

# **STUDI ADSORPSI BINER ZAT WARNA DENGAN KARBON AKTIF**

## **Laporan Penelitian**

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

Oleh:

**Yosep Christian (6214037)**

**Boas Tua Hotasi (6214054)**

Pembimbing:

**Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D.**

**Hans Kristianto, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2017**



## LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL: STUDI ADSORPSI BINER ZAT WARNA DENGAN KARBON AKTIF**

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 19 Desember 2017

Pembimbing 1

Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing 2

Hans Kristianto, S.T., M.T.



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN



### **SURAT PERNYATAAN**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yosep Christian

NRP : 6214037

Nama : Boas Tua Hotasi

NRP : 6214054

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

#### **STUDI ADSORPSI BINER ZAT WARNA DENGAN KARBON AKTIF**

Adalah hasil pekerjaan kami dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai. Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, Desember 2017

Yosep Christian

(6214037)

Boas Tua Hotasi

(6214054)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan dengan judul “Studi Adsorpsi Biner Zat Warna dengan Karbon Aktif” tepat pada waktunya. Laporan ini disusun untuk memenuhi kriteria kelulusan mata kuliah ICE-410 yaitu “Penelitian”. Selain itu, laporan ini digunakan sebagai syarat utama bagi penulis untuk melaksanakan kegiatan penelitian yang merupakan salah satu mata kuliah wajib di jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.

Seiring proses penulisan laporan ini, penulis mendapatkan berbagai dukungan dan saran dari berbagai pihak. Dukungan yang diberikan dapat berwujud material maupun non-material. Saran yang diberikan juga sangat membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini. Dukungan dan saran sangat membantu penulis untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis secara khusus ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing utama yang sudah berjasa untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan ini
2. Hans Kristianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang sudah berjasa memberikan masukan dan saran agar laporan ini menjadi lebih baik
3. Orang tua serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan kekuatan selama penyusunan laporan ini berlangsung
4. Teman-teman jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan angkatan 2014 yang sudah memberikan semangat dan saran
5. Pihak-pihak lain yang sudah membantu secara langsung dan tidak langsung, yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk dapat menyempurnakan laporan ini.

**LEMBAR REVISI**



**JUDUL: STUDI ADSORPSI BINER ZAT WARNA DENGAN KARBON AKTIF**

Catatan

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 4 Januari 2017

Dosen Penguji

Kevin Cleary Wanta, S.T., M.Eng.

Dosen Penguji

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

## DAFTAR ISI

<b>COVER DALAM</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>LEMBAR REVISI</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xiii
<b>INTISARI</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tema Sentral Masalah.....	3
1.3. Identifikasi Masalah .....	3
1.4. Premis .....	4
1.5. Hipotesis .....	10
1.6. Tujuan Penelitian .....	10
1.7. Manfaat Penelitian.....	11
1.7.1. Bagi Negara .....	11
1.7.2. Bagi Industri.....	11
1.7.3. Bagi Mahasiswa .....	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	12
2.1 Adsorpsi .....	12
2.1.1. Jenis-jenis Adsorpsi .....	12
2.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi .....	13
2.2 Adsorben .....	19
2.2.1 Karbon Aktif .....	20
2.3. Model Persamaan Adsorpsi .....	22
2.3.1. Persamaan Neraca Massa .....	22
2.3.2. Persamaan kinetika adsorpsi.....	23
2.3.2.1. Persamaan Kinetika Orde Satu Semu .....	24
2.3.2.2 Persamaan Kinetika Orde Dua Semu.....	24

2.3.2.3. Persamaan Difusi Infrapartikel .....	25
2.3.3. Isoterm adsorpsi.....	25
2.3.3.1. Isoterm Langmuir.....	27
2.3.3.2. Extended Langmuir Isotherm .....	28
2.3.3.3. <i>Modified Extended Langmuir Model</i> .....	28
2.3.3.4. Model Faktor P .....	29
2.3.3.5. Model Faktor Interaksi.....	30
2.4. Adsorbat.....	30
2.5 Analisis Konsentrasi Zat Warna.....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.1.1. Bahan Penelitian .....	34
3.1.2. Alat Penelitian .....	34
3.2. Tahap Persiapan Awal .....	35
3.2.1. Persiapan Awal Adsorben.....	35
3.2.2. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	36
3.2.3. Pembuatan Kurva Standar.....	37
3.2.4. Pembuatan Larutan Zat Warna Biner.....	37
3.2.5. Penentuan Massa Adsorben .....	39
3.3. Tahap Adsorpsi .....	40
3.3.1. Adsorpsi Zat Warna Satu Komponen.....	40
3.3.2. Adsorpsi Zat Warna Biner.....	42
3.4. Analisis Proses Adsorpsi .....	43
3.4.1. Perhitungan Konsentrasi Larutan Biner .....	43
3.4.2. Analisis %removal.....	43
3.4.3. Analisis Kapasitas Adsorpsi.....	44
3.5. Analisis Isoterm.....	44
3.5.1. Isoterm Langmuir Satu Komponen .....	44
3.5.2. Extended Langmuir .....	45
3.5.3. Modified Extended Langmuir .....	45
3.5.4. Model Faktor P .....	46
3.5.5. Model Faktor Interaksi .....	47
3.6. Analisis Kinetika Adsorpsi .....	48
3.6.1. Kinetika Orde Satu Semu .....	48
3.6.2. Kinetika Orde Dua Semu.....	48
3.6.3. Difusi Intrapartikel .....	49

3.7. Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian .....	49
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	50
4.1. Tahap Persiapan Awal.....	50
4.1.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	50
4.1.2. Pembuatan Kurva Standar.....	52
4.1.3. Penentuan Massa Adsorben .....	54
4.2. Analisis %removal.....	56
4.2.1. Analisis Pengaruh pH terhadap %removal.....	56
4.2.2. Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap %removal pada sistem satu komponen dan dua komponen.....	61
4.3. Analisis Kinetika Adsorpsi .....	64
4.3.1. Analisis Kinetika Adsorpsi Satu Komponen.....	64
4.3.2. Analisis Kinetika Adsorpsi Dua Komponen .....	67
4.4. Analisis Isoterm Adsorpsi.....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	79
5.1. Kesimpulan.....	79
5.2. Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA .....	81
<b>LAMPIRAN A DIAGRAM ALIR PROSES</b> .....	85
<b>LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEET</b> .....	86
<b>B.1 Karbon Aktif</b> .....	86
<b>B.2 Tartrazine</b> .....	87
<b>B.3 Allura Red AC</b> .....	89
<b>B.4 Asam Klorida</b> .....	90
<b>B.5 NaOH</b> .....	92
<b>LAMPIRAN C GRAFIK</b> .....	95
<b>C.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum</b> .....	95
<b>C.2 Pembuatan Kurva Standar</b> .....	96
<b>C.3 Penentuan Massa Adsorben</b> .....	97
<b>C.4 Analisis %Removal</b> .....	99
<b>C.5 Penentuan Kinetika Adsorpsi</b> .....	102
<b>C.6 Analisis Isoterm Adsorpsi</b> .....	148
<b>LAMPIRAN D DATA ANTARA</b> .....	156
D.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	156
D.2 Penentuan Kurva Standar .....	156
D.3 Penentuan Massa Adsorben .....	158
D.4 Penentuan Kinetika Adsorpsi.....	164



D.5 Penentuan Isoterm Adsorpsi .....	252
<b>LAMPIRAN E CONTOH PERHITUNGAN</b> .....	266
E.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	266
E.2. Penentuan Kurva Standar .....	266
E.3. Perhitungan % <i>removal</i> satu komponen.....	267
E.4. Perhitungan kapasitas adsorpsi satu komponen .....	268
E.5. Perhitungan % <i>removal</i> dua komponen .....	268
E.6. Perhitungan kapasitas adsorpsi dua komponen.....	269
E.7. Penentuan Kinetika Adsorpsi .....	270
E.7.1. Kinetika Orde Satu Semu .....	270
E.7.2. Kinetika Orde Dua Semu.....	270
E.7.3. Difusi Intrapartikel .....	271
E.8. Penentuan Isotermal Adsorpsi Satu Komponen.....	272
E.9. Penentuan Isoterm Adsorpsi Dua Komponen .....	273
E.9.1. Extended Langmuir .....	274
E.9.2. Modified Extended Langmuir .....	274
E.9.3. Faktor P .....	275
E.9.4. Faktor Interaksi.....	275

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Pengaruh Konsentrasi Adsorbat terhadap Kapasitas Adsorpsi .....	14
<b>Gambar 2. 2</b> Pengaruh luas permukaan adsorben terhadap kapasitas adsorpsi .....	15
<b>Gambar 2. 3</b> Pengaruh jumlah adsorben terhadap jumlah adsorbat yang dipisahkan .....	15
<b>Gambar 2. 4</b> Pengaruh Temperatur terhadap Persen Adsorbat yang Dapat Dipisahkan ...	16
<b>Gambar 2. 5</b> Pengaruh pH terhadap jumlah adsorbat yang dapat dipisahkan .....	17
<b>Gambar 2. 6</b> Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi zat warna .....	18
<b>Gambar 2. 7</b> Pengaruh kekuatan ionik terhadap jumlah adsorbat yang dipisahkan .....	19
<b>Gambar 2. 8</b> Proses Adsorpsi .....	20
<b>Gambar 2. 9</b> Bentuk Kurva Isoterm Adsorpsi .....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Persiapan Adsorben .....	36
<b>Gambar 3. 2</b> Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	36
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram Alir Pembuatan Kurva Standar .....	37
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Zat Warna Biner .....	38
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Alir Proses Penentuan Massa Adsorben pada Adsorpsi Zat Warna Biner.....	39
<b>Gambar 3. 6</b> Diagram Alir Proses Adsorpsi Zat Warna Satu Komponen .....	41
<b>Gambar 3. 7</b> Diagram Alir Adsorpsi Dua Komponen.....	42
<b>Gambar 4. 1</b> Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Tartrazine .....	51
<b>Gambar 4. 2</b> Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Allura Red AC .....	51
<b>Gambar 4. 3</b> Kurva Standar Allura Red AC pada 505 nm.....	53
<b>Gambar 4. 4</b> Kurva Standar Allura Red AC pada 428 nm.....	53
<b>Gambar 4. 5</b> Kurva Standar Tartrazine pada 428 nm.....	53
<b>Gambar 4. 6</b> Kurva Standar Tartrazine pada 505 nm.....	54
<b>Gambar 4. 7</b> Kapasitas Adsorpsi Allura Red AC Biner pada Berbagai Dosis Adsorben...	56
<b>Gambar 4. 8</b> Kapasitas Adsorpsi Tartrazine Biner pada Berbagai Dosis Adsorben .....	56
<b>Gambar 4. 9</b> Pengaruh pH terhadap %removal Tartrazine Satu Komponen .....	58
<b>Gambar 4. 10</b> Pengaruh pH terhadap %removal Allura Red AC Satu Komponen.....	58
<b>Gambar 4. 11</b> Pengaruh pH terhadap %removal Tartrazine Dua Komponen .....	60
<b>Gambar 4. 12</b> Pengaruh pH terhadap %removal Allura Red AC Dua Komponen .....	60

<b>Gambar 4. 13</b> Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap %removal Tartrazine Satu Komponen .....	62
<b>Gambar 4. 14</b> Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap %removal Allura Red AC Satu Komponen .....	63
<b>Gambar 4. 15</b> Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap %removal Tartrazine Dua Komponen .....	63
<b>Gambar 4. 16</b> Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap %removal Allura Red AC Dua Komponen .....	64
<b>Gambar 4. 17</b> Kinetika Tartrazine 40 ppm pH 2.....	64
<b>Gambar 4. 18</b> Kinetika Allura Red AC 30 ppm pH 4 .....	65
<b>Gambar 4. 19</b> Kinetika Tartrazine 50 ppm pH 8.....	66
<b>Gambar 4. 20</b> Kinetika Orde 2 Adsorpsi Biner 50 ppm pH 2.....	67
<b>Gambar 4. 21</b> Isoterm Adsorpsi Biner Allura Red AC pH 4 .....	75
<b>Gambar 4. 22</b> Isoterm Adsorpsi Biner Tartrazine pH 4 .....	76

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Tabel premis parameter,model yang dipakai dan kapasitas adsorpsi.....	4
<b>Tabel 2. 1</b> Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia.....	13
<b>Tabel 3. 1</b> Tabel Jadwal Kerja.....	49
<b>Tabel 4. 1</b> Model Kinetika Adsorpsi Tartrazine Satu Komponen.....	70
<b>Tabel 4. 2</b> Model Kinetika Adsorpsi Allura Red AC Satu Komponen .....	71
<b>Tabel 4. 3</b> Model Kinetika Allura Red AC Dua Komponen .....	72
<b>Tabel 4. 4</b> Model Kinetika Tartrazine Dua Komponen.....	73
<b>Tabel 4. 5</b> Model Isoterm Langmuir Satu Komponen .....	77
<b>Tabel 4. 6</b> Model Isoterm Extended Langmuir .....	77
<b>Tabel 4. 7</b> Model Isoterm Modified Extended Langmuir .....	77
<b>Tabel 4. 8</b> Model Isoterm Faktor P .....	78
<b>Tabel 4. 9</b> Model Isoterm Faktor Interaksi .....	78

## DAFTAR ISTILAH

$C_i$	: Konsentrasi komponen ke $i$ saat setimbang (mg/L)
$C_{i,0}$	: Konsentrasi komponen ke $i$ saat awal (mg/L)
$C_a$	: Konsentrasi komponen <i>Allura Red AC</i> saat $t$ (mg/L)
$C_b$	: Konsentrasi komponen <i>Tartrazine</i> saat $t$ (mg/L)
$d_1$	: Absorbansi total pada $\lambda_1$
$d_2$	: Absorbansi total pada $\lambda_2$
$da_1$	: Absorbansi komponen <i>Allura Red AC</i> pada $\lambda_1$
$da_2$	: Absorbansi komponen <i>Allura Red AC</i> pada $\lambda_2$
$db_1$	: Absorbansi komponen <i>Tartrazine</i> pada $\lambda_1$
$db_2$	: Absorbansi komponen <i>Tartrazine</i> pada $\lambda_2$
$K$	: Konstanta isoterm adsorpsi Langmuir
$k$	: Konstanta kinetika adsorpsi difusi intrapartikel ( $\text{mg mg}^{-1} \text{menit}^{-0.5}$ )
$k_1$	: Konstanta kinetika adsorpsi orde satu semu ( $\text{menit}^{-1}$ )
$k_2$	: Konstanta kinetika adsorpsi orde dua semu ( $\text{mg mg}^{-1} \text{menit}^{-1}$ )
$ka_1$	: Konstanta kurva kalibrasi komponen <i>Allura Red AC</i> pada $\lambda_1$
$ka_2$	: Konstanta kurva kalibrasi komponen <i>Allura Red AC</i> pada $\lambda_2$
$kb_1$	: Konstanta kurva kalibrasi komponen <i>Tartrazine</i> pada $\lambda_1$
$kb_2$	: Konstanta kurva kalibrasi komponen <i>Tartrazine</i> pada $\lambda_2$
$\lambda_1$	: Panjang gelombang maksimum komponen <i>Allura Red AC</i> (nm)
$\lambda_2$	: Panjang gelombang maksimum komponen <i>Tartrazine</i> (nm)
$\eta$	: Konstanta isoterm adsorpsi Model Faktor Interaksi

$P_i$	: Konstanta isoterm adsorpsi Model Faktor P
$q(t)$	: Jumlah solut teradsorp per unit massa adsorben saat t (mg/mg)
$q_e$	: Jumlah solut teradsorp per unit massa adsorben saat setimbang (mg/mg)
$q_{e,exp}$	: $q_e$ hasil percobaan (mg/mg)
$q_{e,calc}$	: $q_e$ hasil perhitungan (mg/mg)
$q_i$	: Jumlah solut teradsorp komponen ke i per unit massa adsorben saat setimbang (mg/mg)
$q_{i,0}$	: Jumlah solut teradsorp komponen ke i per unit massa adsorben saat awal (mg/mg)
$q_m$	: Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
$r$	: Laju adsorpsi ( $\text{mg L}^{-1} \text{menit}^{-1}$ )
$k_a$	: Konstanta laju adsorpsi ( $\text{menit}^{-1}$ )
$k_d$	: Konstanta laju desorpsi ( $\text{menit}^{-1}$ )
$C$	: Konsentrasi adsorbat di fasa cair (mg/L)

## INTISARI

Proses adsorpsi merupakan salah satu proses yang sering digunakan dalam industri pengolahan limbah. Air limbah yang dihasilkan pada proses pencelupan industri tekstil menjadi masalah utama karena limbah yang dihasilkan mengandung berbagai jenis polutan seperti senyawa asam, basa, padatan terlarut, surfaktan serta zat warna. Senyawa organik yang terkandung dalam zat warna sulit untuk terdegradasi, beracun, karsinogenik, teratogenik dan mutagenik sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia, serta berbahaya bagi organisme hidup yang terdapat dalam perairan. Zat warna tidak memiliki standar baku dalam pengolahannya namun konsentrasi limbah zat warna harus diperhatikan karena sifat senyawa organik yang terkandung didalamnya. Oleh sebab itu, proses penghilangan zat warna menjadi salah satu tugas utama dalam pengolahan air limbah industri

Tujuan penelitian ini adalah menentukan model kinetika dan kesetimbangan isoterm yang dapat digunakan untuk menggambarkan adsorpsi zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif, menentukan parameter isoterm serta kinetika untuk adsorpsi zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif serta mengetahui pengaruh konsentrasi awal adsorbat dan pH pada sistem adsorpsi zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif. Model kinetika yang digunakan dalam penelitian ini adalah kinetika orde satu semu, kinetika orde dua semu dan difusi intrapartikel. Model isoterm yang digunakan dalam percobaan ini adalah Isoterm Langmuir, *Extended Langmuir*, *Modified Extended Langmuir*, Model Faktor P dan Model Faktor Interaksi. Pengaruh variasi konsentrasi awal adsorbat dan pH terhadap proses adsorpsi dianalisis dengan mengukur konsentrasi larutan setelah proses adsorpsi menggunakan spektrofotometer.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa persentase *removal* zat warna *Tartrazine* pada sistem satu komponen berada pada rentang 30,93% hingga 72,91% sedangkan persentase *removal Allura Red AC* pada sistem satu komponen berada pada rentang 82% hingga 95,98%. Nilai persentase *removal* zat warna *Tartrazine* pada sistem dua komponen berada pada rentang 32,3% hingga 98,14% sedangkan persentase *removal Allura Red AC* pada sistem dua komponen berada pada rentang 49,65% hingga 98,99%. Model kinetika yang menggambarkan adsorpsi *Tartrazine* pada pH 2 hingga 8 dapat digambarkan dengan model kinetika orde dua semu sedangkan pada pH 10 kinetika *Tartrazine* digambarkan dengan model interpartikel. Model kinetika yang menggambarkan adsorpsi *Allura Red AC* pada sistem satu komponen adalah kinetika orde dua semu. Model kinetika yang menggambarkan adsorpsi *Tartrazine* dan *Allura Red AC* pada sistem dua komponen adalah kinetika orde dua semu. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa model isoterm yang dapat menggambarkan adsorpsi biner zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC* adalah model *Modified Extended Langmuir*.

Kata kunci: adsorpsi biner, karbon aktif, model isoterm, model kinetika, zat warna

## ABSTRACT

Adsorption is a process which is often used in industrial's tertiary waste treatment. Waste water from textile process becomes problem because it contains various types of pollutants such as acid, base, solute, surfactant and dyes. Organic compounds in dyes are hard to degrade, toxic, carcinogenic, teratogenic and mutagenic so that they can affect human's health and they are dangerous to aquatic organisms. Dyes do not have standards but the concentration of dyes must be concerned because the characteristics of organic compounds are contained. Therefore, dyes removal process is one of the main task in industrial's waste water treatment.

The purpose of this research were to determine kinetic model and isotherm model that fit the adsorption of Allura Red AC and Tartrazine with activated carbon, determine isotherm and kinetic parameters for adsorption of *Allura Red AC* and *Tartrazine* with activated carbon as the adsorbent and find out the influence of initial concentration and pH on adsorption of Allura Red AC and Tartrazine by using activated carbon as the adsorbent. Kinetic models that were used in this research are pseudo first order, pseudo second order and intraparticle diffusion. Isotherm models that were used in this research were Langmuir, Extended Langmuir, Modified Extended Langmuir, P-factor and interaction factor. The dyes concentration profile in samples were analyzed by measuring the concentration by spectrophotometry.

Based on the research, it could be concluded that %removal of Tartrazine on single component was in range of 30,93% to 72,91%, while %removal of Allura Red AC on single component was in range of 82% to 95,98%. The value %removal of Tartrazine on binary system was in range of 32,3% to 98,14% and %removal of Allura Red AC on binary system was in range of 49,65% to 98,99%. Kinetic model that described adsorption of Tartrazine on pH 2 to 8 was pseudo second order, while on pH 10 Tartrazine could be described by intraparticle diffusion. Kinetic model that described adsorption of Allura Red AC on single component was pseudo second order. Kinetic model that described Tartrazine and Allura Red AC on binary system was pseudo second order. Based on this research, it could be concluded that isotherm model that could describe adsorption of Tartrazine and Allura Red AC was Modified Extended Langmuir

Keywords: binary adsorption, activated carbon, isotherm models, kinetic models, dyes



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang menjadi perhatian khusus bagi setiap negara di dunia [1]. Banyak industri menggunakan berbagai jenis zat warna untuk mewarnai produk yang dihasilkannya, misalnya industri tekstil, kertas, plastik, kosmetik, proses mineral, makanan dan lain-lain [2]. Air limbah yang dihasilkan pada proses pencelupan industri tekstil menjadi masalah utama karena limbah yang dihasilkan mengandung berbagai jenis polutan seperti senyawa asam, basa, padatan terlarut, surfaktan serta zat warna. Zat warna merupakan polutan yang paling mudah dikenali karena dapat dilihat oleh manusia [3]. Senyawa organik yang terkandung dalam zat warna sulit untuk terdegradasi, beracun, karsinogenik, teratogenik dan mutagenik sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia, serta berbahaya bagi organisme hidup yang terdapat dalam perairan [1]. Zat warna tidak memiliki standar baku dalam pengolahannya namun konsentrasi limbah zat warna harus diperhatikan karena sifat senyawa organik yang terkandung didalamnya. Oleh sebab itu, proses penghilangan zat warna menjadi salah satu tugas utama dalam pengolahan air limbah industri [2].

Proses pengolahan air limbah terdiri dari pengolahan primer, sekunder dan tersier [4]. Proses adsorpsi menjadi salah satu teknik pengolahan tersier yang banyak digunakan karena mudah untuk dikendalikan serta dapat memberikan efisiensi yang tinggi [1]. Proses pemisahan zat warna yang efektif dipengaruhi oleh jenis adsorben, kapasitas serta laju adsorpsi [1, 5]. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben komersial yang dapat digunakan untuk menghilangkan berbagai polutan yang terkandung dalam air limbah dan udara [6]. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dalam proses penghilangan zat warna dapat memberikan efisiensi yang tinggi [1]. Oleh sebab itu, penelitian mengenai penggunaan karbon aktif yang memberikan proses adsorpsi yang lebih murah, ramah lingkungan serta efisien terus dilakukan.

Proses adsorpsi yang efisien dapat ditentukan melalui studi mengenai isoterm serta kinetika adsorpsi. Isoterm adsorpsi dapat memberikan informasi mengenai hasil dari sistem

adsorpsi yang telah dilakukan dan menunjukkan seberapa efisien kontak antara adsorben dengan adsorbat [7]. Beberapa model isoterm adsorpsi seperti isoterm adsorpsi Langmuir, Freundlich dan Tempkin telah digunakan oleh berbagai literatur. Penentuan model isoterm adsorpsi ini penting dilakukan karena isoterm adsorpsi ini dapat digunakan untuk optimasi desain sistem adsorpsi dengan cara menetapkan model mana yang memberikan korelasi yang tepat untuk data eksperimen yang diperoleh [7]. Kinetika adsorpsi dapat memberikan informasi mengenai mekanisme proses adsorpsi. Laju adsorpsi penting untuk diketahui selama proses penghilangan kontaminan berlangsung karena dapat memberikan parameter-parameter yang digunakan untuk melakukan desain optimasi proses adsorpsi yaitu waktu kontak adsorbat dengan adsorben serta dimensi alat yang digunakan [7].

Literatur yang membahas adsorpsi zat warna satu komponen dengan karbon aktif jumlahnya banyak. Karbon aktif dapat memisahkan zat warna satu komponen dengan *%removal* 60% hingga 95% [8]. Literatur yang memberikan informasi tentang proses adsorpsi multikomponen jumlahnya masih terbatas, sedangkan air limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil umumnya mengandung lebih dari satu jenis zat warna [9], oleh sebab itu salah satu tujuan penelitian ini yaitu untuk mempelajari mekanisme adsorpsi biner. Isoterm adsorpsi Langmuir, Freundlich, dan Tempkin merupakan jenis isoterm adsorpsi yang digunakan untuk menggambarkan proses adsorpsi satu komponen. Pada adsorpsi multikomponen, isoterm adsorpsi yang umum digunakan adalah *Extended Langmuir*, *Modified Extended Langmuir*, Model Faktor P dan Model Faktor Interaksi.

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan studi mengenai adsorpsi larutan biner yaitu zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC* dengan karbon aktif sebagai adsorben. Variabel yang akan dimanipulasi pada percobaan ini adalah pH larutan serta konsentrasi awal adsorbat zat warna. Selain melakukan proses adsorpsi biner, peneliti juga akan melakukan proses adsorpsi satu komponen untuk masing-masing zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC* sehingga kapasitas karbon aktif pada sistem adsorpsi satu komponen dan dua komponen dapat dibandingkan. Jenis isoterm adsorpsi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis isoterm adsorpsi Langmuir untuk adsorpsi zat warna satu komponen dan isoterm adsorpsi *Extended Langmuir*, *Modified Extended Langmuir*, Model Faktor P dan Model Faktor Interaksi untuk sistem adsorpsi zat warna biner. Model kinetika adsorpsi yang digunakan pada percobaan ini adalah model kinetika orde satu semu, orde

dua semu dan difusi intrapartikel. Data eksperimen yang diperoleh pada percobaan ini digunakan untuk mengkaji model mana yang mempresentasikan mekanisme serta kinetika adsorpsi terbaik untuk proses adsorpsi zat warna biner *Tartrazine* dan *Allura Red AC* menggunakan karbon aktif.

## 1.2. Tema Sentral Masalah

**Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah pengujian kinerja adsorpsi biner zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan karbon aktif dengan mengkaji model isotermal dan kinetika adsorpsi yang sesuai dengan kondisi eksperimen.**

## 1.3. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang melatarbelakangi dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kinerja karbon aktif pada sistem adsorpsi biner zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC*?
2. Model apakah yang cocok untuk menggambarkan proses adsorpsi zat warna biner *Tartrazine* dan *Allura Red AC* dengan adsorben karbon aktif?
3. Bagaimana pengaruh konsentrasi awal adsorbat ( $C_0$ ) dan pH larutan terhadap kapasitas adsorpsi zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC* untuk sistem adsorpsi satu komponen dan dua komponen dengan adsorben karbon aktif?
4. Bagaimana perbandingan antara kapasitas adsorpsi zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC* untuk sistem adsorpsi satu komponen dan dua komponen dengan adsorben karbon aktif?

#### 1.4.Premis

**Tabel 1. 1** Tabel premis parameter,model yang dipakai dan kapasitas adsorpsi

Nomor	Jenis Adsorben	Zat warna	Temperatur	Dosis adsorben	Waktu kontak	pH	Konsentrasi awal	Model yang digunakan	Kesimpulan	Referensi
1	Karbon aktif	<i>Acid Blue 80 (AB80), Acid Red 114 (AR114), and Acid Yellow 117</i>	20 ±2 °C	0.05 gram/0,05 L	21 hari	n.a.	10-250 mg/L(satu komponen) dan 25-125 mg/L (dua komponen)	Isoterm Langmuir, <i>Extended Langmuir, Modified Extended Langmuir</i> , Faktor P dan Faktor Interaksi	Faktor P dan faktor interaksi merupakan model isoterm yang paling cocok	[9]

2	Karbon aktif	<i>Direct Blue 78</i> (DB78) dan <i>Direct Red 31</i> (DR 31)	25°C	0,1-0,6 gram/200 ml	30 menit	2,5	25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L	Kinetika orde satu semu, kinetika orde dua semu, difusi intrapartikel, Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, Isoterm Tempkin dan <i>Extended Langmuir</i>	Model kinetika orde dua merupakan model kinetika yang paling cocok, % <i>removal</i> paling besar terjadi pada konsentrasi awal 25 mg/L	[8]
---	--------------	---	------	---------------------	----------	-----	--	---	---	-----

3	Dendrimer	<i>Direct Blue 78</i> (DB 78) dan <i>Acid Black 26</i> (AB26)	25°C	1,8 mg/L	30 menit	2 s.d. 10	25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L dan 100 mg/L	Kinetika orde satu semu, Difusi Intrapartikel, Kinetika Orde Dua Semu, Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, Isoterm Tempkin dan <i>Extended Langmuir</i>	Adsorpsi zat warna terjadi secara optimal pada ph 2, <i>%removal</i> terbesar terjadi pada konsentrasi 25 mg/L, Kinetika orde dua merupakan model persamaan kinetika yang paling cocok	[7]
---	-----------	---	------	----------	----------	-----------	--	---	--	-----

4	Karbon aktif	<i>Acid Blue 127 (AB 127) dan Acid Yellow 17 (AC17)</i>	25°C	1 g/L	160 menit	5,6 s.d. 6,4	0,02 mM dan 0,1 mM	Isoterm Freundlich, Isoterm Langmuir, Extended Langmuir, Extended Freundlich, Persamaan Kinetika <i>Vermeulen</i> dan Persamaan kinetika <i>McKay</i>	<i>Extended Freundlich</i> dan <i>Extended Langmuir</i> merupakan model isoterm multikomponen yang paling cocok	[10]
5	Karbon aktif	Basic Red 22 (BR 22), Basic Yellow 21 (BY 21) dan Basic Blue 69 (BB 69)	20±2°C	1 gram	n.a.	n.a.	n.a.	Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, Isoterm Jossens, Faktor P, Faktor Interaksi, Extended Langmuir,	Faktor P dapat digunakan sebagai model isoterm multikomponen	[11]

6	Karbon aktif	<i>Acid Red 97, Acid Orange 91 dan Acid Brown 425</i>	25°C	0,2 gram/500 ml	250 menit	n.a.	30 mg/L	Kinetika orde satu semu, Kinetika orde dua semu, Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, <i>Extended Langmuir</i> dan <i>Extended Freundlich</i>	Kinetika orde dua semu merupakan model kinetika adsorpsi yang paling cocok	[12]
7.	Karbon Aktif	<i>Basic Red 22, Basic Yellow 21, Basic Blue 69</i>	20°C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Isoterm Langmuir, Isoterm Freundlich, Isoterm Jossens	n.a.	[11]



### 1.5. Hipotesis

1. Karbon aktif dapat menghasilkan *%removal* zat warna sebesar 60% sampai 95% [8].
2. Model isoterm adsorpsi yang paling cocok untuk sistem adsorpsi *single component acid dye* adalah model isoterm langmuir [7]. Model isoterm adsorpsi yang paling cocok untuk sistem adsorpsi *binary acid dyes* adalah Model Faktor Interaksi dan Model Faktor P [9].
3. Model kinetika adsorpsi yang paling cocok untuk sistem adsorpsi *single component acid dye* dan *binary acid dye* adalah kinetika orde dua semu [7, 8].
4. *%Removal single component acid dye* dan *binary acid dye* semakin kecil dengan meningkatnya pH karena jumlah permukaan yang bermuatan positif menurun sehingga proses desorpsi lebih dominan [7].
5. Konsentrasi awal adsorbat zat warna berbanding terbalik dengan *%removal* zat warna pada sistem adsorpsi *single component acid dye* dan *binary acid dyes* karena pada konsentrasi tinggi jumlah zat warna yang dapat dipisahkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi awal adsorbat [7, 8].
6. Kapasitas adsorpsi zat warna berkurang pada sistem multikomponen [11].

### 1.6. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari kinerja karbon aktif pada sistem adsorpsi biner zat warna *Tartrazine* dan *Allura Red AC*.
2. Menentukan model isoterm dan kinetika adsorpsi yang cocok untuk sistem adsorpsi zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif.
3. Menentukan parameter-parameter isoterm serta kinetika adsorpsi yang digunakan untuk sistem adsorpsi zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif.
4. Mengetahui pengaruh konsentrasi awal adsorbat dan pH larutan terhadap *%Removal* zat warna *Allura Red AC* dan *Tartrazine* dengan adsorben karbon aktif pada sistem adsorpsi satu komponen dan dua komponen.

## **1.7. Manfaat Penelitian**

### 1.7.1. Bagi Negara

1. Membantu pemerintah untuk menangani pengolahan limbah zat warna yang dihasilkan oleh industri sehingga dapat meminimalkan pencemaran air.

### 1.7.2. Bagi Industri

1. Membantu industri-industri yang melibatkan zat warna untuk menangani limbah zat warna agar tidak mencemari lingkungan

### 1.7.3. Bagi Mahasiswa

1. Menambah pengetahuan mahasiswa mengenai model adsorpsi dua komponen dan menambah pengetahuan mengenai pengaruh konsentrasi awal adsorbat ( $C_0$ ) dan pH terhadap kapasitas adsorpsi satu komponen dan dua komponen.