



**ANALISIS KINERJA KOLOM ADSORPSI
KONTINU UNTUK PENGOLAHAN LARUTAN ZAT
WARNA *STRAWBERRY RED* MENGGUNAKAN
ADSORBEN KARBON AKTIF**

Laporan Penelitian

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

oleh :

Yovita Hariyanti (2013 620 040)

Pembimbing :

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

Katherine, S.T., Ph.D.



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

2017

No. Kode	: TK HAR a/17
Tanggal	: 16 Januari 2018
No. Ind.	: 4269-FTI /SKP 35014
Divisi	:
Medan / Ball	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : ANALISIS KINERJA KOLOM ADSORPSI KONTINU UNTUK
PENGOLAHAN LARUTAN ZAT WARNA *STRAWBERRY RED*
MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF**

CATATAN :



Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 25 Juli 2017
Pembimbing Pertama

Bandung, 25 Juli 2017
Pembimbing Kedua

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

Katherine, S.T., Ph.D.



LEMBAR REVISI

JUDUL: **ANALISIS KINERJA KOLOM ADSORPSI KONTINU UNTUK
PENGOLAHAN LARUTAN ZAT WARNA *STRAWBERRY RED*
MENGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF**

CATATAN:

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, Agustus 2017

Penguji

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

Penguji

Tedi Hudaya, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D



Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan Bandung

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yovita Hariyanti

NPM : 2013 620 040

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

“ANALISIS KINERJA KOLOM ADSORPSI KONTINU UNTUK PENGOLAHAN LARUTAN ZAT WARNA *STRAWBERRY RED* MENGGUNAKAN ADSORBEN KARBON AKTIF”

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

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

Bandung, 25 Juli 2017

Yovita Hariyanti
2013 620 040



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“Analisis Kinerja Kolom Adsorpsi Kontinu untuk Pengolahan Larutan Zat Warna *Strawberry Red* Menggunakan Adsorben Karbon Aktif”**.

Selama masa penyusunan laporan penelitian, penulis mendapat dukungan, dorongan, perhatian, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati dan penuh rasa hormat, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Arenst Andreas, S.T., S.Si, M.Sc., Ph.D. serta Ibu Katherine, S.T., Ph.D. selaku pembimbing, dan atas bimbingan, arahan, serta informasi-informasi yang diberikan selama proses penyusunan laporan penelitian.
2. Kedua orang tua dan saudara penulis yang telah memberikan bantuan material maupun spiritual.
3. Teman-teman Teknik Kimia serta teman-teman Paduan Suara Mahasiswa Universitas Katolik Parahyangan yang telah mendukung, membantu, serta memberi semangat.

Demikian kata pengantar ini penulis buat. Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca guna penyempurnaan laporan penelitian ini.

Bandung, Juli 2017

Penulis

Yovita Hariyanti



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR REVISI	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xv
INTISARI	xxi
ABSTRACT	xxii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian.....	3
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Premis	3
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tujuan Penelitian	4
1.7 Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pewarna.....	6
2.2 Metode dalam Pengolahan Limbah Zat Warna	8
2.3 Pengertian Adsorpsi	11
2.4 Cara Kerja Adsorpsi.....	13
2.5 Adsorben	14
2.6 Kolom Adsorpsi	18

2.7 Prinsip Adsorpsi pada <i>Fixed-bed Column</i>	19
2.8 Kurva Profil Konsentrasi	20
2.9 Kurva <i>Breakthrough</i>	22
2.10 Pengaruh Variabel-variabel terhadap Kinetika Adsorpsi	26
2.11 Isotherm Adsorpsi.....	34
2.12 Model Kurva <i>Breakthrough</i>	36
2.12.1 Model Adams–Bohart.....	36
2.12.2 Model Thomas	36
2.12.3 Yoon–Nelson model	37
BAB III.....	38
BAHAN DAN METODE.....	38
3.1 Tahap-Tahap Penelitian	38
3.2 Alat dan Bahan.....	38
3.2.1 Alat Gelas dan Alat Pendukung.....	38
3.2.2 Alat Instrumen	38
3.3 Kolom Adsorpsi.....	40
3.4 Metode Analisa	40
3.5 Variasi Percobaan	40
3.6 Prosedur Percobaan.....	43
3.6.1 Kalibrasi Flowmeter.....	43
3.6.2 Adsorpsi <i>Batch</i> (Variasi Konsentrasi Awal Umpan).....	43
3.6.3 Pretreatment Karbon Aktif.....	44
3.6.4 Adsorpsi <i>Batch</i> (Variasi pH awal umpan)	45
3.6.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	46
3.6.6 Pembuatan Kurva Standar Adsorpsi	46
3.6.7 Penentuan Tinggi Unggun	47
3.6.8 Variasi <i>Hydraulic Loading</i>	49
3.6.9 Variasi Konsentrasi Awal Umpan	50
3.6.10 Pengolahan Data	51
3.6.11 Lokasi dan Pelaksanaan Penelitian	54

BAB IV	56
HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Adsorpsi <i>Batch</i>	56
4.2 Adsorpsi Kontinu	59
4.2.1 Kurva <i>Breakthrough</i>	60
4.2.1.1 Pengaruh Tinggi Unggun	60
4.2.1.2 Pengaruh pH Awal Umpan	63
4.2.1.3 Pengaruh <i>Hydraulic Loading</i>	65
4.2.1.4 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan	67
4.2.2 Model Adsorpsi Kontinu	69
4.2.2.1 Model Adams-Bohart	71
BAB V	75
KESIMPULAN DAN SARAN	75
1. Kesimpulan	75
2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN A	81
DATA PENGAMATAN DAN HASIL ANTARA	81
A.1 Penentuan Kurva Standar	81
A.1.1 Kurva Standar	81
A.2 Hasil Penentuan Panjang Gelombang dengan cara Mengalurkan Absorbansi terhadap Panjang Gelombang (nm).	81
A.3 Hasil Pembuatan Kurva Standar	82
A.4 Hasil Data Pengamatan Adsorpsi Larutan Zat Warna <i>Strawberry Red</i> dengan Karbon Aktif Jacobi AquaSorb® 2000	82
A.4.1 Data Antara Adsorpsi Kontinu Larutan Zat Warna <i>Strawberry Red</i> Menggunakan Karbon Aktif Jacobi AquaSorb® 2000	82
A.4.2 Data Antara Penentuan Parameter Kurva <i>Breakthrough</i>	90
A.4.3 Model dan Parameter Adsorpsi Kontinu	104

LAMPIRAN B	108
GRAFIK	108
LAMPIRAN C	129
CONTOH PERHITUNGAN	129
C.1 Pembuatan Kurva Standar	129
C.2 Isotermal Adsorpsi	129
C.2.1 Langmuir Isotherm.....	129
C.2.1.1 Langmuir Isotherm (Linier) eeee	129
C.2.1.2 Langmuir Isotherm (Non-linier).....	130
C.2.2 Freundlich Isotherm	130
C.2.2.1 Freundlich Isotherm (Linier).....	130
C.2.2.2 Freundlich Isotherm (Non-linier).....	131
C.3 Kurva <i>Breakthrough</i>	131
C.4 Model Kurva <i>Breakthrough</i>	132
C.4.1 Model Thomas.....	132
C.4.1.1 Regresi Linier Model Thomas.....	132
C.4.1.2 Regresi Non-linier Model Thomas.....	133
C.4.2 Model Yoon-Nelson.....	134
C.4.2.1 Regresi Linier Model Yoon-Nelson.....	134
C.4.2.2 Regresi Non-linier Model Yoon-Nelson	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Fisik Pewarna Strawberry Red (The Nordic Council, 2002).....	7
Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan Treatment Biologi, Fisika, dan Kimia. (Kharub, 2012)	10
Tabel 2. 3 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia. (Ruthven, 1938).....	12
Tabel 2. 4 Pengelompokkan Ukuran Pori pada Adsorben Karbon Aktif (Ruthven, 1938).....	16
Tabel 2. 5 Perbedaan karakteristik <i>Slurry Reactor</i> dan <i>Fixed-bed Column</i> (Worch, 2012)	18
Tabel 2. 6 Rule of Thumb Ukuran Partikel Karbon Aktif , Tinggi Unggun, dan Hydraulic Loading.....	19
Tabel 2. 7 Variabel-variabel yang Berpengaruh terhadap Proses Adsorpsi Zat Warna (Gupta, Jain, Shrivastava, & Nayak, 2010); (Chia, Sajab, Sillanpää, & Zakaria, 2014); (Gao, et al., 2011); (Fu, Wu, Wu, & Zeng, 2012); (Goshadrou & Moheb, 2010); (Ji-Lai Gong, 2014)	29
Tabel 2. 8 Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna Tartrazine serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Gupta, Jain, Shrivastava, & Nayak, 2010)	31
Tabel 2. 9 Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna Metilen Biru dan Fenol Merah serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Chia, Sajab, Sillanpää, & Zakaria, 2014).....	31
Tabel 2. 10 Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna Tekstil, reactive brilliant red X-3B serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Fu, Wu, Wu, & Zeng, 2012)	32
Tabel 2. 11 Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna Metilen Biru dan RR 24 serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Gao, et al., 2011).....	33

Tabel 2. 12 Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna C.I. Acid Blue 92(AB92) serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Goshadrou & Moheb, 2010).....	34
Tabel 2. 13 Rang Rangkuman Variabel yang Mempengaruhi Adsorpsi Kontinu Zat Warna Metilen Biru serta Nilai Variasi yang Paling Banyak Mengadsorp Zat Warna (Ji-Lai Gong, 2014).....	34
Tabel 3. 1 Variasi Percobaan Adsorpsi Batch.....	40
Tabel 3. 2 Matriks Percobaan Adsorpsi Batch.....	41
Tabel 3.3 Variasi Percobaan Adsorpsi Kontinu	41
Tabel 3. 4 Matriks Percobaan Adsorpsi Kontinu	42
Tabel 3. 5 Tabel Variabel yang Divariasikan dan yang Ditetapkan.....	42
Tabel 3. 6 Contoh Pengolahan Data Kurva Breakthrough.....	52
Tabel 3. 7 Contoh Pengolahan Data Model Adams-Bohart.....	52
Tabel 3. 8 Contoh Pengolahan Data Model Thomas	53
Tabel 3. 9 Contoh Pengolahan Data Model Yoon-Nelson.....	54
Tabel 3. 10 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	55
Tabel 4. 1 Parameter Isotherm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada Variasi Konsentrasi (15, 25, 30, 65, 80, dan 110 mg/L) serta pH (2,5; 3,5; 5,24; 8 dan 11).....	59
Tabel 4. 2 Parameter yang Diperoleh dari Kurva Breakthrough dengan Variasi Percobaan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² , Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L, pH 2,5).....	62
Tabel 4. 3 Parameter yang Diperoleh dari Kurva Breakthrough dengan Variasi Percobaan: pH Awal Umpan (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² , Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L, Tinggi Unggun 10 cm)	64

Tabel 4. 4 Parameter yang Diperoleh dari Kurva Breakthrough dengan Variasi Percobaan: Hydraulic loading (Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L, pH 2,5, Tinggi Unggun 10 cm) 67	67
Tabel 4. 5 Parameter Kurva Breakthrough dengan Run Variasi Konsentrasi Awal Umpan (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² , pH 2,5, Tinggi Unggun 10 cm)..... 68	68
Tabel 4. 6 Perbandingan Parameter Kurva Breakthrough dan Parameter Model Kurva Breakthrough Yoon-Nelson..... 69	69
Tabel 4. 7 Perbedaan Kapasitas Maksimum Model Thomas dengan Kurva Breakthrough 70	70
Tabel 4. 8 Perbedaan Massa Adsorbat yang Terserap Model Adams-Bohart dan Kurva Breakthrough 70	70
Tabel 4. 9 Percobaan pada Variasi Tinggi Unggun (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan c ₀ 50 mg/L) 73	73
Tabel 4. 10 Percobaan pada Variasi pH (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm; dan c ₀ 50 mg/L) 73	73
Tabel 4. 11 Percobaan pada Variasi Hydraulic Loading (pH 2,5; Tinggi Unggun 10 cm; dan c ₀ 50 mg/L) 73	73
Tabel 4. 12 Percobaan pada Variasi Konsentrasi Awal Umpan (Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5) 73	73
Tabel A. 1 Panjang Gelombang dan Absorbansi 81	81
Tabel A. 2 Pembuatan Kurva Standar 82	82
Tabel A. 3 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi ungunn 10 cm..... 82	82
Tabel A. 4 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi ungunn 20 cm..... 83	83
Tabel A. 5 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi ungunn 24 cm..... 84	84

Tabel A. 6 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi unggun 10 cm	85
Tabel A. 7 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 7; dan tinggi unggun 10 cm	86
Tabel A. 8 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 11; dan tinggi unggun 10 cm	86
Tabel A. 9 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 11; dan tinggi unggun 10 cm	87
Tabel A. 10 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 63,661 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi unggun 10 cm	87
Tabel A. 11 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20 mg/L; hydraulic loading 127,323 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi unggun 10 cm	88
Tabel A. 12 Data Pengamatan Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 100 mg/L; hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; dan tinggi unggun 10 cm	88
Tabel A. 13 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 20 cm	90
Tabel A. 14 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 10 cm	92
Tabel A. 15 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 24 cm	94
Tabel A. 16 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 20 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 10 cm	96

Tabel A. 17 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 20 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 7; serta Tinggi Unggun 10 cm.....	97
Tabel A. 18 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 20 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 11; serta Tinggi Unggun 10 cm.....	98
Tabel A. 19 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 20 mg/L; Hydraulic loading 63,661 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 10 cm.....	99
Tabel A. 20 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 20 mg/L; Hydraulic loading 127,323 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 10 cm.....	100
Tabel A. 21 Data Antara Penentuan Parameter Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu pada Konsentrasi Awal Larutan 100 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5; serta Tinggi Unggun 10 cm.....	102
Tabel A. 22 Parameter Masing-masing Model (Regresi Non-linier) dari Proses Adsorpsi Kontinu dengan Variasi Tinggi Unggun dan pH.....	104
Tabel A. 23 Parameter Masing-masing Model (Regresi Linier) dari Proses Adsorpsi Kontinu dengan Tinggi Unggun dan pH	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rumus struktur Strawberry Red (Motarjemi, 2014).....	8
Gambar 2. 2 Cara Kerja Adsorpsi	13
Gambar 2. 3 Distribusi Ukuran Pori dari Karbon Aktif, Silika Gel, Alumina Molecular-sieve Carbons (MSC), dan Zeolit 5A (Yang, 2003)	16
Gambar 2. 4 Rangkaian Kolom Adsorber dengan Arah Aliran Downflow	20
Gambar 2. 5 (a) Kurva Profil Konsentrasi (b) Kurva Breakthrough (Geankoplis, 2003).....	20
Gambar 2. 6 Hubungan Kurva Breakthrough dan Zona Adsorpsi yang Terjadi (Biswas, Chakrabarti, Ghosh, & and Ghosh, 2015)	22
Gambar 2. 7 Kurva Breakthrough (Geankoplis, 2003)	23
Gambar 3. 1 Rangkaian Kolom Adsorber Kontinu	40
Gambar 3. 2 Kalibrasi Flowmeter	43
Gambar 3. 3 Adsorpsi Batch dengan Variasi Konsentrasi Awal Umpan.....	43
Gambar 3. 4 Pre-treatment Karbon Aktif.....	44
Gambar 3. 5 Adsorpsi Batch dengan Variasi pH Awal Umpan.....	45
Gambar 3. 6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	46
Gambar 3. 7 Pembuatan Kurva Standar Adsorpsi.....	46
Gambar 3. 8 Prosedur Percobaan Adsorpsi Kontinu Penentuan Tinggi Unggun	47
Gambar 3. 9 Prosedur Percobaan Adsorpsi Kontinu Penentuan pH Larutan Umpan.....	48
Gambar 3. 10 Prosedur Percobaan Adsorpsi Kontinu Variasi Hydraulic Loading.....	49
Gambar 3. 11 Prosedur Percobaan Adsorpsi Kontinu Variasi Konsentrasi Awal Umpan.....	50

Gambar 4. 1 Pengaruh Variasi Konsentrasi (15, 25, 30, 65, 80, dan 100 mg/L) pada Adsorpsi Batch Larutan Zat Warna Strawberry Red dengan pH 5,24 dan 2,5 terhadap % Removal	57
Gambar 4. 2 Pengaruh Variasi Konsentrasi (15, 25, 30, 65, 80, dan 100 mg/L) pada Adsorpsi Batch Larutan Zat Warna Strawberry Red pada kondisi pH 5,24 dan 2,5 terhadap Kapasitas Adsorpsi	58
Gambar 4. 3 Kurva <i>Breakthrough</i> dari Percobaan dengan Variasi Tinggi Unggun 10 dan 20 cm dengan Konsentrasi Awal Larutan 50 mg/L, <i>Hydraulic Loading</i> 95,492 L/menit.m ² , serta pH 2,5	61
Gambar 4. 4 Bentuk Kurva <i>Breakthrough</i> pada Tinggi Unggun yang Berbeda (McCabe, Smith, & Harriott, 2005).....	62
Gambar 4. 5 Kurva <i>Breakthrough</i> dari Percobaan dengan Variasi pH 2,5; 7; dan 11 dengan Konsentrasi Larutan Zat Warna Strawberry Red 50 mg/L, <i>Hydraulic Loading</i> 95,492 L/menit.m ² , serta Tinggi Unggun 10 cm.	64
Gambar 4. 6 Kurva <i>Breakthrough</i> dari Percobaan dengan Variasi <i>Hydraulic loading</i> 63,661; 95,492 dan 127,323 L/menit.m ² , dengan Konsentrasi Larutan Zat Warna Strawberry Red 30 mg/L, pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 cm	66
Gambar 4. 7 Kurva <i>Breakthrough</i> Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20, 50, dan 100 mg/L serta <i>Hydraulic loading</i> 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5 serta Tinggi Unggun 10 cm	68
Gambar B. 1 Kurva Standar Larutan Zat Warna Strawberry Red.....	108
Gambar B. 2 Kurva Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Zat Warna Strawberry Red	108
Gambar B. 3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Zat Warna Strawberry Red pada Adsorpsi Batch dengan pH 5,24 dan 2,5 terhadap % Removal.....	109

Gambar B. 4 Pengaruh Variasi Konsentrasi pada Adsorpsi Batch Larutan Zat Warna Strawberry Red 15, 25, 30, 65, 80, dan 100 mg/L pada kondisi pH 5,24 dan 2,5 terhadap Kapasitas Adsorpsi	109
Gambar B. 5 Kurva Breakthrough dari Percobaan dengan Variasi Tinggi Unggun 10 dan 20 cm dengan Konsentrasi Awal Larutan 50 mg/L, Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² , serta pH 2,5.....	110
Gambar B. 6 Kurva Breakthrough dari Percobaan dengan Variasi pH 2,5; 7; dan 11 dengan Konsentrasi Larutan Zat Warna Strawberry Red 50 mg/L, Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² , serta Tinggi Unggun 10 cm.	110
Gambar B. 7 Kurva Breakthrough dari Percobaan dengan Variasi Hydraulic loading 63,661; 95,492 dan 127,323 L/menit.m ² , dengan Konsentrasi Larutan Zat Warna Strawberry Red 30 mg/L, pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 cm	111
Gambar B. 8 Kurva Breakthrough Adsorpsi Kontinu dengan Konsentrasi Awal Umpan 20, 50, dan 100 mg/L serta Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; pH 2,5 serta Tinggi Unggun 10 cm	111
Gambar B. 9 Regresi Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C ₀ 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm.....	112
Gambar B. 10 Regresi Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C ₀ 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	112
Gambar B. 11 Regresi Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C ₀ 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5	113
Gambar B. 12 Regresi Linier dengan Model Yoon-Nelson dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C ₀ 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm....	113
Gambar B. 13 Regresi Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; c ₀ 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	114

Gambar B. 14 Regresi Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C0 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5	114
Gambar B. 15 Regresi Linier dengan Model Adams-Bohart dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm....	115
Gambar B. 16 Regresi Linier dengan Model Adams-Bohart dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	115
Gambar B. 17 Regresi Linier dengan Model Adams-Bohart Run dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C0 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5.....	116
Gambar B. 18 Regresi Non-Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm.....	116
Gambar B. 19 Regresi Non-Linier dengan Model Thomas dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	117
Gambar B. 20 Regresi Non-Linier dengan Model Thomas Run dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C0 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5.....	117
Gambar B. 21 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Thomas Variasi pH (Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm)	118
Gambar B. 22 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Thomas Variasi Konsentrasi Awal Umpan (pH 2,5; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm)	119
Gambar B. 23 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Thomas Variasi Hydraulic loading (Konsentrasi Awal Umpan 30 mg/L; pH 2,5; Tinggi Unggun 10 cm)	119

Gambar B. 24 Regresi Non-Linier dengan Model Yoon-Nelson dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 20 dan 10 cm....	120
Gambar B. 25 Regresi Non-Linier dengan Model Yoon-Nelson dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	120
Gambar B. 26 Regresi Non-Linier dengan Model Yoon-Nelson Run dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C0 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5.....	121
Gambar B. 27 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Yoon-Nelson Variasi Konsentrasi Awal Umpan (pH 2,5; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm).....	121
Gambar B. 28 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Yoon-Nelson Variasi Hydraulic loading (Konsentrasi Awal Umpan 30 mg/L; pH 2,5; Tinggi Unggun 10 cm).....	122
Gambar B. 29 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Yoon-Nelson Variasi pH (Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm).....	122
Gambar B. 30 Regresi Non-Linier dengan Model Adams-Bohart dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 50 mg/L; pH 2,5; dan Tinggi Unggun 10 dan 20 cm....	123
Gambar B. 31 Regresi Non-Linier dengan Model Adams-Bohart dengan Kondisi: Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; C0 20 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5; 7 dan 11	123
Gambar B. 32 Regresi Non-Linier dengan Model Adams-Bohart Run dengan Kondisi: Hydraulic loading 20; 40; dan 95,492 L/menit.m ² ; C0 20; 20; dan 100 mg/L; Tinggi Unggun 10 cm; dan pH 2,5.....	124
Gambar B. 33 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Yoon-Nelson Variasi Hydraulic loading (Konsentrasi Awal Umpan 30 mg/L; pH 2,5; Tinggi Unggun 10 cm).....	124

Gambar B. 34 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Thomas Variasi pH (Konsentrasi Awal Umpan 50 mg/L; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm)	125
Gambar B. 35 Regresi Non-linier Kurva Breakthrough dengan Model Adams-Bohart Variasi Konsentrasi Awal Umpan (pH 2,5; Hydraulic loading 95,492 L/menit.m ² ; Tinggi Unggun 10 cm)	125
Gambar B. 36 Regresi Linier Isotherm Langmuir Variasi Konsentrasi (kiri: pH 2,5; kanan: pH 5,24)	126
Gambar B. 37 Regresi Linier Isotherm Langmuir Variasi pH (kiri: 10 mg/L; kanan: 20 mg/L)	126
Gambar B. 38 Regresi Linier Isotherm Freundlich Variasi Konsentrasi (kiri: pH 2,5; kanan: pH 5,24)	126
Gambar B. 39 Regresi Linier Isotherm Freundlich Variasi pH (kiri: 10 mg/L; kanan: 20 mg/L)	127
Gambar B. 40 Regresi Non-linier Isotherm Langmuir Variasi Konsentrasi (kiri: pH 2,5; kanan: pH 5,24)	127
Gambar B. 41 Regresi Non-linier Isotherm Langmuir Variasi pH (kiri: 10 mg/L; kanan: 20 mg/L)	127
Gambar B. 42 Regresi Non-linier Isotherm Freundlich Variasi Konsentrasi (kiri: pH 2,5; kanan: pH 5,24)	128
Gambar B. 43 Regresi Linier Isotherm Freundlich Variasi pH (kiri: 10 mg/L; kanan: 20 mg/L)	128



INTISARI

Pada era industrialisasi saat ini, banyak industri yang memproduksi limbah cair yang menyebabkan polusi. Limbah cair, khususnya yang berasal dari zat pewarna, merupakan limbah yang berbahaya baik bagi manusia maupun hewan dan tumbuhan air. Salah satu zat pewarna yang sering digunakan adalah *Strawberry Red*. *Strawberry Red* biasanya dipakai pada industri kosmetik, obat-obatan, makanan dan minuman. Di Indonesia sendiri *Strawberry Red* sering digunakan pada skala *home industry*.

Selain masalah pada warna limbah zat warna yang gelap dan mengganggu ekosistem tumbuhan air, *Strawberry Red* dapat meningkatkan hiperaktif pada anak usia 3 tahun, menyebabkan kanker hati, serta alergi apabila dikonsumsi dalam jumlah banyak. Oleh karena itu digunakan proses adsorpsi kontinu yang dapat mengolah larutan zat warna secara terus menerus dan dengan harga ekonomis dan cara operasional yang mudah. Tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis variabel-variabel yang mempengaruhi proses adsorpsi menggunakan kolom kontinu dengan unggun tetap untuk pengolahan limbah larutan zat warna *Strawberry Red* menggunakan karbon aktif granular. Variabel-variabel yang akan dianalisis adalah pH, tinggi unggun, *hydraulic loading*, dan konsentrasi awal umpan.

Pada penelitian ini, adsorpsi dilakukan secara *batch* dan kontinu. Adsorpsi *batch* bertujuan untuk mengetahui kapasitas maksimum adsorben, sedangkan tujuan dari adsorpsi kontinu adalah menganalisis pengaruh pH, tinggi unggun, konsentrasi awal, serta *hydraulic loading* terhadap kinerja kolom adsorpsi kontinu untuk larutan zat warna *Strawberry Red*. Percobaan tahap awal adalah melakukan adsorpsi secara *batch* kemudian pada adsorpsi kontinu ditentukan tinggi unggun serta pH yang sesuai untuk proses adsorpsi kontinu. Kemudian dilakukan percobaan untuk mengetahui efek dari variasi konsentrasi awal dan *hydraulic loading* umpan. Analisis yang digunakan adalah dengan membuat kurva *breakthrough*, mencari parameter kurva *breakthrough* serta membandingkan dengan parameter dari model Adams-Bohart, Thomas, dan Yoon-Nelson yang akan dibuat.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada adsorpsi *batch*, isotherm adsorpsi yang paling cocok adalah Isotherm Langmuir. Pada dua set percobaan yang dilakukan pada pH 2,5 dan 5,24, kapasitas maksimum adsorpsi *batch* yang didapatkan yaitu 29,878 mg/g dengan kondisi pH 2,5. Sedangkan pada adsorpsi kontinu yang menggunakan kolom adsorpsi unggun tetap, dilakukan variasi pH pada 2,5; 7; dan 11, variasi tinggi unggun 10 dan 20 cm, variasi *hydraulic loading* 63,661; 95,492; 127,323 L/menit.m², serta variasi konsentrasi awal umpan 20, 50, dan 100 mg/L. Kapasitas tertinggi yang didapatkan pada penelitian ini adalah 71,579 mg/g pada kondisi pH 2,5, tinggi unggun 20 cm, konsentrasi awal larutan 50 mg/L, serta *hydraulic loading* 95,492 L/menit.m². Selain itu, model kurva *breakthrough* yang paling cocok digunakan pada percobaan ini adalah model Adams-Bohart.



ABSTRACT

Nowadays, many industries produce enormous quantities of wastewater that causes water pollution. Industrial wastewater is mostly loaded with undegradable dyes, that can harm not only for human, but also for animal and plant life. One of the commonly used dyes is Strawberry Red. Strawberry Red is used in food and drink, cosmetics, and drug industries. In Indonesia, people also use Strawberry Red at their home industries for many purposes.

Strawberry Red causes environmental problems because of its dark color, besides, it also increases hyperactivity in three-year-old children, causes heart cancer, and allergenic. Therefore, adsorption process was used in this research. Continuous adsorption process was chosen because it could work continuously, economically, and easy to operate. This research aims to analyze the variables affecting adsorption process using packed-bed column in continuous adsorption by granular activated carbon to recover the *Strawberry Red* dyes solution. These variables are initial pH solution, bed height, hydraulic loading and initial feed concentration.

It was committed two kinds of adsorption, which were batch and continuous adsorption. The purpose of batch adsorption was obtaining the maximum capacity of adsorbent, besides that the continuous one was analyzing the effects of pH, bed height, initial feed concentration, and hydraulic loading to the fixed-bed column performances to adsorb dye solution of Strawberry Red. The initial experiment was committing the batch adsorption. Next, continuous adsorption was committed to determine the bed height and pH condition that was suitable for the continuous adsorption. After that, it was analyzed the effects of initial feed concentration, and hydraulic loading on adsorption performances. Breakthrough curves and parameters from Adams-Bohart model, Thomas model, and Yoon-Nelson model were calculated to analyze the kinetics of the adsorption processes.

Experimental results show that Langmuir Isotherm is the best isotherm to fit with the experimental data. Two sets of experiment were done in two conditions, pH 2,5 and pH 5,24. The highest maximum capacity in batch adsorption is 29,878 mg/g in pH condition 2,5. While the continuous adsorption process using fix-bed column were done in various pH conditions, which were 2,5; 7; and 11. The bed height used were 10 and 20 cm. Hydraulic loading used in this experiments were 63,661; 95,492; 127,323 L/min.m². The experiment was also applied in different initial concentrations, which were 20, 50, and 100 mg/L. The highest capacity obtained from this research is 71,579 mg/g within pH condition 2,5, 20 cm bed height, initial concentration: 50 mg/L, and hydraulic loading 95,492 L/menit.m². Last, Adams-Bohart model used shows good results for all adsorption processes.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada beberapa dekade terakhir, banyak industri yang menggunakan zat pewarna untuk pembuatan produk mereka. Hal ini terlihat dari permintaan terhadap zat warna yang meningkat. Lebih dari 0,7 juta ton pewarna diproduksi setiap hari di seluruh dunia. Selain itu, di Indonesia sendiri, berdasarkan Biro Pusat Statistik tahun 2000, perkembangan ekspor zat pewarna meningkat 44,9% dari tahun 1996 sampai tahun 2000. Hal ini mengindikasikan limbah yang berasal dari zat pewarna juga semakin banyak. Apabila limbah tidak dikelola dengan baik, maka dalam kurun waktu dekat akan menyebabkan masalah polusi lingkungan. (Ikbal & Nugroho, 2005); (Lewinsky, 2007)

Beberapa contoh industri yang menggunakan pewarna adalah industri tekstil, makanan, kertas, farmasi, serta kosmetik. Industri zat warna sangat mencemari lingkungan, baik di masa sekarang dan terlebih di masa depan karena mengurangi nilai estetik badan air, apabila langsung dibuang ke lingkungan, bahkan dalam konsentrasi yang rendah. Meskipun dampaknya tidak terlalu terlihat, sebenarnya, dengan adanya zat warna, bakteri tidak dapat hidup. Hal ini dikarenakan zat warna menyerap sinar matahari yang masuk ke perairan. Sehingga ekosistem pun dapat terganggu. (Lewinsky, 2007) Contoh di Indonesia sendiri adalah penggunaan *Strawberry Red* dalam pengolahan makanan dan minuman seperti yang digunakan para pedagang jajanan, sirup dan gulali yang diperjual belikan di sekolah dasar di daerah Cileunyi-Cibiru-Rancaekek. (Ahmad, Aprilia, & Rusdi, 2016)

Selain itu, zat warna memiliki sifat bermacam-macam, ada yang berbahaya maupun tidak. Limbah yang berbahaya misalnya, bersifat mutagenik, karsinogenik, mudah terbakar, mudah meledak, dll. Sifat-sifat inilah yang mengelompokkan limbah menjadi kelompok limbah B3. Limbah B3 tidak dapat langsung dibuang ke badan air, sehingga harus dilakukan *treatment*. Pengolahan yang tersedia dapat berupa *chemical treatment*, *physical treatment*, serta *biological treatment*. (Kharub, 2012)

Oleh karena sifat yang berbahaya, kemudian dilakukan *treatment* untuk limbah cair yang mengandung zat-zat pewarna sebelum dibuang ke lingkungan. *Physical Treatment* untuk

pewarna azo dapat berupa membran-filtrasi (*reverse osmosis*, elektrodialisis, nano-filtrasi). Secara kimia, misalnya: koagulasi atau flokulasi yang dikombinasikan dengan flotasi dan filtrasi, pengendapan, oksidasi, iradiasi, atau elektro-flotasi. Secara biologi dapat menggunakan biodegradasi. (Kharub, 2012) Cara lainnya adalah dengan cara adsorpsi. Proses adsorpsi merupakan proses yang sering digunakan pada pengolahan air limbah industri, khususnya industri pengolahan air dan tekstil. Proses adsorpsi memiliki kelebihan, antara lain prosesnya sederhana sehingga dapat dioperasikan dengan mudah, ekonomis karena hanya mengonsumsi sedikit daya, bahan baku adsorben berupa karbon aktif granular yang mudah dicari dan diproduksi dari sampah organik maupun industri. (Crini, 2005)

Karbon aktif memiliki daya penyerapan yang besar karena luas permukaan porinya dapat mencapai 500 sampai 1000 m²/g. Karbon aktif juga mudah ditemukan dan memiliki harga yang ekonomis, kelebihan lain karbon aktif adalah dapat diregenerasi dengan mudah. Pada percobaan yang dilakukan digunakan karbon aktif Jacobi AquaSorb® 2000. Karbon aktif ini diaktivasi menggunakan *steam* dan memiliki *volume activity* yang maksimal, material yang digunakan juga dicuci selama proses pembuatan sehingga membuat karbon aktif mengandung sedikit impurities. Karbon aktif Jacobi AquaSorb® 2000 juga memiliki kekerasan serta kekuatan mekanik sehingga tidak akan terbawa aliran selama proses *backwash* serta tidak mudah terabrasi. Terdapat dua jenis proses adsorpsi, yaitu *batch* dan kontinu. Secara umum, pada proses adsorpsi kontinu, adsorbat akan benar-benar diserap hingga titik *breakthrough* tercapai, selain itu karena larutan umpan terus mengalir, maka *driving force* akan selalu lebih besar apabila dibandingkan dengan adsorpsi secara *batch*. Proses adsorpsi kontinu juga lebih cocok untuk pengolahan limbah zat warna, karena limbah zat warna pada umumnya dihasilkan terus menerus dan dalam jumlah yang besar.

Dalam penelitian ini dipilih proses adsorpsi kontinu dan akan diteliti pengaruh beberapa variabel seperti: tinggi unggun, pH awal umpan, *hydraulic loading*, dan konsentrasi awal umpan terhadap waktu *breakthrough* dan kapasitas kolom adsorpsi kontinu menggunakan adsorben karbon aktif untuk pengolahan larutan zat warna *Strawberry Red*. Secara spesifik akan dipelajari kapasitas dan waktu *breakthrough* proses adsorpsi kontinu dengan berbagai model kurva *breakthrough*, yaitu Yoon-Nelson, Thomas, dan Adams-Bohart.

Zat warna *Strawberry Red* yang termasuk pewarna anionik merupakan pewarna sintetik organik yang paling banyak digunakan di dunia (untuk kelas pewarna sintetik). *Strawberry Red*

dapat meningkatkan hiperaktif pada anak usia 3 tahun, menyebabkan kanker hati, serta alergi apabila dikonsumsi dalam jumlah banyak. Hal inilah yang membuat kandungan zat warna *Strawberry Red* pada badan air tidak boleh melebihi batas aman. (Ahmad, Aprilia, & Rusdi, 2016) (European Food Safety Authority (EFSA), 2009) Kinerja adsorpsi kolom kontinu dapat dianalisis menggunakan kurva *breakthrough*, dengan cara membandingkan parameter yang didapat dari kurva *breakthrough* pada tiap run percobaan. Parameter dari kurva *breakthrough* yang dapat dibandingkan berupa kapasitas dan waktu *breakthrough*. Dalam penelitian ini, variabel-variabel yang akan dianalisis adalah pH, tinggi unggun, konsentrasi awal umpan, serta hydraulic loading umpan.

1.2 Tema Sentral Masalah Penelitian

Menganalisis kinerja kolom adsorpsi kontinu (waktu *breakthrough* serta kapasitas) untuk pengolahan zat warna *Strawberry Red* dengan adsorben karbon aktif granular.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan tema sentral masalah penelitian, maka ruang lingkungnya adalah

1. Berapa pH terbaik untuk proses adsorpsi kontinu pada pewarna *Strawberry Red*?
2. Berapa *hydraulic loading* terbaik untuk proses adsorpsi kontinu pada pewarna *Strawberry Red*?
3. Berapa konsentrasi awal umpan yang akan menghasilkan kinerja terbaik untuk adsorpsi proses kontinu pada pewarna *Strawberry Red*?
4. Berapa tinggi unggun terbaik untuk proses adsorpsi kontinu pada pewarna *Strawberry Red*?
5. Bagaimana pengaruh pH, tinggi unggun, konsentrasi awal umpan, serta *hydraulic loading* umpan terhadap kinerja (kapasitas adsorpsi dan waktu *breakthrough*) kolom adsorpsi kontinu?
6. Model kurva *breakthrough* mana yang paling cocok digunakan untuk mewakili proses adsorpsi kontinu pada percobaan?

1.4 Premis

1. pH 2,5 sampai 3,5 merupakan pH yang optimal untuk proses dekolorisasi pewarna makanan dengan proses adsorpsi. (Percobaan dilakukan dengan membandingkan proses adsorpsi yang dilakukan untuk menyerap Tartrazine dengan menggunakan karbon aktif

yang terbuat dari sabut kelapa (*coconut husk*) dan karbon aktif komersial). (Ozsoy & van Leeuwen, 2011)

2. Pada saat konsentrasi awal umpan dinaikkan dari 10 mg/L menjadi 20 mg/L kemudian 30 mg/L, waktu *breakthrough* dan waktu untuk mencapai jenuh berkurang 32% dan 52%, sedangkan zat warna yang terserap meningkat sebesar 32%. (Percobaan dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi awal umpan sebesar 10, 20, 30 mg/L, zat warna yang digunakan C.I. Acid Blue 92, dengan laju alir 9,6 mL/menit, dengan menggunakan adsorben *exfoliated graphite*.) (Goshadrou & Moheb, 2010)
3. Tinggi unggun 7 cm menghasilkan proses adsorpsi yang paling baik. (adsorpsi zat warna MB (*methylene blue*) dan PR (*phenol red*) menggunakan adsorben CA-EFB (*citric acid-empty fruit bunch*) dan PEI-EFB (*polyethyleneimine-empty fruit bunch*) dalam *fixed-bed*, percobaan dilakukan dengan membandingkan tinggi unggun 3 cm, 5 cm, dan 7 cm menggunakan dosis adsorben 200–400 mg/L; temperatur: 20–60°C serta laju alir 15 mL/menit) (Chia, Sajab, Sillanpää, & Zakaria, 2014)
4. Menaikkan laju alir dari 9,6 mL/menit, 18,2 mL/menit menjadi 26,8 mL/menit yang terjadi adalah menurunnya waktu *breakthrough* dan waktu untuk menjadi jenuh dan massa yang teradsorp 69%, 65%, dan 60%. (percobaan menggunakan adsorben *exfoliated graphite* dengan massa 1 gram, digunakan untuk menyerap larutan dengan konsentrasi awal 20 mg/L. (Goshadrou & Moheb, 2010)

1.5 Hipotesis

1. Semakin besar laju alir volumetrik, maka semakin sedikit kapasitas adsorpsi dan semakin cepat waktu *breakthrough* dan waktu untuk mencapai titik jenuh.
2. Semakin tinggi unggun maka semakin banyak zat warna yang teradsorp atau kapasitas adsorpsi bertambah tinggi.
3. Semakin besar konsentrasi awal umpan maka semakin cepat waktu *breakthrough* dan waktu untuk mencapai titik jenuh serta semakin banyak adsorbat yang teradsorp.
4. Semakin rendah pH, maka kapasitas adsorpsi semakin tinggi.

1.6 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh kondisi pH operasi terhadap kinerja (kapasitas adsorpsi & waktu *breakthrough*) proses adsorpsi kontinu untuk larutan zat warna *Strawberry Red*.

2. Menganalisis pengaruh tinggi unggun terhadap kinerja (kapasitas adsorpsi & waktu breakthrough) proses adsorpsi kontinu untuk larutan zat warna *Strawberry Red*.
3. Menganalisis pengaruh konsentrasi awal umpan terhadap kinerja (kapasitas adsorpsi & waktu breakthrough) proses adsorpsi kontinu untuk larutan zat warna *Strawberry Red*.
4. Menganalisis pengaruh hydraulic loading umpan terhadap kinerja (kapasitas adsorpsi & waktu breakthrough) proses adsorpsi kontinu untuk larutan zat warna *Strawberry Red*.

1.7 Manfaat Penelitian

1.7.1 Bagi ilmuwan

Menambah pengetahuan para ilmuwan dalam mengembangkan proses adsorpsi kontinu. Mengetahui pH awal umpan, tinggi unggun, *hydraulic loading*, serta konsentrasi awal umpan yang paling baik untuk proses adsorpsi kontinu larutan zat warna *Strawberry Red*.

1.7.2 Bagi Dunia Industri

- i. Untuk menemukan cara yang efektif untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi limbah zat warna.
- ii. Adsorpsi kontinu dapat digunakan di pabrik kosmetik, makanan, cat, tekstil, serta industri lain yang menggunakan banyak zat warna, untuk mengolah limbah zat warna.
- iii. Menurunkan biaya pengolahan limbah pada industri yang menghasilkan limbah zat warna.