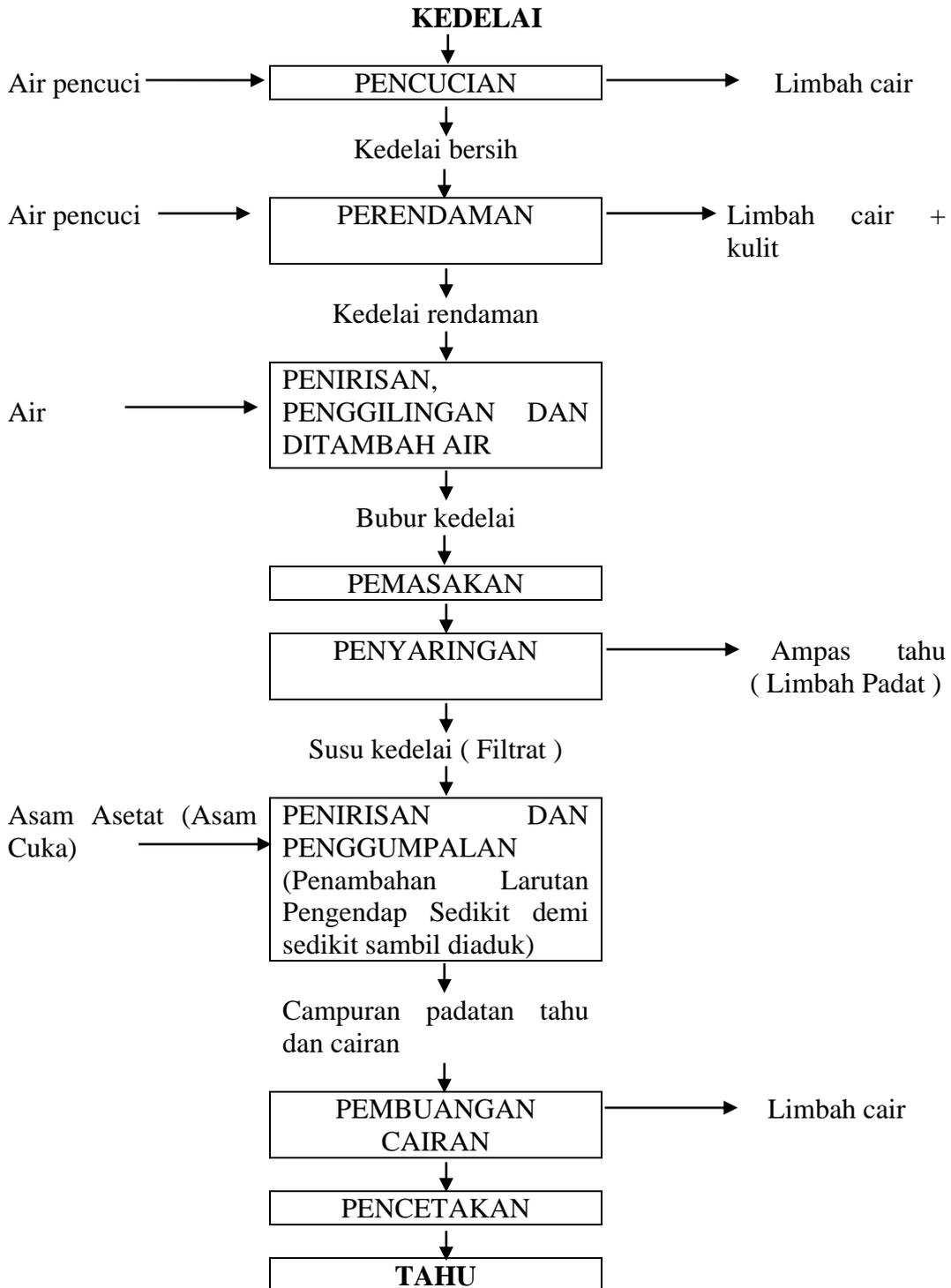
Tujuan dari pemilihan ini adalah agar kualitas tahu dan tempe tetap terjaga baik. Proses berikutnya adalah perendaman. Tujuannya adalah untuk membuat kedelai menjadi lunak dan kulit arinya mudah terkelupas. Setelah perendaman, kemudian dilakukan pengupasan kulit kedelai dengan jalan meremas-remas dalam air rendaman tersebut, kemudian dikuliti. Setelah itu kedelai tersebut dicuci. Tujuannya adalah untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur dalam kedelai. Pada proses pembuatan tempe diperlukan perebusan kedelai selama kurang lebih setengah jam kemudian dilakukan perendaman kedelai selama satu malam dan proses fermentasi selama dua hari.



Gambar 1 Diagram Alir Proses Pembuatan Tempe (Wiryani, 2011).



Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2006 dapat diketahui proses produksi tahu adalah sebagai berikut :



Gambar 2 Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu



### **2.1.3. LIMBAH INDUSTRI TAHU TEMPE**

Kaswinarni (2007) menuliskan limbah industri tahu tempe pada umumnya terbagi 2 (dua) bentuk, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai dan benda padat lainnya yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3% dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu dan tempe adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (whey). Cairan ini mengandung kadar protein tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan.

### **2.1.4. KARAKTERISTIK LIMBAH INDUSTRI TAHU TEMPE**

#### **2.1.4.1. Pengertian Limbah**

Menurut Undang – undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Limbah adalah sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan. Limbah merupakan buangan yang keberadaannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak memiliki nilai ekonomi. Menurut Setiawan (2015), Limbah merupakan buangan atau sisa yang dihasilkan dari suatu proses atau kegiatan dari industri maupun domestik (rumah tangga).



#### 2.1.4.2. Karakteristik Limbah

Karakteristik umum limbah adalah sebagai berikut :

1. Berukuran mikro
2. Dinamis
3. Penyebarannya berdampak luas
4. Berdampak jangka panjang (antar generasi)

Faktor yang mempengaruhi kualitas limbah adalah volume limbah, kandungan limbah dan frekuensi pembuangan limbah. Berdasarkan dari wujud limbah yang dihasilkan, limbah dibagi menjadi tiga, yaitu limbah padat, limbah cair dan gas (Setiawan, 2015) ;

1. Limbah Padat adalah limbah yang berwujud padat. Limbah padat bersifat kering, tidak dapat berpindah kecuali ada yang memindahkannya. Misalnya adalah potongan kayu, ampas tahu, sampah, sobekan kertas, logam, kain majun (bekas) dan sebagainya.
2. Limbah Cair adalah limbah yang berwujud cair. Limbah cair terlarut dalam air, selalu berpindah dan tidak pernah diam. Misalnya adalah air pencucian, air perebusan, air sisa pencelupan warna dan sebagainya.
3. Limbah Gas adalah limbah yang berwujud gas. Limbah gas dapat dilihat dalam bentuk asap. Limbah gas selalu bergerak sehingga penyebarannya sangat luas. Misalnya adalah asap kendaraan bermotor, asap industri dan sebagainya.

Menurut A.K. Haghi (2010), berdasarkan sumber yang menghasilkan limbah dapat dibedakan menjadi lima yaitu :

1. Limbah rumah tangga, biasa disebut juga limbah domestik yang berasal dari kamar mandi, dapur dan air sisa cucian pakaian.
2. Limbah Industri merupakan limbah yang berasal dari industri pabrik
3. Limbah Pertanian merupakan limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan pertanian seperti sisa daun-daunan, ranting, jerami, kayu dan lain-lain.
4. Limbah Konstruksi didefinisikan sebagai material yang sudah tidak digunakan lagi dan yang dihasilkan dari proses konstruksi, perbaikan dan perubahan. Jenis material limbah konstruksi yang dihasilkan dalam setiap proyek konstruksi



antara lain proyek pembangunan maupun pembongkaran. Yang termasuk limbah konstruksi antara lain pembangunan perubahan bentuk (remodeling), perbaikan (rumah atau bangunan komersial). Sedangkan limbah pembongkaran antara lain limbah yang berasal dari perobohan atau penghancuran bangunan.

5. Limbah Radioaktif, berasal dari setiap pemanfaatan tenaga nuklir baik pemanfaatan untuk pembangkitan daya listrik menggunakan reactor nuklir maupun pemanfaatan tenaga nuklir untuk keperluan industri dan rumah sakit. Bahan atau peralatan terkena atau menjadi radioaktif dapat disebabkan karena pengoperasian instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion.

Berdasarkan jenis senyawanya, limbah dibedakan atas :

1. Limbah Organik

Adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup (alami) dan sifatnya mudah membusuk atau terurai. Arman (2014) menyatakan bahwa limbah organik adalah limbah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan. Limbah jenis ini dihasilkan oleh kegiatan manusia yang berupa pertanian, perikanan, peternakan, rumah tangga dan industri.

2. Limbah Anorganik

Adalah limbah yang tidak dapat atau sulit terurai secara alami oleh mikroorganisme pengurai. Arman (2014) menyatakan bahwa limbah anorganik adalah limbah yang tidak mudah hancur atau diuraikan oleh aktivitas mikroorganisme. Sebagian dari limbah anorganik sama sekali tidak dapat diuraikan tetapi sebagian lagi dapat diuraikan, tetapi membutuhkan waktu yang sangat lama.

3. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/ atau kegiatan yang mengandung B3. B3 adalah zat, energy dan/ atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi dan/ atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan

dan/ atau merusak lingkungan hidup, dan/ atau membahayakan kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

#### 2.1.4.3 Karakteristik Limbah Industri Tahu tempe

Pada umumnya limbah cair industri tahu tempe langsung dibuang ke badan air. Bila air sungai cukup deras dan lancar serta pengenceran cukup (daya dukung lingkungan masih baik) maka buangan limbah cair ini tidak menimbulkan masalah. Tetapi bila daya dukung lingkungan sudah terlampaui, maka buangan limbah cair ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Kaswinarni, 2007).

Proses produksi tahu dan tempe memerlukan banyak air yang digunakan untuk perendaman, perebusan, pencucian serta pengupasan kulit kedelai. Limbah yang diperoleh dari proses-proses tersebut dapat berupa limbah padat dan limbah cair. Sebagian besar limbah padat pada industri tahu tempe berasal dari kulit kedelai dan ampas tahu. Limbah padat ini dimanfaatkan untuk makanan ternak seperti sapi, kambing, dan babi. Limbah cair industri tahu dan tempe berupa air sisa rendaman kedelai, sisa perebusan/ penyaringan, pencucian dan pengupasan kulit kedelai. Apabila limbah cair ini dibuang langsung ke lingkungan maka dalam waktu singkat akan menimbulkan bau busuk dari gas H<sub>2</sub>S, amoniak ataupun fosfin sebagai akibat dari terjadinya fermentasi limbah organik tersebut. Adanya proses pembusukan akan menimbulkan bau yang tidak sedap terutama pada musim kemarau dengan debit air yang berkurang. Perairan yang setiap hari menerima beban limbah dari proses pembuatan tahu dan tempe ini akan mempengaruhi kualitas air dan kehidupan mikroorganisme di perairan tersebut (Nurdianti, 2015).

Khususnya limbah cair yang berasal dari air sisa perebusan tahu yang tidak boleh langsung dibuang ke lingkungan perairan karena limbah cair ini memiliki suhu yang sangat tinggi sehingga dapat mematikan mikroorganisme dan biota air yang ada di perairan tersebut. Yanti (2015) menyatakan bahwa akibat dari besarnya pemakaian air pada proses produksi tahu dan tempe, limbah cair yang dihasilkan juga besar. Besarnya beban pencemaran yang ditimbulkan menyebabkan gangguan yang serius terutama untuk perairan di sekitar industri tahu tempe.

Bahan – bahan organik yang terkandung dalam limbah cair industri tahu tempe sangat tinggi. Senyawa – senyawa organik dalam limbah cair tersebut berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara bahan organik yang paling besar dibuang adalah protein dan lemak mencapai 10 – 60%. Jika dibiarkan terlalu lama dilingkungan akan mempersulit proses degradasi dari limbah tersebut karena beberapa zat tersebut sulit diuraikan oleh mikroorganismenya. Salah satunya adalah amoniak yang terdapat dalam protein tersebut masih berbentuk  $\text{NH}_3\text{N}$  (amoniak bebas) yang sulit terdegradasi oleh mikroorganismenya. Amoniak dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan sekitar perairan bila sudah diubah menjadi nitrat dan nitrit (Nurdianti, 2015).

Limbah cair sisa rendaman kedelai banyak mengandung bakteri penghasil asam laktat seperti *Lactobacillus sp* dan bakteri lain seperti bakteri pembusuk yang secara alami terdapat dalam air rendaman. Kandungan bahan organik dan mikroorganismenya dalam limbah cair ini meningkatkan jumlah BOD dan menghabiskan oksigen terlarut dalam air. Apabila suplai oksigen menurun, keseimbangan ekologi akan terganggu hingga dapat menyebabkan kematian ikan dan biota perairan lainnya (Nurdianti, 2015). Gas-gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair tahu adalah oksigen ( $\text{O}_2$ ), hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), ammonia ( $\text{NH}_3$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), dan metana ( $\text{CH}_4$ ). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah cair tersebut (Herlambang, 2002).

Herlambang (2002) dalam Kaswinarni (2007) mengemukakan tentang karakteristik buangan industri tahu dan tempe meliputi 2 (dua) hal, yaitu karakteristik fisik dan kimia. Karakteristik fisik meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Suhu buangan industri tahu dan tempe berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair pada proses pembuatan tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu  $40^\circ\text{C}$  –  $46^\circ\text{C}$ . Sehingga apabila limbah cair ini dibuang langsung ke badan air maka dapat mempengaruhi kehidupan biologis badan air tersebut.



Menurut Nurhasan dan Pramudyanto (1991), karakteristik limbah cair tahu adalah sebagai berikut :

1. Temperatur limbah cair tahu sangat tinggi ( $60^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ ) karena pada proses pembuatan tahu membutuhkan suhu tinggi pada saat penggumpalan dan penyaringan.
2. Warna limbah cairnya transparan sampai kuning muda dan disertai adanya suspensi warna putih. Zat terlarut dan tersuspensi mengalami penguraian hayati maupun kimia sehingga berubah warna. Proses ini merugikan karena limbah cair berubah menjadi warna hitam dan busuk yang memberi nilai estetika yang kurang baik.
3. Bau limbah cair pada proses pembuatan tahu dikarenakan terjadinya proses pemecahan protein oleh mikroba alam sehingga menimbulkan bau busuk dari gas  $\text{H}_2\text{S}$ .
4. Kekeruhan pada limbah cair ini disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi dan terlarut dalam limbah cair industri tahu dan tempe.
5. Memiliki pH yang rendah karena limbah cair tahu mengandung asam cuka sisa proses penggumpalan tahu sehingga limbah cair tahu bersifat asam. Pada kondisi asam ini zat-zat mudah terlepas menjadi gas.
6. Memiliki nilai BOD dan COD yang tinggi. Pencemaran limbah organik pada suatu perairan diukur dengan uji BOD dan COD. Angka COD biasanya lebih besar 2 – 3 kali angka BOD. Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang digunakan dalam proses oksidasi oleh zat-zat organik yang terkandung dalam limbah cair industri tahu dan tempe yang ekuivalen dengan nilai konsentrasi kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air.

Menurut Suryandono (2004), limbah cair industri tahu tempe yang paling berbahaya adalah whey, yang merupakan hasil samping dari proses penggumpalan tahu dan kandungan bahan organiknya sangat tinggi. Nurhasan dan Pramudyanto (1991) menyatakan bahwa Limbah cair ini mengandung padatan tersuspensi dan

terlarut yang akan mengalami perubahan fisika, kimia dan hayati yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit yang merugikan baik pada produk tahu ataupun manusia. Bila dibiarkan dalam limbah cair akan berubah warna menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk yang dapat mengakibatkan sakit pernafasan. Apabila limbah cair ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur tersebut tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila dibuang langsung ke sungai maka akan mencemari sungai tersebut dan bila digunakan maka dapat menimbulkan gatal, diare dan penyakit lainnya

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, dapat diketahui parameter penting limbah cair industri tahu tempe dimana parameter tersebut harus memenuhi baku mutunya sebelum dibuang ke badan air atau lingkungan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang dimaksud Baku Mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/ atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha dan/ atau kegiatan.

**Tabel 2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/ Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai**

Parameter	Pengolahan Kedelai			
	Tahu		Tempe	
	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar (mg/L)	Beban (kg/ton)
pH			6 – 9	
TSS	200	4	100	1
BOD	150	3	150	1,5
COD	300	6	300	3
Kuantitas air limbah paling tinggi (m <sup>3</sup> /ton)	20		10	



Sesuai dengan tabel diatas, maka beberapa karakteristik limbah cair industri tahu tempe antara lain :

1. pH (derajat keasaman)

Limbah cair industri tahu dan tempe bersifat asam karena dalam proses produksinya menggunakan asam asetat. Dalam keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap sehingga mengakibatkan limbah cair industri tahu dan tempe ini mengeluarkan bau busuk. Keasaman limbah cair diukur menggunakan pH meter. Baku mutu yang ditetapkan untuk parameter pH adalah 6 – 9. Apabila pH terlalu rendah maka terjadi penurunan oksigen terlarut dan dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dan makhluk hidup lainnya (BPPT, 1997). Air yang mempunyai pH rendah membuat air tersebut bersifat korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi yang kontak dengan air (Effendi, 2003).

2. TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) yaitu jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam limbah cair setelah mengalami proses penyaringan dengan membran berukuran 0,45  $\mu\text{m}$ . Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. TSS yang sangat tinggi menghalangi masuknya sinar matahari didalam air ( Effendi, 2003).

Limbah cair industri mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Limbah cair dari industri makanan, terutama industri fermentasi dan industri tekstil sering mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang relative tinggi. Jumlah padatan tersuspensi di dalam air dapat diukur dengan menggunakan alat turbidimeter. Padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya/ masuknya cahaya kedalam air sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis (Fardiaz, 2008).



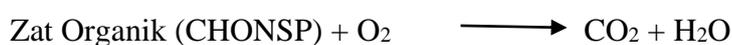
### 3. BOD (Biological Oxygen Demand)

Siregar (2005) dalam Fadli (2011) mengemukakan Biological Oxygen Demand (BOD) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. BOD merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair. Limbah cair industri tahu dan tempe mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi (Wardana, 2004).

Menurut Effendi (2003), BOD adalah jumlah oksigen yang diperlukan oleh organisme untuk memecah bahan buangan organik di dalam suatu perairan. Konsentrasi BOD yang semakin tinggi menunjukkan semakin banyak oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik. Manik (2003) dalam Fadli (2011) mengemukakan BOD<sub>5</sub> adalah banyaknya oksigen (mg) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air limbah selama pengeraman (5 × 24 jam pada suhu 20°C). Jadi, BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan. Pemeriksaan BOD<sub>5</sub> diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap limbah cair domestik atau industri juga untuk mendesain system pengolahan limbah biologis bagi air tercemar.

Menurut Zulkifli dan Ami (2001), Nilai BOD yang tinggi menunjukkan terdapat banyak senyawa organik dalam limbah cair, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik tersebut dan nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme.

Penguraian bahan organik secara biologis oleh mikroorganisme menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil karbon dioksida dan air. Proses penguraian bahan organik dapat digambarkan sebagai berikut (Hanum, 2002):





#### 4. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan buangan yang ada dalam air yang teroksidasi melalui reaksi kimia. Pengukuran COD diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi. Oleh karena itu dibutuhkan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam, yaitu kalium dikromat (Fachrurozi, 2010).

Menurut Wardana (2004), COD disebut juga sebagai kebutuhan oksigen kimiawi, merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator (Kalium Dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik maupun anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol, sehingga tumbuhan air, ikan, dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen akan mati. Kaswinarni (2007) menyatakan bahwa kebutuhan oksigen dalam limbah cair ditunjukkan melalui BOD dan COD. Jika nilai antara BOD dan COD sudah diketahui maka kondisi limbah cair dapat diketahui.

#### 2.1.4.4 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Tempe Di Kota Manokwari

Limbah cair industri tahu tempe di Kota Manokwari memiliki karakteristik yang sama dengan limbah cair industri tahu dan tempe pada umumnya, yaitu berwarna putih keruh hingga kehitaman, menimbulkan bau yang tidak sedap dan suhu limbah cair dari proses produksi tahu memiliki suhu yang tinggi.



**Tabel 3 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu tempe Di Kota Manokwari**

INDUSTRI	TAHUN SAMPLING	PARAMETER			KETERANGAN
		pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	
Banyumas	2013	5.99	0.13	1499	
	2014	4.66	1.21	-	
	2016	-	-	-	Sudah selesai produksi
Sumber Gizi	2013	6.74	0.05	791	
	2014	-	-	-	Tutup
	2016	6.92	2.26	-	
Sukamaju	2013	6.36	0.03	517	
	2014	6.46	2.62	-	
	2016	6.50	3.72	-	
Rizky	2013	4.27	0.03	1122	
	2014	5.23	2.71	-	
	2016	6.98	3.69	-	
Cipta Rasa	2013	4.13	0.07	1476	
	2014	6.69	0.68	-	
	2016	6.11	2.11	-	
Madu Raja	2013	-	-	-	Pabrik belum diketahui
	2014	-	-	-	Sudah Selesai produksi
	2016	-	-	-	Sudah selesai produksi
Pasir Wosi	2013	-	-	-	Sudah selesai produksi
	2014	-	-	-	Sudah selesai produksi
	2016	-	-	-	Sudah selesai produksi
Cahaya Transito	2013	4.03	0.04	1476	
	2014	-	-	-	Tidak beroperasi
	2016	-	-	-	Sudah selesai produksi
Fanindi	2013	-	-	-	Belum proses produksi
	2014	5.20	2.31	-	
	2016	5.80	4.49	-	
BLK Sanggeng	2013	-	-	-	Belum diketahui
	2014	5.69	2.16	-	
	2016	-	-	-	Tidak beroperasi

Sumber : Badan Lingkungan Hidup, 2016

Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa pada tahun 2013 terdapat industri tahu tempe yang belum diketahui keberadaannya. Namun pada tahun 2014 industri tersebut diketahui kemudian dilakukan pengambilan sampel (sampling) terhadap limbah cair industri tahu dan tempe tersebut. Industri tahu tempe yang dimaksud adalah industri tahu tempe Madu Raja dan BLK Sanggeng.

Kedua industri ini masing-masing berlokasi di daerah Madu raja Wosi dan BLK Sanggeng. Sehingga jumlah industri tahu tempe di Kota Manokwari pada tahun 2016 berjumlah 10 (sepuluh) industri. Dari karakteristik diatas, yaitu parameter pH, DO dan COD menunjukkan kenaikan konsentrasi dari tahun ke



tahun. Untuk parameter pH beberapa industri yang memiliki pH jauh dibawah baku mutu mulai menunjukkan kenaikannya setiap tahun sehingga mendekati bahkan sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah, yaitu 6 – 9.

Parameter DO (Dissolved Oxygen) pada tabel 3 diatas merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Oksigen terlarut yang disingkat DO adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan absorpsi atmosfer/ udara. Semakin besar konsentrasi DO dalam air maka kualitas air akan semakin baik. Dalam Tabel 3 terlihat bahwa dari tahun ke tahun terjadi peningkatan konsentrasi DO dalam limbah cair industri tahu dan tempe sehingga kualitas limbah cair industri tersebut semakin baik. Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi konsentrasi DO maka konsentrasi BOD dalam air akan semakin rendah. Sebaliknya semakin rendah konsentrasi DO maka konsentrasi BOD dalam air akan semakin tinggi.

Parameter COD didalam Tabel 3 hanya terukur pada tahun 2013. Untuk tahun- tahun berikutnya tidak terukur karena habisnya bahan kimia untuk uji COD di laboratorium Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kabupaten Manokwari. Dari hasil pengukuran COD limbah cair industri tahu tempe tahun 2013 inilah diketahui nilai COD yang jauh melebihi baku mutu. Baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah adalah sebesar 300 mg/L sehingga limbah cair industri tahu tempe di Kota Manokwari tidak boleh dibuang langsung ke badan air atau lingkungan. Limbah cair industri tahu tempe ini memerlukan system pengolahan limbah cair yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang dilihat dari tingginya konsentrasi parameter COD dari limbah cair industri tahu tempe pada tabel diatas . Salah satu cara pengolahan limbah cair industri tahu tempe adalah dengan menggunakan karbon aktif.



## 2.1.5 KARBON AKTIF KAYU MERBAU

### 2.1.5.1 Karbon Aktif

Arang merupakan suatu bahan padat berpori yang merupakan hasil pembakaran bahan yang mengandung unsur karbon. Karbon dapat menyerap substansi terlarut ke dalam porinya (Maulidah, 2015). Daya serap arang dapat meningkat dengan aktivasi secara fisik maupun kimia. Arang yang sudah diaktifkan melalui aktivasi tersebut dikenal dengan arang aktif atau karbon aktif. Sedangkan menurut Setiawan (2005) dalam Agustini (2014), arang merupakan istilah sehari-hari dan dalam istilah kimia dikenal dengan karbon aktif. Sedangkan dalam dunia perdagangan karbon aktif dikenal sebagai charcoal. Arang merupakan bahan padat yang berpori-pori dan umumnya diperoleh dari pembakaran kayu, serbuk gergaji, ampas tebu, tempurung kelapa, sabut kelapa atau bahan lain yang mengandung karbon. Bahan tersebut mengalami proses karbonasi dengan udara dan menghasilkan arang tetapi masih terdapat hidrokarbon pada permukaannya.

Perbedaan arang biasa dengan arang aktif, yaitu arang biasa hasil pembakarannya berupa arang yang masih mengandung hidrokarbon sedangkan arang aktif dilakukan proses penghilangan hidrokarbon yang dihasilkan pada saat pembakaran dengan cara dehidrasi menggunakan asam, basa dan garam seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaOH, ZnCl<sub>2</sub>, NaCl dan CaCl<sub>2</sub>. Zat activator ini akan meresap dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup agar permukaan yang aktif bertambah besar akibat membukanya pori-pori agar arang tersebut menjadi aktif maka daya serap arang aktif akan lebih besar dibandingkan dengan arang biasa.

Karbon aktif adalah senyawa yang diaktifkan dengan cara perendaman dalam bahan kimia (aktivasi) atau dengan cara mengalirkan uap panas kedalam bahan, sehingga pori bahan menjadi terbuka dengan luas permukaan berkisar antara 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/g. Permukaan karbon aktif yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan (Kirk dan Ohmer, 1964 dalam Oktari, 2014). Proses aktivasi dapat menghilangkan unsur hydrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada



permukaannya yang diakibatkan adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan (Pujiyanto, 2010 dalam Oktari, 2014).

Proses pemanasan dimaksudkan untuk menghilangkan unsur-unsur hydrogen dan oksigen yang terdapat pada bahan baku yang digunakan. Umumnya bahan baku pembuatan karbon aktif itu berasal dari tumbuh-tumbuhan yang banyak mengandung unsur-unsur hydrogen dan oksigen. Perlakuan panas tersebut merupakan proses karbonisasi (pengarangan) (Meilita dan Tuti, 2003 dalam Oktari, 2014).

Pada umumnya arang aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih seperti:

1. Dalam jumlah kecil digunakan juga sebagai katalisator.
2. Sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Alfi, 2006 dalam Vindiarti, 2015).

Menurut Vindiarti (2015) Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas.

a. Karbon aktif fasa cair

Karbon aktif fasa cair biasanya berbentuk *powder* yang sangat halus, diameter pori mencapai  $1000\text{\AA}$ , dihasilkan dari bambu kuning, serbuk gergaji, ampas pembuatan kertas atau dari bahan baku yang mempunyai densitas kecil dan mempunyai struktur yang lemah, rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya.

b. Karbon aktif fasa gas

Karbon aktif fasa gas biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara  $10\text{-}200\text{\AA}$  dan mempunyai tipe pori lebih halus. Karbon aktif fasa gas diperoleh dari tempurung kelapa, tulang, batu bata atau bahan baku yang mempunyai berat jenis tinggi dan biasa digunakan untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas.



karbon aktif yang dihasilkan dari tempurung kelapa mempunyai daya serap yang tinggi karena arang ini berpori-pori dengan diameter kecil sehingga mempunyai internal yang luas. Karbon aktif dibuat melalui proses karbonasi bahan mentah dan aktivasi secara fisik atau kimia. Bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah kayu, tempurung kelapa, kulit kacang, tongkol jagung, cangkang sawit dan sebagainya (Kurniawan *et al.* 2014).

Karbon aktif digunakan pada berbagai bidang aplikasi sesuai dengan jenisnya. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa. (Sudirjo, 2006 dalam Swara, 2015). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 06 – 3730 – 1995), syarat mutu karbon aktif adalah sebagai berikut :

**Tabel 4 Syarat Mutu Karbon Aktif**

Jenis Uji	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Kadar Air	Max 4.4%	Max 15%
Kadar Abu	Max 2.5%	Max 10%
Fixed Karbon	Min 80%	Min 65%
Daya Serap Terhadap I <sub>2</sub>	Min 750 mg/g	Min 750 mg/g

#### 2.1.5.2 Pembuatan Karbon Aktif

Swara (2015) menyatakan bahwa proses karbonisasi adalah proses perlakuan panas pada kondisi oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap bahan dasar (bahan organik). Proses pemanasan tersebut menyebabkan terdekomposisinya bahan dan lepasnya komponen yang mudah menguap dan karbon mulai



membentuk struktur pori-pori. Dengan demikian bahan dasar tersebut telah memiliki luas permukaan tetapi penyerapannya masih relatif kecil karena masih terdapat residu tar dan senyawa lain yang menutupi pori-pori. Bahan dasar hasil karbonisasi disebut dengan karbon atau arang.

Menurut Agustini (2014) proses pembuatan karbon aktif dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengaktifan fisika dan kimia. Pengaktifan fisika pada dasarnya dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku pada suhu yang tinggi yakni  $600^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$  pada kondisi kurang oksigen (udara), kemudian pada suhu tinggi tersebut dialirkan media pengaktif seperti uap air dan  $\text{CO}_2$ . Sedangkan pada pengaktifan kimiawi, bahan baku sebelum dipanaskan dicampur dengan bahan kimia tertentu seperti  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  dan  $\text{CaCl}_2$ . Biasanya pengaktifan secara kimiawi tidak membutuhkan suhu tinggi seperti pada pengaktifan secara fisika, namun diperlukan tahap pencucian setelah diaktifkan untuk membuang sisa-sisa bahan kimia yang dipakai.

Proses aktivasi adalah proses perlakuan panas dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap produk karbon. Proses aktivasi ini menyebabkan terjadinya pelepasan hidrokarbon, tar dan senyawa organik yang masih melekat pada karbon hasil karbonisasi. Pada proses aktivasi terjadi pembentukan pori-pori yang masih tertutup dan peningkatan ukuran serta jumlah pori-pori kecil yang telah terbentuk. Dengan demikian karbon aktif hasil aktivasi memiliki luas permukaan internal yang lebih besar. Karbon hasil aktivasi disebut juga dengan karbon aktif. Proses aktivasi merupakan proses yang terpenting karena sangat menentukan kualitas karbon aktif yang dihasilkan baik luas area permukaan maupun daya adsorpsinya (Swara, 2015).

Menurut Alfi (2006) dalam vindriati (2015) proses aktivasi arang aktif dapat dilakukan secara fisika dan secara kimia. Proses-proses tersebut, yaitu :

1. Proses aktivasi secara fisika

Proses aktivasi dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu  $800 - 1000^{\circ}\text{C}$ . Aktifasi ini merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan  $\text{CO}_2$ . Umumnya arang dipanaskan didalam tanur pada temperatur  $800-900^{\circ}\text{C}$ . Oksidasi dengan udara pada

temperatur rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya. Sedangkan pemanasan dengan uap atau  $\text{CO}_2$  pada temperatur tinggi merupakan reaksi endoterm, sehingga lebih mudah dikontrol dan paling umum digunakan. Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktifasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktifasi dengan uap. Juga memungkinkan untuk memperlakukan arang kayu dengan uap belerang pada temperature  $500^\circ\text{C}$  dan kemudian desulfurisasi dengan  $\text{H}_2$  untuk mendapatkan arang dengan aktifitas tinggi. Dalam beberapa bahan arang yang diaktifasi dengan pencampuran bahan kimia, diberikan aktifasi kedua dengan uap untuk memberikan sifat fisika tertentu.

## 2. Proses aktivasi secara kimia

Proses ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{NaCl}$ , dan lain-lain. Arang aktif mengandung unsur selain karbon yang terikat secara kimiawi, yaitu hidrogen dan oksigen. Kedua unsur tersebut berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat tidak sempurnanya karbonisasi atau dapat juga terjadi ikatan pada proses aktivasi. Adanya hidrogen dan oksigen mempunyai pengaruh yang besar pada sifat-sifat karbon aktif. Unsur ini berkombinasi dengan unsur-unsur atom karbon membentuk gugus fungsional misalnya: gugus karboksilat, gugus hidroksifenol, gugus kuinon tipe karbonil, gugus normalakton, lakton tipe fluoresence, asam karboksilat anhidrida dan peroksida siklis (Sudibandriyo *et al.* 2011 dalam Vindriati, 2015).

### 2.1.5.3 Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau

*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze tergolong dalam famili *Fabaceae*, subfamily *Caesalpinioideae*. Di Indonesia dalam perdagangan dikenal sebagai merbau, namun secara lokal di Papua lebih dikenal dengan sebutan kayu besi karena kayunya yang keras. Jenis ini memiliki daerah penyebaran secara alami meliputi Pulau Madagaskar, India, Burma, Kamboja, Malaysia, Thailand, Filipina, Indonesia, Papua New Guinea (PNG) dan pulau-pulau pasifik. Daerah ekologi



utama di Indonesia meliputi Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Maluku, NTT dan Papua. Di Papua, merbau dijumpai di seluruh daerah dataran rendah seperti di Holtekamp, Sekoli, Tanussa Borowai, Bahongko dan Sentani (Jayapura), Ernia, Asmat (Merauke), Oransbari, Sidey, dan Prafi (Manokwari). Merbau banyak digunakan untuk bahan konstruksi umum, papan *flooring* dan *furniture*. Secara tradisional merupakan salah satu jenis kayu yang paling sering digunakan untuk bahan ukiran, tombak, anak panah dan bahan bangunan rumah tradisional (Nugroho, 2010).

Menurut Hanun (2014) kayu merbau memiliki kandungan kimia berupa lignin total sebesar 33.26%. Kemudian komposisi arang kayu merbau adalah sebagai berikut : kadar air 6.67%, kadar zat terbang 79.39%, kadar abu 0.45% dan kadar karbon terikat 20.16%.

Menurut Juliandini dan Trihadiningrum (2008) karakteristik karbon aktif kayu merbau adalah sebagai berikut : kadar air 5.12%, kadar abu 1.80%, kadar arang 35.94% dan daya serap terhadap larutan I<sub>2</sub> 26.85%.

#### 2.1.5.4 Sifat Karbon Aktif

Sifat karbon aktif yang paling penting adalah daya serap adsorpsi. Menurut Sulistyani *et al.* 2013, Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

##### 1. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari sturktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

##### 2. Temperatur

Pemakaian karbon aktif sangat penting memperhatikan suhu pada saat berlangsungnya proses adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi suhu proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan. Semakin tinggi suhu



maka semakin sulit menyerap zat atau bahan dalam limbah cair. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada suhu kamar atau bila memungkinkan pada suhu yang lebih kecil.

### 3. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik, adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

### 4. Waktu kontak

Bila karbon aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Selisih ditentukan oleh dosis karbon aktif, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel karbon aktif untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama. Kapasitas serap karbon aktif merupakan kemampuan karbon aktif dalam menyerap substansi yang ada dalam lapisan karbon aktif. Semakin besar kapasitas serap karbon aktif maka karbon aktif tersebut semakin baik digunakan sebagai adsorben.

Menurut Swara (2015), Struktur pori adalah faktor utama dalam proses adsorpsi. Distribusi ukuran pori menentukan distribusi molekul yang masuk dalam partikel karbon untuk diadsorpsi. Molekul yang berukuran besar dapat menutup jalan masuk ke dalam micropori sehingga membuat area permukaan yang tersedia untuk mengadsorpsi menjadi sia-sia. Karena bentuk molekul yang tidak beraturan dan pergerakan molekul yang konstan, pada umumnya molekul yang lebih dapat menembus kapiler yang ukurannya lebih kecil juga. Penggunaan bubuk karbon aktif mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- a. Sangat ekonomis karena ukuran butir yang kecil dan luas permukaan kontak persatuan berat sangat besar.
- b. Kontak menjadi sangat baik dengan mengadakan pengadukan cepat dan merata.
- c. Tidak memerlukan tambahan alat lagi karena karbon akan mengendap bersama Lumpur yang terbentuk.
- d. Kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme sangat kecil.

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya. Misalnya ketidakteraturan struktur mikrokristal elementer, karena adanya lapisan karbon yang terbakar tidak sempurna (terbakar sebagian), akan mengubah susunan awal elektron dalam rangka karbon. Akibatnya akan terjadi elektron tak berpasangan, keadaan ini akan mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif, terutama senyawa polar atau yang dapat terpolarisasi. Jenis ketidak teraturan yang lain adalah adanya hetero atom didalam struktur karbon.

### 2.1.6 Adsorpsi

Masduqi dan Slamet (2011) menyatakan bahwa Adsorpsi adalah proses pengumpulan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan benda penyerap di mana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dan penyerapannya. Proses adsorpsi digambarkan sebagai proses molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat penyerap akibat ikatan fisika dan kimia. Adsorpsi dalam air limbah sering mengikuti proses biologis untuk menyisihkan bahan-bahan yang tidak tersisihkan oleh proses biologis, misalnya bahan organik non-biodegradabel. Oleh karena itu adsorpsi sering dikelompokkan sebagai pengolahan tersier.





Menurut Joni *et al.* 2011 dalam Swara, 2015 menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Adsorpsi adalah pengumpulan dari adsorbat diatas permukaan adsorben. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedang bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben.

### 2.1.6.1 Adsorpsi Batch

Menurut Maulidah (2015), proses adsorpsi batch dilakukan untuk skala kecil seperti di laboratorium dengan cara mencampurkan media dan solute/ pelarut, juga dilakukan pengadukan agar terjadi kontak secara merata. Hasil dari proses batch ini dapat ditampilkan dengan menggunakan kurva isotherm adsorpsi. Selain itu proses batch juga dapat mengukur efisiensi removal dengan cara membandingkan konsentrasi limbah cair sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

### 2.1.7 Zat Aktivator HCl

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 activator bersifat mengikat air yang menyebabkan air yang terikat kuat pada pori-pori karbon yang tidak hilang pada saat karbonisasi dan menjadi lepas dari permukaan karbon. Zat activator tersebut akan memasuki pori dan membuka karbon tersebut dan membuka permukaan karbon yang tertutup, dengan demikian pada saat dilakukan proses 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 diantaranya  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ , umumnya bersifat sebagai pengikat air. Penelitian ini menggunakan aktivator  $\text{HCl}$  (Oktari, 2014).



Asam klorida adalah asam kuat, dan terbuat dari atom hidrogen dan klorin. Atom Hidrogen dan klorin berpartisipasi dalam ikatan kovalen, yang berarti bahwa hidrogen akan berbagi sepasang elektron dengan klorin (Swara, 2015). Asam klorida (HCl) mudah didapat dan harganya lebih murah dibandingkan dengan asam yang lainnya seperti  $H_2SO_4$ . Selain itu asam klorida juga telah banyak digunakan sebagai bahan pengaktif (aktivator) pada karbon aktif. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Kurniawan dan Wicaksono (2008), larutan asam yang paling baik sebagai pengaktif arang tempurung kelapa adalah larutan HCl dibandingkan dengan larutan  $H_3PO_4$  dan larutan  $H_2SO_4$ . Hal ini diketahui dari hasil uji spektrofometri dan uji organoleptik yang menunjukkan bahwa HCl mengadsorpsi partikel-partikel dalam limbah tapioca secara baik dan membuat limbah tapioca lebih tidak berbau dibandingkan dengan kedua asam lainnya.

Selanjutnya menurut hasil penelitian Gumelar *et al.* 2015, karbon aktif enceng gondok hasil perendaman HCl 5M memiliki luas permukaan yang paling baik sebesar 842.04  $m^2/g$  dibandingkan dengan adsorben komersial yang hanya memiliki luas permukaan sebesar 26.038  $m^2/g$ . Sehingga dapat menyerap COD pada limbah laundry sebesar 785.39 mg/L dengan waktu kontak selama 120 menit. Dan menurut hasil penelitian Imawati dan warman (2015), kapasitas adsorpsi maksimum karbon aktif ampas kopi yang teraktivasi dengan larutan HCl lebih besar dibandingkan dengan larutan  $H_3PO_4$ , yang berturut-turut sebesar 3.3255 mg/g dan 2.609 mg/g.

## 2.2. KERANGKA PENELITIAN

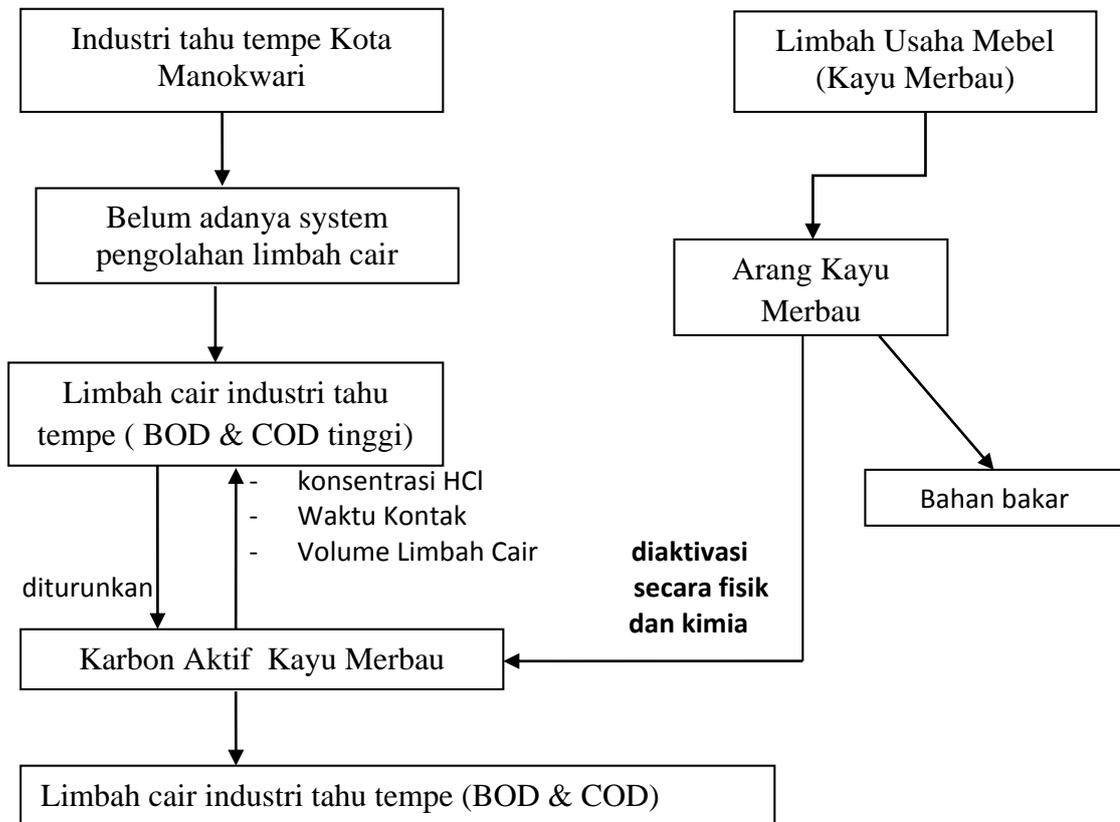
Industri tahu tempe yang berada di Kota Manokwari merupakan industri kecil dan menengah skala rumah tangga yang sebagian besar berlokasi tepat dipinggiran sungai/ kali dan tepi laut. Seluruh industri tahu tempe yang ada tidak memiliki system pengolahan limbah cair. Sehingga limbah cairnya langsung dibuang ke badan air atau lingkungan. Bahan baku yang digunakan dalam industri tahu tempe adalah kedelai, asam cuka dan air. Hal ini menimbulkan karakteristik



limbah cair industri tahu tempe mengandung bahan organik yang tinggi sehingga memiliki nilai konsentrasi BOD dan COD yang sangat tinggi. Selain itu, limbah cair industri tahu tempe mengeluarkan bau yang tidak sedap serta memiliki suhu yang tinggi. Jika limbah cair tersebut dibuang langsung ke badan air (sungai dan laut) maka akan menurunkan kualitas badan air atau lingkungan sekitarnya. Oleh karena itulah industri ini memerlukan suatu cara atau system pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk mengurangi beban pencemar yang ada.

Salah satu cara pengolahan limbah cair industri tahu dan tempe adalah dengan menggunakan karbon aktif. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik. Salah satunya adalah karbon aktif kayu merbau. Kayu merbau banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku usaha mebel di Kota Manokwari. Besarnya limbah kayu merbau dari usaha mebel ini dipengaruhi oleh banyaknya permintaan akan mebel dari kayu merbau tersebut. Limbah kayu merbau memiliki struktur yang sangat keras sehingga baik digunakan sebagai bahan bakar. Di Kota Manokwari limbah kayu merbau dari usaha mebel hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar sehingga untuk menambah manfaat dari limbah kayu merbau ini dapat diolah menjadi karbon aktif.

Arang kayu merbau diolah melalui proses karbonasi, aktivasi fisik dan aktivasi kimia menggunakan larutan HCl menjadi karbon aktif kayu merbau yang digunakan untuk menyerap polutan dalam limbah cair industri tahu dan tempe. Kemampuan menyerap/ adsorpsi karbon aktif kayu merbau akan semakin besar dengan penambahan HCl karena pori-pori karbon aktif akan semakin bersih. Sehingga luas permukaan karbon aktif akan semakin besar dan terbuka untuk adsorpsi. Selain itu semakin lama waktu kontak yang diberikan kepada karbon aktif untuk menyerap polutan limbah cair industri tahu dan tempe maka semakin banyak polutan yang akan terserap oleh karbon aktif tersebut. Sehingga dapat mengurangi nilai konsentrasi BOD dan COD dalam limbah cair industri tahu dan tempe. Karena kedua parameter inilah yang digunakan sebagai indikator terjadinya pencemaran lingkungan.



Gambar 3 Diagram Alir Kerangka Pemikiran.

### 2.3 HIPOTESIS

Berdasarkan uraian kerangka pemikiran diatas, maka hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Pada konsentrasi tertentu larutan HCl yang ditambahkan untuk aktivasi arang kayu merbau akan menurunkan konsentrasi BOD dan COD dalam limbah cair industri tahu tempe
2. Semakin lama waktu kontak yang diberikan kepada karbon aktif kayu merbau untuk menyerap, maka semakin rendah konsentrasi BOD dan COD dalam limbah cair industri tahu tempe.
3. Karbon aktif memiliki kejenuhan pada titik tertentu sehingga kapasitas adsorpsinya akan optimum pada kondisi jenuh tersebut.



## 2.4 GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

### 2.4.1 Industri Tahu Tempe Sukamaju

Lokasi penelitian pertama adalah industri tahu tempe Sukamaju. Industri ini terletak di Kampung Jawa Kelurahan Wosi Distrik Manokwari Barat dan berjarak 10 m dari hilir sungai wosi serta lokasi industri berhadapan dan berjarak sekitar 20 m dari laut Wosi. Berdasarkan hasil pembacaan GPS, industri tahu tempe Sukamaju terletak pada  $0^{\circ} 52' 02.100''$  LS dan  $134^{\circ} 03' 15.099''$  BT. Industri tahu tempe Sukamaju merupakan salah satu industri tahu tempe paling lama di Kota Manokwari yang beroperasi dari tahun 2009 hingga sekarang. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari tahun 2013, kapasitas produksi harian industri ini adalah 200 kg kedelai dan mengalami peningkatan produksi di tahun 2017 sebesar 400 kg kedelai perhari untuk memproduksi tahu tempe.

Dengan bertambahnya penduduk Kota Manokwari dari tahun ke tahun maka permintaan tahu tempe untuk konsumsi masyarakat pun semakin meningkat. Industri ini merupakan industri golongan menengah dan kecil berdasarkan data Dinas Perdagangan, Perindustrian dan UMKM Kabupaten Manokwari tahun 2016. Oleh karena itu, industri ini tidak memiliki Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) untuk mengelola limbah cairnya. Namun, industri ini memiliki bak penampungan limbah cair tetapi tidak ada pengolahan terhadap limbah cairnya. Bak penampungan ini hanya digunakan sebagai tempat pengendapan. Limbah yang dihasilkan oleh industri tahu tempe Sukamaju terdiri dari limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa kulit kedelai dan ampas tahu. Ampas tahu yang dihasilkan tersebut dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tambahan pada makanan ternak. Sedangkan kulit kedelai dibuang langsung kedalam bak penampung limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan industri ini dibuang kedalam bak penampungan limbah cair dan langsung mengalir ke drainase yang mengalir ke hilir sungai wosi yang dekat dengan laut wosi.



#### 2.4.2 Industri Tahu Tempe Rizky

Lokasi penelitian kedua adalah industry tahu tempe Rizky. Industri ini terletak di Kampung ABRI masuk desa ( AMD ) Kelurahan Wosi Distrik Manokwari Barat dan berada tepat di tepi Sungai Wosi. Berdasarkan hasil pembacaan GPS, industry tahu tempe Rizky terletak pada  $0^{\circ} 51' 57.450''$  LS dan  $134^{\circ} 02' 54.167''$  BT. Industry tahu tempe Rizky beroperasi dari tahun 2011 hingga sekarang. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari tahun 2013, kapasitas produksi harian industry ini adalah 400 kg kedelai dan mengalami peningkatan produksi di tahun 2017 sebesar 800 kg kedelai perhari untuk memproduksi tahu tempe. Dengan bertambahnya penduduk Kota Manokwari dari tahun ke tahun maka permintaan tahu tempe untuk konsumsi masyarakat pun semakin meningkat.

Industri ini juga merupakan industry golongan menengah dan kecil berdasarkan data Dinas Perdagangan, Perindustrian, Koperasi dan UMKM Kabupaten Manokwari tahun 2016. Oleh karena itu, industry ini tidak memiliki IPAL untuk mengelola limbah cairnya. Industry tahu tempe Rizky juga tidak memiliki bak penampungan limbah cair sehingga limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai wosi. Limbah yang dihasilkan oleh industry tahu tempe Rizky terdiri dari limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa kulit kedelai dan ampas tahu. Ampas tahu yang dihasilkan tersebut dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai tambahan pada makanan ternak. Sedangkan kulit kedelai dibuang langsung ke sungai wosi bersama aliran air buangan industry tersebut.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN**

Penelitian dilakukan selama 6 bulan dari bulan Februari 2017 sampai dengan Agustus 2017. Lokasi pengambilan sampel kayu merbau berasal dari limbah kayu industri mebel Sinar Sowi yang beralamat di jalan poros Sowi 4 Manokwari. Industri mebel Sinar Sowi merupakan salah satu industri mebel yang menghasilkan limbah kayu merbau dalam jumlah yang sangat banyak. Limbah kayu merbau dari industri mebel ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar oleh masyarakat sehingga untuk meningkatkan nilai ekonomis dari limbah kayu merbau ini dapat dijadikan karbon aktif. Selanjutnya sampel limbah cair industri tahu tempe yang merupakan limbah organik diambil pada lokasi outlet (bak penampungan) industri tahu tempe Sukamaju dan industry tahu tempe Rizky di Kabupaten Manokwari. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari tahun 2013 kapasitas produksi harian industri tahu tempe Sukamaju sebanyak 200 kg kedelai dan industri tahu tempe Rizky sebanyak 400 kg kedelai.

Pada tahun 2017 diketahui kapasitas produksi harian industry tahu tempe Sukamaju sebanyak 400 kg kedelai dan industry tahu tempe Rizky sebanyak 800 kg kedelai. Peningkatan kapasitas produksi tahu tempe kedua industry ini meningkat akibat banyaknya permintaan tahu tempe oleh masyarakat di Kabupaten Manokwari. Pengambilan sampel limbah cair pada outlet industry tahu tempe Sukamaju dikarenakan pada tahun 2013 terdapat pengaduan masyarakat terkait dengan pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas industry tersebut (BLH Kabupaten Manokwari, 2013). Setelah diadakan pemeriksaan diketahui bahwa industri tahu tempe Sukamaju tidak melakukan pengolahan limbah cairnya sehingga menimbulkan pencemaran udara dan air. Pencemaran udara berupa timbulnya bau busuk dan pencemaran air berupa tingginya konsentrasi COD dalam limbah cair industri tersebut (Tabel 3). Konsentrasi COD



tersebut melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah sehingga tidak aman bagi lingkungan perairan.

Industri tahu tempe Sukamaju mengalirkan limbahnya melalui drainase yang mengalir ke hilir sungai wosi dan ke laut. Sehingga sangat berpotensi mencemari lingkungan perairan tersebut. Pengambilan sampel limbah cair juga diambil pada lokasi outlet industri tahu tempe Rizky. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari tahun 2013, industri tahu tempe Rizky merupakan industri tahu tempe yang memiliki kapasitas produksi harian paling tinggi dengan 400 kg kedelai dan pada tahun 2017 ini kapasitas produksi hariannya meningkat menjadi 800 kg kedelai. Dengan kapasitas produksi harian 400 kg kedelai, nilai COD limbah cair industri tahu tempe Rizky jauh melebihi baku mutu (Tabel 3). Dengan meningkatnya kapasitas produksi harian menjadi 800 kg kedelai, kemungkinan besar nilai COD juga akan meningkat. Akibatnya limbah cairnya sangat tidak aman untuk dibuang langsung ke lingkungan. Dengan semakin tingginya kapasitas produksi harian dan tidak adanya pengolahan limbah cairnya maka industri tahu tempe Rizky berpotensi sangat besar meningkatkan pencemaran lingkungan disekitar lokasi industri tersebut.

Lokasi penelitian selanjutnya adalah Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sulawesi Selatan. Di lokasi ini sampel kayu merbau yang telah diarangkan, digiling menggunakan mesin penggilingan ( *crusher* ) kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran – 100 + 150 mesh ( lolos 100 mesh, tertahan 150 mesh). Setelah diperoleh serbuk arang kayu merbau, selanjutnya arang kayu merbau tersebut diaktivasi secara kimia menggunakan HCl ( asam klorida ). Proses aktivasi ini dilakukan di Laboratorium Tanah Maros Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. Arang kayu merbau yang telah diaktivasi ini disebut sebagai karbon aktif kayu merbau. Karbon aktif kayu merbau kemudian diuji karakteristiknya di lokasi yang sama , yaitu di Laboratorium Tanah Maros Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan.

Lokasi penelitian selanjutnya adalah Laboratorium Kimia Universitas Papua. Pada lokasi ini dilakukan pengujian karakteristik limbah cair atau limbah organik (pengujian kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky.

Selain itu juga dilakukan pengujian terhadap daya serap atau adsorpsi karbon aktif kayu merbau terhadap limbah cair industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky dengan variasi konsentrasi aktivator HCl, variasi waktu kontak dan variasi volume limbah cair industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky.

Keseluruhan waktu dan tempat penelitian dapat dilihat dalam tabel 5 sebagai berikut :

**Tabel 5 Waktu Dan Tempat Penelitian**

No	Waktu Penelitian	Tempat Penelitian	Kegiatan Penelitian
1	16 Februari 2017	Industri Mebel Sinar Sowi	Pengambilan Sampel Kayu Merbau
2	18 Februari 2017	Rumah Peneliti	Penimbangan Sampel Kayu Merbau
3	19 Februari 2017	Rumah Peneliti	Pembuatan Arang Kayu Merbau dengan metode kiln drum
4	1 – 2 Maret 2017	Dinas Pertambangan Dan Energi Provinsi Sulawesi Selatan	Penggilingan Arang Kayu Merbau dan Pengayakan Serbuk Kayu Merbau dengan ayakan - 100 + 150 mesh
5	3 Maret 2017	Rumah Peneliti	Pembagian Serbuk Kayu Merbau menjadi 4 bagian untuk diaktivasi dengan HCl. Masing-masing bagian sebanyak 250 gram serbuk arang.
6	6 – 13 Maret 2017	Laboratorium Tanah Maros	Aktivasi Serbuk Arang Kayu Merbau dengan Variasi konsentrasi HCl (tanpa HCl, HCl 1M, HCl 2M dan HCl 3M)
7	14 – 20 Maret 2017	Laboratorium Tanah Maros	Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau (Kadar air, kadar abu dan daya serap I <sub>2</sub> )



8	19 Mei 2017	Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky	Pengambilan Sampel Limbah Cair
9	19 Mei 2017	Laboratorium Kimia Universitas Papua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pengujian Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky</li><li>- Pengujian Daya Serap atau Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau terhadap Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky dengan Variasi Konsentrasi Aktivator HCl</li></ul>
10	15 Juni 2017	Industri Tahu Tempe Sukamaju	Pengambilan Sampel Limbah Cair
11	15 Juni 2017	Laboratorium Kimia Universitas Papua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pengujian Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju.</li><li>- Pengujian Daya Serap atau Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau terhadap Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju dengan Variasi Waktu Kontak</li></ul>

12	19 Juni 2017	Industri Tahu Tempe Rizky	Pengambilan Sampel Limbah Cair
13	19 Juni 2017	Laboratorium Kimia Universitas Papua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pengujian Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Rizky.</li><li>- Pengujian Daya Serap atau Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau terhadap Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Rizky dengan Variasi Waktu Kontak</li></ul>
14	30 Agustus 2017	Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky	Pengambilan Sampel Limbah Cair
15	30 Agustus 2017	Laboratorium Kimia Universitas Papua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pengujian Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky.</li><li>- Pengujian Daya Serap atau Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau terhadap Karakteristik Limbah Cair (kadar BOD<sub>5</sub> dan COD) Industri Tahu Tempe Sukamaju dan Rizky dengan Variasi Volume Limbah Cair</li></ul>





### 3.2 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaleng karbonisasi (drum bekas), crusher, ayakan, neraca analitik, oven listrik, tanur listrik, desikator, stirer, cawan porselen yang bertutup, Erlenmeyer 250 ml, Erlenmeyer 500 ml, labu ukur 1000 ml, labu ukur 100 ml, gelas ukur 100 ml, gelas kimia, corong biasa, pipet tetes, pipet volume 10 ml, pipet volume 25 ml, corong pisah, buret 50 ml, cawan petri, spatula atau sendok, timbangan digital biasa, penangas air ( *hot plate* ), timbangan biasa, spektrofotometri Hach 3900, receiver GPS merk Trimble Juno 3B, stopwatch, gayung, kamera digital merk Sony dan botol sampel limbah cair.

Bahan yang digunakan adalah kayu merbau dari limbah mebel industri mebel Sinar Sowi, limbah cair dari industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky, larutan HCl 1M, 2M dan 3M, aquades, kertas saring biasa, tissue roll, reagen pillow Hach COD, kertas indikator pH, kertas label, larutan iodium 0.1 N, larutan tiosulfat 0.1 N, amilum 1%.

### 3.3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium. Dimana sampel yang ada dianalisis atau diuji di laboratorium dengan memberi perlakuan berupa variasi konsentrasi aktivator HCl pada karbon aktif kayu merbau, variasi waktu kontak karbon aktif kayu merbau dengan limbah cair atau limbah organik industri tahu tempe dan variasi volume limbah cair industri tahu tempe.

Pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling. Dari 10 (sepuluh) industri tahu tempe yang ada di Kota Manokwari, 2 (dua) industri tahu tempe yang limbahnya diambil sebagai sampel penelitian, yaitu industri tahu tempe Sukamaju dan industri tahu tempe Rizky. Pada tahun 2013 industri tahu tempe Sukamaju merupakan salah satu industri tahu tempe yang mendapatkan pengaduan dari masyarakat sekitarnya akibat pencemaran yang diakibatkan oleh aktivitas industri tersebut. Sedangkan industri tahu tempe Rizky merupakan industri tahu tempe yang memiliki kapasitas produksi harian paling tinggi diantara

industri tahu tempe lainnya, yaitu sebanyak 800 kg kedelai pada tahun ini. Tingginya kapasitas produksi harian industri ini dapat menimbulkan potensi pencemaran lingkungan yang tinggi akibat aktivitas industri tersebut. Oleh karena itu, kedua industri tahu tempe ini harus memiliki system atau cara untuk mengelola limbahnya agar aman bagi lingkungan sekitarnya. Sampel limbah cair diambil di outlet (bak penampungan limbah cair sebelum dibuang ke badan air) industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky.

Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah metode grab sampling, yaitu pengambilan sampel hanya dilakukan satu kali dan Teknik pengambilan sampel limbah cair menggunakan metode SNI 6989.59 – 2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah.

### 3.4 VARIABEL PENELITIAN

Variabel yang diamati adalah kandungan karakteristik limbah cair industri tahu tempe industri Sukamaju dan Rizky, yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Variabel operasional pada penelitian ini adalah konsentrasi aktivator HCl, waktu kontak, daya serap/ kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau dan volume limbah cair industri tahu tempe.

#### 3.4.1. Definisi Operasional Variabel

- a. Konsentrasi activator HCl adalah kadar HCl dalam molar yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau menjadi karbon aktif, dengan variasi konsentrasi 1M, 2M dan 3M.
- b. Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan oleh karbon aktif untuk menyerap polutan dalam limbah cair industri tahu tempe. Waktu kontak yang diberikan adalah selama 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit.
- c. Daya serap/ kapasitas adsorpsi karbon aktif adalah hasil bagi jumlah BOD<sub>5</sub> dan COD yang teradsorpsi dengan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan COD sebelum adsorpsi dikali 100%. Jumlah BOD<sub>5</sub> dan COD yang teradsorpsi oleh karbon

aktif kayu merbau dihitung dari selisih konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan COD sebelum dan sesudah adsorpsi yang dianalisis dengan metode APHA, 1995.

- d. Volume limbah cair industri tahu tempe adalah banyaknya sampel limbah cair industri tahu tempe dalam milliliter yang digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi optimum. Volume yang digunakan adalah 100 mL, 150 mL, 200 mL, 250 mL dan 300 mL.

### 3.5 PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.5.1 Pembuatan Karbon Aktif Kayu Merbau

##### a. Pembuatan Arang

kayu merbau dikeringkan di bawah sinar matahari selama kurang lebih 1 hari, setelah itu dimasukkan dalam kaleng yang sebelumnya pada bagian bawah kaleng dimasukkan sehelai kertas dan sabut kelapa, kemudian dibubuhi minyak tanah dan dibakar. Proses pembakaran (karbonisasi) dilakukan dengan teknik kiln drum, yaitu pembakaran dengan udara terbatas selama  $\pm 6 - 7$  jam.

##### b. Proses Penggilingan

Arang kayu merbau yang diperoleh digiling menggunakan crusher, setelah itu diayak menggunakan ayakan - 100 + 150 mesh (lolos 100 mesh, tertahan 150 mesh).

##### c. Aktivasi Karbon

Serbuk arang yang diperoleh dibagi 2 (dua) bagian, satu bagian tanpa aktivator (blanko) atau aktivasi fisik dengan suhu 700°C selama 3 jam dan satu bagian lainnya dibagi lagi menjadi tiga bagian. Kemudian masing-masing bagian ini dicampur dengan larutan HCl 1M, 2M dan 3M dengan perbandingan 1 : 10 (10 g arang dengan 100 ml larutan) dan dididihkan selama 1,5 jam. Selanjutnya arang tersebut didinginkan kemudian disaring dan dicuci hingga netral. Setelah itu, sampel dipindahkan ke dalam cawan yang memakai penutup dan dimasukkan dalam tanur listrik dan diaktivasi pada suhu 600°C selama 3 jam. Kemudian dicuci dengan air mendidih pada suhu 100°C selama 3 menit dan dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam (Manarisip, 1984 dalam Endah, 2005).



### 3.5.2 Pengujian Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau

#### a. Penetapan Kadar Air

Prosedur penetapan kadar air mengacu pada SNI 06 – 3730 – 1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Contoh uji (karbon aktif) sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam cawan porselin yang memiliki bobot konstan, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Kemudian dimasukkan ke dalam desikator selanjutnya ditimbang sampai bobotnya tetap dan ditentukan kadar airnya dalam persen (%).

Rumus perhitungan kadar air :

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

dimana : a = massa awal karbon aktif kayu merbau sebelum di oven (g)

b = massa akhir karbon aktif kayu merbau setelah di oven (g)

#### b. Penetapan Kadar Abu

Prosedur penetapan kadar abu mengacu pada SNI 06 – 3730 – 1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Cawan yang telah berisi 1 g karbon aktif pada uji penetapan kadar air, digunakan untuk mengukur kadar abu dengan cara memasukkan cawan porselen ini dalam tanur listrik dengan suhu  $600^\circ\text{C}$  selama 6 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga bobotnya konstan.

Rumus perhitungan kadar abu :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

dimana : a = massa awal karbon aktif sebelum di tanur (g)

b = massa akhir karbon aktif setelah di tanur (g)





c. Daya Serap terhadap I<sub>2</sub>

Prosedur penetapan daya serap terhadap I<sub>2</sub> mengacu pada SNI 06 – 3730 – 1995 tentang syarat mutu dan pengujian karbon aktif. Sampel karbon aktif yang telah kering oven ditimbang sebanyak ± 0.25 g dan dimasukkan kedalam labu Erlenmeyer. Kemudian sampel tersebut diberi 25 mL larutan iodium 0.1 N, selanjutnya diaduk dengan menggunakan stirrer selama ± 15 menit. Larutan yang telah diaduk kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan hasilnya dipipet 10 mL untuk titrasi menggunakan larutan tiosulfat 0.1 N. Selanjutnya ditambahkan 1 tetes amilum 1% kemudian dititrasi. Titrasi dilakukan hingga larutan sampel berubah warna menjadi bening.

Rumus perhitungan daya serap terhadap I<sub>2</sub> :

$$\frac{\left[ A - \frac{B \times N (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{N (\text{iodin})} \right]}{a} \times 126.93 \times \text{fp}$$

dimana : A = volume larutan iodine (mL)

B = volume natrium tiosulfat/ Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mL)

fp = faktor pengenceran

a = massa karbon aktif (g)

N (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = konsentrasi natrium tiosulfat (N)

N (iodin) = konsentrasi iodin (N)

126.93 = jumlah iodin sesuai 1 mL larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 3.5.3 Pengujian Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Tempe Dan Pengujian Daya Serap/ Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau Pada Limbah Cair Industri Tahu Tempe

3.5.3.1 Menurut Irmanto dan Suyata (2009), Uji nilai Biological Oxygen Demand (BOD) dalam limbah cair industri tahu tempe (APHA, 1995).

Pengukuran BOD dilakukan menggunakan metode titrasi winkler. Kemudian dapat ditentukan kadar BOD.

#### 1. Penentuan DO<sub>0</sub>

Pipet 10 ml sampel limbah cair industri tahu tempe kedalam labu ukur 100 ml, ditambahkan masing-masing 1 ml buffer fosfat, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, dan FeCl<sub>3</sub> kemudian encerkan dengan air suling sampai tanda batas. Pindahkan kedalam beker 1000 ml lalu aerasi selama 15 menit. Setelah itu dimasukkan kedalam botol winkler dan tutup. Tambahkan masing-masing 1 ml alkali azida dan MnSO<sub>4</sub> 10%, tutup lalu kocok dengan cara membolak-balikkan botol winkler. Dibiarkan selama 10 menit lalu dipindahkan ke Erlenmeyer. Selanjutnya tambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, kocok dan titrasi dengan larutan tiosulfat 0.025 N hingga kuning pucat (mendekati coklat muda). Kemudian tambahkan beberapa tetes amilum atau kanji 1 % (akan timbul warna biru) kemudian ditirasi sampai warna biru tepat hilang.

Rumus kadar oksigen terlarut (DO) :

$$\text{Kadar O}_2 \text{ terlarut (mg/L)} = \frac{(\text{V x N}) \text{ titran x } 8 \times 1000}{\text{V sampel}}$$

Dimana : V titran = Volume Tiosulfat/ Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mL)

N titran = Normalitas tiosulfat (N)

8 = Berat ekuivalen (BE) O<sub>2</sub>

1000 = mL perliter air

V sampel = Volume air limbah (mL)



## 2. Penentuan $DO_5$

Sampel yang telah diaerasikan pada pengerjaan  $DO_0$  dimasukkan kedalam botol winkler dan ditutup rapat (dijaga jangan sampai timbul rongga udara) kemudian disimpan selama 5 hari. Selanjutnya dititrasi dengan cara yang sama dengan penentuan  $DO_0$ . Rumus perhitungannya sama dengan perhitungan  $DO_0$ . Sehingga :

Rumus perhitungan  $BOD = DO_0 - DO_5$

### 3.5.3.2 Uji nilai Chemical Oxygen Demand (COD) dalam limbah cair industri tahu dan tempe menggunakan metode spektrofotometri

Pipet 10 ml sampel limbah cair (filtrate) kedalam kuvet. Kemudian ditambahkan reagen COD Hach kedalam kuvet dan dikocok perlahan agar homogen. Selanjutnya didiamkan sebentar, lalu sampel dimasukkan kedalam spektrofotometri untuk dilakukan pembacaan nilai COD. Spektrofotometri yang digunakan adalah Spektrofotometri Hach 3900 dimana pembacaan nilai COD berdasarkan panjang gelombangnya, yaitu 320 nm.

### 3.5.3.3 Pengujian/ penentuan konsentrasi optimum aktivator HCl

Pipet 100 ml sampel limbah cair (outlet) kedalam masing-masing Erlenmeyer 250 ml. Kemudian ditambahkan kedalam masing-masing Erlenmeyer tersebut 0.5gram karbon aktif yang diaktivasi fisik dan diaktivasi kimia dengan HCL 1M, 2M dan 3M. Selanjutnya distirer selama 30 menit lalu disaring. Filtrat masing-masing Erlenmeyer dibagi 3 untuk pengujian  $BOD_0$ ,  $BOD_5$  dan COD. Hal ini dilakukan sebanyak dua kali pengulangan (duplo).





#### 3.5.3.4 Pengujian/ penentuan waktu kontak optimum karbon aktif dengan limbah cair industri tahu tempe

Pipet 100 ml sampel limbah cair (outlet) kedalam masing-masing Erlenmeyer 250 ml. Kemudian ditambahkan kedalam masing-masing Erlenmeyer tersebut 0.5gram karbon aktif yang menghasilkan daya serap optimum pada langkah diatas. Selanjutnya distirer selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Lalu disaring, filtrat pada masing-masing Erlenmeyer dibagi tiga bagian untuk pengujian BOD<sub>0</sub>, BOD<sub>5</sub> dan COD. Hal ini dilakukan dua kali pengulangan (duplo).

#### 3.5.3.5 Pengujian/ penentuan kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dengan variasi volume limbah cair industri tahu tempe

Pipet 100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml dan 300 ml sampel limbah cair (outlet) kedalam masing-masing erlenmeyer 500 ml. Kemudian kedalam masing-masing Erlenmeyer tersebut ditambahkan karbon aktif pada langkah diatas sebanyak 0.5 gram, lalu distirer selama waktu optimum yang telah dihasilkan pada langkah diatas. Selanjutnya disaring dan filtrate masing-masing Erlenmeyer tersebut dibagi 3 bagian untuk dilakukan pengujian BOD<sub>0</sub>, BOD<sub>5</sub> dan COD. Hal ini dilakukan dua kali pengulangan (duplo).

### 3.6 ANALISIS DATA

Penelitian ini menggunakan metode statistik analisis ragam atau ANOVA dalam aplikasi SPSS. SPSS merupakan program komputer yang dipakai untuk analisis statistik. Sedangkan ANOVA atau analisis varians/ ragam merupakan suatu metode analisis statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan rata-rata atau pengaruh antar kelompok dan prosedur terkait. Dalam penelitian ini data yang dihasilkan dikelompokkan berdasarkan varians/ ragam sampel. Dimana sampel limbah cair terbagi atas tiga pengujian daya serap karbon aktif, yaitu pengujian daya serap karbon aktif dengan variasi konsentrasi activator HCl,

pengujian daya serap karbon aktif dengan variasi waktu kontak karbon aktif dengan limbah cair dan pengujian kapasitas adsorpsi karbon aktif dengan variasi volume limbah cair yang digunakan. Ketiga pengujian ini diulang dua kali (duplo).

Hipotesis yang digunakan adalah :  $H_0$ , apabila tidak ada perbedaan nyata atau pengaruh antara perlakuan dan hasil penelitian. Dan  $H_1$ , apabila ada perbedaan nyata atau pengaruh antara perlakuan dan hasil penelitian. Diterima atau ditolaknya hipotesis ini dilihat dari nilai signifikansinya ( $p$ ) yang dimasukkan kedalam aplikasi SPSS. Apabila nilai  $p < \alpha = 0.05$ , maka hipotesis  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Sebaliknya apabila nilai  $p > \alpha = 0.05$ , maka hipotesis  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 HASIL PENELITIAN

##### 4.1.1 Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau Setelah Diaktivasi

Serbuk arang kayu merbau sebanyak 1 kg dibagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama ditimbang sebesar 250 g untuk diaktivasi fisik. Sedangkan bagian kedua ditimbang sebesar 750 g. Bagian kedua ini kemudian dibagi menjadi tiga bagian untuk diaktivasi kimia. Masing-masing bagian tersebut terbagi 250 gr serbuk arang, sehingga keseluruhan serbuk arang kayu merbau diaktivasi masing-masing sebagai berikut :

- I. Bagian pertama, 250 g serbuk arang kayu merbau diaktivasi secara fisik dengan pemanasan pada suhu 700°C.
- II. Bagian kedua, 250 g serbuk arang kayu merbau diaktivasi secara kimia dengan HCl 1M.
- III. Bagian ketiga, 250 g serbuk arang kayu merbau diaktivasi secara kimia dengan HCl 2M.
- IV. Bagian keempat, 250 g serbuk arang kayu merbau diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M.

Setelah keempat bagian ini diaktivasi maka serbuk arang kayu merbau tersebut dikenal sebagai karbon aktif dan sisa berat karbon aktif masing-masing bagian adalah sebagai berikut : I. 15 gram ; II. 18 gram ; III. 26 gram dan IV. 19 gram. Kemudian karbon aktif ini diuji karakteristiknya.

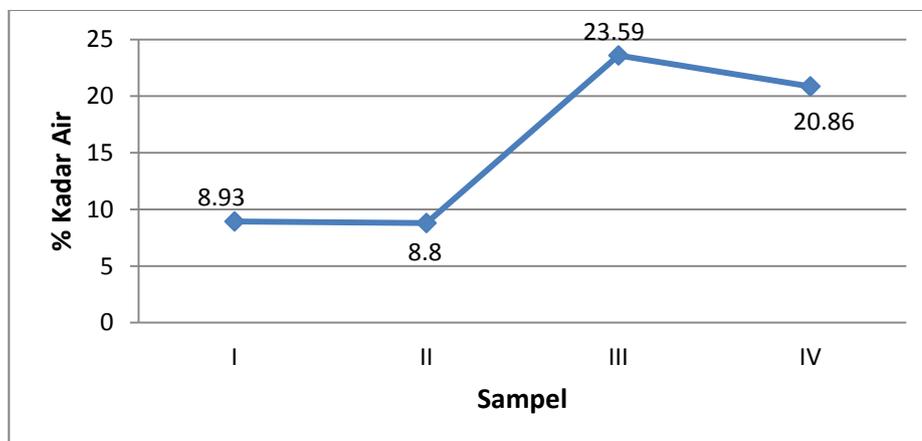
Pengujian karakteristik karbon aktif kayu merbau terdiri dari pengujian kadar air, kadar abu dan daya serap I<sub>2</sub>. Hasil pengujian karakteristik karbon aktif kayu merbau dapat dilihat dalam Tabel 6.



**Tabel 6 Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau**

Sampel	Hasil Pengujian			
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Daya Serap I <sub>2</sub> (mg/g)	Daya Serap I <sub>2</sub> (%)
I. Karbon aktif yang diaktivasi secara fisik dgn pemanasan 700°C	8.93	8.93	122	6.1
II. Karbon Aktif yang diaktivasi dengan [HCl 1M]	8.80	0.65	477	23.85
III. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 2M]	23.59	0.78	680	34
IV. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 3M]	20.86	0.99	781	39.05

Sampel penelitian berupa karbon aktif kayu merbau dengan berbagai jenis variasi konsentrasi aktivator HCl dalam Tabel 6 memiliki karakteristik seperti kadar air, kadar abu dan daya serap I<sub>2</sub>. Pengujian kadar air karbon aktif kayu merbau bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif tersebut.



Gambar 4 Kurva Hubungan Kadar Air Sampel Dengan Metode Aktivasi

Menurut SNI 06 – 3730 – 1995 (Tabel 4), syarat mutu kadar air karbon aktif adalah maksimal 15%. Arang kayu merbau yang diaktivasi secara fisik (sampel I) diperoleh kadar air sebesar 8.93%. Nilai ini memenuhi persyaratan dalam SNI karena berada dibawah 15%. Sedangkan arang kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 1M (sampel II), diperoleh kadar air sebesar

8.8 %. Nilai ini juga memenuhi persyaratan karbon aktif dalam SNI karena masih berada dibawah 15%. Dari hasil ini terlihat bahwa arang kayu merbau yang diaktivasi secara fisik (sampel I) memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan dengan arang kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 1M (sampel II). Hal ini menunjukkan bahwa aktivator HCl memiliki sifat higroskopis, dimana HCl dapat mengikat uap air di udara sehingga uap air tersebut tidak terikat pada permukaan karbon aktif.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Pari (2004) bahwa bahan pengaktif yang bersifat higroskopis dapat menurunkan kadar air. Namun pada arang kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 2M (sampel III), kadar airnya meningkat tajam menjadi 23.59% dan melebihi ambang batas persyaratan karbon aktif yang kadar airnya maksimal 15%.

Peningkatan konsentrasi aktivator HCl menjadi 2M (sampel III) sangat mempengaruhi sifat higroskopis karbon aktif kayu merbau tersebut terhadap uap air dan molekul air pada waktu pembilasan karbon aktif. Semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka semakin banyak air yang digunakan untuk membilas karbon aktif agar diperoleh kondisi karbon aktif dengan pH netral. Sehingga molekul-molekul air akan terikat dengan seluruh atom karbon yang telah diaktivasi. Selain itu dengan semakin tingginya konsentrasi aktivator HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau, maka proses pelarutan tar sisa karbonisasi dan mineral organik pada permukaan arang akan lebih optimal, sehingga pori-pori yang dihasilkan akan semakin banyak.

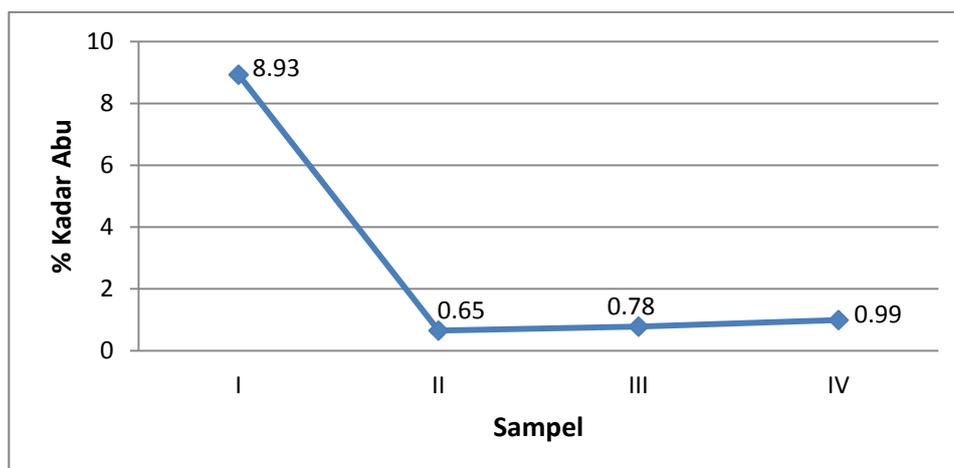
Bertambahnya pori-pori mengakibatkan sifat higroskopis karbon aktif menjadi meningkat. Gambar 4 diatas menunjukkan bahwa arang kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M (sampel IV) nilai kadar airnya lebih kecil dibandingkan dengan sampel III. Hal ini berarti dalam sampel III telah terjadi keseimbangan higroskopis atau keadaan tepat jenuh sehingga nilai kadar airnya dalam kondisi maksimal. Setelah keseimbangan terjadi, penambahan konsentrasi HCl pada sampel IV menyebabkan turunnya nilai kadar air. Hal ini berarti sifat higroskopis sampel IV juga mengalami penurunan.



Menurut Tsoumis (1991), Sifat higroskopis menyebabkan arang aktif pada kondisi dan kelembaban tertentu akan mencapai keseimbangan kadar air, keseimbangan kadar air ini merupakan ukuran higroskopisitas. Selain itu menurut Hendaway (2003) dalam Emmy Sahara, *et al.*, (2017) kadar air sangat dipengaruhi oleh jumlah uap air diudara, lama proses pendinginan dan sifat higroskopis dari arang tersebut. Menurut Prastiwi (2014) kadar air yang terkandung dalam karbon aktif juga dipengaruhi oleh jumlah uap air diudara, lama proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan.

Pengujian karakteristik selanjutnya adalah kadar abu. Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak menguap pada proses pengabuan (Laos, *et al.*, 2016). Dalam Tabel 6 diatas hasil pengujian kadar abu karbon aktif kayu merbau semakin rendah dengan aktivasi kimia, yaitu penambahan konsentrasi HCl dalam sampel arang kayu merbau. Kadar abunya berada jauh dibawah SNI sehingga karbon aktif kayu merbau memenuhi persyaratan karbon aktif. Rendahnya kadar abu karbon aktif ini membuat kualitas karbon aktif kayu merbau menjadi sangat bagus.

Dengan metode aktivasi terhadap kandungan kadar abu karbon aktif kayu merbau disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Kurva Hubungan Kadar Abu Sampel Dengan Metode Aktivasi



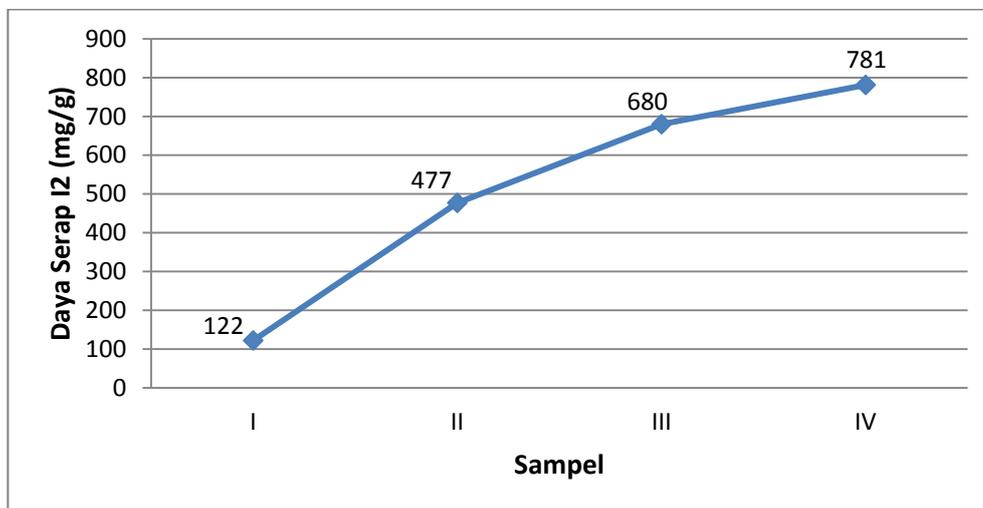
Perbedaan metode aktivasi arang kayu merbau dalam menentukan kadar abu menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan (Gambar 5). Arang kayu merbau yang diaktivasi secara fisik (sampel I) memiliki kadar abu sebesar 8.93%. Sedangkan arang kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan penambahan HCl 1 M (sampel II) memiliki kadar abu sebesar 0.65%.

Nilai - nilai tersebut masih dibawah persyaratan SNI, yaitu 10% sehingga karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi ini memenuhi persyaratan karbon aktif sehingga memiliki kualitas yang baik. Penambahan HCl 1M menghasilkan kadar abu karbon aktif kayu merbau menjadi sangat kecil, yaitu 0.65% dan berada sangat jauh dibawah persyaratan karbon aktif sehingga karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi dengan HCl 1M (sampel II) memiliki kualitas yang jauh lebih bagus dibandingkan dengan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi fisik (sampel I).

Penggunaan HCl untuk mengaktivasi arang kayu merbau sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar abu karbon aktif kayu merbau karena aktivator HCl merupakan salah satu asam kuat yang mampu mengikat atau melarutkan zat-zat pengotor pada permukaan karbon aktif kayu merbau kemudian menguap atau hilang selama proses pengabuan. Zat-zat pengotor tersebut dapat berupa tar, oksida logam dan mineral-mineral lainnya yang terbentuk selama proses karbonisasi. Oleh karena itu, permukaan karbon aktif kayu merbau menjadi terbuka dan luas permukaan karbon aktif akan semakin besar sehingga kemampuan karbon aktif ini semakin besar untuk menyerap substrat baik berupa gas ataupun cairan.

Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan untuk mengaktivasi sampel maka kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi (Gambar 5). Peningkatan kadar abu dapat terjadi akibat terbentuknya garam-garam mineral pada saat proses pengabuan yang bila dilanjutkan akan membentuk partikel-partikel halus dari mineral garam tersebut. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan bahan mineral yang terdapat didalam bahan awal biomassa pembuat karbon (Laos, *et al.*, 2016).

Pengujian karakteristik karbon aktif kayu merbau selanjutnya adalah daya serap I<sub>2</sub> (iodin). Penentuan daya serap iodin bertujuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif (Jankowska, *et al.*, 1991 ; Sahara, *et al.*, 2017). Menurut Budiono, *et al.*, (2009) dalam Prastiwi (2014), daya serap iodin ditunjukkan dengan besarnya bilangan iod, yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Daya serap iodin berkorelasi dengan luas permukaan karbon aktif karena semakin besar daya serap iod maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi larutan atau substrat tersebut.



Gambar 6 Kurva Daya serap I<sub>2</sub> Tiap Sampel

Daya serap I<sub>2</sub> menurut SNI adalah minimal 750 mg/g (Tabel 4), sedangkan pada penelitian ini yang memenuhi persyaratan karbon aktif adalah karbon/ arang yang diaktivasi dengan HCl 3M, yaitu 781 mg/g. Sedangkan untuk karbon yang diaktivasi dengan aktivasi fisik, HCl 1M dan HCl 2M tidak memenuhi persyaratan karbon aktif karena nilai daya serap I<sub>2</sub>nya dibawah dari ketentuan yang dipersyaratkan (Tabel 6 dan Gambar 6).

Daya serap I<sub>2</sub> yang ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 6 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan untuk merendam karbon aktif, maka daya serap I<sub>2</sub> semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi HCl 3M efektif untuk menghilangkan oksida-oksida logam dan kotoran lain yang



menempel pada permukaan karbon, sehingga pori-pori pada permukaan karbon lebih terbuka untuk menyerap adsorbat.

Perbedaan karakteristik karbon aktif kayu merbau oleh beberapa peneliti dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7 Perbandingan Karakteristik Karbon Aktif Kayu Merbau Dari Hasil Penelitian Dan Literatur**

Peneliti ; Tahun penelitian	Karakteristik Kayu Merbau		
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Daya Serap I <sub>2</sub> (%)
Juliandini dan Trihadiningrum ; 2008	5.12	1.8	26.85
Hanun ; 2014	6.67	0.45	
Noor Endah S.N. Syachrul ; 2017	1. Aktivasi fisik = 8.93 2. Aktivasi kimia [HCl 3M] = 20.86	1. Aktivasi fisik = 8.93 2. Aktivasi kimia [HCl 3M] = 0.99	1. Aktivasi fisik = 6.10 2. Aktivasi kimia [HCl 3M] = 39.05

Dalam penelitian ini yang menjadi indikator karbon aktif yang baik adalah karbon aktif yang di aktivasi secara kimia dengan HCl 3M karena pada Tabel 6 ditunjukkan bahwa karbon aktif tersebut memiliki kadar abu yang rendah dan daya serap I<sub>2</sub> yang tinggi. Nilai kadar abu karbon aktif adalah 0.99% dan nilai daya serap I<sub>2</sub> karbon aktif adalah 39.05%. Kedua nilai ini memenuhi standar teknis karbon aktif yang dipersyaratkan (Tabel 2), sehingga karbon aktif yang di aktivasi secara kimia dengan HCl 3M inilah yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai COD dan BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industry tahu tempe.

## **4.2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky Dan Sukamaju**

### **4.2.2.1 Variasi Konsentrasi Aktivator HCl**

Pengujian yang dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi aktivator HCl maka massa karbon aktif, waktu kontak dan volume limbah cair industri tahu tempe dibuat konstan atau tetap agar tidak mempengaruhi hasil pengujian dan ketiga faktor ini dapat diabaikan. Massa karbon aktif yang digunakan adalah 0.5 gram, waktu kontak antara keempat bagian karbon aktif diatas dengan limbah cair masing-masing adalah 30 menit dan volume limbah cair yang digunakan adalah 100 ml.

Limbah cair industri tahu tempe merupakan limbah cair organik karena bahan baku untuk membuat tahu tempe adalah kedelai yang tinggi akan protein. Hal ini akan mempengaruhi nilai konsentrasi atau kadar parameter-parameter fisik maupun kimia yang terkandung dalam limbah cair organik ini.

Karakteristik limbah cair kedua industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky (Lampiran 1) sangat jauh melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Tabel 2), yaitu untuk parameter BOD<sub>5</sub> adalah 150 mg/l dan parameter COD adalah 300 mg/l. Selain Parameter BOD<sub>5</sub> dan COD, parameter pH limbah cair industri tahu tempe Rizky berada dibawah baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu 6-9. Adanya perbedaan pH limbah cair industri tahu tempe antara industri Sukamaju dan Rizky menunjukkan bahwa penggunaan asam asetat (cuka) dalam proses pembuatan tahu kedua industri berbeda dan sangat berpengaruh terhadap konsentrasi pH dalam limbah cairnya. Banyaknya air cuka yang digunakan juga mempengaruhi proses penggumpalan protein sehingga proses pembuatan tahu dapat berlangsung cepat dan juga dapat mempengaruhi tekstur serta rasa tahu. Tahu lebih padat dan sangat sedikit yang pecah atau hancur sehingga produk tahu yang dihasilkan menarik untuk dikonsumsi masyarakat namun disisi lain terasa sedikit asam. Hal ini terlihat jelas pada tektur tahu industri Rizky lebih padat dan bagus dibandingkan dengan industri Sukamaju yang teksturnya lembut dan mudah pecah atau hancur. Tingginya air cuka yang digunakan oleh industri tahu tempe Rizky menyebabkan limbah cairnya bersifat asam. Apabila pH terlalu rendah



maka akan terjadi penurunan oksigen terlarut serta dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dan makhluk hidup lainnya (BPPT, 1997). Air yang mempunyai pH rendah membuat air tersebut bersifat korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi yang kontak dengan air (Effendi, 2003). Selain itu, kondisi pH yang sangat rendah dalam limbah cair industri tahu tempe Rizky dapat menimbulkan bau busuk dan akan sangat mengganggu aktivitas produksi tahu tempe di industri tersebut. Industri ini tidak memiliki bak penampungan limbah cair sehingga tidak menimbulkan bau busuk didalam lokasi industri karena limbah cair yang bersifat asam ini langsung dibuang ke sungai wosi sehingga dapat mencemari sungai wosi.

Selanjutnya nilai konsentrasi atau kadar BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair kedua industri tahu tempe memiliki nilai yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat banyak senyawa organik dalam limbah cair, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik tersebut (Zulkifli dan Ami, 2001). Fadli (2011) mengemukakan bahwa BOD<sub>5</sub> adalah banyaknya oksigen (mg) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air limbah selama pengerasan ( $5 \times 24$  jam pada suhu 20°C). Apabila ketersediaan oksigen dalam limbah cair sedikit maka akan menimbulkan kondisi anaerob yang menyebabkan limbah cair industri tahu tempe mengeluarkan bau busuk dan dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup dilingkungan sekitar kedua industri tahu tempe, yaitu badan air sungai wosi dan laut wosi.

Karakteristik limbah cair industri tahu tempe selanjutnya adalah parameter COD. Nilai konsentrasi atau kadar COD dalam limbah cair kedua industri tahu tempe adalah sangat tinggi (Lampiran 1). Dalam kondisi pH normal, kandungan COD dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju adalah 1462 mg/l dan dalam kondisi pH rendah, kandungan COD dalam limbah cair industri tahu tempe Rizky adalah 1831 mg/l. Rendahnya pH limbah cair industri tahu tempe Rizky sangat mempengaruhi nilai CODnya yang meningkat signifikan dibandingkan dengan nilai COD industri tahu tempe Sukamaju. Menurut Wardana (2004), COD disebut juga sebagai kebutuhan oksigen kimiawi, merupakan jumlah oksigen yang



dibutuhkan oleh oksidator (Kalium Dikromat) untuk mengoksidasi seluruh material baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air. Jika kandungan senyawa organik maupun anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol, sehingga tumbuhan air, ikan, dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen akan mati.

Pengukuran COD diperlukan untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap zat organik yang sukar dihancurkan secara oksidasi. Oleh karena itu dibutuhkan pereaksi oksidator yang kuat dalam suasana asam, yaitu kalium dikromat (Fachrurozi, 2010). Tingginya kandungan zat organik dalam limbah cair kedua industri ini menyebabkan kandungan COD sangat tinggi dan terdapat juga kondisi pH yang rendah mengakibatkan makin buruknya kualitas limbah cair industri tahu tempe.

Dengan kondisi seperti ini maka kedua industri tahu tempe tersebut harus mengelola limbah cairnya sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya (sungai wosi dan laut wosi). Salah satu cara untuk mengelola limbah cair adalah dengan penggunaan karbon aktif. Dalam penelitian ini digunakan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi fisik dan kimia menggunakan larutan HCl 1M, 2M dan 3M. Dari hasil penelitian menunjukkan (Lampiran 1) bahwa terjadi penurunan nilai konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan COD yang sangat besar dalam limbah cair kedua industri tahu tempe tersebut. Semakin besar konsentrasi HCl yang diberikan untuk mengaktivasi arang kayu merbau menjadi karbon aktif kayu merbau maka nilai BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industri tahu tempe tersebut menjadi semakin kecil. Nilai ini jauh dibawah baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Tabel 2), yaitu untuk parameter BOD<sub>5</sub> adalah 150 mg/l dan parameter COD adalah 300 mg/l, sehingga limbah cair industri Sukamaju dan Rizky menjadi aman dan dapat dibuang langsung ke lingkungan atau badan air. Hal ini berarti karbon aktif kayu merbau sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi atau kadar BOD<sub>5</sub> dan COD.

Besarnya daya serap karbon aktif kayu merbau atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju dapat dilihat dalam Tabel 8 dan Lampiran 4.



**Tabel 8 Daya Serap Karbon Aktif (%) Kayu Merbau Terhadap Parameter BOD<sub>5</sub> Dan COD Limbah Cair Industri Tahu Tempe Dengan Variasi Konsentrasi HCl**

Sampel	Rizky		Sukamaju (SKMJ)	
	Daya Serap (%)			
	COD	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>
II. Karbon aktif yang diaktivasi fisik dengan pemanasan 700°C (tanpaHCl)	25.94	43.21	82.42	70.44
III. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 1M]	27.25	40.99	85.77	74.31
IV. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 2M]	47.08	50.86	86.94	73.20
V. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 3M]	53.19	51.36	87.76	75.69

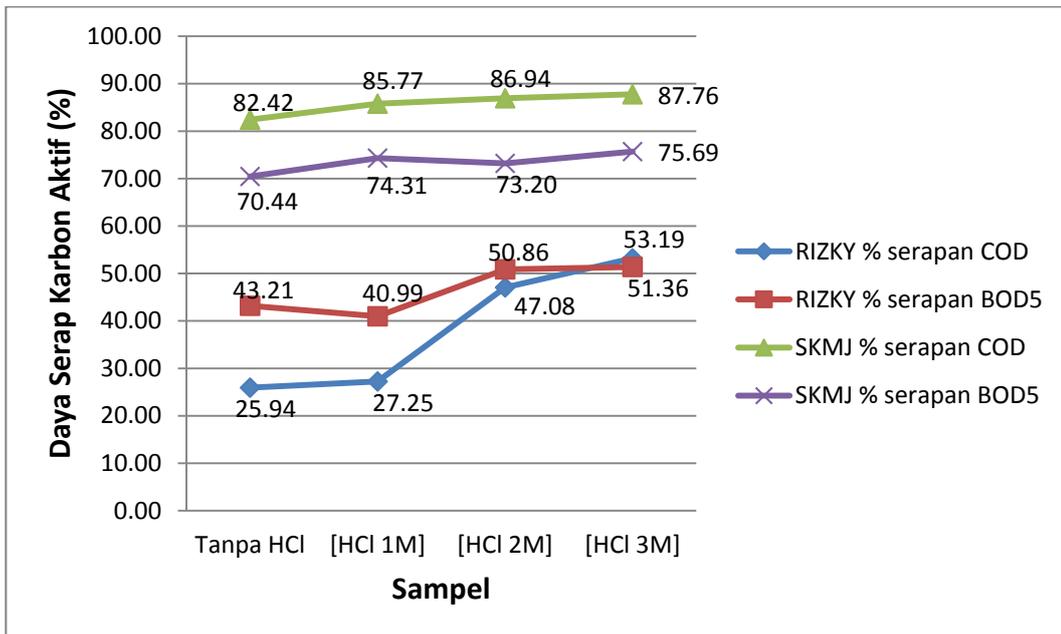
Tabel 8 diatas menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif (%) untuk nilai BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju lebih tinggi dibandingkan dengan industri tahu tempe Rizky. Dalam sampel II, yaitu karbon aktif diaktivasi fisik atau diaktivasi tanpa karbon aktif menghasilkan BOD<sub>5</sub> yang diserap dari limbah cair industri tahu tempe Sukamaju adalah sebanyak 70.44% sedangkan BOD<sub>5</sub> yang diserap dari limbah cair industri tahu tempe Rizky sebanyak 43.21%. Selain itu, COD yang diserap dari limbah cair industry tahu tempe Sukamaju juga lebih tinggi dibandingkan dengan COD yang diserap dari limbah cair industri tahu tempe Rizky. COD yang diserap dari limbah cair industry tahu tempe Sukamaju sebesar 82.42% dan COD yang diserap dari limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah sebesar 25.94%. Hal ini juga terjadi pada sampel III sampai dengan sampel V. Adanya perbedaan daya serap karbon aktif dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky disebabkan oleh adanya perbedaan pH dari limbah cair kedua indutri tersebut. Limbah cair indutri tahu tempe Sukamaju memiliki pH adalah 7.3, sedangkan pH limbah cair industri tahu tempe Rizky adalah 4.8 (Lampiran 1).

Dalam kondisi pH netral, daya serap karbon aktif kayu merbau sangat optimal atau meningkat dalam mengadsorpsi zat (BOD<sub>5</sub> dan COD). Untuk pH rendah kemampuan daya serap karbon aktif menjadi menurun. Asam asetat (cuka) yang

digunakan dalam proses produksi tahu merupakan salah satu asam organik yang terdapat dalam limbah cair industri tahu tempe. Tingginya pemakaian asam ini diketahui dari nilai pH yang rendah dalam limbah industri tahu tempe Rizky, yaitu sebesar 4.8. Rendahnya nilai pH seharusnya meningkatkan kemampuan daya serap karbon aktif. Namun adanya zat-zat kompetitor lain seperti ion-ion  $H^+$ , ion-ion asetat,  $BOD_5$ , COD dan TSS dalam limbah cair tersebut membuat adsorpsi menjadi rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sulistiowati dan Ulfin (2012) ; Tatra (2014), adanya kompetitor lain dalam limbah cair menyebabkan penyerapan terhadap suatu zat menjadi rendah. Disisi lain, industri tahu tempe Sukamaju yang pH limbah cairnya netral menyebabkan kemampuan adsorpsinya meningkat karena zat atau substrat  $BOD_5$  dan COD semakin banyak yang terikat pada karbon aktif selain substrat-substrat lain seperti kation dan anion.

Menurut Notodarmojo (2005) dalam Tatra (2014), pada umumnya pH tinggi akan meningkatkan daya adsorpsi untuk adsorpsi kation. Sehingga dapat mempengaruhi daya adsorpsi karbon aktif dalam limbah cair tahu tempe Sukamaju.

Hubungan daya serap karbon aktif dengan nilai  $BOD_5$  dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dan Rizky dapat dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7 Daya serap Karbon Aktif Kayu Merbau (%) dengan variasi konsentrasi HCl terhadap Parameter BOD<sub>5</sub> dan COD.

Peningkatan konsentrasi HCl hingga 3M untuk mengaktivasi karbon aktif kayu merbau dapat meningkatkan atau menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam air limbah. Daya serap karbon aktif tertinggi atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> tertinggi pada limbah cair industri tahu tempe Sukamaju adalah sebesar 87.79% dengan penggunaan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M. Daya serap karbon aktif atau penurunan kadar COD tertinggi dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju adalah sebesar 75.69% dengan penggunaan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M. Sedangkan daya serap karbon aktif tertinggi atau penurunan BOD<sub>5</sub> tertinggi pada limbah cair industri tahu tempe Rizky adalah sebesar 51.36% dengan penggunaan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M. Daya serap karbon aktif tertinggi atau penurunan kadar COD tertinggi dalam limbah cair industri tahu tempe Rizky adalah sebesar 53.18% dengan penggunaan karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M.



#### 4.2.2.2 Variasi Waktu Kontak Karbon Aktif Dengan Limbah Cair

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memvariasikan waktu kontak antara karbon aktif kayu merbau dengan limbah cair industri tahu tempe Sukamaju dan Rizky. Sampel pengujian pada tahap ini adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl 3M dari pengujian sebelumnya. Banyaknya sampel yang dibutuhkan untuk tiap bagian masing-masing sebanyak 0.5 gram dengan volume limbah cair sebanyak 100 ml, waktu kontak yang divariasikan adalah 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Hasil pengujian pada tahap ini disajikan pada Lampiran 2.

Hasil tersebut diketahui bahwa kondisi pH dalam kedua industri tahu tempe adalah kondisi netral dan telah memenuhi persyaratan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Pemerintah. Sampel I merupakan limbah cair industri tahu tempe sebelum di adsorpsi dengan karbon aktif. Nilai COD dan BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industri tahu tempe Rizky berada sangat tinggi dan jauh dari baku mutu yang telah ditetapkan. Dengan kondisi seperti ini industri tahu tempe Rizky harus mengelola limbah cairnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

Nilai COD dan BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan baku mutu yang telah dipersyaratkan. Namun, nilai ini masih sangat jauh dengan industri tahu tempe Rizky. Menurut Sawyer *et al* (2003) menyatakan bahwa nilai BOD suatu perairan dipengaruhi oleh jumlah bahan organik dan bahan pencemar dalam perairan tersebut. Semakin banyak jumlah bahan organik dan bahan pencemar maka nilai BOD akan semakin meningkat, sebaliknya jika bahan organik dan bahan pencemar yang terkandung dalam perairan berjumlah sedikit maka nilai BOD pun akan kecil. Dan nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk merombak bahan organik menjadi karbondioksida, air dan ammonia. Semakin banyak jumlah bahan organik dalam limbah cair maka nilai COD akan semakin meningkat dan mengindikasikan adanya pencemaran lingkungan. Pernyataan diatas sesuai dengan kondisi kedua industri tahu tempe, yaitu kapasitas produksi harian industri tahu tempe Rizky jauh lebih tinggi dibandingkan kapasitas produksi harian industri tahu tempe Sukamaju.



Industri tahu tempe Rizky sampai saat ini kapasitas produksinya adalah 800 kg kedelai per hari. Sedangkan industri tahu tempe Sukamaju sampai saat ini kapasitas produksi hariannya sebesar 400 kg kedelai per hari.

Karakteristik limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju setelah penggunaan karbon aktif kayu merbau atau setelah adsorpsi diketahui dari besarnya daya serap karbon aktif kayu merbau atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair kedua industry tahu tempe tersebut. Hal ini dapat dilihat dalam Tabel 9.

**Tabel 9 Daya Serap Karbon Aktif (%) Kayu Merbau terhadap parameter BOD<sub>5</sub> dan COD Dengan Variasi Waktu Kontak**

Waktu Kontak	Rizky		Sukamaju (SKMJ)	
	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>	COD
30 menit	89.18	88.30	80.44	77.12
60 menit	37.36	34.91	42.22	36.41
90 menit	36.81	35.41	20.00	22.69
120 menit	40.11	39.88	39.78	55.38

Daya serap karbon aktif tertinggi (%) atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD tertinggi pada limbah cair industri tahu tempe Rizky dan Sukamaju adalah saat waktu kontak 30 menit. Daya serap karbon aktif terendah (%) atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> terendah pada limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah saat waktu kontak 90 menit. Kemudian untuk penurunan kadar CODnya saat waktu kontak 60 menit. Selanjutnya daya serap karbon aktif terendah (%) atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD terendah pada limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah saat waktu kontak 90 menit.

Semakin lama waktu kontak karbon aktif dengan limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju, maka daya serap karbon aktif tersebut akan semakin menurun (Tabel 9). Namun daya serap karbon aktif meningkat kembali dengan penambahan waktu kontak. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki titik jenuh adsorpsi dan bersifat sementara. Waktu kontak 90 menit merupakan waktu kontak dengan daya serap karbon aktif terendah atau saat 90 menit karbon



aktif mengalami titik jenuh adsorpsi. Setelah jenuh, karbon aktif menunjukkan peningkatan daya serapnya saat waktu kontak 120 menit.

#### **4.2.2.3 Variasi Volume Limbah Cair Industri Tahu tempe Rizky Dan Sukamaju**

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan memvariasikan volume limbah cair industri tahu tempe Rizky dan Sukamaju. Sampel pengujian ini adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan HCl 3M dan waktu kontak yang digunakan adalah 30 menit. Banyaknya sampel karbon aktif yang dibutuhkan untuk tiap bagian masing-masing sebanyak 0.5 gram. Volume limbah cair yang divariasikan adalah 100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml dan 300 ml. Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair setelah proses adsorpsi disajikan pada Lampiran 3.

Karakteristik limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju sebelum adsorpsi dengan karbon aktif adalah kedua limbah cair tersebut memiliki pH yang masih berada dibawah baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 6 – 9. Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair kedua industry tersebut berada diatas baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu nilai BOD<sub>5</sub> sebesar 150 mg/l dan COD sebesar 300 mg/l. Kadar BOD<sub>5</sub> kedua industry tersebut adalah sebesar 500 mg/l dan kadar COD kedua industry tersebut adalah sebesar 1000 mg/l.

Karakteristik limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju setelah proses adsorpsi dihasilkan kadar BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industry tahu tempe Rizky menjadi 496 mg/l dengan volume 100 ml, kadar CODnya menjadi 857 mg/l dengan volume 100 ml. Kadar BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju menjadi 88 mg/l dengan volume 100 ml dan kadar CODnya menjadi 179 mg/l.

Penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe setelah proses adsorpsi menunjukkan kemampuan karbon aktif kayu merbau dalam mengadsorpsi zat atau bahan organic. Untuk mengetahui besarnya daya serap karbon aktif ini dapat dilihat pada Tabel 10.



**Tabel 10 Pengaruh Volume Limbah Cair Terhadap Daya Serap (%) Karbon Aktif Kayu Merbau**

Volume Limbah Cair	Rizky		Sukamaju (SKMJ)	
	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>	COD
100 ml	0.80	14.30	82.4	82.10
150 ml	28.60	10.90	53.2	30.80
200 ml	16.40	2.50	47.2	31.10
250 ml	60.60	25.50	45.2	34.80
300 ml	29.2	11.80	39	30.90

Daya serap karbon aktif kayu merbau (%) terendah terhadap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah sebesar 0.80% pada volume limbah 100 ml. Daya serap karbon aktif kayu merbau (%) terendah terhadap COD limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah sebesar 2.50% pada volume limbah 200 ml. Sedangkan daya serap tertinggi terhadap BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah dengan penggunaan volume limbah 250 ml.

Daya serap karbon aktif kayu merbau (%) tertinggi limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dengan volume limbah 100 ml, yaitu masing-masing sebesar 82.4% dan 82.10%. Tabel 10 juga menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif (%) dalam limbah cair industry tahu tempe Rizky lebih rendah dibandingkan daya serap karbon aktif dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju.

Rendahnya daya serap karbon aktif kayu merbau dalam limbah cair industry tahu tempe Rizky disebabkan oleh tingginya suhu limbah cair tersebut, yaitu sebesar 34°C. Hal ini sesuai dengan Sulistyani *et al.* 2013 bahwa salah satu factor yang dapat mempengaruhi adsorpsi karbon aktif adalah suhu. Dimana semakin tinggi suhu maka karbon aktif semakin sulit menyerap zat atau bahan dalam limbah cair. Sebaliknya semakin rendah suhu maka karbon aktif semakin mudah menyerap zat atau bahan dalam limbah cair. Sedangkan suhu limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah 29°C sehingga adsorpsi karbon aktif pada limbah cair tersebut menjadi maksimal.

#### **4.2.3. Pengaruh Metode Aktivasi Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD Limbah Cair Industri Tahu Tempe Rizky dan Sukamaju**

Arang kayu merbau diaktivasi secara fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan memanaskan arang kayu merbau pada suhu 700°C. Sedangkan aktivasi kimia dengan HCl 1M, 2M dan 3M. Karbon aktif yang dihasilkan ini digunakan untuk mengadsorpsi BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju.

Penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju ditunjukkan dalam Lampiran 1. Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky sebelum proses adsorpsi adalah masing-masing sebesar 405 mg/l dan 1831 mg/l. Setelah proses adsorpsi dengan metode aktivasi fisik, kadar BOD<sub>5</sub> dan CODnya menjadi 230 mg/l dan 1356 mg/l. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky sebesar 43.21% dan 25.94%. Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky setelah proses adsorpsi dengan metode aktivasi kimia dengan HCl 1M menghasilkan masing-masing sebesar 239 mg/l dan 1332 mg/l. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky sebesar 40.99% dan 27.25%. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah industry tahu tempe Rizky Semakin besar (Lampiran 1 dan Tabel 8).

Kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Sukamaju sebelum proses adsorpsi adalah masing-masing sebesar 362 mg/l dan 1462 mg/l. setelah proses adsorpsi dengan metode aktivasi fisik, kadar BOD<sub>5</sub> dan CODnya menjadi sebesar 107 mg/l dan 257 mg/l. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Sukamaju sebesar 70.44% dan 82.42%. Sedangkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Sukamaju setelah proses adsorpsi dengan metode aktivasi secara kimia dengan HCl 1M adalah sebesar 93 mg/l dan 208 mg/l. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu



tempe Sukamaju sebesar 74.31% dan 85.77%. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah industry tahu tempe Sukamaju Semakin besar (Lampiran 1 dan Tabel 8).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju lebih besar dengan menggunakan metode aktivasi secara kimia dengan HCl dibandingkan dengan metode aktivasi fisik. Hal ini disebabkan oleh HCl merupakan salah satu asam kuat yang mampu mengikat atau melarutkan zat-zat pengotor pada permukaan karbon aktif kayu merbau kemudian menguap atau hilang selama proses pengabuan. Zat-zat pengotor tersebut dapat berupa tar, oksida logam dan mineral-mineral lainnya yang terbentuk selama proses karbonisasi. Oleh karena itu, permukaan karbon aktif kayu merbau menjadi terbuka dan luas permukaan karbon aktif akan semakin besar sehingga kemampuan karbon aktif ini semakin besar untuk menyerap substrat baik berupa gas ataupun cairan.

Penggunaan metode aktivasi secara kimia dengan HCl 1M, 2M dan 3M juga memberikan pengaruh terhadap penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan maka penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair kedua industry tahu tempe tersebut akan semakin besar (Lampiran 1 dan Tabel 8) dan penurunan tertinggi adalah dengan HCl 3M.

Tingginya penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD atau daya serap karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi HCl 3M menunjukkan bahwa permukaan karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga maksimal untuk mengadsorpsi BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe. Luasnya permukaan karbon aktif ini dapat diketahui dari besarnya kapasitas adsorpsi yang dimiliki karbon aktif ini dalam mengadsorpsi zat atau substrat dalam limbah cair.

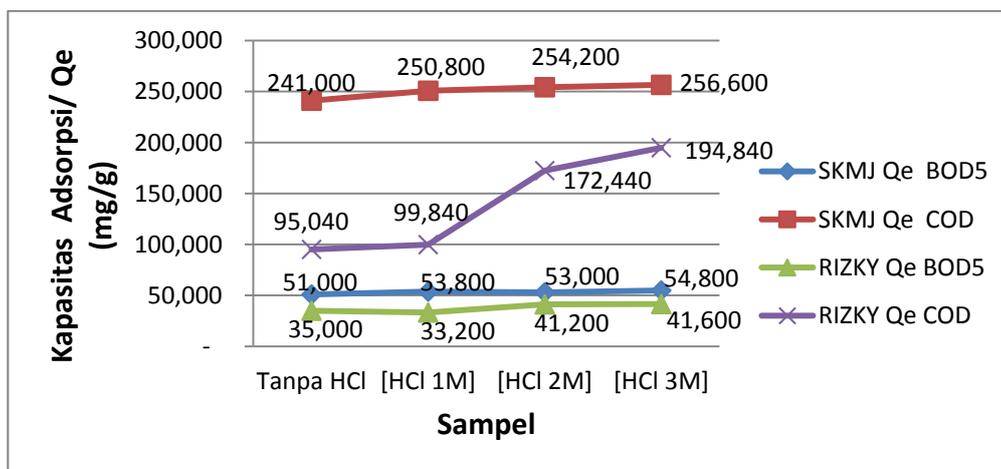


**Tabel 11 Pengaruh Konsentrasi HCl Terhadap Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (mg/g)**

Sampel	SKMJ		Rizky	
	Qe BOD <sub>5</sub>	Qe COD	Qe BOD <sub>5</sub>	Qe COD
II. Karbon aktif yang diaktivasi fisik dengan pemanasan 700°C ( tanpa HCl )	51,000	241,000	35,000	95,040
III. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 1M]	53,800	250,800	33,200	99,840
IV. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 2M]	53,000	254,200	41,200	172,440
V. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 3M]	54,800	256,600	41,600	194,840

Secara umum hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi sampel II sampai dengan sampel V semakin meningkat dengan penambahan konsentrasi aktivator HCl dalam karbon aktif. Sehingga nilai BOD<sub>5</sub> dan COD yang diserap dalam limbah cair kedua industri tahu tempe semakin tinggi. Peningkatan konsentrasi HCl menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi semakin bersih dari zat-zat pengotor hasil karbonisasi sehingga luas permukaan karbon aktif semakin luas.

Hubungan kapasitas adsorpsi dengan sampel karbon aktif yang diaktivasi fisik dan aktivasi kimia dengan peningkatan konsentrasi aktivator HCl dapat dilihat pada Gambar 8 dan Lampiran 5.



**Gambar 8 Kurva hubungan kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (mg/g) Dengan Variasi konsentrasi HCl**

Gambar tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi karbon aktif semakin meningkat dengan naiknya konsentrasi HCl yang diberikan untuk mengaktivasi karbon aktif kayu merbau. Keadaan ini sebanding dengan semakin tingginya konsentrasi HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau maka kemampuan serapan karbon aktif ( daya serap) menjadi semakin tinggi (Gambar 8). Kapasitas adsorpsi karbon aktif menunjukkan besarnya luasnya permukaan karbon aktif untuk menyerap zat atau substrat dan dengan penggunaan HCl untuk mengaktifkan arang kayu merbau maka kapasitas adsorpsinya makin besar seiring dengan kenaikan konsentrasi HCl.

Hasil analisis ragam/ Anova (Lampiran 6) menunjukkan bahwa nilai  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Dimana nilai  $p$  untuk adsorpsi COD dalam limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah  $p = 0, < \alpha = 0.05$ . karena  $H_1$  diterima maka ada pengaruh perlakuan konsentrasi atau variasi konsentrasi HCl terhadap daya adsorpsi karbon aktif kayu merbau. Untuk adsorpsi  $BOD_5$  dalam limbah industry tahu tempe Rizky, menunjukkan nilai  $p = 0.01, < \alpha = 0.05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini berarti ada pengaruh perlakuan variasi konsentrasi HCl terhadap daya adsorpsi karbon aktif kayu merbau. Selanjutnya adalah hasil analisis anova untuk limbah cair tahu tempe Sukamaju, menunjukkan bahwa nilai  $p$  untuk pengujian COD adalah  $p = 0, < \alpha = 0.05$  dan nilai  $p$  untuk pengujian  $BOD_5$  adalah  $p = 0, < \alpha = 0.05$ . Dari keduanya diketahui bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini berarti ada pengaruh perlakuan variasi konsentrasi HCl terhadap daya adsorpsi karbon aktif kayu merbau dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju.

Dari hasil analisis statistic anova diatas, perlakuan variasi konsentrasi HCl untuk mengaktivasi karbon aktif kayu merbau dan digunakan untuk menyerap  $BOD_5$  dan COD dalam limbah cair indutri tahu tempe Sukamaju dan Rizky memberikan adanya pengaruh. Sama seperti hasil penelitian ini, penambahan konsentrasi HCl untuk mengaktivasi karbon aktif memberikan pengaruh terhadap daya serap karbon aktif, yaitu semakin tinggi konsentrasi HCl maka daya serap  $BOD_5$  dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dan Rizky semakin tinggi. Dan serapan optimal terjadi pada sampel V yaitu karbon aktif



yang diaktivasi dengan HCl 3M. Sehingga karbon aktif inilah yang digunakan untuk perlakuan selanjutnya, yaitu adsorpsi BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dan Rizky dengan variasi waktu kontak antara karbon aktif dan limbah cair.

#### 4.2.4. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif

Limbah cair industry tahu tempe Rizky sebelum proses adsorpsi kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 1820 mg/l dan kadar COD sebesar 7325 mg/l (Lampiran 2). Setelah proses adsorpsi selama 30 menit, limbah cair industry tahu tempe Rizky memiliki kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 197 mg/l dan COD sebesar 857 mg/l, Sehingga penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky atau daya serap karbon aktifnya sebesar 89.18% dan 88.30%. Selanjutnya pada limbah cair industry tahu tempe Sukamaju, sebelum proses adsorpsi kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 450 mg/l dan kadar COD sebesar 780 mg/l. Setelah proses adsorpsi selama 30 menit, kadar BOD<sub>5</sub> menjadi sebesar 88 mg/l dan kadar COD menjadi sebesar 178.5 mg/l. Hal ini berarti terjadi penurunan kadar BOD<sub>5</sub> sebesar 80.44% dan kadar COD sebesar 77.12% (Lampiran 2 dan Tabel 8).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif pada limbah cair industri tahu tempe Rizky lebih tinggi dibandingkan dengan daya serap karbon aktif pada limbah cair indutri tahu tempe Sukamaju dipengaruhi oleh luasnya permukaan karbon aktif dan maksimalnya penyerapan yang terjadi pada pori-pori karbon aktif.

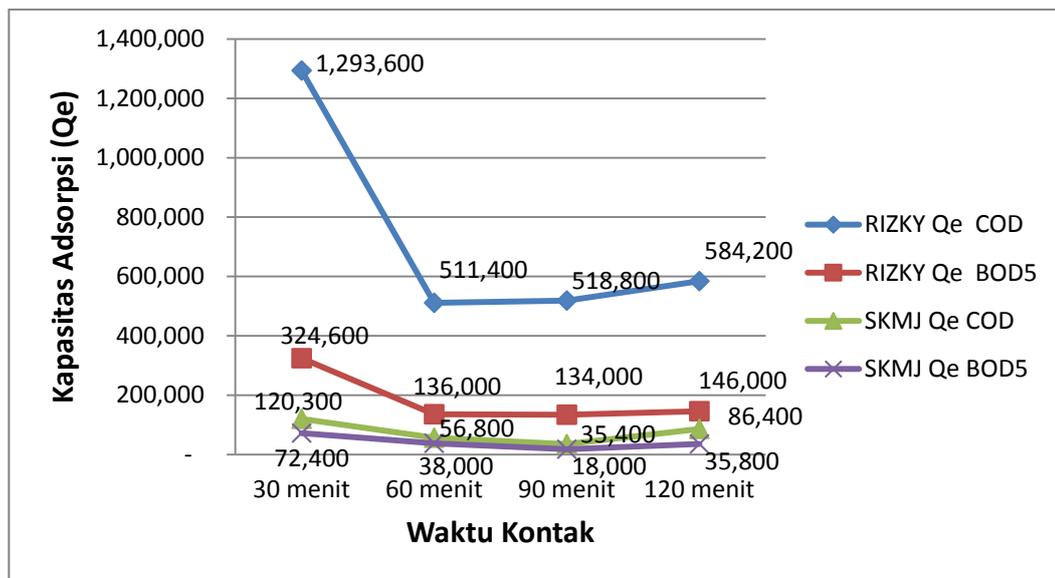
**Tabel 12 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau (mg/g)**

Waktu Kontak	Rizky		Sukamaju (SKMJ)	
	Kapasitas Adsorpsi (Qe)			
	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>	COD
30 menit	324,600	1,293,600	72,400	120,300
60 menit	136,000	511,400	38,000	56,800
90 menit	134,000	518,800	18,000	35,400
120 menit	146,000	584,200	35,800	86,400



Proses adsorpsi karbon aktif kayu merbau selama 30 menit pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi. Semakin lama proses adsorpsi maka kapasitas adsorpsinya semakin menurun. Kapasitas adsorpsi terendah pada waktu kontak 90 menit, kemudian kapasitas adsorpsinya meningkat kembali dengan penambahan waktu adsorpsi selama 120 menit (Tabel 12). Hal ini sesuai dengan pernyataan menurut Roy (1995) yang menyatakan bahwa karbon aktif memiliki kapasitas maksimal dalam berikatan dengan ion maupun substrat sesuai dengan luas permukaan karbon aktif itu sendiri.

Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi kayu merbau ditunjukkan dalam Gambar 9.



Gambar 9 Kurva pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi

Secara umum semakin lama waktu kontak yang diberikan pada sampel maka kapasitas adsorpsi karbon aktif semakin menurun, namun kapasitas adsorpsi kembali naik pada waktu kontak tertentu. Kapasitas adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit adalah kapasitas adsorpsi tertinggi kemudian makin menurun pada waktu kontak 60 dan 90 menit, namun pada waktu kontak 120 menit kapasitas adsorpsi kembali naik (Gambar 9).

Proses adsorpsi dengan waktu kontak 90 menit menunjukkan bahwa karbon aktif telah jenuh sehingga adsorpsinya sangat rendah. Namun, ikatan yang terjadi

antara permukaan karbon aktif dan substrat lemah maka ikatan ini menjadi terlepas kembali sehingga permukaan karbon aktif yang tadinya terikat substrat menjadi kosong. Semakin lama waktu kontak yang diberikan pada karbon aktif dan limbah cair maka kesempatan substrat untuk kembali terikat semakin besar sehingga kapasitas adsorpsi karbon aktif kembali meningkat. Ini sesuai dengan pernyataan Suyata (2009) yang menyatakan bahwa peristiwa adsorpsi pada arang aktif terjadi karena adanya Gaya Van Der Waals, yaitu gaya tarik-menarik intermolekular antara molekul padatan dengan solute yang diadsorpsi lebih besar daripada gaya tarik-menarik sesama solute itu sendiri didalam larutan, maka solute akan terkonsentrasi pada permukaan padatan. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Notodarmojo (2005) bahwa proses adsorpsi pada zat organik merupakan adsorpsi fisik dan didominasi oleh Gaya Van Der Waals yang mempunyai ikatan yang lemah sehingga bersifat *reversible* atau dapat terlepas kembali.

Hasil analisis ragam/ Anova (Lampiran 6) industry tahu tempe Rizky menunjukkan nilai signifikansi ( $p$ ) = 0.00 untuk pengujian COD dan BOD<sub>5</sub>. Nilai  $p < \alpha = 0.05$ , berarti Ho ditolak dan H1 diterima, sehingga perlakuan variasi waktu kontak memiliki pengaruh terhadap daya serap COD dan BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair industry tahu tempe Rizky. Hal ini sesuai dengan penelitian bahwa semakin lama waktu kontak antara sampel (karbon aktif) dengan limbah cair industry tahu tempe Rizky maka daya serap dan kapasitas adsorpsinya semakin menurun dan kembali naik bila waktu kontak semakin lama. Dan waktu kontak maksimal adalah 30 menit.

Hasil analisis ragam/ Anova (Lampiran 6) industry tahu tempe Sukamaju menunjukkan pengujian BOD<sub>5</sub>, nilai signifikansinya ( $p$ ) = 0.00. Nilai  $p < \alpha = 0.05$  berarti Ho ditolak dan H1 diterima. Sehingga perlakuan variasi waktu kontak memiliki pengaruh terhadap daya serap karbon aktif. Dalam penelitian ini memperlihatkan bahwa semakin lama waktu kontak sampel (karbon aktif) dengan limbah cair industry tahu tempe Sukamaju semakin menurun, namun daya serap karbon aktif kembali naik kembali apabila waktu kontak semakin lama. Dan waktu kontak maksimal untuk menyerap BOD<sub>5</sub> maksimal terjadi pada



waktu 30 menit. Hal ini berbeda dengan hasil analisis Anova (Lampiran 6) industry tahu tempe Sukamaju untuk pengujian COD, nilai signifikansinya ( $p$ ) = 0.082. Nilai  $p > \alpha = 0.05$  berarti  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak, sehingga perlakuan variasi waktu kontak pada sampel (karbon aktif) tidak memberikan pengaruh terhadap daya serap COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju. Hal ini berarti semakin lama waktu kontak yang terjadi antara sampel dengan limbah cair, daya serap karbon aktif terhadap COD limbah cair industri tahu tempe Sukamaju adalah sama untuk semua sampel. Namun karena dalam penelitian tidak melihat pengaruh perlakuan pada sampel melainkan hanya melihat kondisi serapan optimal pada sampel, maka nilai serapan COD tertinggi adalah yang diambil sebagai kondisi optimal serapan COD dalam limbah cair industri tahu tempe Sukamaju.

Dari keseluruhan pembahasan diatas, maka daya serap karbon aktif yang diaktivasi secara kimia dengan HCl 3M optimum menyerap atau menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju dengan proses adsorpsi karbon aktif kayu merbau selama 30 menit. Selanjutnya kondisi ini digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi optimum dengan memvariasikan volume limbah cair industry tahu tempe.

#### **4.2.5. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Optimum Karbon Aktif Kayu Merbau**

Besar kecilnya daya serap karbon aktif kayu merbau atau penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada limbah cair industri tahu tempe Rizky dan Sukamaju dapat dipengaruhi salah satunya oleh kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau disajikan dalam Tabel 13.



**Tabel 13 Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Kayu Merbau (Qe)**

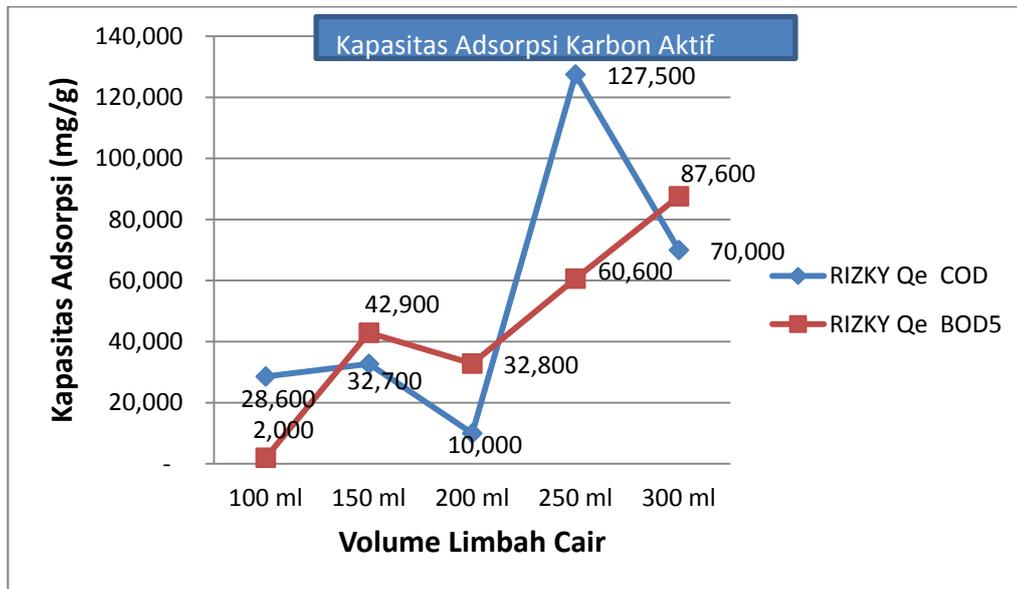
Volume Limbah Cair	Rizky		Sukamaju (SKMJ)	
	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)			
	BOD <sub>5</sub>	COD	BOD <sub>5</sub>	COD
100 ml	2,000	28,600	82,400	164,200
150 ml	42,900	32,700	150	92,400
200 ml	32,800	10,000	94,400	124,400
250 ml	60,600	127,500	113,000	174,000
300 ml	87,600	70,000	117,000	185,400

Kapasitas adsorpsi karbon aktif untuk menyerap COD limbah cair industry tahu tempe Rizky tertinggi adalah 127,500 mg/g dengan volume limbah 250 ml. Kapasitas adsorpsi karbon aktif untuk menyerap BOD<sub>5</sub> limbah industry tahu tempe Rizky tertinggi adalah 87,600 mg/g dengan volume limbah 300 ml. Sedangkan kapasitas karbon aktif untuk menyerap BOD<sub>5</sub> terendah adalah 2,000 mg/g dengan volume limbah 100 ml dan kapasitas adsorpsi karbon aktif untuk menyerap COD terendah adalah 10,000 mg/g dengan volume limbah 200 ml.

Kapasitas adsorpsi karbon aktif untuk menyerap COD limbah cair industry tahu tempe Sukamaju tertinggi adalah 185,400 mg/g dengan volume limbah 300 ml. Kapasitas adsorpsi tertinggi karbon aktif untuk menyerap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah 117,000 mg/g dengan volume limbah 300 ml. Sedangkan kapasitas adsorpsi terendah karbon aktif untuk menyerap COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah 92,400 mg/g dengan volume limbah 150 ml. Kapasitas adsorpsi terendah karbon aktif untuk menyerap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah 150 mg/g dengan volume limbah 150 ml.

Secara umum terlihat bahwa semakin besar volume limbah yang diserap/ di adsorpsi kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky dan Sukamaju, maka kapasitas adsorpsi karbon aktif semakin besar (Tabel 13).

Hubungan volume limbah cair industry tahu tempe Rizky dengan besarnya kapasitas adsorpsi karbon aktif dalam menyerap BOD<sub>5</sub> dan COD disajikan dalam Gambar 10.

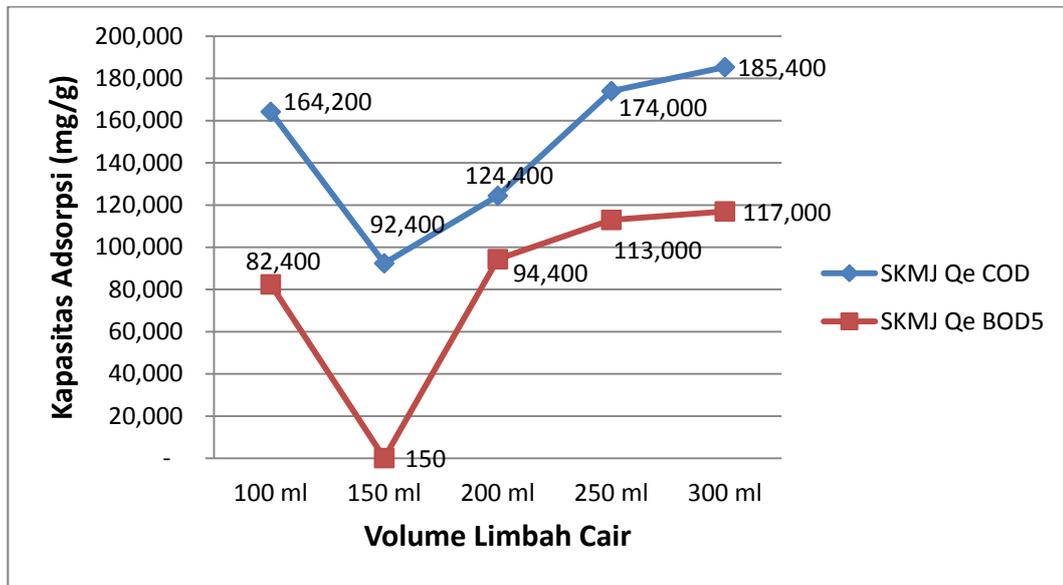


Gambar 10 Kurva hubungan volume limbah cair industry tahu tempe Rizky dengan kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau

Kapasitas adsorpsi maksimum dari karbon aktif dalam menyerap COD maksimal pada penggunaan limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah pada volume 250 ml, sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum dari karbon aktif dalam menyerap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tersebut adalah pada volume 300 ml.

Tingginya kapasitas adsorpsi karbon aktif dalam menyerap COD ini menyebabkan daya serap karbon aktif (%) menjadi maksimal, yaitu 25.50%. Namun, pada volume limbah 300 ml yang kapasitas adsorpsinya maksimum menyerap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tahu tempe Rizky menghasilkan daya serap yang minimum, yaitu 29.2% (Tabel 10). Hal ini disebabkan oleh pada volume limbah 250 ml telah terjadi adsorpsi BOD<sub>5</sub> maksimal dari karbon aktif kayu merbau sebesar 60.60% sehingga saat penambahan volume limbah menjadi 300 ml, daya serap karbon aktif menurun.

Hubungan volume limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dengan besarnya kapasitas adsorpsi karbon aktif dalam menyerap BOD<sub>5</sub> dan COD disajikan dalam Gambar 11.



Gambar 11 Kurva hubungan volume limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dengan kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau

Secara umum terlihat bahwa semakin besar volume limbah cair industry tahu tempe Sukamaju yang diadsorpsi kadar BOD<sub>5</sub> dan CODnya, maka kapasitas adsorpsi karbon aktif semakin besar (Gambar 11).

Kapasitas adsorpsi maksimum dari karbon aktif dalam menyerap COD maksimal pada penggunaan limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah pada volume 300 ml, sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum dari karbon aktif dalam menyerap BOD<sub>5</sub> limbah cair industry tersebut adalah pada volume 300 ml.

Tinggi kapasitas adsorpsi pada penggunaan volume limbah cair 300 ml tidak menyebabkan daya serapnya juga tinggi. Daya serap karbon aktif dengan volume limbah 300 ml adalah paling rendah (minimum) menyerap BOD<sub>5</sub>, yaitu hanya sebesar 39% dan daya serap karbon aktif dengan volume limbah 300 ml juga minimum menyerap COD, yaitu sebesar 30.9% (Tabel 10). Tingginya kapasitas adsorpsi ini menyebabkan karbon aktif tidak hanya menyerap BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah cair industry tahu tempe Sukamaju melainkan juga zat atau bahan lain yang terserap karbon aktif dapat berupa ion-ion asam asetat atau ion-ion yang berasal dari penggunaan batu tahu (CaSO<sub>4</sub>) untuk menggumpalkan tahu. Adanya kompetisi untuk mengisi permukaan karbon aktif inilah yang menyebabkan kadar



BOD<sub>5</sub> dan COD yang terserap hanya sedikit. Selain itu, telah terjadi adsorpsi BOD<sub>5</sub> dan COD maksimum pada volume limbah 100 ml, ini menunjukkan bahwa karbon aktif kayu merbau telah jenuh. Daya serap karbon aktif kayu merbau terhadap limbah cair industry tahu tempe Sukamaju maksimum menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD pada volume limbah 100 ml sebesar masing-masing adalah 82.4% dan 82.10% (Tabel 10). Setelah mencapai titik jenuh ini, maka kemampuan karbon aktif untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Sukamaju atau daya serap karbon aktif kayu merbau menjadi menurun. Ini terlihat pada volume limbah cair 150 ml daya serap karbon aktif menurun signifikan menjadi 53.2% menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan 30.8% menurunkan COD. Penurunan daya serap ini diikuti dengan penurunan signifikan kapasitas adsorpsi karbon aktif (Gambar 11).

Peningkatan volume limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi karbon aktif kayu merbau tetapi daya serap karbon aktifnya semakin menurun (Tabel 10 dan Gambar 11). Daya serap karbon aktif sudah tidak dapat maksimum seperti daya serap karbon aktif pada volume limbah 100 ml.

Hasil diatas dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu mebau untuk menyerap BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah pada volume limbah 250 ml, yaitu masing-masing sebesar 60,600 mg/g dan 127,500 mg/g. Kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau untuk menyerap atau menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah pada volume limbah 100 ml, yaitu masing-masing sebesar 82,400 mg/g dan 164,200 mg/g.

Penentuan kapasitas adsorpsi optimum ini menggunakan 0.5 g karbon aktif, sehingga dapat diketahui kebutuhan karbon aktif untuk menyerap atau menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah cair indutri tahu tempe. Apabila dalam 1 L limbah cair industry tahu tempe Rizky dibutuhkan 60 g karbon aktif kayu merbau agar diperoleh kapasitas adsorpsi optimum, Sedangkan dalam 1 L limbah cair industry tahu tempe Sukamaju dibutuhkan 5 g karbon aktif kayu merbau agar diperoleh kapasitas adsorpsi optimum.



Apabila harga karbon aktif kayu merbau sebesar Rp. 65.600,- (Juliandhini dan Trihadiningrum, 2008), maka dibutuhkan Rp. 3.936.000,- untuk membeli 60 gram karbon aktif kayu merbau yang digunakan untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam 1 liter limbah cair industry tahu tempe Rizky. Sedangkan untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam 1 liter limbah cair industry tahu tempe Sukamaju membutuhkan biaya sebesar Rp. 328.000,-.

Besar kecilnya pemakaian karbon aktif ini dapat berbeda sesuai dengan metode yang digunakan untuk menyerap BOD<sub>5</sub> dan COD ini. Penelitian ini menggunakan metode batch sehingga diperoleh penggunaan karbon aktif 60 g dan 5 g dalam 1 L limbah cair, namun dengan metode sirkulasi penggunaan karbon aktif dapat lebih sedikit atau lebih banyak. Hal ini dapat diketahui dari kejenuhan karbon aktif itu sendiri. Selain itu, karbon aktif juga dapat diregenerasi sehingga karbon aktif ini dapat digunakan kembali untuk menyerap zat atau substrat dalam limbah cair hingga jenuh atau karbon aktif tidak dapat lagi dipakai untuk adsorpsi.

Menurut Juliandhini dan Trihadiningrum., (2008), alternatif regenerasi karbon aktif dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Terdapat 2 tipe regenerasi karbon aktif dengan pembakaran memakai tungku dengan :
  - a. Metode ini digabungkan dengan system *fixed-bed* carbon dengan satu kolom karbon atau system *moving-bed* dengan dua kolom karbon. Tungku ini mempunyai suhu 816°C – 927°C. Pengaktifan kembali karbon aktif pada metode ini mengkombinasikan panas, *steam* yang dihasilkan dari evaporasi air, oksigen dan karbon monoksida yang dihasilkan
  - b. Pembakaran dengan menggunakan *power plant flue gases* (CPCPC, 2003). Proses ini untuk mendapatkan PAC yang bisa digunakan kembali. Hasil dari percobaan ini adalah PAC dengan kemampuan adsorpsi yang tidak berubah secara signifikan.
2. Regenerasi karbon aktif dengan reactor *fluidized electrochemical*  
Metode ini merupakan teknologi baru. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah digunakan pada temperature ruangan, tidak ada penambahan pengolahan, dan dapat menyisahkan bahan organic. Cara kerja

metode ini adalah karbon aktif jenuh dibawa ke reactor *fluidized electrochemical*. Kemudian reactor *electrochemical* menyatu dengan *fluidized bed* untuk menyisahkan bahan organik dalam karbon aktif. Setelah itu, karbon aktif tersebut mengalami regenerasi setelah menyerap bahan fenol. Pada kondisi normal, regenerasi karbon aktif dapat mencapai 85%.

Menurut hasil penelitian Siregar, *et al* (2015), karbon aktif biji kapuk yang diaktivasi dengan  $\text{NaHCO}_3$  4% menghasilkan efisiensi adsorpsi pada limbah cair industry kelapa sawit sebesar 73.28% dengan volume limbah 10 ml, waktu kontak selama 40 menit dan massa karbon aktif (adsorben) sebesar 3.5 g. Hal ini berarti dalam 1 L limbah industry kelapa sawit diperlukan 350 g adsorben untuk memperoleh efisiensi adsorpsi sebesar 73.28%. Sedangkan hasil penelitian ini, karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi dengan HCl 3M menghasilkan daya serap optimal pada kapasitas optimum dalam menurunkan kadar  $\text{BOD}_5$  limbah cair industry tahu tempe Rizky adalah 60.60% dan COD sebesar 25.50% dengan volume limbah 250 ml, waktu kontak 30 menit dan massa adsorben 0.5 g. Selanjutnya karbon aktif kayu merbau yang diaktivasi dengan HCl 3M menghasilkan daya serap optimal pada kapasitas optimum dalam menurunkan kadar  $\text{BOD}_5$  limbah cair industry tahu tempe Sukamaju adalah 82.4% dan COD sebesar 82.10% dengan volume limbah 100 ml, waktu kontak 30 menit dan massa adsorben 0.5 g.

Hasil penelitian ini diketahui bahwa semakin besar volume limbah cair yang digunakan, maka massa adsorben semakin besar dengan limbah cair yang berbeda. Hal ini terlihat dari penggunaan adsorben 0.5 g pada volume limbah cair industry tahu tempe Rizky 250 ml dan penggunaan adsorben 0.5 g pada volume limbah cair industry tahu tempe Sukamaju 100 ml. Sedangkan dari hasil penelitian Siregar, *et al* (2015), semakin besar massa adsorben maka efisiensi adsorpsi karbon aktif semakin menurun karena jumlah molekul adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit. Menurut Anjani (2014), hal tersebut terjadi dikarenakan jumlah adsorben mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin bertambahnya massa akan menyebabkan adsorben mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh adsorbat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 KESIMPULAN

1. Konsentrasi optimum HCl yang digunakan untuk mengaktivasi arang kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe adalah HCl 3 M.
2. Waktu kontak optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe adalah 30 menit.
3. Kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik tahu tempe adalah :
  - a. Kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe Rizky masing-masing adalah 60,600 mg/g dan 127,500 mg/g pada volume limbah cair 250 ml.
  - b. Kapasitas adsorpsi optimum karbon aktif kayu merbau dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD limbah organik industri tahu tempe Sukamaju masing-masing adalah 82,400 mg/g dan 164,200 mg/g pada volume limbah cair 100 ml.

#### 5.2 SARAN

1. Pemilik industri tahu tempe diharapkan dapat mempertimbangkan cara pengolahan limbah cairnya menggunakan metode karbon aktif khususnya karbon aktif kayu merbau.
2. Pemerintah Kabupaten Manokwari dalam hal ini Dinas Lingkungan Hidup dapat mempertimbangkan alternatif cara pengolahan limbah cair industri tahu tempe dengan metode karbon aktif ini.
3. Penelitian lanjutan dengan memvariasikan berat karbon aktif yang digunakan untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah organik industri tahu tempe dan efisiensi karbon aktif dalam menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan COD dalam limbah organik industri tahu tempe.



## DAFTAR PUSTAKA

Anjani, R.P., Toeti K. 2014. Penentuan Massa Dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) Dengan Pesain Ion Na<sup>+</sup>, Universitas Negeri Surabaya, *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 3(3).

Agustini W. 2014. Pengaruh konsentrasi aktivator H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk meningkatkan daya serap arang aktif sabut kelapa dan serbuk sebagai media adsorben: kasus industri tenun tradisional [Laporan Akhir]. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Arman I. 2014. Komposisi dan timbulan sampah serta produksi emisi gas rumah kaca limbah padat: kasus Kabupaten Manokwari [Tesis]. Manokwari: Program Pascasarjana, Universitas Negeri Papua.

[BLH] Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari. 2013. Sertifikat Hasil Uji Laboratorium 2013. BLH Kabupaten Manokwari.

[BLH] Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Manokwari. 2014. Sertifikat Hasil Uji Laboratorium 2014. BLH Kabupaten Manokwari.

Damayanti A, Hermana J, Masduki A. 2004. Analisis Resiko Lingkungan Pengolahan Limbah Pabrik Tahu Dengan Kayu Apu. *Purifikasi* 5(4):151 – 156.

Effendi H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Cetakan kelima*. Yogyakarta: Kanisius.

Endah N. 2005. Pengaruh konsentrasi activator Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap daya adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa pada ion Cd<sup>2+</sup>: kasus Makassar [skripsi]. Makassar: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar.

Ernawaty FS. 2003. Analisis pendapatan industri tahu di Kabupaten Nabire: kasus Kabupaten Nabire [skripsi]. Manokwari: Fakultas Pertanian Dan Teknologi Pertanian, Universitas Negeri Papua.

Fachrurozi M, Utami LB dan Suryani D. 2010. Pengaruh variasi biomassa *pistia stratiotes L* terhadap penurunan kadar BOD, COD dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *KESMAS* 4(1): 1-75.

Fadli MA. 2011. Penyisihan kadar COD, BOD dan warna pada limbah cair industri batik dengan metode elektrokoagulasi. [skripsi]. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.



Fardiaz. 2008. *Polusi air dan udara*. Yogyakarta: Kanisius.

Gumelar D, Hendrawan Y, Yulianingsih R. 2015. Pengaruh Aktivator Dan Waktu Kontak terhadap Kinerja Arang Aktif Berbahan Enceng Gondok (*Eichornia Crossipes*) Pada penurunan COD Limbah Cair Laundry. *Keternakan Pertanian Tropis Dan Biosistem* 3(1):15-23.

Haghi AK. 2010. *Waste Management*. Canada: Nova Science.

Hanum F. 2002. Proses pengolahan air sungai untuk keperluan air minum. [skripsi]. Medan: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Hanun F. 2014. Nilai kalor kayu yang memiliki kerapatan dan kadar lignin berbeda. [skripsi]. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Imawati A dan Warman A. 2015. Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl Dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *JKK* 4(2):50-61.

Irmanto dan Suyata. 2009. Pengolahan limbah Cair Industri tahu Di Desa Kalisari Kecamatan Cilogok Dengan Metode Multi Soil Layering. *Molekul* 4(1):21-32.

Jamilatun S dan Setyawan M. 2014. Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum industri* 12(1):1-112.

Juliandini F dan Trihadiningrum Y. 2008. Uji kemampuan karbon aktif dari limbah kayu dalam sampah kota untuk penyisihan fenol. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII*; Surabaya, 2 Februari 2008. Jurusan Teknik Lingkungan: Program Pascasarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Kaswinanri F. 2007. Kajian teknis pengolahan limbah padat dan cair industri tahu: Kasus Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali [Tesis]. Semarang: Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.

Koem MH. 2014. Uji perbedaan efektivitas arang aktif tempurung kelapa dan kayu meranti terhadap nilai COD pada pengolahan limbah cair tahu: kasus Gorontalo [skripsi]. Gorontalo: Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan Dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo.

Kurniawan R, Lutfi M, Agung W. 2014. Karakterisasi Luas Permukaan Bet (Braunear, Emmelt Dan Teller) Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). *Keternakan Pertanian Tropis Dan Biosistem* 2(1):15-20.

Laos E. Landiana, Masturi, Yulianti Ian. 2016. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri. SNF2016;5.

Maulidah. 2015. Studi adsorpsi ABS (*Alkyl Benzene Sulphonate*) dari limbah rumah tangga menggunakan arang tempurung kelapa: kasus Desa Ngadirgo [skripsi]. Semarang: Fakultas ilmu Tarbiyah Dan Keguruan, Universitas Islam negeri Walisongo Semarang.

Nayoan CR dan Berek NC. 2006. Perbedaan Efektifitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dan Arang Kayu Dalam Menurunkan Tingkat Kekeuhan Pada Proses Filtrasi Pengolahan Limbah Cair Tahu. *MKM* 1(1):1-13.

Noer Aini M. 2014. Pemanfaatan arang aktif tempurung kelapa sebagai adsorben sulfide dalam limbah cair pabrik tahu: kasus Kecamatan Gebang [skripsi]. Jember: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Nugroho JD. 2010. Peran mikoriza dalam regenerasi pohon merbau [*Intsia bijuga* (Colebr) O. Kuntze] asal Papua. [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Nurdianti R. 2015. Pengolahan limbah tahu dan tempe. [www.academia.edu](http://www.academia.edu). [10 Okt 2016].

Nurhasan, Pramudyanto Bb. 1991. *Penanganan air limbah pabrik tahu*. Jakarta: Yayasan Bina Karya Lestari (Bintari).

Oktari K. 2014. Pembuatan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan activator HCl, NaOH dan NaCl. [Laporan Akhir]. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pari G. 2004. Kajian struktur arang aktif dari serbuk gergajian kayu sebagai adsorben emisi formaldehida kayu lapis. [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Prastiwi A. Dini. 2014. Penggunaan  $ZnCl_2$  sebagai activator karbon aktif dari limbah padat agar dan aplikasinya sebagai adsorben pada limbah cair industry tahu. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Sahara E, Sulihingtyas WD, Mahardika AS. I Putu. 2017. Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) Yang Diaktivasi Dengan  $H_3PO_4$ . *Jurnal Kimia*, ISSN 1907-9850 11(1): 1-9.



Siregar D, Rita, Zaharah A, Titin dan Wahyuni Nelly. 2015. Penurunan Kadar COD Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif biji Kapuk (*Ceiba Petandra*). *JKK*, ISSN 2303-1077 4(2) : 62-66.

Sulistiyani E, Budi E dan Bakri F. 2013. Pengaruh temperatur terhadap adsorpsi karbon aktif berbentuk pellet untuk aplikasi filter air: Di dalam: Seminar Nasional Fisika; Universitas Negeri Jakarta, 1 Juni 2013.

Suryandono AG. 2004. Identifikasi laju produksi biogas pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. [Skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada.

Swara DE. 2015. Pemanfaatan limbah mahkota nenas sebagai karbon aktif dengan menggunakan aktivator HCl. [Laporan Akhir]. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Tatra J. Saptari. 2014. Pemanfaatan karbon aktif dengan activator  $H_3PO_4$  dari limbah padat agar sebagai penyerap pada limbah cair industry penyamakan kulit. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Vindiarti L. 2015. Proses adsorpsi limbah cair laboratorium dengan menggunakan karbon aktif tongkol jagung: kasus Laboratorium Politeknik Negeri Sriwijaya [Laporan Akhir]. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.

Wardana WA. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.

Wiryani E. 2011. Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe. [skripsi]. Semarang: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.

Yanti NR. 2015. Dampak limbah pabrik tahu tempe ( industri pangan ) terhadap lingkungan. Universitas Gunadarma. [www.nurahidahrismayanti.wordpress.com](http://www.nurahidahrismayanti.wordpress.com). [20 Okt 2016].



@Hak cipta pada UNIPA

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.
2. Memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.

# LAMPIRAN



Lampiran 1 **Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator HCl**

Perlakuan sampel ( m = 0.5 g ; t = 30 menit ; v = 100 ml )	Rizky			Sukamaju (SKMJ)		
	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)
I. Limbah cair industry tahu tempe ( tanpa karbon aktif)	4.8	405	1831	7.3	362	1462
II. Karbon aktif yang diaktivasi fisik dgn pemanasan 700°C	-	230	1356	-	107	257
III. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 1M]	-	239	1332	-	93	208
IV. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 2M]	-	199	969	-	97	191
V. Karbon aktif yang diaktivasi dengan [HCl 3M]	-	197	857	-	88	179

Lampiran 2 **Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Waktu Kontak Antara Karbon aktif Dan Limbah Cair Industri Tahu Tempe**

Perlakuan Sampel (m = 0.5 g ; v = 100 ml ; [HCl = 3M])	Rizky			Sukamaju (SKMJ)		
	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)
I. Limbah cair industry tahu tempe (tanpa karbon aktif)	7.1	1820	7325	7.3	450	780
II. 30 menit		197	857		88	178.5
III. 60 menit		1140	4768		260	496
IV. 90 menit		1150	4731		360	603
V. 120 menit		1090	4404		271	348

Lampiran 3 **Pengujian Daya Serap Karbon Aktif Kayu Merbau Dengan Variasi Volume Limbah Cair Industri Tahu Tempe**

Volume Limbah Cair	Rizky			Sukamaju (SKMJ)		
	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)	pH	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD (mg/l)
100 ml	8.3	496	857	8.4	88	179
150 ml		357	891		234	692
200 ml		418	975		264	689
250 ml		197	745		274	652
300 ml		354	882		305	691

Lampiran 4 **Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%)**

- Daya serap karbon aktif kayu merbau terhadap I<sub>2</sub>

diketahui : misalkan kadar I<sub>2</sub> sebelum adsorpsi (C<sub>0</sub>) = 2000 mg/l  
 kadar I<sub>2</sub> sesudah adsorpsi dengan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl (C<sub>t1</sub>) = 1878 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{2000 - 1878}{2000} \times 100\% = 6.10\%$$

Dan Seterusnya

- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi konsentrasi HCl

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi (C<sub>0</sub>) = 1831 mg/l  
 kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl (C<sub>t1</sub>) = 1356 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{1831 - 1356}{1831} \times 100\% = 25.94\%$$

Dan Seterusnya





## Lanjutan lampiran 4 Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%)

### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi waktu kontak

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 7325 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit ( $C_{t1}$ ) = 857 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{7325 - 857}{7325} \times 100\% = 88.30\%$$

Dan Seterusnya

### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi volume limbah cair

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 1000 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml ( $C_{t1}$ ) = 857 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{1000 - 857}{1000} \times 100\% = 14.30\%$$

Dan Seterusnya

### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi konsentrasi HCl

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 405 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl ( $C_{t1}$ ) = 230 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{405 - 230}{405} \times 100\% = 43.21\%$$

Dan Seterusnya



#### Lanjutan lampiran 4 Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%)

##### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi waktu kontak

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 1820 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit (Ct1)  
= 197 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{Co - Ct1}{Co} \times 100\% = \frac{1820 - 197}{1820} \times 100\% = 89.18\%$$

Dan Seterusnya

##### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi volume limbah cair

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 500 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml (Ct1)  
= 496 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{Co - Ct1}{Co} \times 100\% = \frac{500 - 496}{500} \times 100\% = 0.80\%$$

Dan Seterusnya

##### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi konsentrasi HCl

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 1462 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl (Ct1) = 257 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{Co - Ct1}{Co} \times 100\% = \frac{1462 - 257}{1462} \times 100\% = 82.42\%$$

Dan Seterusnya



#### Lanjutan lampiran 4 Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%)

##### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi waktu kontak

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 780 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit ( $C_{t1}$ )  
= 178.5 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{780 - 178.5}{780} \times 100\% = 77.12\%$$

Dan Seterusnya

##### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi volume limbah cair

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 1000 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml ( $C_{t1}$ )  
= 179 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{1000 - 179}{1000} \times 100\% = 82.10\%$$

Dan Seterusnya

##### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi konsentrasi HCl

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_0$ ) = 362 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl ( $C_{t1}$ ) = 107 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{C_0 - C_{t1}}{C_0} \times 100\% = \frac{362 - 107}{362} \times 100\% = 70.44\%$$

Dan Seterusnya



## Lanjutan lampiran 4 Perhitungan Daya Serap Karbon Aktif (%)

### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi waktu kontak

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 450 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit (Ct1)  
= 88 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{Co - Ct1}{Co} \times 100\% = \frac{450 - 88}{450} \times 100\% = 80.44\%$$

Dan Seterusnya

### - BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi volume limbah cair

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 500 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml (Ct1)  
= 88 mg/l

ditanya : daya serap (%)

$$\text{jawab : } \frac{Co - Ct1}{Co} \times 100\% = \frac{500 - 88}{500} \times 100\% = 82.40\%$$

Dan Seterusnya

## Lampiran 5 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif (Qe)

### - COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi konsentrasi HCl

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi (Co) = 1831 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl (Ct1) = 1356 mg/l  
volume limbah cair (v) = 100 ml  
massa karbon aktif (w) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi (Qe)

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(1831 - 1356) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 95,040 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi waktu kontak**

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 7325 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit ( $C_{t1}$ ) = 857 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{w} = \frac{(7325 - 857) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 1,293,600 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi volume limbah cair**

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 1000 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml ( $C_{t1}$ ) = 857 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(1000 - 857) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 28,600 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi konsentrasi HCl**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 405 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl ( $C_{t1}$ ) = 230 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(405 - 230) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 35,000 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi waktu kontak**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 1820 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit ( $C_{t1}$ ) = 197 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(1820 - 197) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 324,600 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Rizky dengan variasi volume limbah cair**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 500 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml ( $C_{t1}$ ) = 496 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(500 - 496) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 2,000 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**





**- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi konsentrasi HCl**

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 1462 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl ( $C_{t1}$ ) = 257 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(1462 - 257) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 241,000 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi waktu kontak**

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 780 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit ( $C_{t1}$ ) = 178.5 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times V}{W} = \frac{(780 - 178.5) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 120,300 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**- COD Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi volume limbah cair**

diketahui : kadar COD limbah cair sebelum adsorpsi ( $C_o$ ) = 1000 mg/l  
kadar COD limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml ( $C_{t1}$ ) = 179 mg/l  
volume limbah cair ( $v$ ) = 100 ml  
massa karbon aktif ( $w$ ) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ )

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times v}{W} = \frac{(1000 - 179) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 164,200 \text{ mg/g}$$

Dan Seterusnya

**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi konsentrasi HCl**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (C<sub>o</sub>) = 362 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi menggunakan karbon aktif yang diaktivasi tanpa HCl (C<sub>t1</sub>) = 107 mg/l  
volume limbah cair (v) = 100 ml  
massa karbon aktif (w) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi (Q<sub>e</sub>)

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times v}{W} = \frac{(362 - 107) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 51,000 \text{ mg/g}$$

Dan Seterusnya

**Lanjutan lampiran 5 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif (Q<sub>e</sub>)**

**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi waktu kontak**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (C<sub>o</sub>) = 450 mg/l  
kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan waktu kontak 30 menit (C<sub>t1</sub>) = 88 mg/l  
volume limbah cair (v) = 100 ml  
massa karbon aktif (w) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi (Q<sub>e</sub>)

$$\text{jawab : } \frac{(C_o - C_{t1}) \times v}{W} = \frac{(450 - 88) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 72,400 \text{ mg/g}$$

Dan Seterusnya





**- BOD<sub>5</sub> Limbah Cair Industri tahu tempe Sukamaju dengan variasi volume limbah cair**

diketahui : kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sebelum adsorpsi (C<sub>0</sub>) = 500 mg/l  
 kadar BOD<sub>5</sub> limbah cair sesudah adsorpsi dengan volume limbah cair 100 ml (C<sub>t1</sub>) = 88 mg/l  
 volume limbah cair (v) = 100 ml  
 massa karbon aktif (w) = 0.5 g

ditanya : kapasitas adsorpsi (Q<sub>e</sub>)

$$\text{jawab : } \frac{(C_0 - C_{t1}) \times v}{W} = \frac{(500 - 88) \times 100 \text{ ml}}{0.5 \text{ g}} = 82,400 \text{ mg/g}$$

**Dan Seterusnya**

**Lampiran 6 Analisis Data (Anova dalam SPSS)**

**6.1 DAYA SERAP VS KONSENTRASI HCl**

**Perusahaan 1 Industri tahu tempe Rizky**

**a). COD**

**One-way ANOVA: Observasi versus Perlakuan\_1**

Source	DF	SS	MS	F	P
Perlakuan_1	4	1173485	293371	2902078,68	0,000
Error	5	1	0		
Total	9	1173485			

S = 0,3179    R-Sq = 100,00%    R-Sq(adj) = 100,00%

Kesimpulan:

P-value = 0,000 < α = 0,05 maka H<sub>0</sub> ditolak atau H<sub>1</sub> diterima, dengan kata lain paling sedikit ada dua nilai tengah perlakuan yang berbeda

Dunnett's comparisons with a control

Family error rate = 0,05  
 Individual error rate = 0,0177

Critical value = 3,48

Control = level (1) of Perlakuan\_1

< nilai kritis = tidak mempunyai perbedaan yang cukup signifikan



Intervals for treatment mean minus control mean

Level	Lower	Center	Upper
2	-476,755	-475,650	-474,545
3	-500,255	-499,150	-498,045
4	-862,925	-861,820	-860,715
5	-974,930	-973,825	-972,720

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Perlakuan\_1

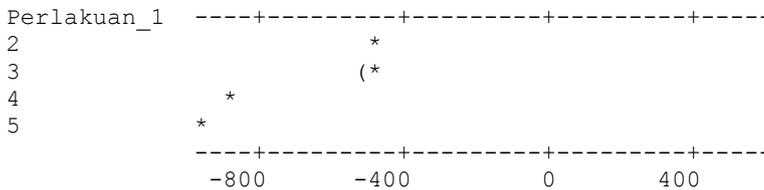
Individual confidence level = 98,98%

Perlakuan\_1 = 1 subtracted from:

Perlakuan_1	Lower	Center	Upper
2	-476,925	-475,650	-474,375
3	-500,425	-499,150	-497,875

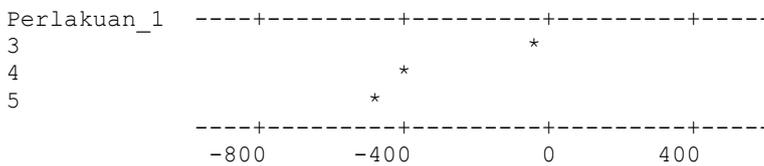
**Lanjutan Lampiran 6 Analisis Data (Anova dalam SPSS)**

4	-863,095	-861,820	-860,545
5	-975,100	-973,825	-972,550



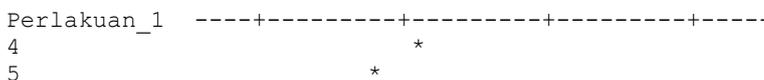
Perlakuan\_1 = 2 subtracted from:

Perlakuan_1	Lower	Center	Upper
3	-24,775	-23,500	-22,225
4	-387,445	-386,170	-384,895
5	-499,450	-498,175	-496,900



Perlakuan\_1 = 3 subtracted from:

Perlakuan_1	Lower	Center	Upper
4	-363,945	-362,670	-361,395
5	-475,950	-474,675	-473,400





## 6.2 DAYA SERAP VS WAKTU

### Industri Tahu tempe Sukamaju (SKMJ)

BOD<sub>5</sub>

#### ANOVA

Data 1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	77333.269	3	25777.756	134.640	.000
Within Groups	765.829	4	191.457		
Total	78099.098	7			

### Lanjutan Lampiran 6 Analisis Data (Anova dalam SPSS)

COD

#### ANOVA

Data2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	203664.500	3	67888.167	4.801	.082
Within Groups	56561.000	4	14140.250		
Total	260225.500	7			

### Industri Tahu tempe Rizky

BOD<sub>5</sub>

#### ANOVA

Data3

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1301644.945	3	433881.648	839.081	.000
Within Groups	2068.366	4	517.091		
Total	1303713.311	7			



## LAMPIRAN 8 FOTO – FOTO PENELITIAN

### 1. LOKASI PENELITIAN

#### A. AKTIVITAS PRODUKSI INDUSTRI TAHU TEMPE SUKAMAJU



#### B. AKTIVITAS PRODUKSI INDUTRI TAHU TEMPE RIZKY



### 2. SAMPEL PENELITIAN



@Hak cipta pada UNIPA

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.  
2. Memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.



LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU TEMPE  
SIAP PAKAI RIZKY



LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU TEMPE  
SUKAMAJU



KARBON AKTIF  
(yang telah diaktivasi dengan HCl)

### 3. PENGUJIAN SAMPEL PENELITIAN

#### A. PEMBUATAN KARBON AKTIF KAYU MERBAU



KAYU MERBAU



DIARANGKAN DGN  
METODE KILNDRUM



ARANG  
DIDINGINKAN



PADATAN ARANG KAYU MERBAU

#### CRUSHER



AYAKAN (-100 + 150 MESH)



## B. PENGUJIAN KARAKTERISTIK KARBON AKTIF KAYU MERBAU



Penyaringan karbon aktif kayu merbau setelah merbau hinggapendaman dengan HCl 1M, 2M, 3M



Pencucian karbon aktif kayu pH netral



Uji kadar air (oven)



Uji kadar abu (tanur)



Uji daya serap terhadap I<sub>2</sub>



Titik akhir titrasi



+ Amilum 1%



@Hak cipta pada UNIPA

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.  
2. Memnerbanvak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.



@Hak cipta pada UNIPA

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.
2. Memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.



### C. PENGUJIAN DAYA SERAP KARBON AKTIF DENGAN VARIASI KONSENTRASI HCL , WAKTU KONTAK DAN VOLUME LIMBAH CAIR



Karbon aktif ditimbang 0.5 g



karbon aktif + limbah cair



di stirer selama wkt optimum



Filtrat diuji nilai BOD<sub>5</sub> dan COD



Penyaringan karbon aktif





**@Hak cipta pada UNIPA**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi karya tulis ini tanpa menyebutkan sumbernya.
2. Memperbanyak sebagian atau seluruh isi karya tulis ini merupakan pelanggaran Undang-undang.