

# **PENGOLAHAN AIR YANG MENGANDUNG ION $Fe^{2+}$ MENGUNAKAN KARBON AKTIF PADA KOLOM ADSORPSI KONTINU**

**CHE 184650–04 Penelitian**

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

Oleh:

**Wilson Sanjaya** (2016620028)

**Fransiska Evita Rosmalia** (2016620062)

Pembimbing:

**Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.**

**Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PEng.**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL : **PENGOLAHAN AIR YANG MENGANDUNG ION  $Fe^{2+}$   
MENGUNAKAN KARBON AKTIF PADA KOLOM ADSORPSI  
KONTINU**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 24 Februari 2021

Pembimbing 1



Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D.

Pembimbing 2



Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PDEng.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

### **SURAT PERNYATAAN**

Kami, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wilson Sanjaya

NPM : 2016620028

Nama : Fransiska Evita Rosmalia

NPM : 2016620062

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

#### **PENGOLAHAN AIR YANG MENGANDUNG ION $Fe^{2+}$ MENGGUNAKAN KARBON AKTIF PADA KOLOM ADSORPSI KONTINU**

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 sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka kami bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 21 Februari 2021

Wilson Sanjaya  
(2016620028)

Fransiska Evita Rosmalia  
(201662062)

## INTISARI

Di Kota Bandung, sumber air bersih umumnya diperoleh dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Namun, dari 2.053.708 penduduk Kota Bandung hanya sekitar 1.066.579 orang atau 42,6% masyarakat Kota Bandung yang mendapatkan pasokan air bersih dari PDAM. Penggunaan air tanah sebagai sumber air bersih lebih sering dilakukan pada beberapa daerah yang sulit untuk mendapat akses air bersih. Pada beberapa daerah di Bandung, air tanah masih mengandung kadar Fe yang cukup tinggi, dan berada di atas dari standar kualitas yang diberikan pemerintah yaitu sebesar 1 ppm. Maka diperlukan pengolahan lebih lanjut agar air tanah layak untuk digunakan sebagai air bersih. Alternatif sederhana dan relatif murah yang dapat digunakan untuk skala rumah tangga adalah menggunakan metode adsorpsi pada kolom unggun tetap.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh laju alir dan ketinggian unggun pada performa kolom adsorpsi unggun tetap yaitu waktu *break point*, *exhaust point*, kapasitas adsorpsi, dan *Length of Unused Bed* (LUB) serta melakukan *scale-up* menggunakan data dari skala laboratorium sebagai basis dalam perancangan dimensi kolom adsorpsi karbon aktif untuk digunakan pada skala rumah tangga. Perancangan ini disesuaikan dengan *service time* adsorben dan volume air yang digunakan dalam satu rumah. Percobaan ini dilakukan pada kolom diameter 2 cm dengan variasi tinggi karbon aktif sebesar 20 dan 25 cm. Karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif komersial dengan merk dagang Haycarb. Variasi laju alir volumetrik dalam eksperimen skala laboratorium adalah 101, 115, 130 mL/menit dengan konsentrasi umpan sebesar 2 ppm. Hasil percobaan skala laboratorium diperoleh waktu *break point*, *exhaust point* yang semakin singkat seiring dengan peningkatan laju alir, begitu juga dengan kapasitas adsorpsi yang nilainya semakin kecil. Sedangkan nilai LUB bertambah besar seiring dengan peningkatan laju alir. Namun, pada peningkatan tinggi unggun dari 20 menjadi 25 cm, pada laju alir yang sama, waktu *break point*, *exhaust point* semakin lama, begitu juga dengan kapasitas adsorpsi yang nilainya semakin besar. Sedangkan, nilai LUB tidak dipengaruhi oleh peningkatan tinggi unggun.

Berdasarkan hasil perhitungan *scale-up* kolom adsorpsi dengan menggunakan data dari skala laboratorium, apabila *service time* adsorben semakin lama, maka dimensi kolom yang diperlukan semakin besar, begitu juga dengan volume air yang digunakan, apabila semakin banyak maka dimensi kolom yang diperlukan juga semakin besar. Adsorben dengan *service time* selama 1 bulan, dengan volume air yang digunakan dalam satu rumah sebanyak 300 L/hari maka diperlukan kolom dengan diameter, panjang kolom dan tinggi unggun masing-masing sebesar 30 cm, 59,13 cm dan 47,3 cm sementara untuk 600 L/hari sebesar 30 cm, 96,14 cm dan 76,91 cm, sedangkan untuk 900 L/hari sebesar 30 cm, 133,14 cm dan 106,51 cm. Untuk adsorben dengan *service time* selama 2 bulan, dengan volume air yang digunakan dalam satu rumah sebanyak 300 L/hari maka diperlukan kolom dengan diameter, panjang kolom dan tinggi unggun masing-masing sebesar 30 cm, 96,14 cm, dan 76,91 cm, sementara untuk 600 L/hari sebesar 30 cm, 170,14 cm dan 136,12 cm, sedangkan untuk 900 L/hari sebesar 30 cm, 244,15 cm dan 195,32 cm. Adsorben dengan *service time* selama 3 bulan, dengan volume air yang digunakan dalam satu rumah sebanyak 300 L/hari maka diperlukan kolom dengan diameter, panjang kolom dan tinggi unggun masing-masing sebesar 30 cm, 133,14 cm, dan 89,43 cm, sementara untuk 600 L/hari sebesar 30 cm, 244,15 cm dan 176,77 cm, sedangkan untuk 900 L/hari sebesar 30 cm, 355,17 cm dan 264,12 cm.

**Kata kunci:** adsorpsi, adsorpsi unggun tetap, air tanah, karbon aktif

## ABSTRACT

*In Bandung City, the source of clean water is generally obtained from PDAM. However, out of 2,053,708 residents of Bandung City, only around 1,066,579 people or 42.6% get clean water supplies from the PDAM. The use of groundwater as a source of clean water is done in some areas where it is difficult to access clean water. In some areas in Bandung, groundwater still has high levels of Fe, and it is over the quality standard given by the government, which is 1 ppm. So further processing is needed so that groundwater is suitable for use as clean water. A simple and relatively inexpensive alternative that can be used on a household scale is to use the adsorption method on fixed-bed columns.*

*The purpose of this study is to determine the effects of volumetric flow rate and bed height towards fixed-bed column performance, that is breakpoint and exhaust point, adsorption capacity, and Length of Unused Bed (LUB), also to do scaling-up using laboratory-scale as the basis for designing the dimensions of the activated carbon adsorption column data to being used for a household scale. This design is adjusted with the absorbent service time and the needs of water for people in a household. This experiment was done on a 2 cm diameter column with variations of the activated carbon's height of 20 and 25 cm. The activated carbon used in this study is the commercial activated carbon with the "Haycarb" brand. The variations of volumetric flow rate in laboratory-scale experiments were 101, 115, 130 mL/minute with a feed concentration of 2 ppm. The laboratory-scale experiments implied that the breakpoint and the exhaust point are getting faster as the flow rate increases, this trend also applies to the value of adsorption capacity, which is getting smaller. Meanwhile, the LUB value increases along with the increase of flow rate. However, as the bed height increases, from 20 to 25 cm, at the same volumetric flow rate, the breakpoint and exhaust point are getting late, the trend also applies to the adsorption capacity which the value is getting bigger. Meanwhile, the LUB value is not affected by an increase in bed height.*

*Based on scale-up calculations using laboratory-scale data, the longer adsorbent service time, the bigger column dimensions required also apply for the use of water volume, the more water volume used in the column is the bigger column dimensions required. An adsorbent with 1 month service time, with the volume of water use, is 300 L/day, the column diameter, column height, and bed height needed are respectively 30 cm, 59.13 cm, and 47.3 cm, while for 600 L/day are 30 cm, 96.14 cm, and 76.91 cm, and for 900 L/day are 30 cm, 133.14 cm, and 106.51 cm. For adsorbent with 2 months service time, with the volume of water, the column diameter, column height, and bed height needed are respectively 30 cm, 96.14 cm, and 76.91 cm, for 600 L/day the value is 30 cm, 170.14 cm, and 136.12 cm, while for 900 L/day, the value is 30 cm, 244.15 cm, and 195.32 cm. An adsorbent with 3 months service time, with the volume of water used, is 300 L/day, the column diameter, column height, and bed height needed are respectively 30 cm, 133.14 cm, and 89.43 cm, for the 600 L/day the value is 30 cm, 244.15 cm, and 176.77 cm, and for 900 L/day the value are 30 cm, 355.17 cm, and 264.12 cm.*

*Keywords: adsorption, fixed-bed adsorption, groundwater, activated carbon*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya, sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah CHE 184650-04 – Penelitian. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung penulis dalam penyusunan laporan penelitian ini, yaitu:

1. Bapak Herry Santoso, S.T., M.T.M., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, motivasi, saran dan waktu selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
2. Ibu Putri Ramadhany, S.T., M.Sc., PDEng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, ilmu pengetahuan, motivasi, saran dan waktu selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
3. Orangtua dan seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan serta motivasi selama proses penyusunan laporan penelitian ini;
4. Teman-teman penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi dan saran; serta
5. Semua pihak yang telah turut dalam proses penyusunan laporan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik, masukan dan saran yang membangun sehingga dapat menjadi bekal untuk penyusunan laporan penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas perhatian pembaca dan berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 24 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>SURAT PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR REVISI</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR SIMBOL DAN ISTILAH</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Tema Sentral Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Identifikasi Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Premis</b> .....	4
<b>1.5 Hipotesis</b> .....	7
<b>1.6 Tujuan Penelitian</b> .....	7
<b>1.7 Manfaat Penelitian</b> .....	7
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
<b>2.1 Air Tanah</b> .....	8
<b>2.1.1 Kualitas Air Bersih</b> .....	8
<b>2.1.2 Logam Besi</b> .....	10
<b>2.1.3 Metode Yang Dapat Digunakan Untuk Menghilangkan Logam</b> .....	10
<b>2.2 Adsorpsi</b> .....	13
<b>2.3 Jenis-jenis Adsorpsi</b> .....	14
<b>2.4 Adsorben</b> .....	16

2.5	Perancangan Adsorpsi Unggun Tetap .....	18
2.5.1	Konsep Zona Perpindahan Massa ( <i>Mass Transfer Zone</i> ) .....	19
2.5.2	Kurva Breakthrough.....	20
2.6	Prinsip Analisis Kadar Fe.....	22
2.7	State of the Art .....	22
<b>BAB III .....</b>		<b>24</b>
<b>BAHAN DAN METODE .....</b>		<b>24</b>
3.1	Bahan .....	24
3.2	Alat .....	24
3.3	Rangkaian Alat .....	24
3.4	Variasi Percobaan.....	25
3.5	Prosedur Percobaan .....	26
3.5.1	Pre-Treatment Adsorben .....	26
3.5.2	Pembuatan Larutan Induk Fe <sup>2+</sup> .....	27
3.5.3	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Logam Fe <sup>2+</sup> .....	27
3.5.4	Pembuatan Kurva Standar .....	28
3.5.5	Proses Adsorpsi.....	29
3.6	Tahap Analisis.....	31
3.7	Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian .....	33
4.1	Spesifikasi Karbon Aktif Haycarb .....	34
4.2	Kurva Standar.....	34
4.4	Kinetika Adsorpsi Kontinu .....	35
4.4.1	Pengaruh Variasi Laju Alir terhadap Kurva Breakthrough.....	35
4.4.2	Pengaruh Variasi Tinggi Unggun terhadap Kurva Breakthrough .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN A .....</b>		<b>51</b>
<b><i>MATERIAL SAFETY DATA SHEET</i>.....</b>		<b>51</b>
A.1	Karbon Aktif .....	51
A.2	Ammonium Besi (II) Sulfat Heksahidrat Fe(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O.....	51



<b>A.3 Fenantrolin (C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>)</b> .....	52
<b>A.4 Hydroxylamine Hydrochloride (NH<sub>2</sub>OH.HCl)</b> .....	53
<b>A.5 Natrium Asetat CH<sub>3</sub>COONa</b> .....	54
<b>A.6 Asam Sulfat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b> .....	54
<b>LAMPIRAN B</b> .....	56
<b>METODE ANALISIS</b> .....	56
<b>B.1 Analisis Kadar Logam Fe<sup>2+</sup></b> .....	56
<b>B.2 Analisis Kurva Breakthrough</b> .....	56
<b>B.2.1 Pembuatan Kurva Breakthrough</b> .....	57
<b>B.2.2 Penentuan nilai LUB</b> .....	57
<b>B.2.3 Analisis Kapasitas Adsorben Rata-rata</b> .....	58
<b>B.3 Perhitungan Scale Up</b> .....	59
<b>B.3.1 Perhitungan Q scale up</b> .....	59
<b>B.3.2 Perhitungan Dimensi Kolom</b> .....	59
<b>LAMPIRAN C</b> .....	61
<b>HASIL ANTARA</b> .....	61
<b>C.1 Kurva Standar</b> .....	61
<b>C.2 Hasil Analisis Kurva Breakthrough</b> .....	61
<b>C.3 Hasil Perhitungan Scale up Kolom</b> .....	73
<b>LAMPIRAN D</b> .....	74
<b>CONTOH PERHITUNGAN</b> .....	74
<b>D.1 Perhitungan Kapasitas Adsorben</b> .....	74
<b>D.2 Perhitungan LUB</b> .....	74
<b>D.3 Perhitungan Scale Up Kolom Adsorpsi</b> .....	75
<b>LAMPIRAN E</b> .....	77
<b>GRAFIK</b> .....	77

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Dasar Adsorpsi.....	13
<b>Gambar 2.2</b> Karbon aktif .....	18
<b>Gambar 2.3</b> Profil Konsentrasi Adsorbat pada Kolom Adsorpsi Unggun Tetap.....	19
<b>Gambar 2.4</b> Kurva Breakthrough Ideal.....	21
<b>Gambar 3.1</b> Rangkaian Alat Percobaan .....	25
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Blok Proses Pre-treatment Adsorben.....	26
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alir Blok Pembuatan Larutan Induk Fe <sup>2+</sup> .....	27
<b>Gambar 3.4</b> Diagram Alir Blok Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Logam Fe <sup>2+</sup> .....	28
<b>Gambar 3.5</b> Diagram Alir Blok Pembuatan Kurva Standar Logam Fe <sup>2+</sup> .....	29
<b>Gambar 3.6</b> Diagram Alir Blok Proses Adsorpsi Air Tanah .....	30
<b>Gambar 4.1</b> Kurva Standar .....	35
<b>Gambar 4.2</b> Kurva <i>breakthrough</i> percobaan tinggi ungun 20 cm .....	38
<b>Gambar 4.3</b> Kurva <i>breakthrough</i> percobaan tinggi ungun 25 cm .....	39
<b>Gambar 4.4</b> Kurva <i>Breakthrough</i> pada laju alir 101 ml/menit .....	41
<b>Gambar 4.5</b> Kurva <i>Breakthrough</i> pada laju alir 115 ml/menit .....	41
<b>Gambar 4.6</b> Kurva <i>Breakthrough</i> pada laju alir 130 ml/menit .....	42
<b>Gambar B.1</b> Langkah Perhitungan Scale up Kolom Adsorpsi.....	60

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Kadar besi pada air tanah di wilayah Bandung.....	2
<b>Tabel 1.2</b> Premis mengenai adsorpsi ion Fe secara kontinu menggunakan karbon aktif .....	5
<b>Tabel 1.3</b> Premis mengenai perancangan kolom adsorpsi .....	6
<b>Tabel 2.1</b> Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan sanitasi .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia.....	15
<b>Tabel 2.3</b> Perbedaan Antara Adsorpsi Batch dan Kontinu .....	16
<b>Tabel 3.1</b> Variasi Percobaan .....	25
<b>Tabel 3.2</b> Matriks Percobaan .....	26
<b>Tabel 3.2</b> Skenario Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga .....	31
<b>Tabel 3.3</b> Basis Data untuk Perancangan Kolom .....	31
<b>Tabel 3.4</b> Jadwal Kerja Penelitian .....	33
<b>Tabel 4.1</b> Spesifikasi Karbon Aktif Haycarb (Haycarb, 2012).....	34
<b>Tabel 4.2</b> Data Perbandingan Rasio LUB/Z pada Kolom Adsorpsi Kontinu.....	37
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Percobaan Waktu <i>Break Point</i> , <i>Exhaust Point</i> , LUB, dan $q_e$ .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Data Percobaan Laboratorium .....	42
<b>Tabel 4.5</b> Penentuan Nilai $\theta_B$ .....	43
<b>Tabel 4.6</b> Hasil Perancangan untuk Setiap Skenario .....	44
<b>Tabel B.1</b> Contoh Pengolahan Data Kurva Breakthrough.....	57

## DAFTAR SIMBOL DAN ISTILAH

$A$  = Luas kolom adsorpsi ( $\text{cm}^2$ )

$C_0$  = Konsentrasi larutan umpan (ppm)

$C_{ad}$  = Konsentrasi adsorbat yang teradsorp (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi hasil adsorpsi per waktu (ppm)

$D$  = Diameter kolom (cm)

$G_s$  = Laju alir superfisial ( $\text{L}/\text{menit}.\text{cm}^2$ )

$L$  = Panjang kolom (cm)

$LUB$  = *Length of Unused Bed* (cm)

$m$  = Massa adsorben (g)

$Q$  = Laju alir volumetrik ( $\text{L}/\text{menit}$ )

$q_e$  = Kapasitas maksimum kolom (mg/g)

$V$  = Jumlah air rumah tangga yang digunakan ( $\text{L}/\text{hari}$ )

$X_0$  = Konsentrasi adsorbat dalam adsorben saat kondisi awal (mg Fe/g adsorben)

$X_T$  = Konsentrasi adsorbat dalam adsorben saat kondisi kesetimbangan (mg Fe/g adsorben)

$Y_0$  = Konsentrasi solut dalam fluida saat kondisi awal (mg Fe/ L fluida)

$Y_0^*$  = Konsentrasi solut dalam fluida saat kondisi kesetimbangan dengan  $X_0$  (mg Fe/ L fluida)

$Z$  = Tinggi unggun total (cm)

$Z_s$  = Tinggi unggun yang terpakai/jenuh (cm)

$\theta_B$  = *Service time* atau waktu saat mencapai *breakthrough point* (menit)

$\theta_E$  = Waktu saat mencapai *exhaustion point* (menit)

$\theta_S$  = Waktu yang membagi luas sama besar diantara *breakthrough point* dan *exhaust point* pada kurva *breakthrough* ideal (menit)

$\rho_s$  = Densitas *bulk* adsorben ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang pesat khususnya di kota-kota besar telah mendorong peningkatan kebutuhan akan perumahan serta pemenuhan kebutuhan akan air bersih. Air yang bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tawar, dan tidak berbau. Penyediaan air bersih di Kota Bandung sendiri erat kaitannya dengan terbatasnya sumber air baku dan tingginya konsumsi akan air bersih. Untuk itu, ketersediaan air bersih sangat diperlukan dalam mendukung berbagai macam kebutuhan dan aktivitas manusia sehari-hari.

Air untuk kebutuhan manusia sehari-hari pada saat ini mayoritas di suplai oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). PDAM Tirtawening merupakan perusahaan yang berada dalam pengawasan pemerintah Kota Bandung yang bergerak di bidang pelayanan air bersih. Diketahui bahwa jumlah pelanggan pada PDAM Tirtawening Kota Bandung sebanyak 177.877 pelanggan (Tirtawening PDAM Kota Bandung, 2018). Sedangkan, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Kota Bandung, jumlah penduduk di Kota Bandung sebanyak 2.503.708 orang (BPS, 2018). Apabila diasumsikan satu jumlah pelanggan PDAM yang terdaftar terdiri dari 6 orang, maka hanya sekitar 1.066.579 orang atau 42,6% masyarakat Kota Bandung yang mendapatkan pasokan air bersih dari PDAM.

Dalam usaha peningkatan pelayanan air bersih tersebut, PDAM Kota Bandung mempunyai permasalahan yang cukup berat dalam peningkatan produksi air bersih yaitu sulitnya mencari sumber air baku yang baru. Selain itu hal yang menyebabkan kurang maksimalnya pelayanan PDAM adalah belum meratanya pengaliran air di wilayah Bandung Utara karena sampai saat ini masih ada daerah yang tidak mengalir secara kontinu pengalirannya. Selain PDAM sebagai sumber air bersih utama di Kota Bandung, penduduk juga memakai air tanah sebagai sumber air alternatif. Namun berdasarkan penelitian Sumawijaya dkk, (2009) diketahui bahwa kandungan air tanah pada beberapa wilayah di Bandung mengandung besi dengan konsentrasi yang melebihi standar kualitas yang telah ditetapkan. Hasil penelitian tersebut dapat terlihat pada

**Tabel 1.1**

**Tabel 1.1** Kadar besi pada air tanah di wilayah Bandung

No	Daerah	Kadar Fe (mg/L)
1	Cilengkrang – Ujung berung	0,75
2	Cibeunying - Dago	0,75
3	Arcamanik	0,72-3,81
4	Kiaracandong	0,25– 2,71
5	Cinambo-Gedebage	3,81-4,07
6	Komplek Panyileukan	5,15
7	Bojongloa Kidul	5,08-9,58
8	Dayehkolot-Bojongsoang	0,60-1,62
9	Baleendah-Ciparay	2,11
10	Katapang-Cilampeni	0,12-0,43
11	Majalaya-Selokanjeruk	4,16-6,67
12	Cileunyi-Rancaekek	0,33-4,96
13	Cimahi-Melongasih	0,41-3,07

Apabila tidak dilakukan perlakuan khusus, air yang mengandung konsentrasi besi dalam jumlah besar dapat membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan (Slamet, 2007). Kandungan besi dalam air dapat menyebabkan perubahan pada air yaitu menimbulkan bau, berwarna coklat kemerahan, dan apabila air tersebut digunakan untuk mandi dapat membuat kulit menjadi kering. Selain itu, air yang mengandung besi juga dapat menimbulkan endapan pada bak penampung air. Penghilangan kandungan besi dapat dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya yaitu presipitasi kimia, *ion exchange*, *reverse osmosis*, dan ultrafiltrasi.

Akan tetapi, metode-metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal sehingga saat ini berbagai upaya usaha pencarian pengolahan air dengan metode yang lebih murah, efektif dan efisien sangat diperlukan. Adsorpsi masih menjadi metode yang banyak dipakai untuk memisahkan logam berat dalam air karena metodenya mudah, *initial cost* yang rendah, dan memberikan hasil yang efektif (Kulkarni dkk, 2013; Atkinson dkk, 1998). Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada

permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan. (Oscik, 1982). Proses adsorpsi dapat dilakukan secara proses batch dan kontinu. Metode batch dan kontinu merupakan cara paling umum untuk melakukan adsorpsi. Namun pada sistem *batch* tidak dapat digunakan pada operasi dengan jumlah air yang banyak. Sehingga umumnya proses adsorpsi dalam skala industri menggunakan metode kontinu karena dapat menampung air dalam jumlah yang besar dan adsorbat akan kontak secara terus menerus dengan adsorben. Salah satu bentuk operasi adsorpsi sistem kontinu yaitu adsorpsi unggun tetap, dimana proses kontak berlangsung dengan mengalirkan fluida yang mengandung solut kedalam kolom yang telah berisi adsorben (Patel, 2019).

Salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses adsorpsi adalah jenis adsorben. Perbedaan karakteristik antar adsorben dapat menyebabkan daya adsorpsi masing-masing adsorben berbeda. Salah satu jenis adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi adalah karbon aktif. Adsorben tersebut termasuk jenis adsorben komersil yang mudah didapatkan, memiliki efektivitas yang tinggi, dan harganya murah. Umumnya, karbon aktif komersil memiliki luas permukaan spesifik antara 500-2000 m<sup>2</sup>/g, tetapi seiring dengan perkembangan teknologi, telah dikembangkan karbon aktif dengan luas permukaan antara 3500-5000 m<sup>2</sup>/g (Kirk & Othmer, 2004). Selain itu, gugus dalam karbon aktif yaitu O-H dan C-O, mengindikasikan bahwa karbon aktif cenderung bersifat polar, yang membuat karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben yang cukup baik (Messaoudi, 2016)

Dari uraian tersebut, maka diperlukan upaya untuk meningkatkan kualitas air tanah di wilayah Bandung, sehingga dapat digunakan sebagai sumber air bersih untuk masyarakat Bandung. Akan tetapi, masih belum banyak penelitian mengenai perancangan kolom adsorpsi untuk kebutuhan rumah tangga. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang kolom adsorpsi yang relatif murah dan sederhana sehingga dapat di aplikasikan pada skala rumah tangga.

## **1.2 Tema Sentral Masalah**

Tema sentral masalah pada penelitian ini adalah air tanah sebagai sumber air bersih bagi sebagian masyarakat di wilayah Bandung, masih mengandung besi dengan konsentrasi yang melebihi standar kualitas yang ditetapkan oleh pemerintah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air tanah dengan menggunakan metode adsorpsi unggun tetap. Adsorben yang digunakan merupakan adsorben komersil. Perancangan kolom

adsorpsi diharapkan dapat diterapkan dalam proses pengolahan air tanah menjadi air bersih untuk kebutuhan rumah tangga. Perancangan kolom ini meliputi penentuan dimensi kolom dan tinggi unggun yang disesuaikan dengan *service time* adsorben dan jumlah pemakaian air dalam satu rumah tangga.

### 1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi laju alir fluida pada skala laboratorium, terhadap waktu *break point*, *exhaust point*, kapasitas adsorpsi dan tinggi LUB?
2. Bagaimana pengaruh variasi tinggi unggun pada skala laboratorium, terhadap waktu *break point*, *exhaust point*, kapasitas adsorpsi dan tinggi LUB?
3. Bagaimana pengaruh jumlah kebutuhan air terhadap nilai tinggi unggun, diameter kolom dan panjang kolom adsorpsi?
4. Bagaimana pengaruh *service time* adsorben terhadap nilai tinggi unggun, diameter kolom dan panjang kolom adsorpsi?

### 1.4 Premis

Penelitian ini berlandaskan beberapa literatur yang berhubungan dengan tema penelitian, seperti yang disajikan pada **Tabel 1.2** berikut ini.



**Tabel 1.2** Premis mengenai adsorpsi ion Fe secara kontinu menggunakan karbon aktif

No	Jenis Adsorben	Jenis Air	Jenis Ion	Kondisi Adsorpsi			Kapasitas Adsorpsi Maksimum	Pustaka
				Laju Alir	Ketinggian Adsorben	Ukuran Kolom		
1	Karbon Akrif, Zeolit, Silika Gel	Air Lindi (Batu, Malang)	Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ )	-	10 cm	L : 30 cm	Kapasitas adsorpsi kadar Fe maksimum pada 12,668 mg/L dengan karbon aktif, sedangkan kadar Cr maksimum pada 0,049 mg/L dengan adsorben zeolit	Larasati dkk, 2015
2	Karbon Aktif	Air Tanah (Helvetia, Medan)	Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ), Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ )	10 ml/min	12,5 ; 25; 37,5 cm	L : 110 cm D : 1 cm	$q_{\text{tot}}$ pada ketinggian 12,5 cm sebesar 109,68 mg/g	Sidabutar dkk, 2018
3	Karbon Aktif	Air Tanah (Lhokseawe, Aceh)	Besi ( $\text{Fe}^{2+}$ )	6; 10; 14 L/min	7,5; 10; 12,5 cm	L : 30 cm D : 6,4 cm	0,169 mg/L pada laju alir 6 L/min dengan tinggi adsorben 12,5 cm.	Sylvia dkk, 2018

**Tabel 1.3** Premis mengenai perancangan kolom adsorpsi

No	Jenis Adsorben	Jenis Air	Jenis Ion	Kondisi Operasi Skala Laboratorium			Hasil Percobaan	Pustaka
				Konsentrasi Awal Sampel	Dosis Adsorben	Dimensi Kolom		
1	Karbon Aktif	Air artifisial	Kromium (Cr <sup>6+</sup> )	3,35 ppm	Z : 13 cm, 37 cm	L : - D : 0,71 cm	Dilakukan pemodelan untuk membandingkan kurva hasil scale up dan hasil percobaan sehingga didapatkan hasil yang mendekati.	Pirajan dkk, 2008
2	Karbon Aktif	Air artifisial	Kromium (Cr <sup>6+</sup> )	20 ppm; 35 ppm	250 mg	L : 18 cm D : 6 cm	Pada konsentrasi 20 ppm : D : 0,62 m; L : 2,33 m; Z : 1,87 m	Hudaya dkk, 2018

### 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dibuat berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Semakin cepat laju alir fluida maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *break point* dan *exhaust point* akan semakin cepat, besarnya kapasitas adsorben akan berkurang, serta tinggi LUB akan bertambah.
2. Semakin besar tinggi unggun maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *break point* dan *exhaust point* akan semakin lama, besarnya kapasitas adsorben akan bertambah, serta tinggi LUB tetap.
3. Semakin lama *service time* adsorben, maka tinggi unggun yang dibutuhkan semakin tinggi, sehingga dimensi kolom akan semakin besar
4. Semakin besar volume air yang digunakan, maka tinggi unggun yang dibutuhkan semakin tinggi, sehingga diameter dan panjang kolom akan semakin besar

### 1.6 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui pengaruh variasi laju alir fluida pada skala laboratorium, terhadap waktu *break point*, *exhaust point*, besarnya kapasitas adsorben dan tinggi LUB.
2. Mengetahui pengaruh variasi tinggi unggun pada skala laboratorium, terhadap waktu *break point*, *exhaust point*, besarnya kapasitas adsorben dan tinggi LUB.
3. Mengetahui pengaruh *service time* adsorben terhadap nilai tinggi unggun dan dimensi kolom adsorpsi pada skala rumah tangga.
4. Mengetahui pengaruh variasi volume air yang digunakan terhadap nilai tinggi unggun, dan dimensi kolom adsorpsi pada skala rumah tangga.

### 1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti, yaitu menambah pengetahuan tentang perancangan kolom adsorpsi skala rumah tangga serta kondisi operasinya untuk menurunkan kadar besi pada air tanah.
2. Bagi masyarakat, yaitu memberikan pengetahuan tentang proses pengolahan air tanah dengan metode adsorpsi, dan dimensi kolom adsorpsi yang dapat digunakan sesuai kebutuhan