



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PENURUNAN SALINITAS AIR PAYAU MENGGUNAKAN
FILTER MEDIA ZEOLIT TERAKTIVASI DAN ARANG
AKTIF**

DAROSA ELFRIDA

3313100081

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Ir.Nieke Karnaningroem M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PENURUNAN SALINITAS AIR PAYAU MENGGUNAKAN
FILTER MEDIA ZEOLIT TERAKTIVASI DAN ARANG
AKTIF**

DAROSA ELFRIDA

3313100081

Dosen Pembimbing

Prof.Dr.Ir.Nieke Karnaningroem M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember



FINAL PROJECT – RE 141581

**THE DECREASE OF SALINITY IN BRACKISH WATER
USING ACTIVATED ZEOLITE AND ACTIVATED
CARBON AS FILTER MEDIA**

DAROSA ELFRIDA

3313100081

Supervisor

Prof.Dr.Ir.Nieke Karnaningroem M.Sc

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Institute of Technology Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN SALINITAS AIR PAYAU MENGUNAKAN FILTER MEDIA ZEOLIT TERAKTIVASI DAN ARANG AKTIF

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DAROSA ELFRIDA

NRP 3313 100 081

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc

NIP: 19550128 198503 2 001



Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif

Nama Mahasiswa : Darosa Elfrida
NRP : 3313100081
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc.

ABSTRAK

Masalah utama dalam pengolahan air payau yakni tingkat salinitas yang tinggi. Zeolit dan arang aktif diketahui memiliki kemampuan yang baik dalam pengolahan air minum, sehingga penelitian ini menggunakan zeolit dan arang aktif sebagai media. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya untuk menurunkan salinitas dan klorida pada air payau, penelitian yang menggunakan zeolit teraktivasi ammonium nitrat 2N dan surfaktan mampu menyisihkan klorida dan menurunkan salinitas untuk menghasilkan air minum yang memenuhi baku mutu, tetapi penelitian tersebut masih menggunakan sistem *batch*. Salah satu prinsip penyediaan air minum adalah kontinuitas dimana air harus dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam waktu terus menerus secara kontinyu, sehingga penelitian ini menggunakan filter dengan sistem kontinyu untuk mengolah air payau. Penelitian dengan zeolit dan arang aktif sebagai media filter untuk menyisihkan klorida juga telah dilakukan sebelumnya, hasil penelitian tersebut belum dapat menghasilkan air yang sesuai dengan baku mutu air minum yakni klorida <250 mg/L dan salinitas <0,5 ppt. Sehingga pada penelitian ini, zeolit pada media filter diaktivasi dengan ammonium nitrat dan surfaktan untuk meningkatkan kemampuan penyisihannya.

Penelitian ini dimulai dengan penelitian pendahuluan untuk mengetahui media terbaik pada filter yang mampu menurunkan klorida dan salinitas terbaik dari air payau yang dibuat secara *artificial*. Setelah didapatkan media paling baik kemudia diuji larutan aktivasi terbaik untuk meningkatkan efisiensi zeolit, dengan menggunakan aktivator ammonium nitrat dan surfaktan benzalkonium klorida. Penelitian utama dilakukan dengan variabel kecepatan 0,1 , 0,2 , 0,3, 0,03 m/jam, serta

variasi konsentrasi klorida 1.000 mg/L, 5.000 mg/L dan 10.000 mg/L. Penelitian tambahan dilakukan menggunakan air sumur payau, untuk memberikan perbandingan kemampuan zeolit dalam menurunkan klorida dan salinitas pada air payau yang tidak *artificial*. Waktu *breakthrough* ditentukan berdasarkan perhitungan menggunakan pendekatan kinetika adsorpsi.

Hasil penelitian menunjukkan zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida dengan kecepatan filtrasi 0,03 m/jam merupakan yang paling baik dalam menyisihkan klorida dan menurunkan salinitas, dengan nilai rata-rata penyisihan klorida pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 20,66% dan konsentrasi 5.000 mg/L adalah 26,77%, serta konsentrasi 1.000 mg/L adalah 38,59%. Penurunan salinitas pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 15,55%, dan pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 16,51%, pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 20,94%. Hasil perhitungan waktu *breakthrough* pada konsentrasi 10.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 5,5 hari, kecepatan 0,2 m/jam 4,8 hari, kecepatan 0,1 m/jam 3,3 hari, kecepatan 0,03 m/jam 3,69 hari. Pada konsentrasi 5.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 3,4 hari, kecepatan 0,2 m/jam 3,73 hari, kecepatan 0,1 m/jam 3,29 hari, kecepatan 0,03 m/jam 3,03 hari. Pada konsentrasi 1.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 6,7 hari, kecepatan 0,2 m/jam 10,72 hari, kecepatan 0,1 m/jam 13,8 hari, kecepatan 0,03 m/jam 24,5 hari.

Kata kunci : Filter, Kecepatan Filtrasi, Klorida, Salinitas, Zeolit

The Decrease of Salinity in Brackish Water Using Activated Zeolite and Activated Carbon As Filter Media

Name : Darosa Elfrida
NRP : 3313100081
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc.

ABSTRACT

The main problem in brackish water treatment is the high salinity level. Zeolite and activated carbon are known to have a good ability in water treatment process, therefore this research used zeolite and activated carbon as the media. There were several previous research to reduce salinity and remove chlorida in brackish water, the research used zeolite activated by ammonium nitrate 2N and surfactant for brackish water treatment process, but the reaserch still used batch system. One of water supply principle is continuity, which is mean water must able to meet the konsumen need continuesly. Therefore this research used filter with continuous system. The research using zeolite and activated carbon as filter media to remove chlorida also have been done before, but the research results had not been able to produce water that meet quality standart for drinking water which is <250 mg/L for chlorida and <0,5 ppt for salinity. This research aim to improve filter ability in producing drinking water by using ammonium nitrat and surfactant for zeolite activation.

This research begun with a preliminary study to find out the best media in removing chloride and salinity of artificial brackish water. After that, activator was tested to determine the best activation in improving zeolite efficiency removal, using ammonium nitrate and benzalkonium chloride surfactant as activator. The main research conducted with variable velocities of 0,1, 0,2, 0,3 , 0,03 m/h and variations in chloride concentrations of 1.000 mg/L, 5.000 mg / L and 10.000 mg / L. The additional reasearch used brackish ground water to provide comparison of filter ability in removing chlorida and salinity in a non artificial water. The breakthrough time determined by adsorption kinetic approach.

The result of this research show zeolite activated by surfactant benzalkonium chlorida with filtration rate 0,03 m/hour give the best performace in removing chloride. The average of chloride removal in concentration of 10.000 mg/L is 20,66% in concentration 5.000 mg/L is 26,77%, in concentration 1.000 mg/L is 38,59%. Salinity reduction in concentration 10.000 mg/L is 15,55%, in concentration 5.000 mg/L is 16,51%, and in concentration 1.000 mg/L is 20,94%. The result of breakthrough time in chloride concentration 10.000 mg/L, in filtration rate 0,3 m/h is 5,5 days, in filtration rate 0,2 m/h is 4,8 days, in filtration rate 0,1 m/h is 3,3 days, in filtration rate 0,03 m/h is 3,69 days. The chloride concentration 5.000 mg/L, in filtration rate 0,3 m/h is 3,4 days, in filtration rate 0,2 m/h is 3,73 days, in filtration rate 0,1 m/h is 3,29 days, in filtration rate 0,03 m/h is 3,03 days The chloride concentration 1.000 mg/L, in filtration rate 0,3 m/h is 6,7 days, in filtration rate 0,2 m/h is 10,72 days, in filtration rate 0,1 m/h is 13,8 days, in filtration rate 0,03 m/h is 24,5 days.

Keyword(s): Filter, Filtration Rate , Chloride, Salinity, Zeolite

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan kepada Tuhan YME karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif”**, dan saya sampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr.Ir Nieke Karnaningroem M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya
3. Ibu dan Bapak Laboran Jurusan Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memfasilitasi ketika di Laboratorium
4. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya
5. Jonathan Dian, Rosalina, Raras, Arum, Antarai, Trifena dan Prita yang banyak membantu dan menyemangati saya
6. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 27 Juli 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Payau	5
2.1.1 Salinitas Air Payau	5
2.1.2 Klorida dan Salinitas	6
2.2 Pengolahan Eksisting Air Payau	7
2.3 Filtrasi	7
2.3.1 Media Filter	9
2.4 Hidrolika Filtrasi	10
2.5 Zeolit	11
2.6 Karbon Aktif	12
2.7 Kelebihan Zeolit dan Karbon Aktif sebagai Media Filter ..	14
2.8 Adsorpsi	14
2.9 Kapasitas Adsorpsi	15
2.9.1 Isotherm Langmuir	16
2.9.2 Isotherm Freundlich	18
2.10 Pendekatan Kinetika Adsorpsi	20
2.11 Breakthrough	21
2.12 Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Kerangka Penelitian	25
3.2 Studi Literatur	27
3.3 Pelaksanaan Penelitian	27
3.3.1 Penelitian Pendahuluan	28

3.3.2 Penelitian Utama	29
3.4 Persiapan Bahan	32
3.5 Persiapan Alat	34
3.6 Analisis Data dan Pembahasan	35
3.7 Kesimpulan	36
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisa Penelitian Pendahuluan.....	37
4.1.1 Media Zeolit Tanpa Aktivasi	37
4.1.2 Media Arang Aktif	41
4.1.3 Media Zeolit dan Arang Aktif	42
4.1.4 Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat	44
4.1.5 Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida	46
4.2 Analisa Penelitian Utama	50
4.2.1 Kecepatan 0,3 m/jam	50
4.2.2 Kecepatan 0,2 m/jam	51
4.2.3 Kecepatan 0,1 m/jam	56
4.2.4 Kecepatan 0,03 m/jam	59
4.2.5 Perbandingan antara Variasi Kecepatan dan Konsentrasi	60
4.3 Analisa Penelitian Dengan Air Sumur Payau	64
4.4 Model Adsorpsi Media Filter Dalam Penyerapan Klorida (CI)	68
4.4.1 Perhitungan Densitas dan Massa Zeolit	69
4.4.2 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	69
4.4.3 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	71
4.4.4 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	74
4.4.5 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L ...	76
4.4.6 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	78
4.4.7 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	80
4.4.8 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	83

4.4.9 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L.....	85
4.4.10 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	87
4.4.11 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	89
4.4.12 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	92
4.4.13 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	94
4.4.14 Kelemahan Penelitian dalam Penentuan Waktu Breakthrough.....	96
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1 Kesimpulan.....	101
5.2 Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
BIOGRAFI PENULIS	159

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Penelitian Terdahulu	22
Tabel 3. 1	Variabel Beban Klorida.....	31
Tabel 3. 2	Kebutuhan Larutan Stock Untuk Membuat Larutan Pada Tiap Variasi Konsentrasi.....	33
Tabel 4. 1	Kualitas Air PDAM Kota Surabaya 2016.....	39
Tabel 4. 2	Perbandingan Presentase Penyisihan Klorida	62
Tabel 4. 3	Perbandingan Presentase Penurunan Salinitas	62
Tabel 4. 4	Hasil Analisa Kualitas Air Sumur.....	66
Tabel 4. 5	Densitas Zeolit dan Arang Aktif	69
Tabel 4. 6	Konstanta Kinetika dan Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	70
Tabel 4. 7	Konstanta Kinetika dan Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	72
Tabel 4. 8	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	74
Tabel 4. 9	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L	77
Tabel 4. 10	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	79
Tabel 4. 11	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	81
Tabel 4. 12	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	83
Tabel 4. 13	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L	85
Tabel 4. 14	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	88
Tabel 4. 15	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	90
Tabel 4. 16	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	92
Tabel 4. 17	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L	94

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Grafik Hubungan q vs C Pada Model.....	17
Gambar 2. 2	Grafik Hubungan $1/(x/m)$ vs $1/c$ Pada Model Isotherm Langmuir	18
Gambar 2. 3	Grafik Hubungan (x/m) vs C Pada Model Isotherm Freundlich.....	19
Gambar 2. 4	Grafik Hubungan Log (x/m) vs Log C Pada Model Isotherm Freundlich.....	20
Gambar 3. 1	Kerangka Penelitian	27
Gambar 3. 2	Denah Reaktor	35
Gambar 3. 3	Tampak Samping Reaktor.....	36
Gambar 4. 1	Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Tanpa Aktivasi.....	38
Gambar 4. 2	Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Tanpa Aktivasi.....	38
Gambar 4. 3	Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Arang Aktif.....	41
Gambar 4. 4	Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Arang Aktif.....	42
Gambar 4. 5	Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit dan Arang Aktif.....	43
Gambar 4. 6	Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit dan Arang Aktif.....	43
Gambar 4. 7	Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat.....	44
Gambar 4. 8	Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat.....	45
Gambar 4. 9	Mekanisme Aktivasi Zeolit dengan Larutan Ammonium Nitrat.....	46
Gambar 4. 10	Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida	47
Gambar 4. 11	Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida	48

Gambar 4. 12	Proses Aktivasi dengan Surfaktan Benzalkonium Klorida.....	48
Gambar 4. 13	Penyisihan Klorida Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L	51
Gambar 4. 14	Penurunan Salinitas Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L	52
Gambar 4. 15	Penyisihan Klorida Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L ...	54
Gambar 4. 16	Penurunan Salinitas Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L	55
Gambar 4. 17	Penyisihan Klorida Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L ...	57
Gambar 4. 18	Penurunan Salinitas Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L ...	58
Gambar 4. 19	Penyisihan Klorida Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L ...	60
Gambar 4. 20	Penurunan Salinitas Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L.....	61
Gambar 4. 21	Penyisihan Klorida oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan BKC Pada Air Sumur Payau.....	65
Gambar 4. 22	Penurunan Salinitas oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan BKC Pada Air Sumur Payau.....	65
Gambar 4. 23	Penyisihan Klorida oleh Zeolit Tidak Teraktivasi Pada Air Sumur Payau	67
Gambar 4. 24	Penurunan Salinitas oleh Zeolit Tidak Teraktivasi Pada Air Sumur Payau	68
Gambar 4. 25	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L.....	71
Gambar 4. 26	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L.....	73
Gambar 4. 27	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L.....	75
Gambar 4. 28	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L.....	77

Gambar 4. 29	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L.....	79
Gambar 4. 30	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L.....	82
Gambar 4. 31	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L.....	84
Gambar 4. 32	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L.....	86
Gambar 4. 33	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L.....	88
Gambar 4. 34	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L.....	91
Gambar 4. 35	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L.....	93
Gambar 4. 36	Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L.....	95
Gambar 4. 37	Kurva Breakthrough	97
Gambar 4. 38	Grafik Pendekatan Kinetika Adsorpsi.....	98

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	107
Lampiran B	108
Lampiran C	109
Lampiran D	128
Lampiran E	147
Lampiran F	151

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air payau memiliki salinitas antara 0,5 ppt sampai dengan 17 ppt. Air payau tidak dapat digunakan sebagai air minum, memasak atau mencuci karena tingkat salinitas maksimum untuk kepentingan tersebut sebesar 0,5 ppt (Astuti dkk., 2007). Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air, dimana umumnya pada air payau salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^-) dan bikarbonat (HCO_3^-) (Kordi, 1996), dimana ion klorida adalah anion yang paling dominan di perairan laut yang asin (Sawyer dkk., 2003).

Zeolit dan arang aktif banyak digunakan dalam pengolahan air minum karena diketahui memiliki kemampuan dalam adsorpsi dan pertukaran ion (Masduqi dan Assomadi, 2012). Zeolit memiliki sifat yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena keunikan sifat fisik dan kimianya, diantaranya kemampuan dalam pertukaran ion (*ion exchange*) dan juga selektivitas penyerapan yang tinggi (adsorpsi) (Ronaldo, 2008). Melihat potensi zeolit dan arang aktif yang baik dalam pengolahan air minum maka zeolit dan arang aktif akan digunakan sebagai media untuk menyisihkan klorida dan salinitas pada air payau agar memenuhi standart pada air minum.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya untuk menurunkan salinitas dan klorida pada air payau. Namun penelitian tersebut masih memiliki beberapa kekurangan. Berdasarkan hasil penelitian Aziza dkk. (2014) zeolit teraktivasi ammonium nitrat 2N mampu menurunkan klorida sebesar 99,54%, berdasarkan penelitian Wahyuni (2010) kaolin yang teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida (BKC) mampu meningkatkan efisiensi penurunan klorida dari yang awalnya hanya 1% menjadi 27%, penelitian yang dilakukan oleh Astuti dkk. (2006) dengan zeolit teraktivasi surfaktan mampu menurunkan klorida sebesar 52%. Zeolit teraktivasi mampu meningkatkan efisiensi penyisihan klorida karena, larutan aktivator mampu menghilangkan ion-ion pengotor pada permukaan zeolit, sehingga luas permukaan zeolit sebagai adsorban semakin besar (Kusumastuti, 2010). Meskipun

penelitian yang dilakukan oleh Aziza dkk. (2014) dan Wahyuni (2010) menunjukkan penyisihan klorida dan salinitas yang sudah memenuhi baku mutu air minum, namun penelitian tersebut masih dilakukan dengan sistem *batch*, dimana penurunan klorida terjadi melalui proses mixing antara air payau dan zeolit teraktivasi menggunakan *beaker glass*. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012) salah satu prinsip penyediaan air minum adalah kontinuitas dimana air harus dapat memenuhi kebutuhan konsumen dalam waktu terus menerus secara kontinyu, berdasarkan teori tersebut diketahui bahwa untuk penyediaan air minum bagi masyarakat lebih baik menggunakan sistem kontinyu agar dapat menyediakan air minum sesuai dengan volume yang diharapkan. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Aziza. dkk (2014) dan Wahyuni (2010) hanya menggunakan sampel air payau sebanyak 25 ml pada sistem *batch* sehingga tidak diketahui kemampuan zeolit teraktivasi dalam menurunkan air payau dengan volume air payau yang lebih besar. Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini akan menggunakan filter dalam pengolahan air payau demi menyediakan air minum yang sesuai dengan prinsip kontinuitas dengan volume yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Penelitian penurunan klorida pada air payau menggunakan filter telah dilakukan oleh Nugroho dan Purwoto (2013) dan Darmawansa dkk. (2014), baik menggunakan zeolit maupun kombinasi zeolit dan arang aktif. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Nugroho dan Purwoto (2013), penyisihan Klorida melalui penukar ion dan filtrasi campuran zeolit aktif dengan karbon aktif mampu meremoval klorida sebesar 65% dengan ketebalan zeolit 75% dan arang aktif 25% dimana ketebalan media yang digunakan yakni 70 cm. Meskipun penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Purwoto (2013) mampu menyisihkan klorida sebesar 65%, namun penelitian tersebut masih menggunakan resin penukar ion dalam rangkaian reaktornya, sehingga tidak diketahui kemampuan penyisihan klorida oleh media zeolit dan arang aktif. Penelitian yang dilakukan oleh Darmawansa (2014) menunjukkan hasil penyisihan klorida pada filter zeolit sebesar 27,31%, tetapi penurunan salinitas dan klorida tersebut masih tidak menghasilkan air yang memenuhi baku mutu air minum yang

diinginkan. Oleh sebab itu maka pada penelitian ini, penyisihan klorida dan penurunan salinitas klorida akan menggunakan zeolit teraktivasi surfaktan dan ammonium nitrat untuk meningkatkan efisiensinya, sehingga dapat menghasilkan air minum yang sesuai dengan baku mutu klorida <250 mg/L (Permenkes No 492, 2010) dan salinitas kurang dari <0,5 ppt (Astuti dkk., 2010).

Berdasarkan penjelasan mengenai pengolahan air payau oleh zeolit teraktivasi dengan sistem batch, dan penelitian dengan filter yang belum mencapai effluen sesuai baku mutu klorida <250 mg/L (Permenkes No 492, 2010) dan salinitas kurang dari <0,5 ppt (Astuti dkk., 2010) maka dilakukan penelitian dengan menggunakan zeolit teraktivasi dan arang aktif sebagai media filter dengan tujuan menghasilkan air minum secara kontinyu dan memenuhi baku mutu klorida dan salinitas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dapat dirumuskan beberapa permasalahan. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Berapakah penyisihan klorida dan penurunan salinitas dengan menggunakan variasi media dan kecepatan filtrasi demi memenuhi baku mutu klorida dan salinitas air minum ?
- b. Berapakah nilai adsorpsi dan waktu *breakthrough* media filter?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Menentukan penyisihan klorida dan penurunan salinitas dengan menggunakan variasi media dan kecepatan filtrasi demi memenuhi baku mutu klorida dan salinitas air minum
- b. Menentukan waktu *breakthrough* media filter

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

- a. Pembuatan filter dengan media zeolit alam teraktivasi dan arang aktif dilakukan pada skala laboratorium di *Workshop* Jurusan Teknik Lingkungan.

- b. Pengujian Cl^- akan dilakukan di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan.
- c. Pengujian salinitas akan menggunakan alat salinometer di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan
- d. Penelitian dilakukan pada bulan february hingga juni 2017.
- e. Perhitungan waktu breakthrough dilakukan dengan pendekatan kinetika adsorpsi
- f. Variabel yang akan diukur yakni
 - Variabel media (ketebalan media 70 cm)
 - ✓ Zeolit teraktivasi ammonium nitrat dengan ketebalan media 70 cm
 - ✓ Arang aktif dengan ketebalan media 70 cm
 - ✓ Zeolit dengan ketebalan 75% dan arang aktif dengan ketebalan 25%.
 - Variabel larutan pengaktivasi
 - ✓ Ammonium Nitrat
 - ✓ Surfaktan Benzalkonium Klorida
 - Variabel kecepatan filtrasi
 - ✓ 0,1 m/jam
 - ✓ 0,2 m/jam
 - ✓ 0,3 m/jam
 - ✓ 0,03 m/jam
 - Variabel konsentrasi klorida
 - ✓ 1.000 mg/L
 - ✓ 5.000 mg/L
 - ✓ 10.000mg/L
- g. Sampel air yang digunakan akan dibuat berdasarkan kadar klorida yang menjadi variabel penelitian

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Memberi informasi ilmiah mengenai efisiensi penyisihan klorida dengan menggunakan variasi media dan kecepatan filtrasi
- b. Memberi informasi ilmiah mengenai kapasitas adsorpsi dan waktu breakthrough filter

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas teori pendukung meliputi pengertian dan karakteristik air payau, pengolahan eksisting air payau serta kelemahan teknologi tersebut, berikutnya kemampuan arang aktif dan zeolit sebagai filter untuk menyisihkan klorida dan menurunkan salinitas serta penelitian-penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini.

2.1 Air Payau

Meningkatnya penduduk dan sektor perindustrian dapat mengakibatkan pemanfaatan lahan yang semakin intensif. Lahan yang awalnya digunakan sebagai peresapan air hujan jadi berkurang. Akibatnya tekanan air tanah berkurang dan dapat menyebabkan berbagai masalah diawali dengan menurunnya permukaan air tanah laut mengalami intrusi kedaratan. (Purnama dan Sulaswono, 2006)

Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan air tanah melalui akuifer di daratan atau di daerah pantai. Adanya intrusi air laut ini merupakan permasalahan pada pemanfaatan air bawah tanah di daerah pantai maupun daerah terintrusi. Hal ini karena air bawah tanah yang mengalami intrusi air laut akan mengalami degradasi mutu sehingga tidak layak lagi digunakan sebagai sumber air minum (Hendrayana, 2002). Meskipun demikian Purnama dan Sulaswono (2006), menyatakan bahwa faktor lingkungan seperti adanya air fosil, evaporasi dari laguna dan daerah tertutup lainnya, air dari kubah garam, pancaran air laut oleh angin, pasang surut dan badai, air dari pelarutan batuan evaporit dapat menyebabkan keasinan pada air tanah.

2.1.1 Salinitas Air Payau

Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium

(Na⁺), kalium (K⁺), kalsium (Ca⁺⁺), magnesium (Mg⁺⁺), Klorida (Cl⁻), sulfat (SO₄⁼) dan bikarbonat (HCO₃). Sebagai perbandingan kadar salinitas air tawar yakni <0,5 ppt sedangkan air payau memiliki salinitas 3 ppt hingga 30 ppt (Kordi, 1996).

Menurut Prager dan Earle (2001) dalam Rosari (2014) air payau merupakan larutan yang mengandung beberapa jenis zat terlarut seperti garam yang jumlahnya antara 3-4,5%. Garam-garam yang terdapat pada air laut adalah 55% klorida (Cl⁻), 31% natrium (Na⁺), 8% Sulfat(SO₄⁼) , 4% magnesium(Mg⁺⁺), dan 1% kalsium(Ca⁺⁺).

2.1.2 Klorida dan Salinitas

Ion klorida adalah anion yang paling dominan di perairan laut. Sekitar $\frac{3}{4}$ dari klorida yang terdapat di bumi berada dalam bentuk larutan. Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl⁻). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan diperairan alami dalam jumlah lebih banyak daripada anion halogen lainnya. Konsentrasi klorida yang tinggi misalnya pada air laut yang diikuti oleh konsentrasi kalsium dan magnesium yang juga tinggi dapat meningkatkan sifat korosivitas air. Perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, termasuk air minum, pertanian dan industri sebaiknya memiliki konsentrasi klorida yang lebih kecil dari 100 ppm (Sawyer dkk., 2003).

Menurut Stuyzand (1989) didalam Yusuf dkk. (2010), berdasarkan kandungan kloridanya, maka air dibedakan atas air :

- 1) Air tawar (< 150 mg/L)
- 2) Air Tawar payau (*brackish* = 150 – 300 mg/L)
- 3) Air Payau-Tawar (300-1000 mg/L)
- 4) Air Payau Asin (1000-10.000 mg/L)
- 5) Air Asin (10.000-20.000 mg/L)
- 6) Air Hipersalin (>20.000 mg/L)

Berdasarkan literatur tersebut dapat diketahui bahwa kadar klorida untuk air payau asin adalah 1000-10.000 mg/L. Rosari (2014) telah melakukan penelitian terhadap dua sumur di Kejawan Keputih dimana air payau yang diteliti memiliki klorida dengan nilai 1770 mg/L dan 2050 mg/L. Selanjutnya Narmasari (2005), menyatakan konsentrasi klorida pada sumur warga daerah Kenjeran berkisar antara 1.200-6.200 mg/L. Sehingga

berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui nilai klorida pada beberapa sumur di Kota Surabaya memiliki kadar klorida pada range 1200-6200 mg/L, dimana kadar tersebut dikategorikan sebagai air payau asin .

2.2 Pengolahan Eksisting Air Payau

Teknologi yang umum digunakan saat ini dengan menggunakan bantuan membran *reverse osmosis*. Sistem pengolahan *reverse osmosis* jika dibandingkan dengan pengolahan air minum lain dapat menghasilkan air minum yang bersih, steril dan sehat, namun sering terjadi penyumbatan (*fouling/clogging*) karena bahan – bahan tertentu pada permukaan membran seperti membran berkerak karena pengendapan garam terlarut dalam air karena konsentrasi air cukup pekat dan batas kelarutan terlampaui. Kerak dapat berupa kalsium karbonat atau sulfat, silika, dan kalsium klorida (*Misran, 2002*), dan perawatannya lebih mahal dibandingkan dengan pengolahan secara konvensional (Metcalf & Eddy, 2004).

2.3 Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluida (cair maupun gas) yang membawanya menggunakan suatu medium berpori atau bahan berpori lain untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Selain mereduksi kandungan zat padat, filtrasi dapat pula mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, bau, besi, dan mangan (Masduqi dan Assomadi, 2012) Menurut Huisman dan Wood (1974), mekanisme dalam proses filtrasi adalah:

- A. *Mechanical Straining/Screening*
Mechanical Straining/Screening adalah proses penyaringan partikel tersuspensi besar untuk dapat lolos melalui lubang diantara butiran pasir. Proses ini umumnya berlaku pada partikel yang berukuran setidaknya 100 μm .
- B. *Sedimentasi*
Merupakan proses pemisahan padat-cair menggunakan pemisahan secara gravitasi untuk meremoval padatan tersuspensi.

- C. Difusi
Merupakan gerak acak dari partikel yang disebabkan oleh tumbukan dengan molekul sekelilingnya, yang akhirnya menyebabkan proses adsorpsi pada materi filter.
- D. Adsorpsi
Adsorpsi mampu menghilangkan partikel yang lebih kecil dari partikel tersuspensi seperti partikel koloid dan molekul kotoran terlarut yang berasal dari bahan anorganik maupun organik yang terendapkan. Adsorpsi disebabkan oleh tarik menarik antar molekul apabila zat tersebut berhubungan.
- E. Aktivitas Kimia
Di dalam filter terdapat aktivitas kimia, dimana senyawa yang terkandung pecah menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya.
- F. Aktivitas Biologis
Aktivitas ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam filter. Secara alamiah mikroorganisme terdapat di dalam air baku dan tertahan pada butiran filter. Mikroorganisme ini berkembang biak dalam filter dengan sumber makanan yang berasal dari bahan organik dan inorganik yang mengendap pada butiran media.

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), tipe filter dapat dibedakan dalam tiga jenis antara lain:

- Tipe Filter Berdasarkan Sistem Kontrol Kecepatan
 - a. *Constant rate*
Debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
 - b. *Declining rate* atau *constants head*
Debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.
- Tipe Filter Berdasarkan Arah Aliran
 - a. Filter aliran *down flow* (kebawah)
 - b. Filter aliran *upflow* (keatas)

- c. Filter aliran *horizontal*.
- Tipe Filter Berdasarkan Sistem Pengaliran
 - a. Filter dengan aliran grafitasi (*grafity filter*)
 - b. Filter dengan aliran bertekanan (*pressure filter*)

2.3.1 Media Filter

Masduqi dan Assomadi (2012), menyatakan media filter memegang peranan penting dalam proses filtrasi. Media filter umumnya tersusun dari variasi media, ukuran, bentuk, dan komposisi kimia.

Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter dikategorikan menjadi :

- A. *Singel media*
Filter hanya menggunakan satu jenis media saja. Filter cepat tradisional umumnya menggunakan pasir kwarsa.
- B. *Dual media*
Menggunakan dua jenis media. Dual media memiliki keuntungan yakni mampu melewati kecepatan filtrasi yang lebih tinggi (10-15 m/jam), periode pencucian lebih lama dan peningkatan dari metode filter *single media*.
- C. *Multi media*
Filter dengan beberapa jenis media ini umumnya menggunakan pasir silica, anthrasit, dan garnet atau dolomit yang berperan sebagai penyaring.

Berdasarkan ukuran medianya maka susunan media filter dapat dibedakan menjadi:

- A. Seragam (*uniform*) : ukuran butiran media filter relatif sama dalam satu bak
- B. Gradasi (*stratified*): ukuran butiran media tidak sama dan tersusun bertingkat
- C. Tercampur (*mixed*): Ukuran butiran media tidak sama dan bercampur

Faktor yang mempengaruhi adsorpsi dalam menurunkan salinitas adalah ukuran media. Ukuran media menentukan luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter adsorben maka semakin luas permukaannya. Kapasitas adsorpsi total dari suatu adsorbat tergantung pada luas permukaan total

adsorbennya. Proses adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel itu akan meningkat dengan meningkatkannya luas permukaan. Jadi, semakin luas permukaan adsorben maka adsorpsi akan semakin besar. Semakin kecil ukuran partikel maka waktu kontak akan berlangsung lebih lama. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Darmawansa, 2014).

2.4 Hidrolika Filtrasi

Debit yang mengalir melalui outlet bak filter dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.1

$$Q = V_f \cdot A \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

Q = Debit filtrasi (L/jam)

V_f = kecepatan filtrasi (m/jam)

A = Luas reaktor (m^2)

Besaran bilangan Reynolds dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kecepatan fluida, viskositas absolut fluida dinamis, viskositas kinematik fluida, dan kecepatan dari fluida. Nilai bilangan Reynolds akan menentukan aliran fluida, baik berupa laminar atau aliran turbulen. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan rumus Persamaan 2.2

$$N_{re} = \frac{\psi \cdot d \cdot V_a}{\nu} = \frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot V_a}{\mu} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

ρ = kerapatan (densitas) fluida

ν = kecepatan aliran

d = diameter media

μ = viskositas absolut

Selain persamaan Carman-Kozeny pada perhitungan bilangan Reynold, terdapat persamaan Rose untuk menghitung kehilangan tekanan pada media filter.

$$H_L = 1,067 \frac{C_d \cdot L \cdot V_a^2}{\psi \cdot d \cdot \varepsilon^4 g} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

ψ = Faktor kebulatan

ε = Porositas

g = gravitasi

C_d = koefisien *drag*

C_d merupakan koefisien *drag* yang besarnya tergantung pada bilangan Reynolds. Nilai C_d dapat dihitung dengan Persamaan 2.4

$$C_d = \frac{24}{N_{re}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Kehilangan tekanan secara keseluruhan diakibatkan karena adanya kehilangan energi yang disebabkan gesekan air dengan media filter. Kerugian oleh friksi dapat dihitung dengan Persamaan 2.5

$$F = 150 [(1-20)/N_{re}] + 1,75 \dots \dots \dots (2.5)$$

2.5 Zeolit

. Zeolit merupakan mineral alumino silikat terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah dan memiliki pori-pori yang dapat diisi oleh molekul air (Kusumastuti, 2010). Zeolit alam telah banyak digunakan untuk berbagai pengolahan air limbah. Zeolit memiliki karakteristik kimia dan fisika yang unik. Struktur pori zeolit alam beragam, memiliki ketahanan termal dan kekuatan mekanisme serapannya yang baik, serta tahan terhadap lingkungan kimia yang ekstrim. Struktur pori zeolit yang berbeda-beda membuat zeolit banyak digunakan untuk pemisahan berbagai molekul kecil (Shan dkk., 2004).

Zeolit alam memiliki kelemahan antara lain mengandung banyak pengotor seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Fe^{2+} serta kristalinitasnya kurang baik, sehingga zeolit perlu diaktivasi untuk meningkatkan kemampuan pertukaran ion maupun kemampuan adsorbsinya. Menurut penelitian Kusumastuti (2010) aktivasi dengan ammonium nitrat dapat menyebabkan terjadinya dekationisasi yang menyebabkan bertambahnya luas permukaan zeolit karena berkurangnya jumlah pengotor yang menutupi pori-pori zeolit. Aktivasi menggunakan ammonium nitrat juga merupakan aktivasi dengan asam yang menurut penelitian Aziza *et al.* (2014) mampu menurunkan salinitas sumur air payau sebesar 99,54%. Astuti dkk. (2007) zeolit yang diaktiasi oleh surfaktan HDTMA mampu menyisihkan 52% klorida. Pernyataan

ini juga didukung oleh Setiadji (1996) dimana zeolit alam yang telah diaktivasi mempunyai kemampuan sebagai adsorben. Proses aktivasi menyebabkan terjadinya perubahan perbandingan Si/Al, luas permukaan meningkat, dan terjadi peningkatan porositas zeolit.

Zeolit memiliki sifat yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena keunikan sifat fisik dan kimianya, diantaranya kemampuan dalam pertukaran ion (*ion exchange*) dan juga selektivitas penyerapan yang tinggi. Contoh pemanfaatan zeolit adalah sebagai adsorben, katalis, penukar ion dan membran. Zeolit sebagai adsorben adalah pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi di permukaan. Proses itu terjadi akibat adanya interaksi secara fisik oleh gaya van der Waals dan interaksi kimia dengan adanya sifat elektrostatis (Ronaldo, 2008).

Menurut Sihombing (2007), faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan pada zeolit adalah :

- A. Ukuran butir zeolit : efisiensi zeolit menurun dengan meningkatnya ukuran butiran.
- B. Kemurnian zeolit : efisiensi zeolit akan meningkat dengan semakin tingginya kemurnian.
- C. Ukuran molekul adsorbat : molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori.
- D. Suhu dan tekanan : kapasitas adsorpsi turun dengan naiknya suhu dan akan naik dengan naiknya tekanan.

2.6 Karbon Aktif

Arang aktif atau karbon aktif adalah material yang berbentuk bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara dan tempurung kelapa. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif (melakukan pemilihan), tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif. (Kumalasari dan Satoto, 2011).

Secara Umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yakni:

- A. Proses pengarang (karbonisasi)
Proses pembentukan arang dari bahan baku. Karbonsasi yang sempurna dilakukan dengan pemanasan bahan baku tanpa adanya abu bara hingga temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya memiliki luas permukaan beberapa meter persegi, sehingga karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl.

- B. Proses Aktifasi
Proses mengubah karbon yang mempunyai daya serap rendah menjadi daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori. Karbon diaktivasi dapat dilakukan melalui beberapa cara seperti menggunakan uap panas, gas karbondioksida atau penambahan bahan kimia sebagai aktivator. (Said, 2007)

Dilihat dari bentuk ukuran partikel karbon aktif dibagi menjadi dua jenis. Pertama, karbon aktif bubuk (*Powder Activated Carbon*) yang memiliki ukuran partikel sekitar 50-75 mikron karena ukurannya yang kecil sehingga penggunaannya sulit karena mudah terbang. Sehingga dalam penggunaannya dapat dicampur dengan kandungan air sekitar 30-50%. Kedua, Karbon aktif butiran (*Granular Activated Carbon*) yang memiliki bentuk butiran atau kepingan dengan ukuran 0,16-1,5 mm yang cara penggunaannya lebih mudah (Said, 2007).

Dalam pengolahan air, karbon aktif digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan rasa, bau ataupun warna. Pengoperasian proses adsorpsi berbeda antara karbon aktif berbentuk bubuk dan butiran. Karbon aktif bubuk biasanya dibubuhkan pada air yang diolah dan dimasukkan secara merata agar terjadi kontak, setelah itu diendapkan. Pada karbon aktif butiran, karbon aktif dijadikan media filter dalam sebuah kolom adsorpsi (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.7 Kelebihan Zeolit dan Karbon Aktif sebagai Media Filter

Karbon aktif bersifat ekonomis karena dapat dibuat dari berbagai material yang memiliki konten karbon tinggi dengan harga yang murah. Material tersebut seperti kayu, batu bara, solar, batok kelapa serta serbuk gergaji. Selain itu, karbon aktif memiliki kemampuan superior dalam meremoval berbagai jenis polutan organik dan inorganik yang terlarut dalam media cair. Zeolit merupakan kristal aluminosilicates dengan struktur berdasarkan SiO_4 dan AlO_4 , yang terhubung oleh atom oksigen; dimana zeolit merupakan salah satu penukar ion kation inorganik. Muatan zeolit yang negatif membuat zeolit memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap kation. (Aghakani dkk., 2011).

Kelebihan lain dari Zeolit menurut Poerwadio dan Masduqi (2004), yakni zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi.

2.8 Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorbent atau oleh permukaan larutan. Tingkat adsorpsi (*rate of adsorption*) menentukan waktu detensi yang dibutuhkan untuk pengolahan, dan ukuran atau skala dari sistem adsorpsi yang akan diterapkan. Kinetika proses menggambarkan tahapan di mana molekul dipindahkan dari larutan ke pori-pori partikel adsorbent. (Poerwadio dan Masduqi, 2004).

Reynolds dan Richards (1996), menyatakan secara umum terdapat dua jenis adsorpsi yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

A. Adsorpsi fisik

Adsorpsi fisik dapat disebabkan oleh gaya van der Waals, dimana adsorpsi terjadi akibat gaya interaksi tarik-menarik antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Adsorpsi ini cocok untuk proses adsorpsi yang membutuhkan proses regenerasi karena zat yang

teradsorpsi tidak terlarut dalam adsorben tapi hanya sampai permukaan saja. Sebagai contoh adalah adsorpsi oleh karbon aktif. Karbon uaktif memiliki sejumlah lubang kapiler pada partikel karbon dan permukaan yang dapat digunakan sebagai tempat proses adsorpsi termasuk permukaan pada pori dengan tambahan permukaan eksternal partikel. Jumlah pori-pori pada permukaan adsorben melebihi luas area partikel dan sebagian proses adsorpsi berlangsung pada bagian pori-pori. Hasil adsorpsi fisik terjadi dari kondensasi molekul di kapiler padat. Kapasitas serap karbon untuk sebuah zat terlarut juga akan tergantung pada karbon dan zat terlarutnya. (Reynolds dan Richards, 1996)

B. Adsorpsi kimia

Menurut Eklefender (1996), adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi akibat interaksi kimia antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Proses ini pada umumnya menurunkan kapasitas dari adsorben karena gaya adhesinya yang kuat sehingga proses ini tidak reversible. Pada adsorpsi kimia, reaksi kimia terjadi antara adsorben dan larutan adsorbat, dan reaksi yang terjadi bisanya satu arah (irreversible). Hasil adsorpsi kimia dalam pembentukan lapisan monomolecular dari permukaan adsorbat melalui kemampuan sisa residu dari permukaan molekul. Adsorpsi kimia memerlukan energi yang lebih besar dibandingkan adsorpsi fisik, dikarenakan pada adsorpsi kimia akan terbentuk ikatan kimia pada permukaan adsorben, sehingga adsorben akan lebih sulit di regenerasi dibandingkan adsorpsi fisik.

2.9 Kapasitas Adsorpsi

Reynolds dan Richards (1996), menyatakan bahwa ketika ada agitasi dan mixing antara larutan dan adsorbat maka konsentersasi larutan akan berkurang mencapai nilai *equilibrium*. Nilai *equilibrium* muncul pada 1-4 jam. Melalui test tersebut dapat ditemukan hubungan antara konsentersasi *equilibrium* (C_e) dan jumlah kandungan organik yang di adsorp (x) per unit massa karbon aktif (m).

Reynolds dan Richards (1996) menyatakan terdapat 2 model adsorpsi isotherm yang digunakan untuk melihat daya akumulasi dari sorben. Model adsorpsi yang umum digunakan yakni isotherm Langmuir dan Freundlich.

2.9.1 Isotherm Langmuir

Menurut Ruthven (1984) model isotherm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat. Ada empat asumsi dasar yang digunakan dalam model ini, yaitu:

- a. Molekul diadsorpsi oleh *site* (tempat terjadinya reaksi permukaan adsorben) yang tetap.
- b. Setiap *site* dapat “memegang” satu model adsorbat.
- c. Semua *site* di seluruh permukaan adsorben memiliki afinitas (kemampuan untuk menyerap) yang sama besarnya terhadap molekul-molekul adsorbat
- d. Tidak ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi dengan *site* sekitarnya.

Menurut Tchobanoglous (1991) persamaan matematis untuk model isotherm Langmuir adalah :

$$\frac{x}{m} = \frac{qm \cdot kL \cdot C}{1+kL \cdot C} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

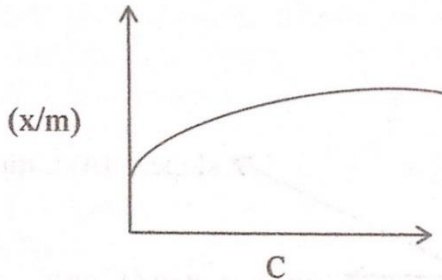
Q = x/m
= jumlah dari adsorbat yang diserap per unit berat dari adsorben (mg/g)

C = Konsentrasi solute/adsorbat akhir dalam larutan (mg/L)

kL = Konstanta Langmuir

qm = jumlah dari adsorbat yang diserap per unit berat dari adsorben untuk pembentukan monolayer (mg/mg)

Persamaan matematis model isotherm Langmuir tersebut apabila dinyatakan dalam grafik sebagian hubungan antara q dengan C maka diperoleh grafik pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2. 1 Grafik Hubungan q vs C Pada Model Isotherm Langmuir
 Sumber: Tchobanoglous (1991)

Kemudian untuk memperoleh linierisasi persamaan maka persamaan isotherm Langmuir harus diubah dalam bentuk $1/C$ sebagai sumbu x dan $1/(x/m)$ sebagai sumbu y. Sehingga diperoleh Persamaan 2.7.

$$\frac{x}{m} = \frac{qm \cdot kL \cdot C}{1 + kL \cdot C}$$

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1 + kL \cdot C}{qm \cdot kL \cdot C}$$

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{qm \cdot kL} \cdot \frac{1}{C} + \frac{1}{qm} \dots\dots\dots(2.7)$$

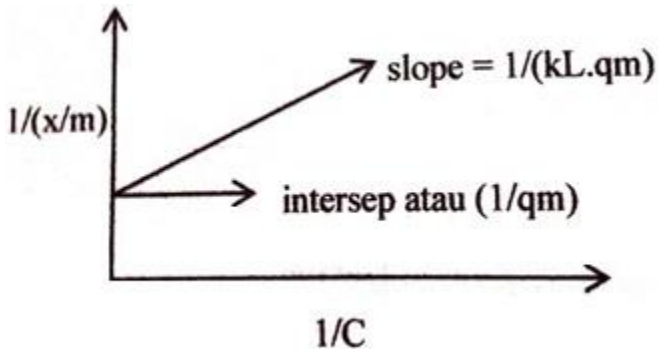
$$y = a \quad x + b$$

Linierisasi persamaan tersebut menghasilkan:

Slope (a) = $1/(qm \cdot kL)$

Intersep = $1/qm$

Hasil linierisasi persamaan model isotherm Langmuir yang menyatakan hubungan antara $1/(x/m)$ dengan $1/C$ terlihat pada Gambar 2.2 berikut : (x/m) yang konstan. Hal ini menunjukkan nilai (x/m) yang konstan. Hal ini menunjukkan nilai (x/m) telah mencapai nilai maksimum.



Gambar 2. 2 Grafik Hubungan $1/(x/m)$ vs $1/c$ Pada Model Isotherm Langmuir

Sumber: Benefield (1982)

Berdasarkan Gambar tersebut dapat diketahui bahwa tinggi nilai C sebanding dengan nilai (x/m) . Untuk nilai C yang semakin tinggi akan dijumpai (x/m) yang konstan. Hal ini menunjukkan nilai (x/m) telah mencapai nilai maksimum. Hubungan antara nilai $1/(x/m)$ dan $1/C$ membentuk garis linier, perpotongan garis dengan sumbu y menunjukkan nilai intersep ($1/q_m$) dan slope (sudut yang terbentuk oleh garis) adalah nilai $1/(kL.q_m)$.

2.9.2 Isotherm Freundlich

Menurut Benefield (1982) dasar penggunaan model isotherm Freundlich adalah :

- a. Energi yang terlibat dalam proses adsorpsi di setiap *site* tidak selalu sama besarnya.
- b. Tidak seluruh permukaan adsorben terlibat secara aktif dalam proses penyerapan adsorbat.
- c. Komposisi *site* adsorben adalah bersifat heterogen yaitu memiliki energi penyerapan yang berbeda-beda.
- d. Terdapat lebih dari satu lapisan adsorbat di permukaan adsorben (multilayer)

Persamaan model isotherm Freundlich, dirumuskan sebagai berikut (Sawyer dkk, 2003):

$$\frac{x}{m} = kF \cdot C^{1/n} \dots\dots\dots (2.8)$$

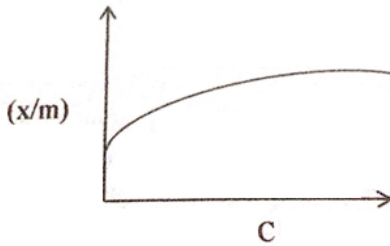
Dimana:

x/m = jumlah dari adsorbat yang diserap pe unit berat dari adsorben (mg/g)

C = Konsenterasi solute/adsorbat akhir dalam larutan (mg/L)

kF dan n = Konstanta Freundlich

Bila persamaan model isotherm Freundlich dinyatakan dalam grafik, yang menyatakan hubungan antara q dengan C dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2. 3 Grafik Hubungan (x/m) vs C Pada Model Isotherm Freundlich

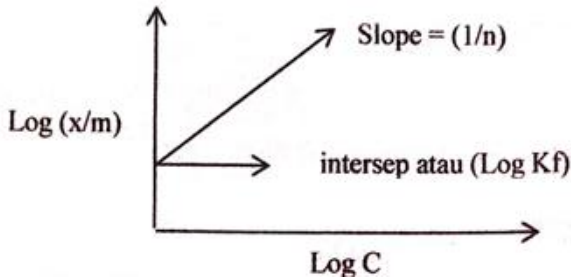
Sumber: Benefield (1982)

Persamaan isotherm Freundlich agar dapat dilinierkan, maka harus diubah dalam bentuk $\log (x/m)$ sebagai sumbu y dan $\log C$ sebagai sumbu x, sehingga diperoleh Persamaan 2.9 :

$$Y= ax + b$$

$$\text{Log } (x/m) = 1/n \text{ log } C + \text{log } kf \dots\dots\dots (2.9)$$

Setelah persamaan model isotherm Freundlich dilinearkan maka diperoleh grafik yang menyatakan hubungan antara $\text{Log } (x/m)$ dengan $\text{Log } C$ seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Log (x/m) vs Log C Pada Model Isotherm Freundlich

Sumber: Benefield (1982)

Berdasarkan grafik tersebut diperoleh bahwa:

- Slope (a) = 1/n
- Intersep (b) = Log kf

Berdasarkan Gambar besarnya nilai C sebanding dengan nilai x/m hubungan antara nilai Log (x/m) dan Log C membentuk garis linier, perpotongan garis dengan sumbu vertical menunjukkan nilai Log kf (intersep) dan slope (sudut yang terbentuk oleh garis) adalah nilai 1/n.

2.10 Pendekatan Kinetika Adsorpsi

Reynolds dan Richards (1996) menyatakan kinetika adsorpsi merupakan tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori-pori partike adsorban. Persamaan pendekatan kinetika dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_o} = \frac{1}{1 + e^{\frac{K_1}{Q}(q_o M - C_o V)}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

- Ce = Konsentrasi effluent air limbah
- Co = Konsentrasi influent air limbah
- K1 = Konstanta kecepatan adsorpsi
- qo = massa solute per massa adsorben mula-mula (gram/gram)
- M = Massa adsorben (gram)

V = Volume yang melawati kolom (liter)
 Q = Debit (liter/jam)

Dari persamaan diatas didapat persamaan-persamaan berikut:

$$\frac{C_e}{C_o} = 1 + e^{\frac{k_1}{Q} [q_o \cdot M - C_o \cdot V]} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\ln \frac{C_e}{C_o} - 1 = \frac{k_1 \cdot q_o \cdot M}{Q} - \frac{1 \cdot C_o \cdot V}{Q} \dots\dots\dots (2.12)$$

Apabila persamaan terakhir di atas dinyatakan dalam bentuk grafik dengan persamaan $y = ax + b$, dengan sumbu y menyatakan nilai $\ln(C_o/C_e - 1)$ dan sumbu x menyatakan nilai V (Volume) dengan nilai slope = $a = k_1 \cdot C_o / Q$ dan nilai intersep = $b = (k_1 \cdot q_o \cdot M / Q)$.

2.11 Breakthrough

Menurut Treyball (1993) dalam Rita dkk. (2002) kurva breakthrough merupakan kurva yang biasanya digambarkan dengan fraksi konsentrasi terhadap waktu, yang menunjukkan profil mekanisme perpindahan massa yang dapat diramalkan dan digunakan dalam perhitungan untuk fluida yang keluar dari bed. Biasanya kurva ini dipakai di dalam industri khususnya untuk menentukan kapan resin harus diganti untuk diregenerasi kembali. Pernyataan ini juga didukung oleh Khaeruddin (2007) dalam Hardini (2011), yang menyatakan kurva *breakthrough* dapat didefinisikan sebagai hubungan antara konsentersasi adsorbat pada effluen dengan waktu dan volume. Titik *breakthrough* adalah titik batas maksimum penyerapan adsorbat terhadap effluent tersebut. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh laju alir, temperatur, dan tingkat keasaman.

Menurut Reynold dan Richards (1996) kurva *breakthrough* menunjukan hubungan antara konsentersasi adsorbat pada waktu atau volume. Untuk mengatasi kondisi tersebut, maka perlu dilakukan regenerasi dengan pemanasan karbon aktif dalam *furnace*.

2.12 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan beberapa penelitian yang mendasari penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Sumber	Variabel	Paremeter	Hasil
Desalinasi Air Payau Dengan Media Adsorben Zeolit Di Daerah Pesisir Pantai Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah			
Darmawansa dkk. (2014)	1. Variabel Debit (100,120,140,160,180,200 ml/menit)	Klorida	Debit optimum pada 160 ml/menit dan ukuran partikel zeolit 1,5 mm dengan efisiensi 27,31 %
	2. Variabel partikel zeolit (0,5 , 1,5 , 2 mm)		
Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Ammonium Nitrat untuk Menurunkan Salinitas Air Sumur Payau			
Aziza dkk. (2014)	1. Variabel konsententrasi NH ₄ NO ₃ (1, 1,5 , 2, 2,5, 3 N)	Klorida	Zeolit yang diaktivasi dengan NH ₄ NO ₃ 2N memiliki removal sebesar 99,54% dengan waktu kontak selama 24 jam
	2. Variabel massa zeolit (2, 4, 6, 8 dan 10 gram)		

Sumber	Variabel	Paremeter	Hasil
Removal Klorida, TDS, Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif			
Nugroho dan Purwoto (2013)	1. Variabel ketebalan zeolit dan arang aktif (25%:75% , 50%:50%, 75%:25%)	Klorida	Dengan debit 0,3 L/menit dan ketebalan media 70 cm, komposisi 75% zeolit aktif : 25 % karbon aktif mempunyai efisiensi penurunan yang paling tinggi , dengan removal kadar klorida 65%
Desalinasi Air Payau Menggunakan Surfactant Modified Zeolite (SMZ)			
Astuti dkk.(2007)	Variabel konsentrasi surfaktan 0,5%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5% dan 3%.	Klorida	Konsentrasi surfaktan 2,5% merupakan konsentrasi terbaik dalam menurunkan salinitas sebesar 52%
Modifikasi Kaolin Dengan Surfactan Benzalkonium Klorida Dan Karaterisasinya Menggunakan Spektrofotometer Inframerah			
Wahyuni (2010)	Variabel konsentrasi surfaktan BKC $2,5 \times 10^{-2}$, 1×10^{-2} , 5×10^{-3} dan $2,5 \times 10^{-3}$ M (5×10^{-3} M)	Klorida	Konsentrasi surfaktan $2,5 \times 10^{-2}$ merupakan konsentrasi terbaik dalam menurunkan klorida dari 1% menjadi 23%

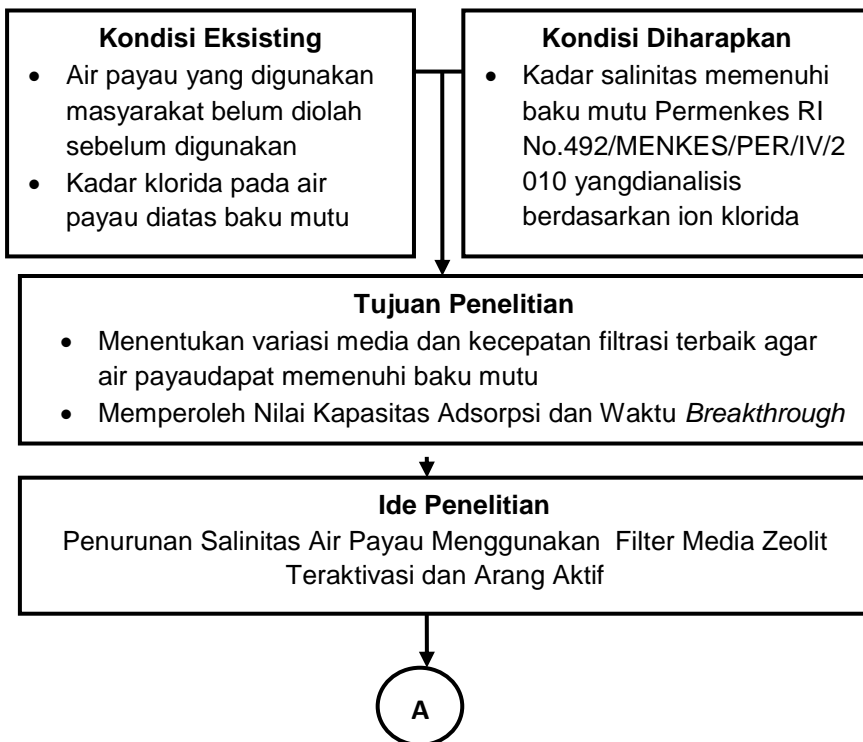
Halaman ini Sengaja Dikosongkan

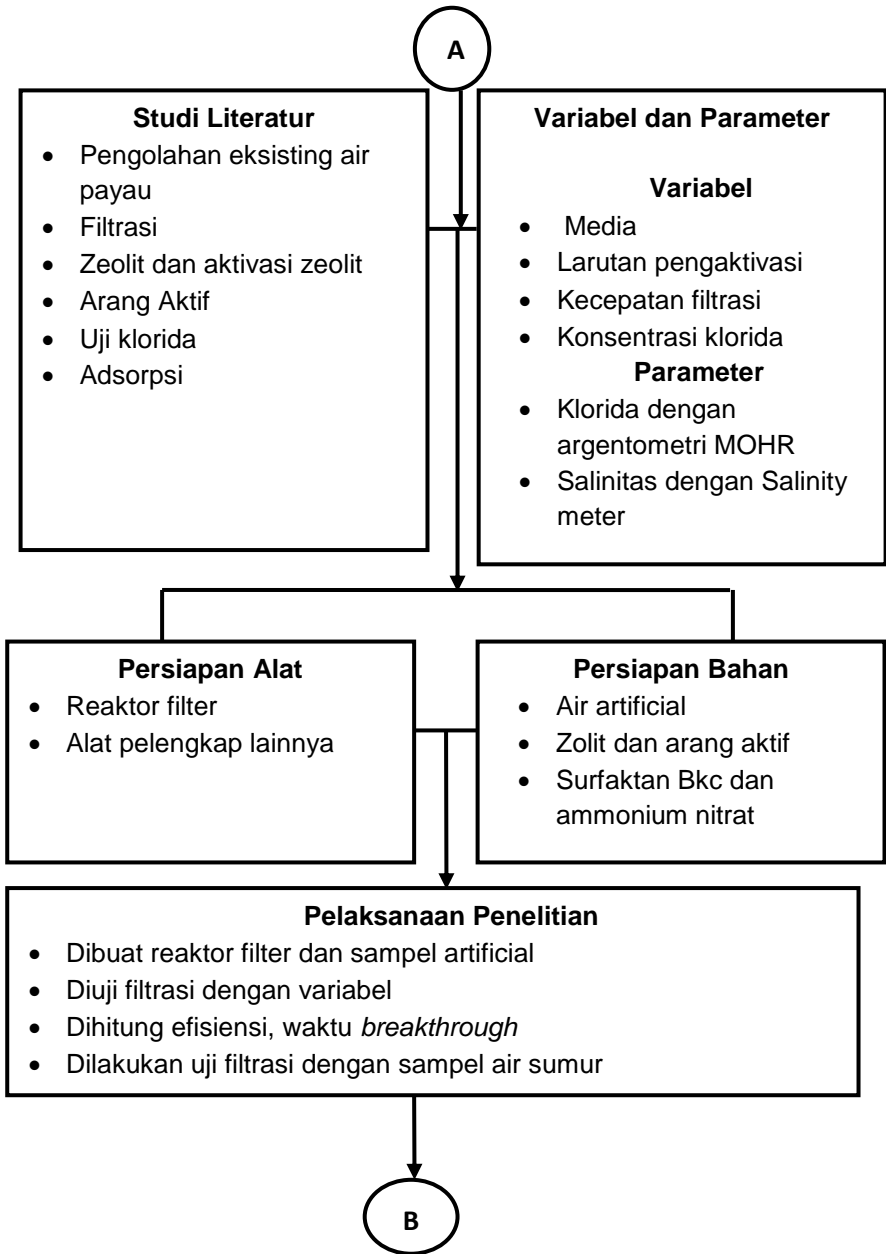
BAB 3

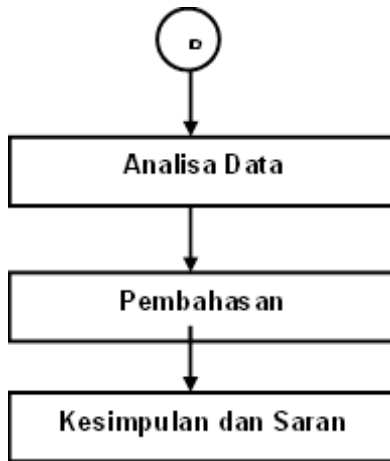
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar dan alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan tahapan penelitian. Kerangka pelaksanaan berfungsi sebagai acuan dalam pelaksanaan yang disusun berdasarkan pada pemikiran permasalahan untuk mencapai tujuan penelitian. Selain itu, kerangka penelitian dapat meminimisasi kesalahan dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Studi Literatur

Studi literatur diperlukan untuk meningkatkan pemahaman terkait ide penelitian. Selain itu, studi literatur digunakan sebagai referensi untuk mendukung penelitian dan membandingkan hasil penelitian nanti terhadap hasil penelitian pada literatur yang digunakan. Sumber literatur yang digunakan berasal dari *text book*, peraturan perundangan yang sesuai terhadap penelitian, jurnal internasional, jurnal nasional, makalah, tugas akhir, tesis, dan disertasi yang berhubungan dengan penelitian. Studi literatur untuk penelitian ini melingkup karakteristik air payau, pengolahan eksisting yang digunakan dalam mengolah air payau, filtrasi, kelebihan media zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan salinitas serta penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan pengolahan air payau.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pada bagian akan dijelaskan tahapan penelitian mulai dari penelitian pendahuluan hingga penelitian utama. Penelitian tidak menggunakan sistem batch proses namun langsung mengaplikasikan sistem kontinyu dengan filter dengan tujuan memenuhi prinsip dasar pengolahan air minum yakni mampu menyediakan air secara kontinyu (Masduqi dan Assomadi,2012).

Namun penelitian-penelitian secara batch yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya akan menjadi dasar penetapan aktivator yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian-penelitian yang dijadikan dasar dalam menetapkan variabel akan dijelaskan pada bagian-bagian berikut ini.

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan media zeolit, arang aktif dan kombinasi kedua media tersebut sebelum adanya aktivasi. Selanjutnya akan dilakukan aktivasi menggunakan ammonium nitrat dan surfaktan untuk meningkatkan efisiensi penyisihannya.

Pada penelitian pendahuluan debit yang akan digunakan adalah 160 ml/menit, dimana Darmawansa dkk. (2014) menyatakan debit 160 ml/menit mampu meremoval klorida paling besar pada filter. Dengan debit 160 ml/menit maka kecepatan pada filter adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air} &= V_f \times A \\
 \text{Debit air} &= V_f \times (\text{Panjang reaktor} \times \text{Lebar Reaktor}) \\
 160 \text{ ml/menit} &= V_f \times (0,09 \text{ m} \times 0,09 \text{ m}) \\
 160 \text{ ml/menit} &= V_f \times 0,0081 \text{ m}^2 \\
 V_f &= 160 \text{ ml /menit} / 0,0081 \text{ m}^2 \\
 &= 1,2 \text{ m/jam}
 \end{aligned}$$

Kecepatan pada filter di penelitian pendahuluan adalah 1,2 m/jam. Konsentrasi klorida yang digunakan adalah 10.000 mg/L sebagai konsentrasi klorida terbesar pada *range* air payau. Variabel yang digunakan pada penelitian pendahuluan ini adalah sebagai berikut.

1. Variabel Media Filter

Media yang akan digunakan pada penelitian ini adalah arang aktif serta zeolit yang telah teraktivasi ammonium nitrat. Terdapat 3 reaktor yang digunakan, reaktor pertama berisi zeolit, reaktor kedua berisi arang aktif dan reaktor ketiga berisi kombinasi kedua media tersebut. Ketinggian dari media pada filter adalah 70 cm yang mengacu pada penelitian Nugroho dan Purwoto (2013). Pada filter ketiga perbandingan dari ketinggian zeolit dan arang aktif yakni

75% zeolit teraktivasi ammonium nitrat : 25% arang aktif.
Sehingga variabel medianya adalah :

- a. Zeolit teraktivasi ammonium nitrat dengan ketebalan media 70 cm
- b. Arang aktif dengan ketebalan media 70 cm
- c. Zeolit dengan ketinggian 75% dan arang aktif dengan ketinggian 25% dimana ketebalan media 70 cm .

2. Variabel aktivasi zeolit

Zeolit yang diaktivasi diharapkan akan memberikan nilai penyisihan klorida dan salinitas yang lebih baik. Sehingga variabel aktivasi zeolit adalah:

- a. Zeolit teraktivasi ammonium nitrat
- b. Zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida

Pemilihan ammonium nitrat sebagai aktivator ini didasarkan pada penelitian Aziza dkk. (2014), dimana zeolit teraktivasi ammonium nitrat mampu menurunkan salinitas sumur air payau sebesar 99,54%. Aktivasi zeolit menggunakan surfaktan benzalkonium klorida belum pernah dilakukan sebelumnya. Namun aktivasi menggunakan surfaktan hexa decyltrimethylammonium (HDTMA) telah dilakukan sebelumnya oleh Astuti dkk. (2007) dan mampu menurunkan salinitas sebesar 52%. Dikarenakan surfaktan HDTMA dan benzalkonium klorida memiliki karakteristik yang sama yakni sebagai surfaktan anionik maka surfaktan benzalkonium klorida digunakan sebagai aktivator zeolit.

3.3.2 Penelitian Utama

Penelitian ini akan menggunakan reaktor yang sama dengan penelitian pendahuluan dengan waktu penelitian selama 10 jam untuk tiap variasi, data akan didapatkan dari inlet dan outlet setiap jamnya, sehingga akan terdapat 20 data untuk tiap variasi.

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penelitian utama yang akan dilaksanakan dan variabelnya. Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah variabel kecepatan filtrasi dan konsentrasi klorida.

1. Variabel Kecepatan Filtrasi

Kecepatan filtrasi yang kecil akan membantu proses adsorpsi yang baik dikarenakan waktu kontak yang lebih

banyak antara media dan air. Penelitian ini menggunakan kecepatan sesuai dengan kriteria design *slow sand filter* dimana menurut Schulz dan Okun (1984) dalam Masduqi dan Assomadi (2012) kecepatan filtrasi paling baik berada pada nilai 0,1-0,3 m/jam. Sedangkan kecepatan 0,03 m/jam merupakan hasil penelitian dari Astuti dkk. (2007) yang menyatakan zeolit teraktivasi surfaktan mampu menyisihkan klorida sebesar 52% dengan kecepatan filtrasi 0,03 m/jam. Penjelasan perhitungan debit dan kecepatan pada filter akan diuraikan berikut ini.

Jumlah ini didapatkan dari perhitungan yaitu:

- Direncanakan dimensi bak: Panjang = 0,09 m
Lebar = 0,09 m

- Luas penampang = 0,09 m x 0,09 m
= 0,0081 m²
- Kecepatan 0,1 m/jam
Debit air reaktor 1 = Vf x A
= 0,1 m/jam x 0,0081 m²
= 0,81 L/jam
- Kecepatan 0,2 m/jam
Debit air reaktor 2 = Vf x A
= 0,2 m/jam x 0,0081 m²
= 1,62 L/jam
- Kecepatan 0,3 m/jam
Debit air reaktor 3 = Vf x A
= 0,3 m/jam x 0,0081 m²
= 2,43 L/jam
- Kecepatan 0,03 m/jam
Debit air reaktor = Vf x A
= 0,03 m/jam x 0,0081 m²
= 0,25 L/jam

2. Variabel Konsentrasi Klorida

Berdasarkan Stuyzand (1989) didalam Yusuf dkk. (2010) dapat diketahui bahwa kadar klorida untuk air payau asin adalah 1.000-10.000 mg/L. Teori ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rosari (2014),

Purwoto (2006) dan Narmasari (2005), dimana Rosari melakukan penelitian terhadap dua sumur di Kejawan Keputih dimana air payau yang diteliti memiliki klorida dengan nilai 1770 mg/L dan 2050 mg/L. Selanjutnya Purwoto (2006) menyatakan kadar klorida untuk sampel air daerah pesisir Sidoarjo adalah 2.500-6.500 ppm atau sama dengan 2.500-6.500 mg/L, sedangkan Narmasari (2005), menyatakan konsentersasi klorida pada sumur warga daerah Kenjeran o0berkisar antara 1200- 6.200 ppm atau sama dengan 2.500-6.500 mg/L. Sehingga berdasarkan ketiga penelitian sebelumnya dapat diketahui adanya korelasi teori yang diberikan oleh Stuyzand (1989) serta Rosari (2014), Purwoto (2006) dan Narmasari (2005). Sehingga berdasarkan beberapa literatur tersebut akan diambil beberapa konsentrasi klorida 1.000 mg/L, 5.000 mg/L dan 10.000 mg/L dengan dasar konsentrasi tersebut masuk dalam *range* klorida air payau asin dan konsentersasi klorida air payau di beberapa daerah di Surabaya sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosari (2014), Purwoto (2006) dan Narmasari (2005).

Berdasarkan uraian penelitian diatas maka variable yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel Beban Klorida

Kecepatan dan Konsentrasi Klorida	0,1 m/jam*	0,2 m/jam*	0,3 m/jam*	0,03 m/jam**
1.000 mg/L	V1K1	V2K1	V3K1	V4K1
5.000 mg/L	V1K2	V2K2	V3K2	V4K2
10.000 mg/L	V1K3	V2K3	V3K3	V4K3

Sumber: *Stuyzand (1989)

** Astuti dkk. (2007)

Keterangan:

V1 = Kecepatan 1 0,1 m/jam

V2 = Kecepatan 2 0,2 m/jam

V3 = Kecepatan 3 0,3 m/jam

V4 = Kecepatan 4 0,03 m/jam

K1 = Konsentersasi klorida 1 1.000 mg/L

K2 = Konsentersasi klorida 2 5.000 mg/L

K3 = Konsentersasi klorida 3 10.000 mg/L

3.4 Persiapan Bahan

1. Volume Air Sampel

Air sampel yang digunakan merupakan air sampel *artificial* yang memiliki kadar klorida sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Sehingga debit yang digunakan untuk tiap *running* adalah.

- Debit 10 l/jam
 - Volume untuk tiap 10 jam = $10 \text{ l/jam} \times 10 = 100 \text{ L}$
- Debit 0,81 l/jam
 - Volume untuk tiap 10 jam = $0,81 \text{ l/jam} \times 10 = 8,1 \text{ L}$
- Debit 1,62 l/jam
 - Volume untuk tiap 10 jam = $1,62 \text{ l/jam} \times 10 = 16,2 \text{ L}$
- Debit 2,43 l/jam
 - Volume untuk tiap 10 jam = $2,43 \text{ l/jam} \times 10 = 24,3 \text{ L}$
- Debit 0,25 l/jam
 - Volume untuk tiap 10 jam = $0,25 \text{ l/jam} \times 10 = 2,5 \text{ L}$

2. Pembuatan larutan stok

Larutan stok yang digunakan mengandung klorida sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan, berikut akan diberikan contoh perhitungan untuk sampel konsentrasi 10.000 mg/L dan perhitungan untuk konsentrasi klorida lainnya dapat dilihat pada Lampiran.

Contoh Perhitungan Pembuatan Larutan Sampel Konsentrasi klorida 10.000 mg/L dengan kandungan klorida 10 g/L

$$\begin{aligned} &= (\text{Mr NaCl} \times \text{konsentrasi klorida yang diinginkan}) / \text{Ar Cl} \\ &= (58,5 \times 10 \text{ g/L}) / 35,45 \\ &= 16,47887324 \text{ g/L} \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan garam untuk 100 L sampel air adalah 100 L adalah $16,47887324 \text{ g/L} \times 100 \text{ L} = 1650,12 \text{ gram}$.

Data kebutuhan garam untuk tiap larutan stok dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kebutuhan Larutan Stock Untuk Membuat Larutan Pada Tiap Variasi Konsentrasi

Debit dan Konsentrasi	10 L/jam	0,81 L/jam	1,62 L/jam	2,43 L/jam	0,25 L/jam
1.000 mg/L	165,02	13,36	26,73	40,1	8,25
5.000 mg/L	825,12	66,83	133,67	200,5	41,25
10.000 mg/L	1650,12	133,67	266,81	400,22	82,35

3. Zeolit dan Arang Aktif

Zeolit dan arang aktif yang digunakan memiliki ukuran 6-18 mesh (1-3,36 mm). Zeolit alam yang digunakan pada penelitian dengan sampel air sumur sebelumnya akan diaktivasi menggunakan ammonium nitrat dan surfaktan BKC. Aktivasi zeolit menggunakan ammonium nitrat dilakukan dengan merendamkan zeolit alam kedalam larutan ammonium nitrat. Zeolit yang akan digunakan direndam dalam NH_4NO_3 2 N selama 24 jam kemudian dicuci dengan akuades sampai netral (pH mendekati 7). Zeolit yang telah netral dikalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam. Sedangkan aktivasi menggunakan surfaktan BKC dilakukan dengan memfurnace zeolit pada suhu 350°C selama 4 jam, kemudian mengagitasi zeolit dengan larutan surfaktan $2,5 \times 10^{-3}$ M selama 8 jam, kemudia dikeringkan dioven.

4. Perhitungan Densitas Zeolit dan Arang Aktif

Uji massa jenis atau densitas pada butiran dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Memasukkan sejumlah cacahan plastik ke dalam *beaker glass* kemudian dicatat volume yang terlihat pada *beaker glass* sebagai volume keseluruhan media dan pori
- Timbang media di dalam *beaker glass* tersebut dan dicatat sebagai massa media
- Masukkan 500 ml (volume total air) air ke dalam *beaker glass* tersebut hingga air terlihat

diper permukaan media. Catat sisa air sebagai volume sisa

- Didapatkan volume pori dari selisih volume total air dan volume sisa air
- Selisih volume keseluruhan media dengan volume pori dicatat sebagai volume media tanpa pori
- Dihitung massa jenis dengan rumus: massa/volume

5. Media penyangga

Media penyangga yang digunakan adalah kerikil dengan diameter 3-5 cm setebal 10 cm pada bagian bawah kemudian kerikil ketebalan 1-3 cm dengan ketebalan 5 cm pada bagian atas.

3.5 Persiapan Alat

Pada bagian ini diuraikan mengenai kebutuhan alat yang digunakan dalam penelitian. Peralatan tersebut meliputi :

1. Reaktor Kaca

Reaktor kaca digunakan sebagai reaktor filter. Ukuran yang digunakan yakni 9 cm x 9 cm x 115 cm , dengan ketebalan kaca 0,5 cm. Terdapat 3 reaktor yang akan digunakan untuk tiap variasi media. Reaktor yang digunakan akan dialirkan air dari tangki penampung secara paralel ke tiap reaktor.

2. Tangki penampung

Tangki penampung digunakan sebagai wadah air sampel sebelum dipompa dan dimasukkan kedalam filter. Tangki penampung yang digunakan berjumlah 2. Tangki penampung 1 yang berisi pompa berukuran 300 L, dan tangki penampung 2 yang mengalirkan air menuju reaktor berukuran 60 L.

3. Selang

Selang air digunakan untuk mengalirkan air dari drum besar ke drum kecil serta dari drum kecil ke reaktor. Selang digunakan karena karakteristiknya yang lentur dan mudah dibentuk.

4. Pompa *Submersibel*

Pompa submersibel yang digunakan adalah pompa akuarium dengan spesifikasi :

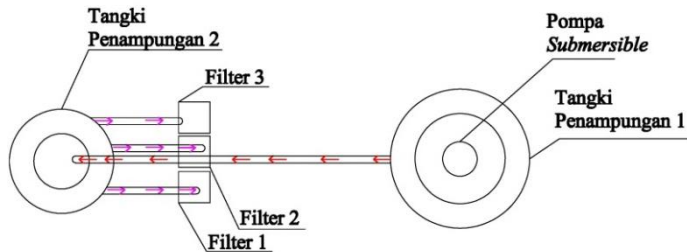
- Diameter outlet = 2 inch

- H max = 3,2 m
- Q = 2800 L/jam

5. Rotameter

Rotameter merupakan alat yang digunakan untuk mengatur debit aliran air yang melalui pipa. Sehingga dapat memudahkan penelitian berdasarkan debit yang diinginkan.

Sketsa dan denah reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3



Keterangan:

- Aliran air masuk ke reaktor filter
- Aliran air dari tangki penampung 1 ke tangki penampung 2

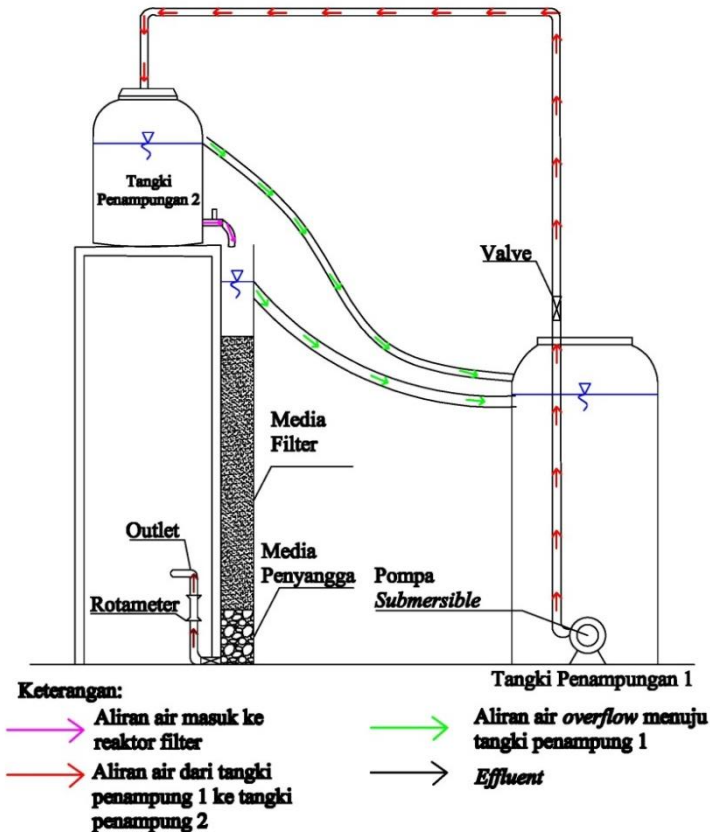
Gambar 3. 2 Denah Reaktor

3.6 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan didasarkan pada perbandingan antara studi literatur dengan hasil penelitian terkait. Data tersebut meliputi hasil uji parameter klorida menggunakan metode titrasi MOHR serta penurunan salinitas pada air payau. Berdasarkan nilai analisis konsentrasi klorida yang diukur pada *inlet* dan *outlet* filter, akan dihitung efisiensi media yang mampu menyisihkan klorida paling besar serta menentukan kapasitas adsorpsi tiap media. Hasil analisis data tersebut akan dibahas untuk menjawab rumusan masalah yang telah dibuat dan mengetahui memenuhi atau tidaknya hasil penelitian dengan tujuan yang ingin dicapai peneliti.

3.7 Kesimpulan

Kesimpulan dan saran didasarkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memperoleh gambaran ringkasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.



Gambar 3. 3 Tampak Samping Reaktor

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini diawali dengan penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan zeolit dan arang aktif dalam menyisihkan klorida tanpa adanya aktivasi. Hasil penelitian pendahuluan ini akan menentukan media yang digunakan pada penelitian selanjutnya

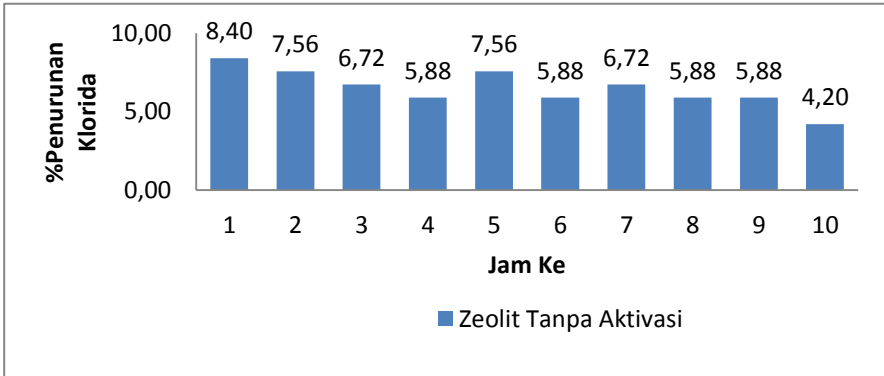
Reaktor disusun secara paralel, dimana terdapat tiga buah reaktor yang berisi zeolit ketinggian 70 cm, arang aktif ketinggian 70 cm dan kombinasi kedua media dengan ketinggian zeolit 57,5 cm dan arang aktif 17,5 cm. Pada ketiga reaktor filter akan di alirkan air payau yang dibuat secara *artificial* menggunakan NaCl dengan konsentrasi 10.000 mg/L. Dikarenakan sulit membuat sampel *artificial* dengan konsentrasi yang tepat maka akan dibuat *range* kadar klorida dengan deviasi sebesar $\pm 10\%$.

Berdasarkan arah alirannya maka tipe filter yang digunakan adalah filter aliran *down flow* (kebawah), sedangkan berdasarkan sistem kontrol kecepatan filtrasi, tipe filter adalah *constant rate* dimana debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu (Masduqi dan Assomadi, 2012). Debit yang konstan diatur pada keran air di tangki penampungan 2 sebelum memasuki filter dan pada valve di outlet filter dengan menggunakan alat rotameter sehingga dapat menghasilkan debit dan kecepatan filtrasi yang konstan setiap jamnya. Debit yang digunakan pada penelitian pendahuluan yakni 10 L/jam, dimana debit 10 L/jam didapatkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Darmawansa dkk. (2014). Kecepatan filtrasi pada penelitian pendahuluan adalah 1,2 m/jam. Filter akan dioperasikan selama 10 jam, dan data penyisihan akan diambil setiap jamnya. Sehingga terdapat 10 data inlet dan 10 data outlet untuk tiap reaktor.

4.1.1 Media Zeolit Tanpa Aktivasi

Berdasarkan hasil analisa penelitian pendahuluan pada Lampiran C dan Lampiran D, maka didapatkan hasil untuk

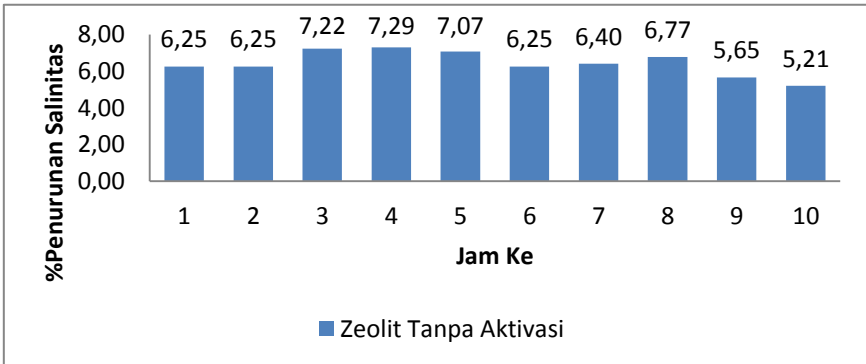
parameter klorida dan salinitas oleh zeolit tanpa aktivasi dengan ketebalan 70 cm pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Tanpa Aktivasi

Sumber : Hasil Analisa, 2017

Penyisihan ion klorida dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa persen penyisihan klorida berada pada range 4,2% hingga 8,4%, dengan rata-rata penyisihan klorida 6,47%.



Gambar 4. 2 Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Tanpa Aktivasi

Sumber : Hasil Analisa, 2017

Berdasarkan nilai penurunan salinitas dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.2 diketahui bahwa penurunan salinitas berada pada range 5,21% hingga 7,29% dengan nilai penurunan salinitas rata-rata 6,44%.

Hasil penurunan nilai klorida pada zeolit terjadi karena zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap baik dalam pengolahan air minum maupun air limbah (Wang dan Peng, 2010), dan ion klorida memiliki kecenderungan untuk disisihkan dari air melalui proses adsorpsi (Agakhani,2011). Sehingga dapat diketahui klorida pada air berkurang karena adanya proses adsorpsi yang berlangsung.

Pada hasil data analisa diketahui bahwa terdapat fluktuasi %penyisihan klorida maupun %penurunan salinitas. Fluktuasi pada penyisihan klorida dan salinitas dapat disebabkan oleh ion-ion pada air PDAM yang digunakan untuk membuat air *artificial*. Ion-ion yang terkandung dalam air PDAM dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kualitas Air PDAM Kota Surabaya 2016

Instalasi PDAM	Klorida (mg/L)	Kesadahan (mg/L)	Sulfat (mg/L)	Besi (mg/L)	Mn (mg/L)	NH3 (mg/L)
Karang Pilang I	22,62	218	48,94	0,06	0,14	0,12
Karang Pilang II	21,36	216	47,41	0,07	0	0,14
Karang Pilang III	22,15	226,7	45,63	0,05	0	0,15
Ngagel I	27,8	183,12	66,74	0,09	0	0,1
Ngagel II	27,41	187,52	63,36	0,09	0,03	0,1
Ngagel III	27,73	183,12	63,41	0,05	0,01	0,08

Sumber: Perusahaan Daerah Air Minum Surabaya, 2016

Pada Tabel 4.1 menunjukkan kualitas air PDAM di Surabaya. Seluruh parameter air telah sesuai dengan ketentuan pada Permenkes No.492 Tahun 2010. Namun, ion-ion yang terkandung pada air PDAM dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi ion klorida dan penurunan salinitas pada penelitian ini. Zeolit diketahui memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menurunkan ion-ion kesadahan dan beberapa logam. Penelitian oleh Gianina (2009) menunjukkan kemampuan zeolit alam dalam penyisihan ion kalsium mencapai 93,48% , besi mencapai 83%.

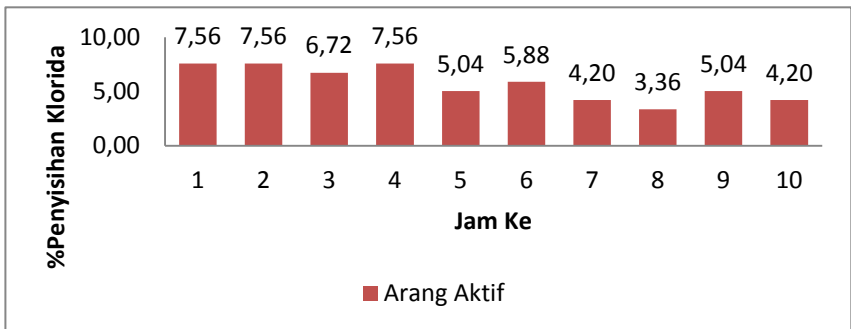
Penelitian oleh Hardini dan Karnaningroem (2011) menunjukkan penyisihan mangan pada air sumur gali oleh adsorpsi zeolit alam sebesar 90%. Sedangkan antar ion anion, zeolit cenderung menyerap Sulfat dibandingkan Klorida (Agakhani, 2011). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan kemampuan zeolit yang baik dalam menurunkan ion-ion yang terkandung dalam air. Sehingga hasil fluktuasi tersebut dapat disebabkan oleh persaingan antar ion-ion dalam air untuk di adsorpsi ke permukaan zeolit. Selain itu menurut Agakhani dkk. (2011) selektivitas penyerapan zeolit terhadap ion-ion salinitas adalah, $Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^+ > Na^+$ untuk kation dan $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$, berdasarkan teori selektivitas tersebut dapat diketahui bahwa zeolit memiliki selektivitas penyerapan klorida lebih rendah dibandingkan ion-ion salinitas lainnya. Sehingga dapat disimpulkan penurunan persentase penyisihan klorida disebabkan karena selektivitas penyerapan zeolit yang rendah terhadap klorida.

Menurut Kordi (1996) salinitas didefinisikan dengan 7 ion kation dan anion, yang terdiri dari natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{--}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Pada air *artificial*, garam NaCl akan larut dalam air menjadi ion Na^+ dan Cl^- (Masduqi dan Assomadi, 2012). Penurunan salinitas disebabkan penurunan klorida, natrium dan ion-ion salinitas lain didalam air. Ion natrium dapat disisihkan dari air dengan proses pertukaran ion antara ion natrium yang berada didalam air dengan ion-ion pengotor pada permukaan zeolit (H^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , (Agakhani, 2011). Namun presentase penyisihan klorida dan salinitas tidak memiliki pola yang sama untuk tiap jamnya, hal tersebut dikarenakan salinitas tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan ion klorida saja, namun total konsentrasi ion-ion lain seperti natrium, kalium, magnesium, kalsium, bikarbonat dan sulfat yang dapat disisihkan oleh zeolit baik melalui proses adsorpsi maupun pertukaran ion. Selain itu keberadaan ion-ion lain selain dari ion salinitas pada Tabel 4.1 dapat mempengaruhi naik dan turunnya presentase penyisihan oleh zeolit. Sehingga pada penelitian selanjutnya melakukan

perhitungan salinitas dengan pertimbangan ion-ion lainnya sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih jelas.

4.1.2 Media Arang Aktif

Selanjutnya penelitian dilakukan menggunakan reaktor dengan media arang aktif dengan ketebalan media 70 cm. Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



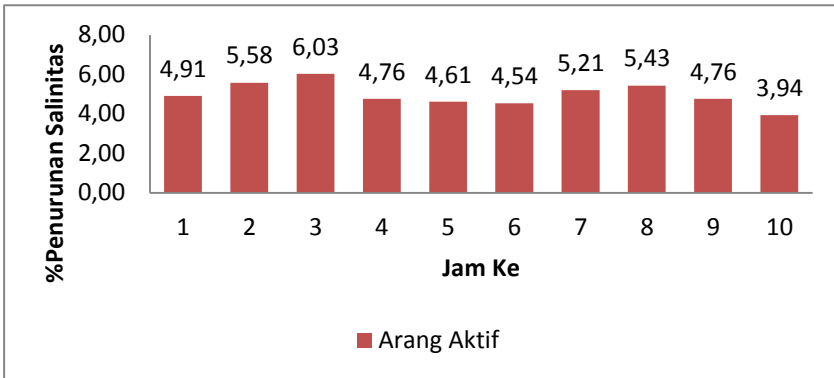
Gambar 4. 3 Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Arang Aktif

Sumber : Hasil Analisa. 2017

Penyisihan ion klorida dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.3 memiliki rata-rata penyisihan klorida 5,71%. Range penyisihan klorida berada pada 3,36%- 7,56%.

Berdasarkan nilai penurunan salinitas dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.4, diketahui bahwa penurunan salinitas berada pada range 3,94% hingga 6,03%. Rata-rata penurunan salinitas pada arang aktif 4,98%.

Penurunan klorida disebabkan arang aktif memiliki kemampuan sebagai adsorban dalam air (Masduqi dan Assomadi, 2012), dan ion klorida memiliki kecenderungan untuk disisihkan dari air melalui proses adsorpsi (Agakhani,2011). Sehingga ion klorida disisihkan dari air *artificial* NaCl melalui proses adsorpsi ke permukaan arang aktif.



Gambar 4. 4 Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Arang Aktif
 Sumber: Hasil Analisa, 2017

Nilai salinitas arang aktif lebih rendah dibandingkan zeolit dikarenakan ion natrium yang terkandung pada larutan artificial NaCl tidak memiliki kecenderungan untuk terjadi proses adsorpsi melainkan melalui proses ion exchange (Agakhani,2011). Karena arang aktif memiliki kemampuan sebagai adsorban sehingga ion natrium cenderung tidak teradsorb ke permukaan arang aktif.

4.1.3 Media Zeolit dan Arang Aktif

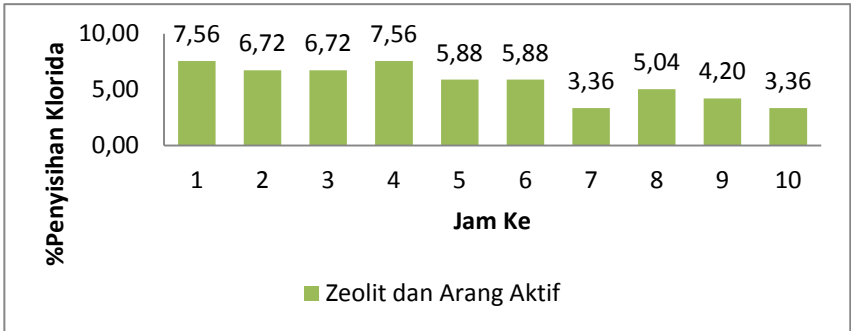
Pada reaktor ini ketinggian media yang digunakan adalah 70 cm, dengan ketinggian zeolit 52,5 cm dan arang aktif 17,5 cm. Kecepatan yang digunakan untuk seluruh reaktor pada penelitian pendahuluan adalah 1,2 m/jam dan debit 10 L/jam. Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

Gambar 4.5 menunjukkan rata-rata penyisihan klorida 5,63%. Range penyisihan klorida berada pada 3,36 %- 7,56%.

Berdasarkan nilai penurunan salinitas dalam air *artificial* NaCl pada pada Gambar 4.6, menunjukkan penurunan salinitas berada pada range 4,91% hingga 6,18% dengan rata-rata penurunan salinitas 5,56%.

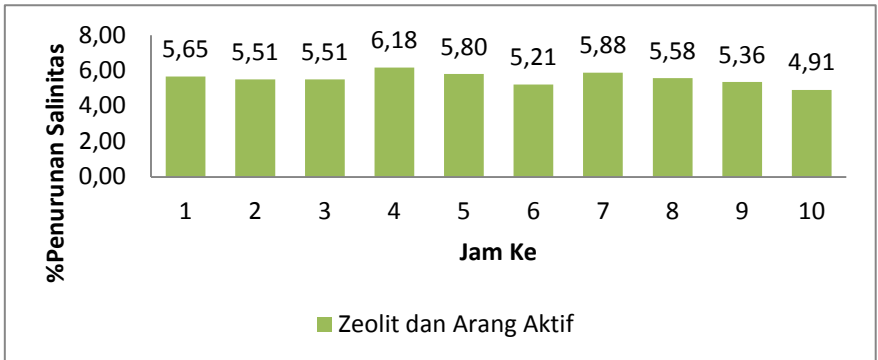
Menurut hasil dari ketiga variasi media filter, diketahui bahwa filter dengan media zeolit mampu menyisihkan ion klorida dan menurunkan salinitas paling besar diantara kedua variasi media lainnya. Hal tersebut dapat terjadi karena penyisihan

klorida lebih baik ketika ketebalan zeolit lebih besar dibanding arang aktif (Nugroho dan purwoto,2013).



Gambar 4. 5 Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit dan Arang Aktif

Sumber : Hasil Analisa, 2017



Gambar 4. 6 Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit dan Arang Aktif

Sumber: Hasil Analisa, 2017

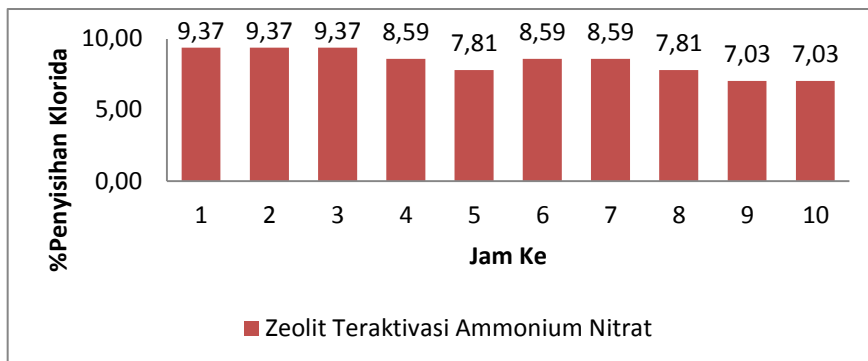
Meskipun zeolit telah memiliki nilai penyisihan lebih baik dibandingkan arang aktif dan kombinasi zeolit-arang aktif, namun penyisihan klorida dan penurunan salinitas yang dilakukan masih belum memenuhi baku mutu air minum yang diinginkan yakni klorida 250 mg/L dan salinitas maksimal air minum 0,5 ppt. Hasil

penyisihan oleh media zeolit dan arang aktif dalam menurunkan ion-ion salinitas yang belum memenuhi baku mutu juga sesuai dengan penelitian oleh Agakhani (2011). Menurut Agakhani (2011) zeolit dan arang aktif tidak memiliki selektivitas yang baik dalam menurunkan klorida. Sehingga akan dilakukan aktivasi pada zeolit untuk meningkatkan efisiensinya.

4.1.4 Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat

Pada penelitian pendahuluan untuk menentukan media terbaik dalam menurunkan salinitas dan klorida diketahui bahwa zeolit memiliki kemampuan paling baik dibandingkan dengan arang aktif maupun kombinasi kedua media tersebut. Namun, nilai penyisihan yang kecil menyebabkan perlu adanya modifikasi pada media zeolit yakni dengan aktivasi. Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kemampuan larutan ammonium nitrat sebagai aktivator zeolit pada filter. Larutan ammonium nitrat yang digunakan mengacu pada penelitian Aziza (2014) dimana penyisihan klorida terbaik yakni dengan menggunakan ammonium nitrat 2N. Zeolit diaktivasi dengan cara direndam pada larutan ammonium nitrat 2N selama 24 jam.

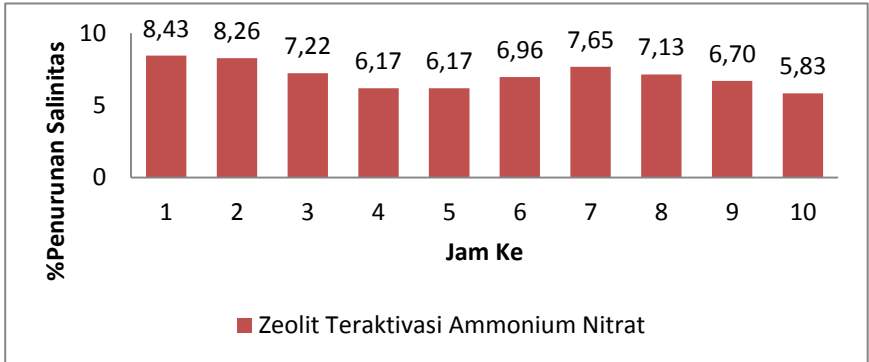
Filter yang digunakan menggunakan debit yang sama yakni 10 L/jam dengan kecepatan 1,2 m/jam. Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat

Sumber : Hasil Analisa, 2017

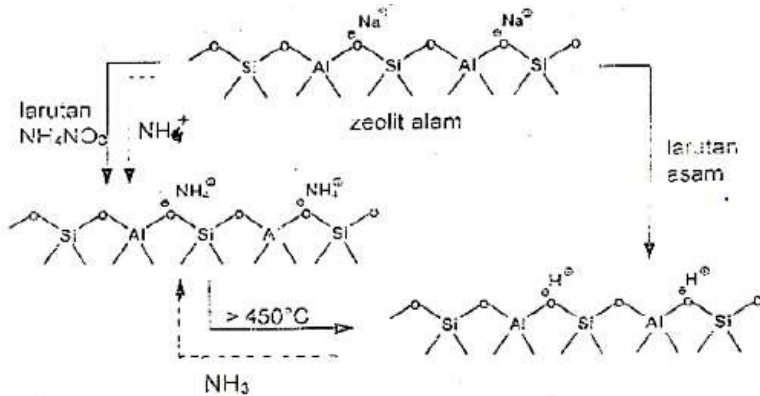
Penyisihan ion klorida dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.7 menunjukkan rata-rata penyisihan klorida 8,36%. Range penyisihan klorida berada pada 7,03%- 9,37%.



Gambar 4. 8 Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat
Sumber : Hasil Analisa. 2017

Berdasarkan nilai penurunan salinitas dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.8, diketahui bahwa penurunan salinitas berada pada range 5,83% hingga 8,43%. Rata-rata penurunan salinitas adalah 7,05%.

Hasil penyisihan klorida filter zeolit teraktivasi ammonium nitrat menunjukkan peningkatan penyisihan klorida. Dimana zeolit yang tidak teraktivasi mampu menyisihkan rata-rata 6,47%, sedangkan pada penyisihan klorida dengan aktivasi ammonium nitrat rata-rata penyisihan klorida meningkat hingga 8,36%. Begitupun dengan nilai salinitas, terjadi peningkatan dibandingkan dengan zeolit yang tidak teraktivasi ammonium nitrat. Pada zeolit tidak teraktivasi penurunan salinitas berada pada nilai 6,44% sedangkan pada zeolit teraktivasi ammonium nitrat sebedar 7,05%. Mekanisme adsorpsi klorida pada permukaan zeolit menurun Banon dan Suharto (2008) dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Mekanisme Aktivasi Zeolit dengan Larutan Ammonium Nitrat

Sumber: Banon dan Suharto, 2008

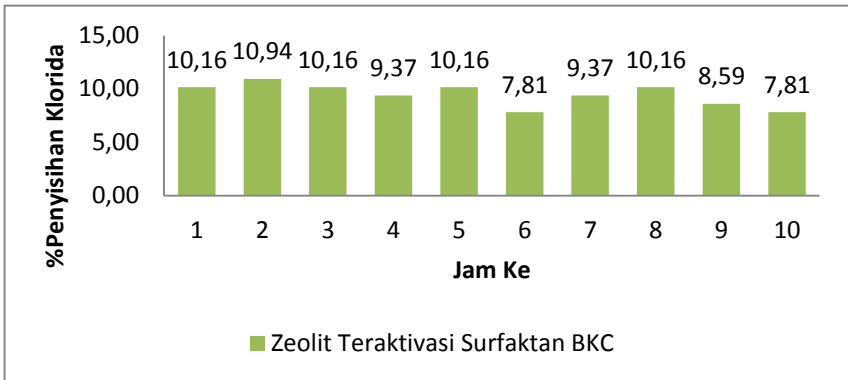
Pada Gambar 4.9 telah digambarkan mekanisme aktivasi zeolit dengan larutan ammonium nitrat. Menurut banon dan Suharto (2008), aktivasi zeolit berlangsung melalui mekanisme pertukaran kation. Ion-ion amonium mengganti kation-kation logam alkali pada permukaan zeolit alam. Kalsinasi pada suhu 500°C menyebabkan ion amonium pada permukaan zeolit terurai dan melepaskan molekul amoniak, sehingga permukaan zeolit dipenuhi oleh ion-ion hidrogen di permukaan strukturnya, sehingga ion-ion hidrogen akan berikatan dengan klorida, dan menyebabkan penurunan kadar klorida pada larutan. Penjelasan ini juga didukung oleh penelitian Aziza (2014), dimana berdasarkan hasil FTIR menunjukkan adanya ion klorida yang teradsorb pada permukaan zeolit teraktivasi ammonium nitrat. Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui terjadi peningkatan penurunan salinitas dan penyisihan ion klorida.

4.1.5 Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida

Metode aktivasi zeolit yang kedua yakni menggunakan surfaktan benzalkonium klorida. Penelitian sebelumnya dalam

pengolahan air payau menggunakan surfaktan telah dilakukan oleh Astuti dkk. (2007) dan Kurniawan dkk (2014). Pada penelitian tersebut menggunakan surfaktan jenis HDTMA namun pada penelitian ini akan menggunakan surfaktan benzalkonium klorida dengan pertimbangan merupakan jenis surfaktan yang sejenis yakni mampu memberikan muatan positif pada permukaan zeolit, dengan biaya lebih rendah dan mudah ditemukan di pasaran. Zeolit diaktivasi dengan cara melakukan agitasi antara surfaktan BKC $2,5 \times 10^{-2}$ M selama 8 jam.

Kecepatan filtrasi yang digunakan yakni 1,2 m/jam dengan debit 10 L/jam. Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.

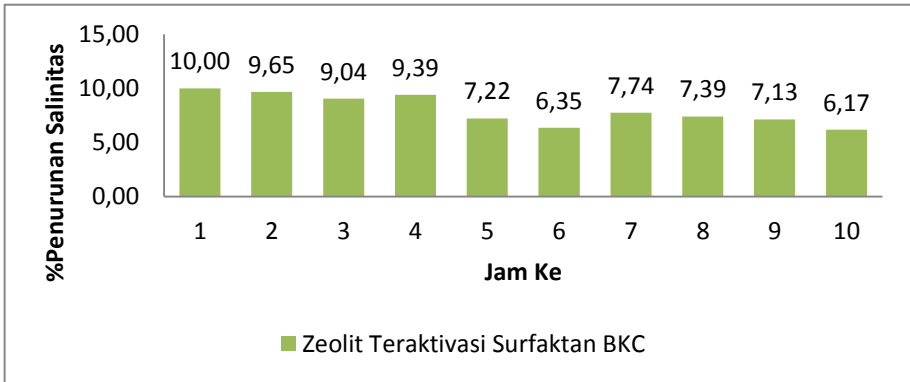


Gambar 4. 10 Penyisihan Klorida Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida

Sumber : Hasil Analisa, 2017

Penyisihan klorida oleh zeolit teraktivasi benzalkonium klorida pada Gambar 4.10 memiliki rata-rata penyisihan klorida 9,45%. Range penyisihan klorida berada pada 7,81%- 10,94%.

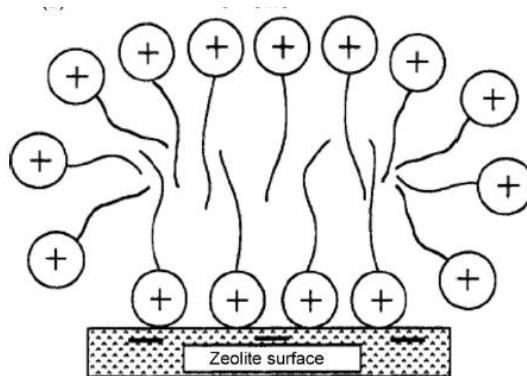
Menurut hasil analisa dapat diketahui zeolit yang teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida memiliki penyisihan klorida yang lebih baik dibandingkan zeolit tidak teraktivasi maupun teraktivasi ammonium nitrat. Dimana nilai penyisihan klorida zeolit tidak teraktivasi rata-rata sebesar 6,7%, teraktivasi ammonium nitrat



Gambar 4. 11 Penurunan Salinitas Oleh Filter Media Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Berdasarkan nilai penurunan salinitas dalam air *artificial* NaCl pada Gambar 4.11 diketahui bahwa penurunan salinitas berada pada range 6,17% hingga 10% dan rata-rata penurunan salinitas 8,01%. Hasil penurunan salinitas oleh zeolit teraktivasi surfaktan BKC lebih baik dibandingkan zeolit teraktivasi ammonium nitrat.



Gambar 4. 12 Proses Aktivasi dengan Surfaktan Benzalkonium Klorida

Sumber: Wang dan Peng, 2010

Proses aktivasi zeolit dengan surfaktan dapat dilihat pada Gambar 4.12. Zeolit alam bermuatan negatif dan memiliki gugus aktif kation alkali pada permukaannya misalnya Na^+ K^+ dan Ca^{2+} sebagai penyeimbangannya (Zhan dkk, 2011). Usaha untuk memperoleh zeolit yang bermuatan positif dapat dilakukan dengan proses modifikasi menggunakan surfaktan kationik. Surfaktan terikat pada zeolit melalui pertukaran ion maupun melalui ikatan molekuler dengan ion-ion alkali pada permukaan zeolit. Adanya muatan positif pada permukaan zeolit mampu meningkatkan kemampuan mengadsorb ion klorida (Wahyuni,2010). Karena sifat surfaktan tersebut maka nilai penyisihan klorida lebih baik dibandingkan zeolit tanpa aktivasi.

Selain kemampuannya menyerap ion klorida, menurut Astuti (2007), zeolit yang telah teraktivasi surfaktan masih mampu menurunkan kadar ion kation pada air payau sehingga nilai salinitas pada surfaktan teraktivasi benzalkonium klorida mampu menurunkan salinitas lebih baik dibandingkan teraktivasi ammonium nitrat. Namun penyerapan ion kation kepermukaan zeolit teraktivasi surfaktan tergantung pada kadar surfaktan, apabila kadar surfaktan semakin tinggi maka nilai adsorpsi ion kation semakin rendah (Li dkk., 2002).

Menurut Astuti (2007), zeolit yang telah teraktivasi surfaktan masih mampu menurunkan kadar ion kation pada air payau sehingga nilai salinitas pada surfaktan teraktivasi benzalkonium klorida mampu menurunkan salinitas lebih baik dibandingkan teraktivasi ammonium nitrat. Penyerapan ion kation berlangsung melalui proses pertukaran ion atau adsorpsi, namun penyerapan ion kation kepermukaan zeolit teraktivasi surfaktan tergantung pada kadar surfaktan, apabila kadar surfaktan semakin tinggi maka nilai adsorpsi ion kation semakin rendah (Li dkk., 2002).

Setelah melalui proses penelitian pendahuluan dapat disimpulkan bahwa aktivasi meningkatkan nilai penyisihan klorida, namun nilai penyisihan masih kecil. Selain itu salinitas belum dapat dikurangi secara maksimal. Presentase penyisihan yang kecil dapat disebabkan oleh permukaan zeolit yang masih mengandung ion-ion pengotor sehingga zeolit perlu di aktivasi

untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya (Kusumastuti,2010). Sehingga akan dilakukan penelitian dengan variasi kecepatan filtrasi yang bertujuan meningkatkan waktu kontak dibandingkan penelitian pendahuluan.

4.2 Analisa Penelitian Utama

Berdasarkan penjelasan pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida memiliki penyisihan klorida paling baik dibandingkan dengan zeolit teraktivasi ammonium nitrat dan zeolit tanpa aktivasi, serta nilai penurunan salinitas yang lebih baik dibandingkan zeolit teraktivasi ammonium nitrat. Sehingga pada penelitian utama zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida akan digunakan sebagai media filter. Pada bagian ini akan menjelaskan hasil penelitian dengan variabel kecepatan dan konsentrasi klorida.

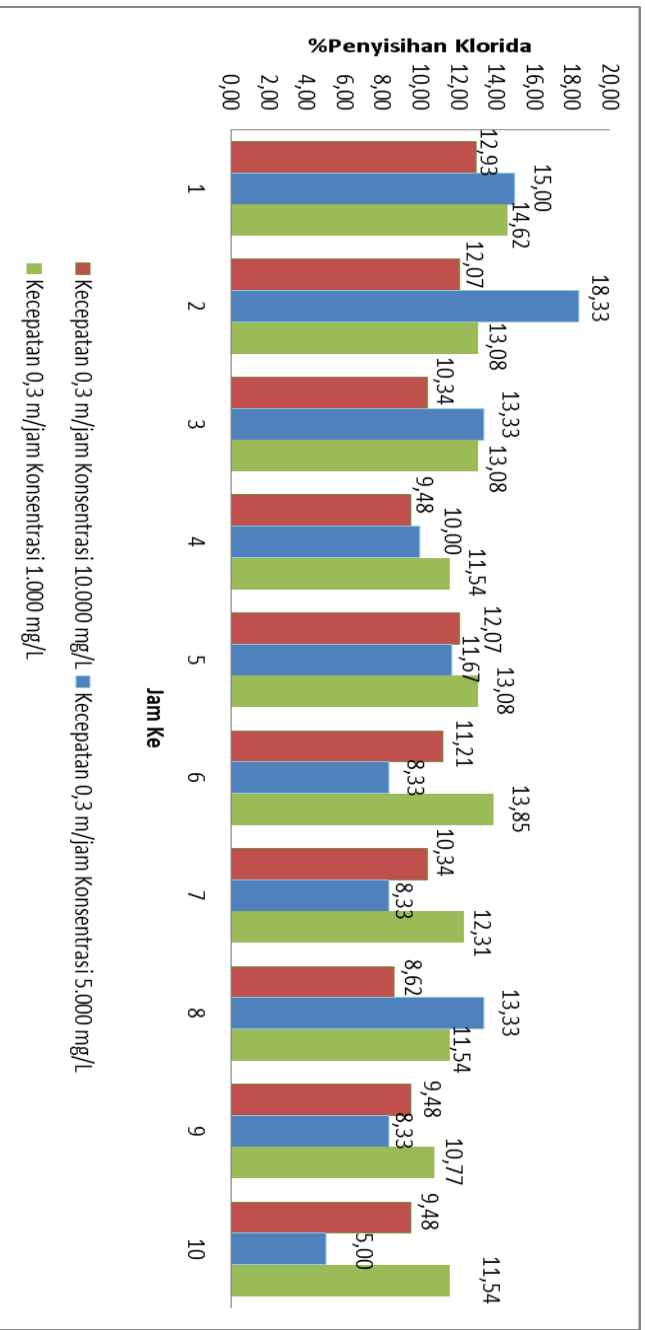
4.2.1 Kecepatan 0,3 m/jam

Filter akan dioperasikan dengan kecepatan 0,3 m/jam, dimana debit yang mengalir dari outlet filter sebesar 2,43 L/jam. Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14. Hasil penyisihan pada tiap variabel menunjukkan hasil yang fluktuatif untuk tiap jamnya sehingga nilai penyisihan akan diambil berdasarkan nilai rata-rata penyisihan.

Penyisihan klorida dengan kecepatan filtrasi 0,3 m/jam pada Gambar 4.13 menunjukkan nilai rata-rata penyisihan klorida 10,6% pada konsentrasi 10.000 mg/L , rata-rata penyisihan klorida pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 11,17%, dan pada konesntrasi 1.000 mg/L adalah 12,54%.

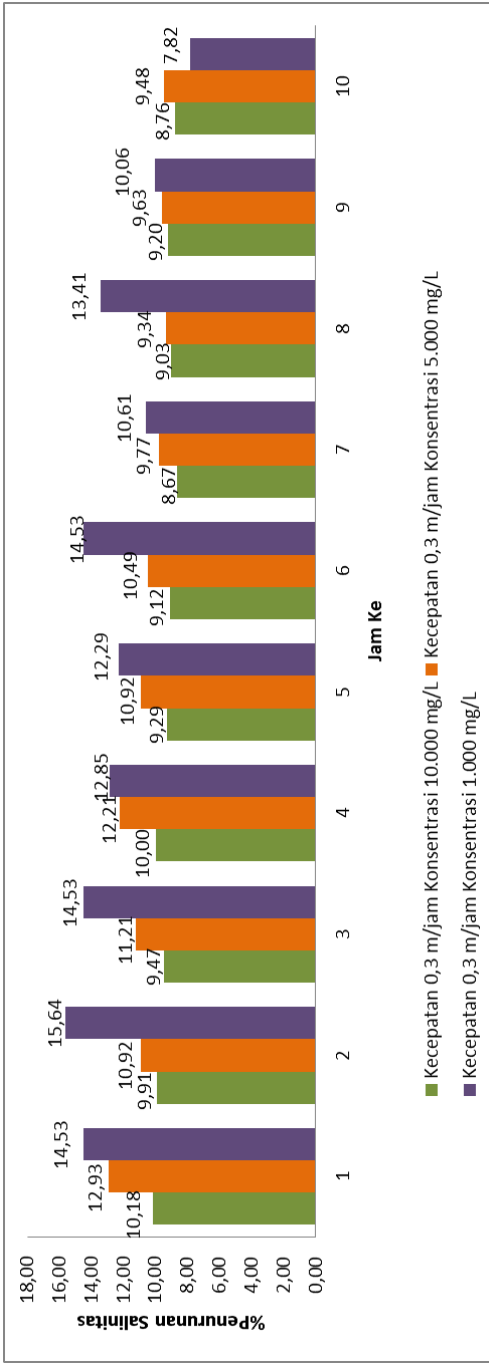
Analisa data penurunan salinitas dengan kecepatan 0,3 m/jam pada Gambar 4.14 menunjukkan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 12,63%, pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 10,69%, dan rata-rata penurunan salinitas 10.000 mg/L adalah 9,36%.

Hasil analisa klorida dan penurunan salinitas pada variasi kecepatan 0,03 m/jam menunjukkan hasil paling baik pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L dibandingkan pada konsentrasi 5.000 mg/L dan 10.000 mg/L.



Gambar 4. 13 Penyisihan Klorida Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa, 2017



Gambar 4. 14 Penurunan Salinitas Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L
 Sumber : Hasil Analisa,2017

4.2.2 Kecepatan 0,2 m/jam

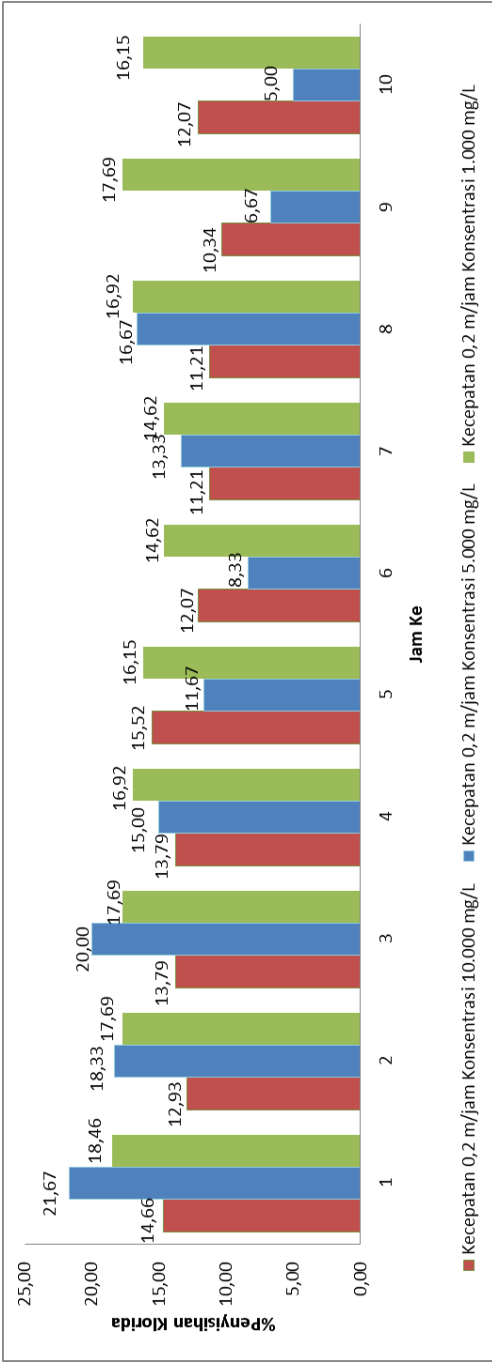
Selanjutnya akan menggunakan kecepatan filtrasi 0,2 m/jam, dimana debit yang digunakan pada variabel ini adalah 1,62 L/jam. Perhitungan debit yang digunakan pada variabel penelitian ini telah dijelaskan pada sub bab metodologi penelitian. Variabel kecepatan filtrasi yang lebih kecil, dipilih untuk melihat pengaruh kecepatan dan waktu kontak antarazeolit dan air payau dalam menurunkan nilai klorida dan salinitas. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), kecepatan filtrasi yang kecil akan membantu proses adsorpsi yang baik dikarenakan waktu kontak yang lebih banyak antara media dan air.

Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16. Hasil penyisihan pada tiap variabel menunjukkan hasil yang fluktuatif untuk tiap jamnya sehingga nilai penyisihan akan diambil berdasarkan nilai rata-rata penyisihan.

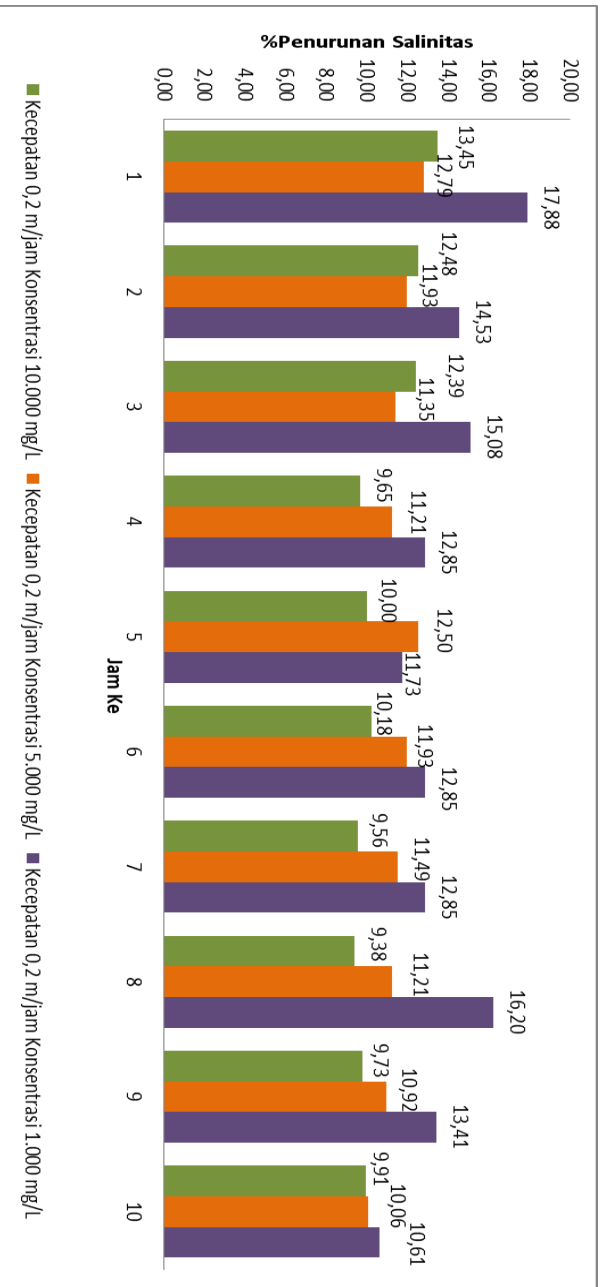
Rata-rata penyisihan klorida pada Gambar 4.15 dengan kecepatan filtrasi 0,2 m/jam menunjukkan nilai rata-rata penyisihan klorida pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L adalah 16,69% , pada konsentrasi klorida 5.000 mg/L adalah 13,67% dan pada konsentrasi klorida 10.000 mg/L adalah 12,76%.

Analisa data penurunan salinitas dengan kecepatan 0,2 m/jam pada Gambar 4.16, menunjukkan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L adalah 13,8% , konsentrasi klorida 5.000 mg/L adalah 11,54%, dan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 10,67%.

Hasil penelitian pada variasi kecepatan 0,2 m/jam dengan konsentrasi 1.000 mg/L menunjukkan nilai penyisihan klorida dan penurunan salinitas paling baik diantara variasi konsentrasi klorida 5.000 mg/L dan konsnetrasi 10.000 mg/L, hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian pada kecepatan 0,3 m/jam dimana rata-rata penyisihan klorida dan salinitas paling baik berada pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L. Namun, hasil penyisihan klorida pada variasi kecepatan 0,2 m/jam lebih baik dibandingkan pada variasi kecepatan 0,3 m/jam dikarenakan presentase penyisihan klorida dan penurunan salinitas lebih besardibandingkan variasi kecepatan sebelumnya.



Gambar 4. 15 Penyisihan Klorida Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L
 Sumber: Hasil Analisa, 2017



Gambar 4. 16 Penurunan Salinitas Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000, 5.000 , 1.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa, 2017

4.2.3 Kecepatan 0,1 m/jam

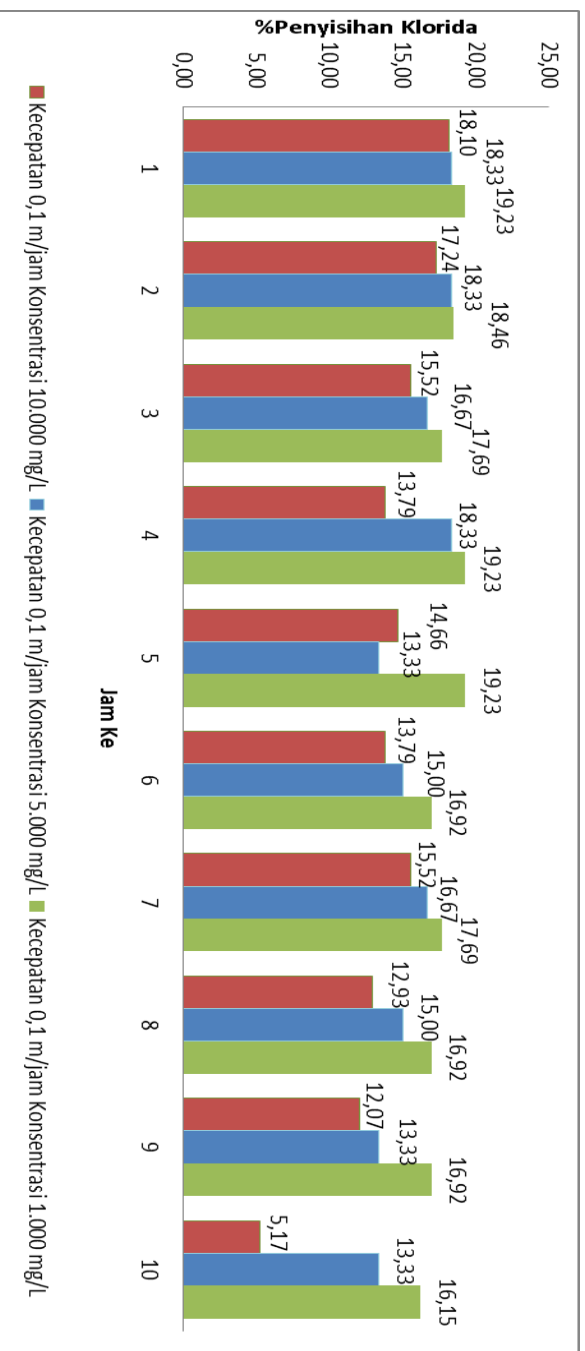
Selanjutnya akan menggunakan kecepatan filtrasi 0,1 m/jam, dimana debit yang digunakan pada variabel ini adalah 0,81 L/jam. Perhitungan debit yang digunakan pada variabel penelitian ini telah dijelaskan pada sub bab metodologi penelitian. Variabel kecepatan filtrasi yang lebih kecil, dipilih untuk melihat pengaruh kecepatan dan waktu kontak antarazeolit dan air payau dalam menurunkan nilai klorida dan salinitas. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), kecepatan filtrasi yang kecil akan membantu proses adsorpsi yang baik dikarenakan waktu kontak yang lebih banyak antara media dan air.

Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.17 dan Gambar 4.18. Hasil penyisihan pada tiap variabel menunjukkan hasil yang fluktuatif untuk tiap jamnya sehingga nilai penyisihan akan diambil berdasarkan nilai rata-rata penyisihan.

Penyisihan klorida pada Gambar 4.17 dengan kecepatan 0,1 m/jam menunjukkan rata-rata penyisihan klorida pada konsentrasi klorida 10.000 mg/L adalah 13,88%, pada konsentrasi klorida 5.000 mg/L 15,83%, dan pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L adalah 17,85%.

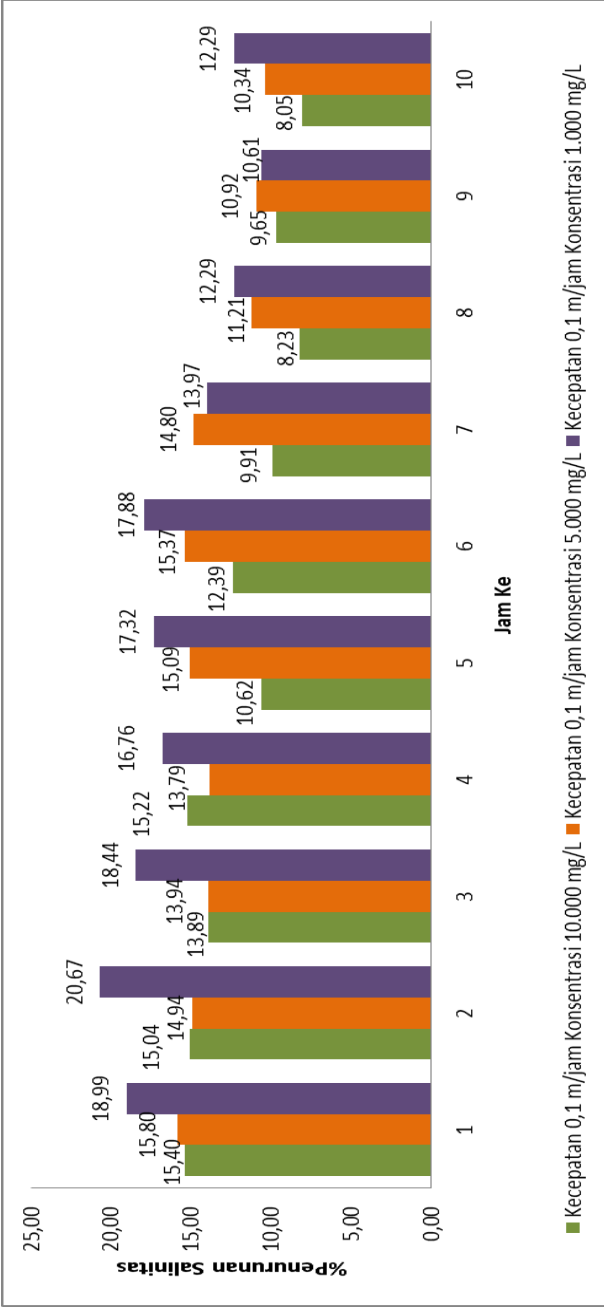
Analisa data penurunan salinitas pada kecepatan 0,1 m/jam dapat dilihat pada Gambar 4.18. Hasil analisa menunjukkan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L adalah 15,92%, pada konsentrasi klorida 5.000 mg/L adalah 11,84%, dan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi klorida 10.000 mg/L adalah 13,62%.

Hasil penelitian pada variasi kecepatan 0,1 m/jam dengan konsentrasi 1.000 mg/L menunjukkan nilai penyisihan klorida dan penurunan salinitas paling baik diantara variasi konsentrasi klorida 5.000 mg/L dan konsentrasi 10.000 mg/L, hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian pada kecepatan 0,3 m/jam dan 0,2 m/jam dimana rata-rata penyisihan klorida dan salinitas paling baik berada pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L. Namun, hasil penyisihan klorida pada variasi kecepatan 0,1 m/jam lebih baik dibandingkan pada variasi kecepatan 0,3 m/jam dan 0,2 m/jam dikarenakan presentase penyisihan klorida dan penurunan salinitas lebih besar dibandingkan variasi kecepatan sebelumnya.



Gambar 4. 17 Penyisihan Klorida Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa, 2017



Gambar 4. 18 Penurunan Salinitas Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L
 Sumber: Hasil Analisa, 2017

4.2.4 Kecepatan 0,03 m/jam

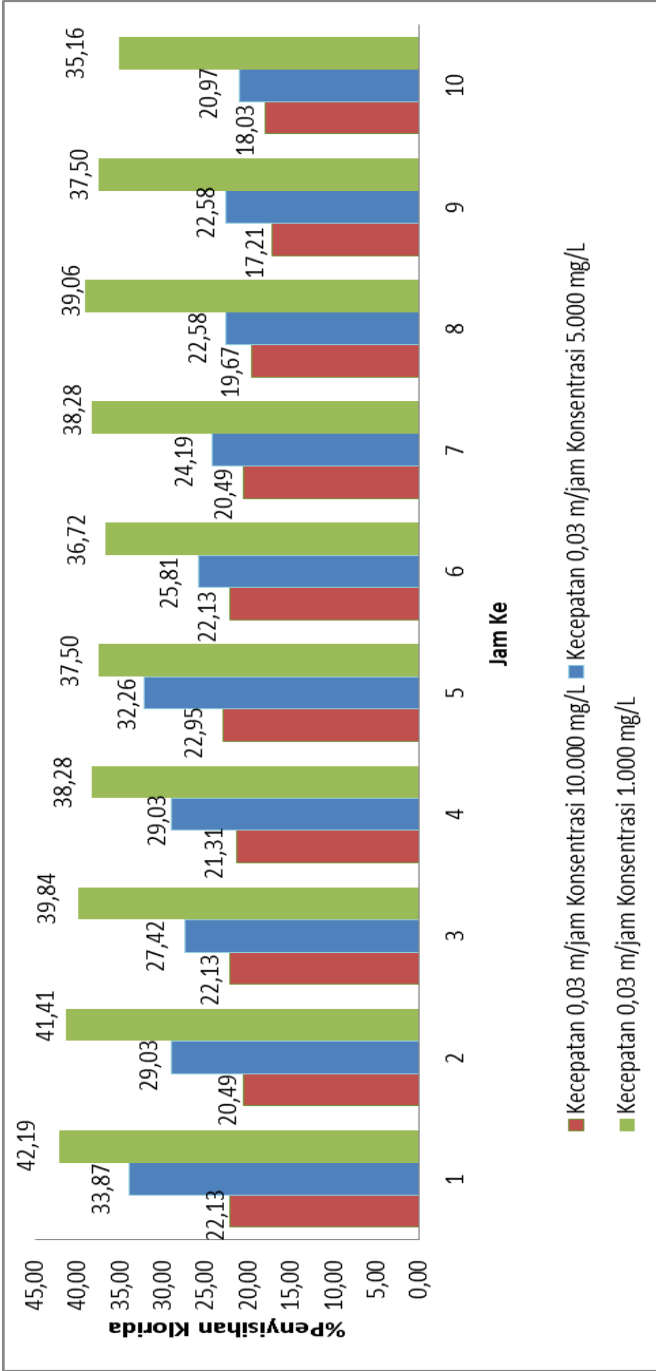
Selanjutnya akan menggunakan kecepatan filtrasi 0,03 m/jam, dimana debit yang digunakan pada variabel ini adalah 0,25 L/jam. Perhitungan debit yang digunakan pada variabel penelitian ini telah dijelaskan pada sub bab metodologi penelitian. Variabel kecepatan filtrasi yang lebih kecil, dipilih untuk melihat pengaruh kecepatan dan waktu kontak antarazeolit dan air payau dalam menurunkan nilai klorida dan salinitas. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), kecepatan filtrasi yang kecil akan membantu proses adsorpsi yang baik dikarenakan waktu kontak yang lebih banyak antara media dan air.

Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.20. Hasil penyisihan pada tiap variabel menunjukkan hasil yang fluktuatif untuk tiap jamnya sehingga nilai penyisihan akan diambil berdasarkan nilai rata-rata penyisihan.

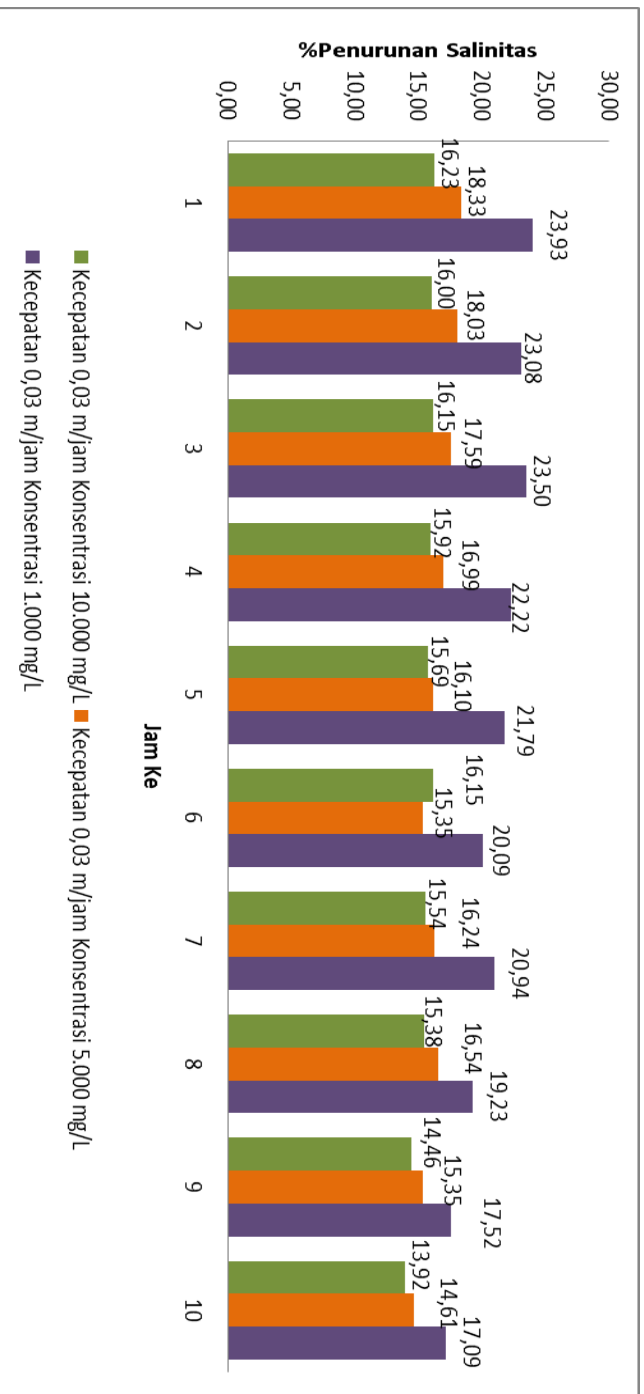
Penyisihan klorida pada kecepatan 0,03 m/jam dapat dilihat pada Gambar 4.19. Hasil Analisa menunjukkan rata-rata penyisihan klorida pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 20,66%, pada konsentrasi 5.000 mg/L 26,77%, dan pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 38,59%.

Analisa data penurunan salinitas pada kecepatan 0,03 m/jam dapat dilihat pada Gambar 4.20. Hasil analisa menunjukkan rata-rata penurunan salinitas pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 20,94, pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 16,51%, dan rata-rata penurunan salinitas 10.000 mg/L adalah 15,55%.

Hasil penelitian pada variasi kecepatan 0,03 m/jam dengan konsentrasi 1.000 mg/L menunjukkan nilai penyisihan klorida dan penurunan salinitas paling baik diantara variasi konsentrasi klorida 5.000 mg/L dan konsentrasi 10.000 mg/L, hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian pada kecepatan 0,3 m/jam, 0,2 m/jam dan 0,1 m/jam dimana rata-rata penyisihan klorida dan salinitas paling baik berada pada konsentrasi klorida 1.000 mg/L. Namun, hasil penyisihan klorida pada variasi kecepatan 0,03 m/jam lebih baik dibandingkan pada variasi kecepatan 0,3 m/jam 0,2 m/jam dan 0,1 m/jam dikarenakan presentase penyisihan klorida dan penurunan salinitas lebih besar dibandingkan variasi kecepatan sebelumnya.



Gambar 4. 19 Penyisihan Klorida Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L
 Sumber: Hasil Analisa, 2017



Gambar 4. 20 Penurunan Salinitas Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000, 5.000 dan 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa, 2017

4.2.5 Perbandingan antara Variasi Kecepatan dan Konsentrasi

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan hasil dari masing-masing variabel. Berikut ini akan dibandingkan hasil untuk tiap variabel kecepatan dan konsentrasi untuk melihat hubungan antara variabelnya.

Tabel 4. 2 Perbandingan Presentase Penyisihan Klorida

Konsentrasi	0,03 m/jam	0,1 m/jam	0,2 m/jam	0,3 m/jam
10.000 mg/L	20,66 %	13,88%	12,76%	10,66%
5.000 mg/L	26,77 %	15,83%	13,67%	11,17%
1.000 mg/L	38,59 %	17,85%	16,69%	12,54%

Tabel 4. 3 Perbandingan Presentase Penurunan Salinitas

Konsentrasi	0,03 m/jam	0,1 m/jam	0,2 m/jam	0,3 m/jam
10.000 mg/L	15,55%	11,84%	10,67%	9,36%
5.000 mg/L	16,51%	13,62%	11,54%	10,69%
1.000 mg/L	20,94 %	15,92%	13,8%	12,63%

Pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, telah ditunjukkan perbandingan hasil dari variabel penelitian. Dapat dilihat bahwa presentase penyisihan klorida dan penurunan salinitas terbaik berada pada kecepatan 0,03 m/jam. Selain itu dapat disimpulkan bahwa zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida kecepatan 0,03 m/jam lebih baik dibandingkan zeolit tidak teraktivasi dengan kecepatan 1,2 m/jam (debit 10 L/jam) yang menjadi variabel pada penelitian pendahuluan.

Berdasarkan Persamaan 2.1 diketahui bahwa $Q = V_f \cdot A$, dimana Q merupakan debit pada outlet reaktor, V_f merupakan kecepatan filtrasi, dan A merupakan luas reaktor. Sehingga berdasarkan persamaan tersebut apabila kecepatan filtrasi semakin besar maka debit akan semakin besar. Debit dan laju filtrasi merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil filtrasi

(Yung,2003). Menurut Yung (2003), debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi dengan sempurna, akibat adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati rongga. Hal tersebut menyebabkan waktu kontak antara permukaan butir media penyaringan dengan air payau lebih cepat. Selain itu, untuk mendapatkan hasil filtrasi yang baik diperlukan keseimbangan antara laju filtrasi dengan kondisi media yang ada. Laju yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Dengan adanya aliran yang terlalu cepat dalam melewati ruang pori di antara butiran media akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butiran media dengan air yang akan disaring. Kecepatan aliran yang terlalu tinggi akan menyebabkan waktu kontak antara permukaan butiran dengan air yang akan disaring. Sehingga berdasarkan teori tersebut terdapat hubungan antara kecepatan filtrasi, debit filtrasi dan hasil penyisihan klorida serta hasil penurunan salinitas.

Selanjutnya, pada hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa nilai penyisihan klorida dan penurunan salinitas untuk konsentrasi 1.000 mg/L lebih baik dibandingkan konsentrasi 5.000 mg/L dan 10.000 mg/L. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Nurhasni dkk. (2010) yang menyatakan penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel zeolit yang tersedia sehingga permukaan zeolit akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa zeolit teraktivasi mampu menurunkan klorida dan salinitas. Penelitian ini juga membuktikan adanya hubungan antara waktu kontak adsorban dan adsorbat, dimana waktu kontak yang lebih lama dapat meningkatkan efisiensi penyisihan klorida dan salinitas. Namun apabila melihat konsentrasi outlet filter yang terdapat pada Lampiran C dan Lampiran D, hasil penyisihan klorida dan penurunan salinitas oleh filter zeolit teraktivasi surfaktan BKC dengan kecepatan 0,03 m/jam belum memenuhi baku mutu yakni klorida <250 mg/L yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor

492/MENKES/PER/IV/2010 dan salinitas $<0,5$ ppt (Astuti dkk., 2007). Sehingga berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan filter dengan media zeolit teraktivasi benzalkonium klorida tidak disarankan untuk pengolahan air payau dengan kadar klorida dan salinitas yang tinggi. Namun tidak menutup kemungkinan zeolit masih dapat digunakan sebagai adsorben ion-ion salinitas. Menurut Astuti dkk. (2007) dan Kurniawan dkk.(2014), zeolit teraktivasi surfaktan HDTMA mampu menurunkan kadar klorida hingga 52%. Pada penelitian ini menggunakan surfaktan benzalkonium klorida dengan pertimbangan surfaktan yang sejenis dengan HDTMA (memiliki muatan positif) dan mudah ditemukan di pasaran. Namun, hasil yang ditunjukkan memiliki perbedaan, dimana zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida tidak memberikan hasil yang sesuai dengan baku mutu yang diinginkan. Sehingga penelitian dengan menggunakan filter zeolit teraktivasi surfaktan HDTMA dapat dijadikan opsi dalam penelitian selanjutnya.

4.3 Analisa Penelitian Dengan Air Sumur Payau

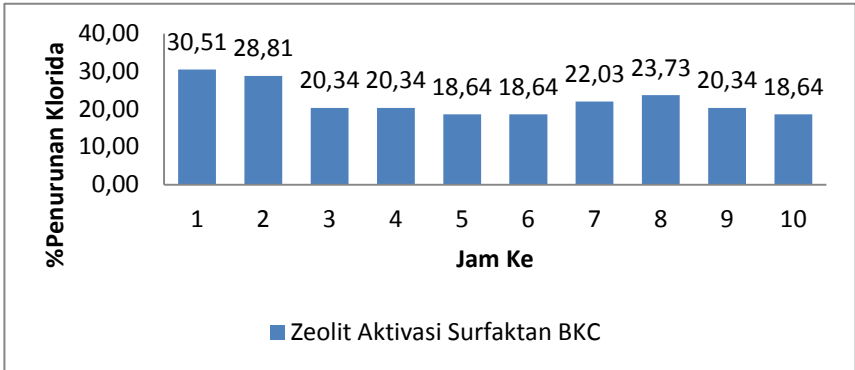
Setelah dilakukan penelitian dengan variabel kecepatan dan konsentrasi klorida diketahui bawa zeolit teraktivasi benzalkonium klorida paling baik dalam menyisihkan klorida dan menurunkan salinitas pada kecepatan filtrasi 0,03 m/jam dengan konsentrasi klorida 1.000 mg/L.

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penelitian dengan menggunakan air sumur payau yang digunakan oleh masyarakat. Air sumur payau diambil dari salah satu rumah warga Jalan Prasung Kota Sidoarjo. Penelitian dengan air sumur payau asli ini bertujuan untuk membandingkan antara hasil penelitian dengan air *artificial* dan dengan air sumur asli.

Berdasarkan analisa kualitas air pada sumur ini, diketahui bahwa air sumur memiliki salinitas 7,31 ppt dengan konsentrasi klorida 4758,06 mg/L. Penelitian akan dilakukan dengan menggunakan kecepatan filtrasi 0,03 m/jam, namun reaktor yang digunakan tidak hanya zeolit teraktivasi surfaktan BKC namun zeolit tanpa aktivasi. Sehingga dapat menunjukkan pengaruh aktivasi zeolit terhadap penyisihan klorida dan penurunan salinitas.

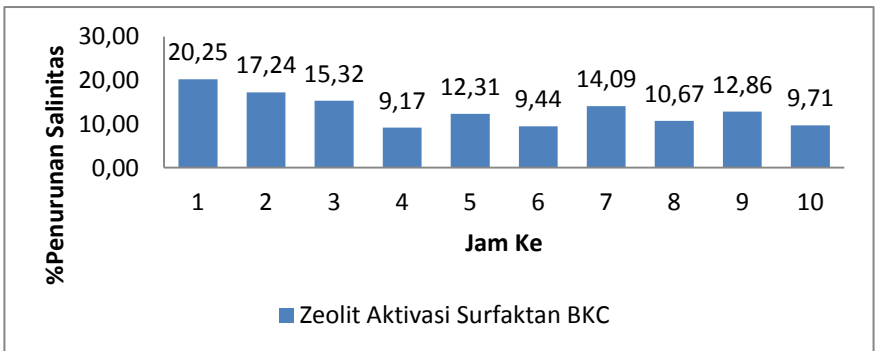
Hasil analisa penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada Lampiran C dan Lampiran D dapat dilihat pada Gambar

4.21 dan Gambar 4.22 untuk zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida, dan pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 untuk zeolit tanpa aktivasi. Hasil penyisihan pada tiap variabel menunjukkan hasil yang fluktuatif untuk tiap jamnya sehingga nilai penyisihan akan diambil berdasarkan nilai rata-rata penyisihan.



Gambar 4. 21 Penyisihan Klorida oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan BKC Pada Air Sumur Payau
 Sumber: Hasil Penelitian, 2017

Penyisihan klorida pada air sumur payau oleh zeolit teraktivasi surfaktan BKC dapat dilihat pada Gambar 4.21. Hasil analisa menunjukkan nilai rata-rata penyisihan 22,2%, dengan range penyisihan klorida selama 10 jam adalah 18,64%-30,51%.



Gambar 4. 22 Penurunan Salinitas oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan BKC Pada Air Sumur Payau
 Sumber: Hasil Analisa, 2017

Penurunan salinitas pada air sumur payau oleh zeolit teraktivasi surfaktan BKC dapat dilihat pada Gambar 4.22. Hasil analisa menunjukkan nilai rata-rata penyisihan 13,11%, dengan range penyisihan klorida 9,17%-20,25%.

Berdasarkan hasil analisa diketahui bahwa dengan kecepatan yang sama dengan air *artificial* NaCl 0,03 m/jam, menunjukkan hasil penelitian yang berbeda. Hasil pada Lampiran C dan Lampiran D untuk penelitian utama, dengan konsentrasi klorida 5.000 mg/L menunjukkan nilai penyisihan klorida sebesar 26,77% sedangkan penurunan salinitas sebesar 16,51%. Nilai penyisihan klorida dan penurunan salinitas pada air sumur payau ini lebih rendah dibandingkan pada air *artificial* NaCl.

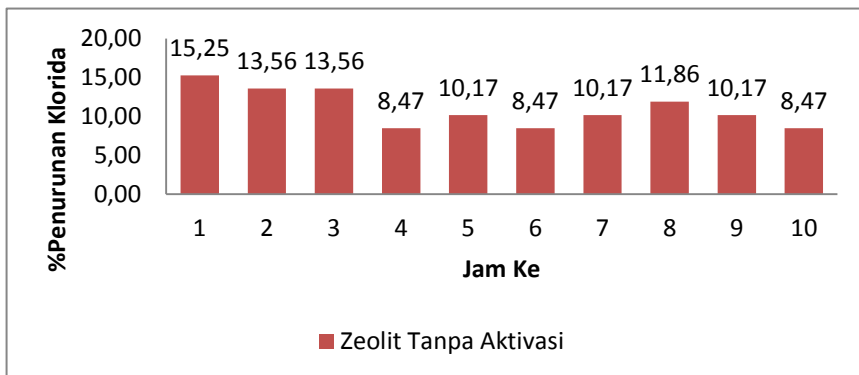
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Kualitas Air Sumur

Parameter	Konsentrasi
Kesadahan sebagai Ca	38,6 mg/L
Sulfat	205,4 mg/L
Besi	8,3 mg/L
Mn	1,05 mg/L
Kekeruhan	8,5 NTU
NH ₃	1,2 mg/L

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2017

Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa air sumur yang digunakan pada penelitian ini mengandung ion-ion yang dapat mempengaruhi presentase penyisihan klorida dan penurunan salinitas. Zeolit diketahui memiliki kemampuan yang baik sebagai adsorben ion-ion parameter pada Tabel 4.4. Nilai presentase yang lebih rendah dapat diakibatkan oleh ion-ion yang terkandung dalam air sumur memiliki konsentrasi yang lebih besar dibandingkan air pada PDAM. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Nurhasni dkk. (2010) yang menyatakan penurunan efisiensi penyerapan disebabkan karena pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion dalam larutan

tidak sebanding dengan jumlah partikel zeolit yang tersedia sehingga efisiensi penyerapan pun menjadi menurun. Selain itu menurut Agakhani dkk. (2011) selektivitas penyerapan zeolit terhadap ion-ion salinitas adalah, $Mg^{2+} > Ca^{2+} > K^{+} > Na^{+}$ untuk kation dan $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-}$, berdasarkan teori selektivitas tersebut dapat diketahui bahwa zeolit memiliki selektivitas penyerapan klorida lebih rendah dibandingkan ion-ion salinitas lainnya. Sehingga dapat disimpulkan penurunan persen penyisihan klorida disebabkan karena selektivitas penyerapan zeolit yang rendah terhadap klorida dan konsentrasi ion-ion lain pada air sumur payau yang lebih besar dibandingkan air *artificial NaCl*.



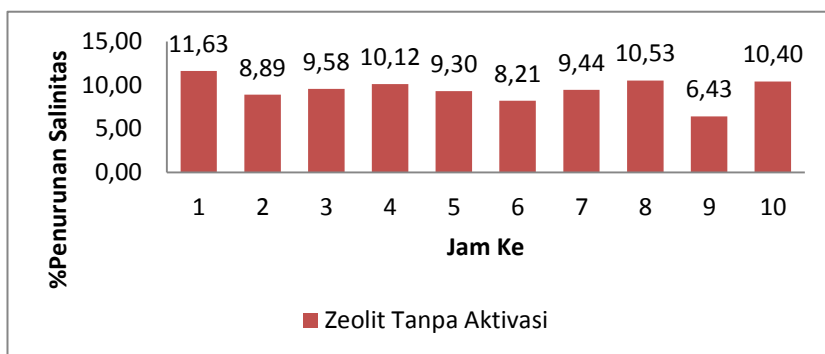
Gambar 4. 23 Penyisihan Klorida oleh Zeolit Tidak Teraktivasi Pada Air Sumur Payau

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Penyisihan klorida pada air sumur payau oleh zeolit tidak teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.23. Hasil Analisa menunjukkan nilai rata-rata penyisihan 11,02%, dengan range penyisihan klorida 8,47%-15,25%.

Penyisihan klorida pada air sumur payau oleh zeolit tidak teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.24. Hasil Analisa menunjukkan nilai rata-rata penyisihan 9,45%, dengan range penyisihan klorida 86,43%-11,63%.

Hasil penelitian oleh zeolit tanpa aktivasi menunjukkan hasil penyisihan klorida dan penurunan salinitas yang lebih rendah dibandingkan zeolit dengan aktivasi benzalkonium klorida. Hasil ini menunjukkan adanya pengaruh aktivator surfaktan benzalkonium klorida dalam meningkatkan ion-ion pada air. Hasil ini sesuai dengan penelitian Kusumastuti (2010) dan Wahyuni (2010) bahwa aktivasi menggunakan surfaktan benzalkonium klorida dapat meningkatkan kemampuan adsorban dalam adsorpsi ion-ion salinitas.



Gambar 4. 24 Penurunan Salinitas oleh Zeolit Tidak Teraktivasi Pada Air Sumur Payau

Sumber: Hasil Analisa,2017

4.4 Model Adsorpsi Media Filter Dalam Penyerapan Klorida (Cl⁻)

Dalam menentukan waktu breakthrough media filter terhadap klorida (Cl⁻) akan menggunakan pendekatan kinetika adsorpsi. Pada penelitian ini akan dilakukan model adsorpsi untuk variabel pada penelitian utama.

Perhitungan didasarkan pada persamaan $y = ax+b$, dengan sumbu y menyatakan nilai $\ln(C_0/C_e-1)$ dan sumbu x menyatakan nilai V (Volume) dengan nilai slope= $a = k_1.C_0/Q$ dan nilai intersep = $b = (k_1.q_0.M/Q)$.

4.4.1 Perhitungan Densitas dan Massa Zeolit

Sebelum melakukan perhitungan media maka akan dilakukan perhitungan densitas dan massa media filter. Perhitungan densitas media filter dilakukan sebanyak tiga kali dan akan diambil nilai rata-rata untuk tiap media. Hasil analisa densitas media dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 5 Densitas Zeolit dan Arang Aktif

Media	Nomor Percobaan	Densitas (gr/cm ³)	Densitas Rata-Rata (gr/cm ³)
Zeolit	1	1,709	1,772
	2	1,782	
	3	1,826	

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisa densitas pada Tabel 4.4 maka dapat dihitung massa arang aktif dan zeolit yang digunakan.

- **Massa Zeolit**

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 70 \text{ cm} \\ &= 5670 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Zeolit} &= \text{Volume Media} \times \text{Densitas} \\ &= 5670 \text{ cm}^3 \times 1,772 \text{ gr/ cm}^3 \\ &= 10047,24 \text{ gram} \end{aligned}$$

4.4.2 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$C_o = 10175,44 \text{ mg/L}$$

$$C_e = 8859 \text{ mg/L}$$

$$\text{Volume terolah} = 24,3 \text{ L/hari}$$

$$C_o/C_e - 1 = (10175 \text{ mg/L} / 8859 \text{ mg/L}) - 1$$

$$= 0,15$$

$$\ln(C_o/C_e - 1) = \ln(0,15)$$

$$= -1,91$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,3 m/jam pada konsentrasi 10.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.6. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara $\ln(C_0/C_e - 1)$ dan volume terolah pada Gambar 4.25.

**Tabel 4. 6 Konstanta Kinetika dan Kecepatan 0,3 m/jam
Konsentrasi 10.000 mg/L**

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	$C_0/C_e - 1$	$\ln(C_0/C_e - 1)$
1	10175,44	8859,65	2,43	0,15	-1,91
2	10175,44	8947,37	4,86	0,14	-1,99
3	10175,44	9122,81	7,29	0,12	-2,16
4	10175,44	9210,53	9,72	0,10	-2,26
5	10175,44	8947,37	12,15	0,14	-1,99
6	10175,44	9035,09	14,58	0,13	-2,07
7	10175,44	9122,81	17,01	0,12	-2,16
8	10175,44	9298,25	19,44	0,09	-2,36
9	10175,44	9210,53	21,87	0,10	-2,26
10	10175,44	9210,53	24,3	0,10	-2,26

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.25, didapatkan nilai:

Slope = 0,0145

$K_1 \times C_0/Q$ = 0,0145

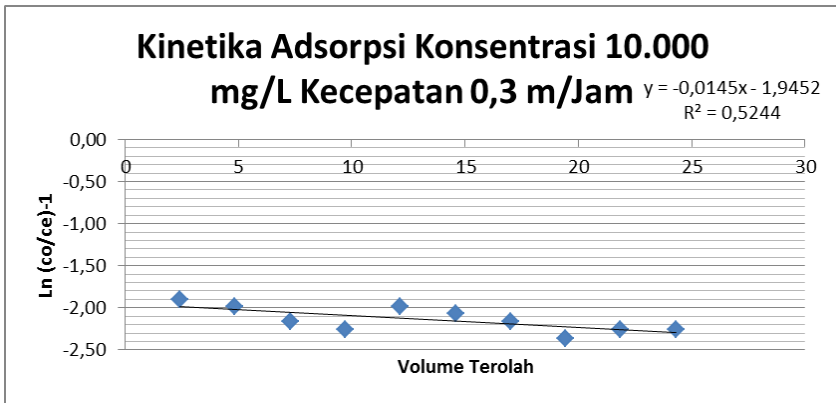
K_1 = $(0,0145 \times Q)/C_0$

Bila Q = 2,43 L/Jam = 24,3 L/hari

Dan C_0 = 10175,44 mg/L

Maka nilai K_1 = $(0,0145 \times 24,3 \text{ L/hari})/10175,44 \text{ mg/L}$

Maka Nilai K_1 = $3,46 \times 10^{-5} \text{ L/mg.jam}$



Gambar 4. 25 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\text{Intersep} = 1,9452$$

$$(K1 \times q_0 \times M)/Q = 1,9452$$

$$q_0 = (1,9452 \times Q) / (K1 \times M)$$

$$\text{Bila massa zeolit} = 10047,24 \text{ gram} = 10047240 \text{ mg}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$q_0 = (1,9452 \times 24,3) / (3,46 \times 10^{-5} \times 10047240) = 0,136 \text{ mg adsorbat/ mg adsorban}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\ &= 24,3 \text{ L/hari} \times 10175,44 \text{ mg/L} \\ &= 247263,192 \text{ mg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Breakthrough} &= M \cdot q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \cdot 0,136) / 247263,192 \\ &= 5,5 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.3 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$C_0 = 10175,44 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 C_e &= 8684 \text{ mg/L} \\
 \text{Volume terolah} &= 16,2 \text{ L/hari} \\
 C_0/C_e-1 &= (10175 \text{ mg/L}/8684 \text{ mg/L}-1) \\
 &= 0,17 \\
 \ln(C_0/C_e-1) &= \ln(0,17) \\
 &= -1,76
 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,2 m/jam pada konsentrasi 10.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.7. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.26.

**Tabel 4. 7 Konstanta Kinetika dan Kecepatan 0,2 m/jam
Konsentrasi 10.000 mg/L**

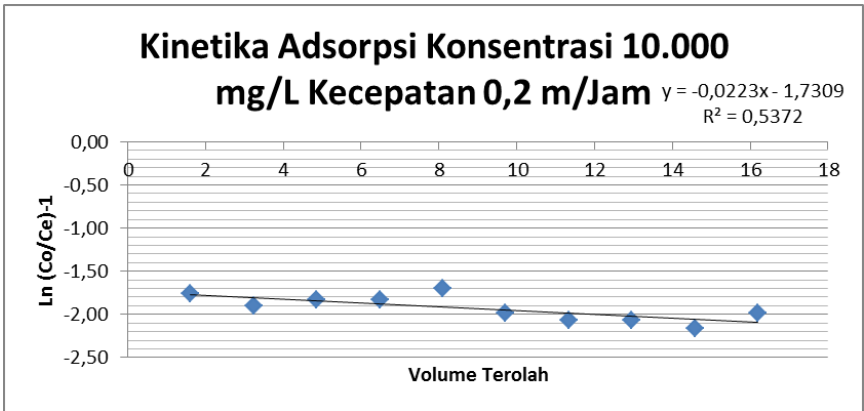
Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	10175,44	8684,21	1,62	0,17	-1,76
2	10175,44	8859,65	3,24	0,15	-1,91
3	10175,44	8771,93	4,86	0,16	-1,83
4	10175,44	8771,93	6,48	0,16	-1,83
5	10175,44	8596,49	8,1	0,18	-1,69
6	10175,44	8947,37	9,72	0,14	-1,99
7	10175,44	9035,09	11,34	0,13	-2,07
8	10175,44	9035,09	12,96	0,13	-2,07
9	10175,44	9122,81	14,58	0,12	-2,16
10	10175,44	8947,37	1,62	0,14	-1,99

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.26, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned}
 \text{Slope} &= 0,0223 \\
 K_1 \times C_0/Q &= 0,0223 \\
 K_1 &= (0,0223 \times Q)/C_0 \\
 \text{Bila } Q &= 1,62 \text{ L/Jam} = 16,2 \text{ L/hari} \\
 \text{Dan } C_0 &= 10175,44 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Maka nilai $K_1 = (0,0223 \times 16,2 \text{ L/hari}) / 10175,44 \text{ mg/L}$
Maka Nilai $K_1 = 3,55 \times 10^{-5} \text{ L/mg.jam}$



Gambar 4. 26 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

Intersep = 1,7309
 $(K_1 \times q_0 \times M) / Q = 1,7309$
 $q_0 = (1,7309 \times Q) / (K_1 \times M)$
Bila massa zeolit = 10047,24 gram
= 10047240 mg

Maka nilai q_0 didapat:

$q_0 = (1,7309 \times 16,2) / (3,55 \times 10^{-5} \times 10047240)$
= 0,079 mg adsorbat/ mg adsorban

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

Konsentrasi klorida = $Q \times C_0$
= 16,2 L/hari x 10175,44 mg/L
= 164842,128 mg/hari

Waktu Breakthrough = $M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida}$
= $(10047240 \times 0,079) / 164842,128 \text{ mg/hari}$
= 4,8 hari

4.4.4 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned} C_o &= 10175,44 \text{ mg/L} \\ C_e &= 8333,33 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 8,1 \text{ L/hari} \\ C_o/C_e-1 &= (10175 \text{ mg/L}/8333 \text{ mg/L}-1) \\ &= 0,22 \\ \text{Ln}(C_o/C_e-1) &= \text{Ln}(0,22) \\ &= -1,51 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,1 m/jam pada konsentrasi 10.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.8. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.27.

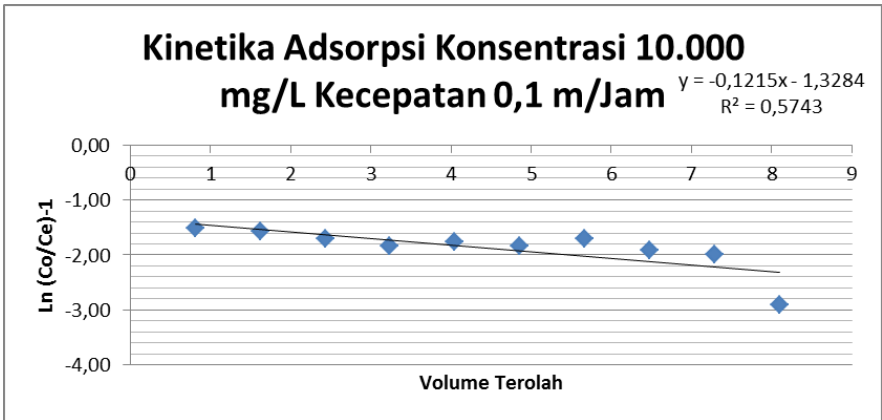
Tabel 4. 8 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	10175,44	8333,33	0,81	0,22	-1,51
2	10175,44	8421,05	1,62	0,21	-1,57
3	10175,44	8596,49	2,43	0,18	-1,69
4	10175,44	8771,93	3,24	0,16	-1,83
5	10175,44	8684,21	4,05	0,17	-1,76
6	10175,44	8771,93	4,86	0,16	-1,83
7	10175,44	8596,49	5,67	0,18	-1,69
8	10175,44	8859,65	6,48	0,15	-1,91
9	10175,44	8947,37	7,29	0,14	-1,99
10	10175,44	9649,12	8,1	0,05	-2,91

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.27, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned}\text{Slope} &= 0,1215 \\ K1 \times Co/Q &= 0,1215 \\ K1 &= (0,1215 \times Q)/Co \\ \text{Bila } Q &= 0,81 \text{ L/Jam} = 8,11 \text{ L/hari} \\ \text{Dan } Co &= 10175,44 \text{ mg/L} \\ \text{Maka nilai } K1 &= (0,1215 \times 8,1)/10175,44 \text{ mg/L} \\ \text{Maka Nilai } K1 &= 9,67 \times 10^{-5} \text{ L/mg.jam}\end{aligned}$$



Gambar 4. 27 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.27, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned}\text{Slope} &= 0,1215 \\ K1 \times Co/Q &= 0,1215 \\ K1 &= (0,1215 \times Q)/Co \\ \text{Bila } Q &= 0,81 \text{ L/Jam} = 8,11 \text{ L/hari} \\ \text{Dan } Co &= 10175,44 \text{ mg/L} \\ \text{Maka nilai } K1 &= (0,1215 \times 8,1)/10175,44 \text{ mg/L} \\ \text{Maka Nilai } K1 &= 9,67 \times 10^{-5} \text{ L/mg.jam}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapat nilai q_o yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Intersep} &= 1,3284 \\ (K1 \times q_o \times M)/Q &= 1,3284\end{aligned}$$

$$q_0 = (1,3284 \times Q) / (K1 \times M)$$

Bila massa zeolit = 10047,24 gram
= 10047240 mg

Maka nilai q_0 didapat:

$$q_0 = (1,3284 \times 8,1) / (9,67 \times 10^{-5} \times 10047240)$$

= 0,01 mg adsorbat/ mg adsorban

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

Konsentrasi klorida = $Q \times Co$
= 8,1 L/hari x 10175,44 mg/L
= 82421 mg/hari

Waktu Breakthrough = $M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida}$
= $(10047240 \times 0,01) / 82421 \text{ mg/hari}$
= 3,3 hari

4.4.5 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

Co = 10892,86 mg/L
 Ce = 8482 mg/L
Volume terolah = 2,5 L/hari
 $Co/Ce-1$ = $(10892 \text{ mg/L} / 8482 \text{ mg/L} - 1)$
= 0,28

$\ln(Co/Ce-1)$ = $\ln(0,28)$
= -1,26

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,03 m/jam pada konsentrasi 10.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.9. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara $\log(Co/Ce-1)$ dan volume terolah pada Gambar 4.28.

Berdasarkan Gambar 4.28, didapatkan nilai:

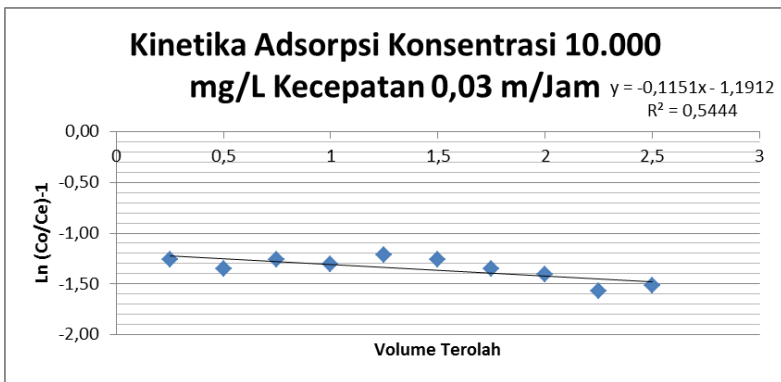
Slope = 0,1151
 $K1 \times Co/Q$ = 0,1151
 $K1$ = $(0,1151 \times Q) / Co$
Bila Q = 0,25 L/Jam = 2,5 L/hari
Dan Co = 10892,86 mg/L

Maka nilai K1 = (0,1151 x 2,5 L/hari) / 10892,86 mg/L
Maka Nilai K1 = 2,64 x 10⁻⁵ L/mg.jam

Tabel 4. 9 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	10892,86	8482,14	0,25	0,28	-1,26
2	10892,86	8660,71	0,5	0,26	-1,36
3	10892,86	8482,14	0,75	0,28	-1,26
4	10892,86	8571,43	1	0,27	-1,31
5	10892,86	8392,86	1,25	0,30	-1,21
6	10892,86	8482,14	1,5	0,28	-1,26
7	10892,86	8660,71	1,75	0,26	-1,36
8	10892,86	8750,00	2	0,24	-1,41
9	10892,86	9017,86	2,25	0,21	-1,57
10	10892,86	8928,57	2,5	0,22	-1,51

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4. 28 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 10.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Intersep} &= 1,1912 \\ (K1 \times q_0 \times M)/Q &= 1,1912 \\ q_0 &= (1,1912 \times Q) / (K1 \times M) \\ \text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\ &= 10047240 \text{ mg} \end{aligned}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$\begin{aligned} q_0 &= (1,1912 \times 2,5) / (2,64 \times 10^{-5} \times 10047240) \\ &= 0,01 \text{ mg adsorbat/ mg adsorban} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\ &= 2,5 \text{ L/hari} \times 10892,86 \text{ mg/L} \\ &= 27232,15 \text{ mg/hari} \\ \text{Waktu Breakthrough} &= M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \times 0,01) / 25118,1 \text{ mg/hari} \\ &= 3,69 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.6 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned} C_0 &= 5263,16 \text{ mg/L} \\ C_e &= 4473 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 24,3 \text{ L/hari} \\ C_0/C_e - 1 &= (5263,16 \text{ mg/L} / 4473 \text{ mg/L}) - 1 \\ &= 0,18 \\ \ln(C_0/C_e - 1) &= \ln(0,18) \\ &= -1,73 \end{aligned}$$

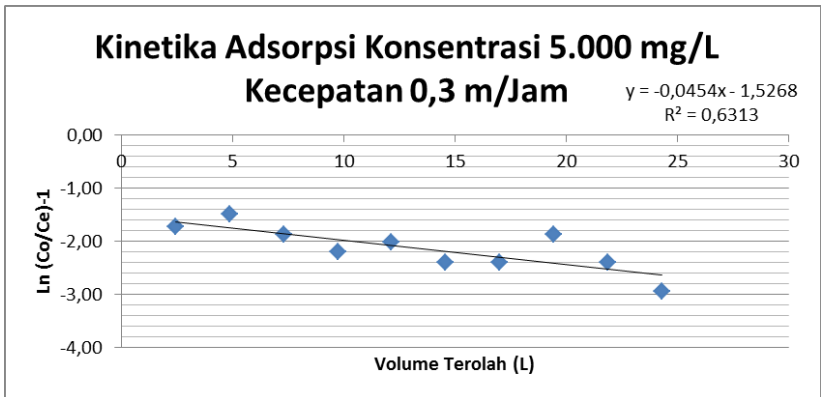
Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,3 m/jam pada konsentrasi 5.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.10. Dari

hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.29.

Tabel 4. 10 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co-Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	5263,16	4473,68	2,43	0,18	-1,73
2	5263,16	4298,25	4,86	0,22	-1,49
3	5263,16	4561,40	7,29	0,15	-1,87
4	5263,16	4736,84	9,72	0,11	-2,20
5	5263,16	4649,12	12,15	0,13	-2,02
6	5263,16	4824,56	14,58	0,09	-2,40
7	5263,16	4824,56	17,01	0,09	-2,40
8	5263,16	4561,40	19,44	0,15	-1,87
9	5263,16	4824,56	21,87	0,09	-2,40
10	5263,16	5000,00	24,3	0,05	-2,94

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4. 29 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa, 2017

Berdasarkan Gambar 4.29, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= 0,0454 \\ K1 \times Co/Q &= 0,0454 \\ K1 &= (0,0454 \times Q)/Co \\ \text{Bila } Q &= 2,43 \text{ L/Jam} = 24,3 \text{ L/hari} \\ \text{Dan } Co &= 5263,16 \text{ mg/L} \\ \text{Maka nilai } K1 &= (0,0454 \times 24,3) / 5263,16 \text{ mg/L} \\ \text{Maka Nilai } K1 &= 2,096 \times 10^{-4} \text{ L/mg.jam} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Intersep} &= 1,5268 \\ (K1 \times q_0 \times M)/Q &= 1,5268 \\ q_0 &= (1,5268 \times Q) / (K1 \times M) \\ \text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\ &= 10047240 \text{ mg} \end{aligned}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$\begin{aligned} q_0 &= (1,5268 \times 24,3 \text{ L/hari}) / (2,096 \times 10^{-4} \\ &\quad \times 10047240) \\ &= 0,018 \text{ mg adsorbat/ mg adsorban} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times Co \\ &= 24,3 \text{ L/hari} \times 5263,16 \text{ mg/L} \\ &= 127894,788 \text{ mg/hari} \\ \text{Waktu Breakthrough} &= M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \times 0,018) / 127894,788 \text{ mg/hari} \\ &= 3,4 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.7 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned} Co &= 5263,16 \text{ mg/L} \\ Ce &= 4122,81 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 16,2 \text{ L/hari} \\ Co/Ce-1 &= (5263,16 \text{ mg/L} / 44732 \text{ mg/L-1}) \\ &= 0,28 \\ \text{Ln } (Co/Ce-1) &= \text{Ln}(0,28) \end{aligned}$$

$$= -1,29$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,2 m/jam pada konsentrasi 5.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.11. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.30.

Tabel 4. 11 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	5263,16	4122,81	1,62	0,28	-1,29
2	5263,16	4298,25	3,24	0,22	-1,49
3	5263,16	4210,53	4,86	0,25	-1,39
4	5263,16	4473,68	6,48	0,18	-1,73
5	5263,16	4649,12	8,1	0,13	-2,02
6	5263,16	4824,56	9,72	0,09	-2,40
7	5263,16	4561,40	11,34	0,15	-1,87
8	5263,16	4385,96	12,96	0,20	-1,61
9	5263,16	4912,28	14,58	0,07	-2,64
10	5263,16	5000,00	16,2	0,05	-2,94

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.30, didapatkan nilai:

$$\text{Slope} = 0,093$$

$$K1 \times Co/Q = 0,093$$

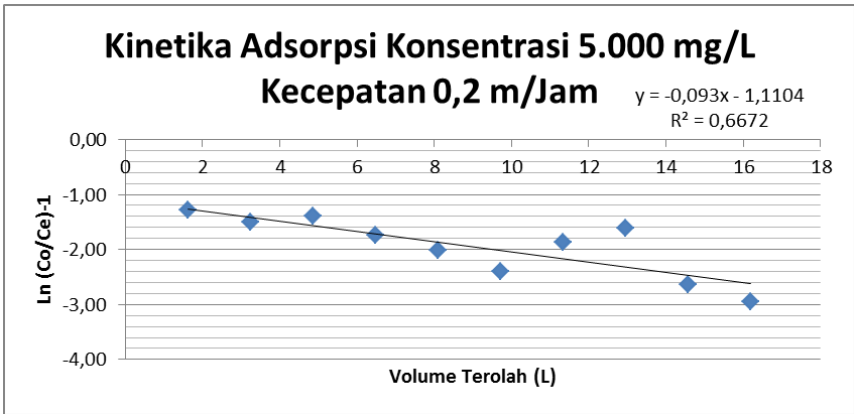
$$K1 = (0,093 \times Q)/Co$$

$$\text{Bila } Q = 1,62 \text{ L/Jam} = 16,2 \text{ L/hari}$$

$$\text{Dan } Co = 5263,16 \text{ mg/L}$$

$$\text{Maka nilai } K1 = (0,093 \times 16,2) / 5263,16 \text{ mg/L}$$

$$\text{Maka Nilai } K1 = 2,86 \times 10^{-4} \text{ L/mg.jam}$$



Gambar 4. 30 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter
Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\text{Intersep} = 1,1104$$

$$(K1 \times q_0 \times M)/Q = 1,1104$$

$$q_0 = (1,1104 \times Q) / (K1 \times M)$$

$$\text{Bila massa zeolit} = 10047,24 \text{ gram} = 10047240 \text{ mg}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$q_0 = \frac{(1,1104 \times 16,2)}{(2,86 \times 10^{-4} \times 10047240)}$$

$$= 6,26 \times 10^{-3} \text{ mg adsorbat/ mg adsorban}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi klorida} = Q \times C_0$$

$$= 16,2 \text{ L/hari} \times 5263,16 \text{ mg/L}$$

$$= 85263,192 \text{ mg/hari}$$

$$\text{Waktu Breakthrough} = M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida}$$

$$= (10047240 \times 6,26 \times 10^{-3}) / 85263,192$$

$$= 3,73 \text{ hari}$$

4.4.8 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

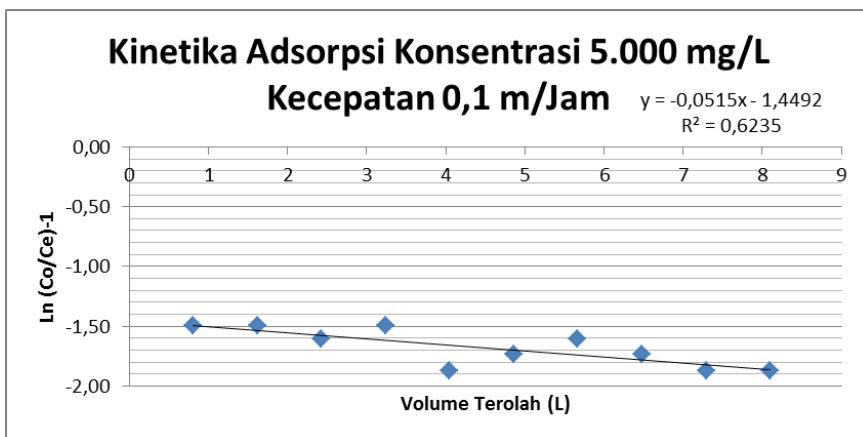
$$\begin{aligned} Co &= 5263,16 \text{ mg/L} \\ Ce &= 4298,25 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 8,1 \text{ L/hari} \\ Co/Ce-1 &= (5263,16 \text{ mg/L} / 4298,25 \text{ mg/L} - 1) \\ &= 0,22 \\ \text{Ln (Co/Ce-1)} &= \text{Ln}(0,22) \\ &= -1,49 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,1 m/jam pada konsentrasi 5.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.12. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.31.

Tabel 4. 12 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	5263,16	4298,25	0,81	0,22	-1,49
2	5263,16	4298,25	1,62	0,22	-1,49
3	5263,16	4385,96	2,43	0,20	-1,61
4	5263,16	4298,25	3,24	0,22	-1,49
5	5263,16	4561,40	4,05	0,15	-1,87
6	5263,16	4473,68	4,86	0,18	-1,73
7	5263,16	4385,96	5,67	0,20	-1,61
8	5263,16	4473,68	6,48	0,18	-1,73
9	5263,16	4561,40	7,29	0,15	-1,87
10	5263,16	4561,40	8,1	0,15	-1,87

Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4. 31 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.31, didapatkan nilai:

- Slope = 0,0515
- $K1 \times Co/Q$ = 0,0515
- $K1$ = $(0,0515 \times Q)/Co$
- Bila Q = 8,1 L/Jam = 8,1 L/hari
- Dan Co = 5263,16 mg/L
- Maka nilai $K1$ = $(0,0515 \times 8,1) / 5263,16$ mg/L
- Maka Nilai $K1$ = $7,92 \times 10^{-5}$ L/mg.jam

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

- Intersep = 1,4492
- $(K1 \times q_0 \times M)/Q$ = 1,4492
- q_0 = $(1,4492 \times Q) / (K1 \times M)$
- Bila massa zeolit = 10047,24 gram
- = 10047240 mg

Maka nilai q_0 didapat:

- q_0 = $(1,4492 \times 8,1) / (7,92 \times 10^{-5} \times 10047240)$
- = 0,014 mg adsorbat/ mg adsorban

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

- Konsentrasi klorida = $Q \times Co$
- = 8,1 L/hari \times 5263,16 mg/L

$$\begin{aligned}
 &= 42631,59 \text{ mg/hari} \\
 \text{Waktu Breakthrough} &= M^*q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\
 &= (10047240 * 0,014) / 42631,59 \\
 &= 3,29 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

4.4.9 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 5244,83 \text{ mg/L} \\
 C_e &= 3534,48 \text{ mg/L} \\
 \text{Volume terolah} &= 2,5 \text{ L/hari} \\
 C_0/C_e-1 &= (5244,83 \text{ mg/L} / 3534,48 \text{ mg/L}) - 1 \\
 &= 0,51 \\
 \ln(C_0/C_e-1) &= \ln(0,51) \\
 &= -0,67
 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,03 m/jam pada konsentrasi 5.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.13. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara $\ln(C_0/C_e-1)$ dan volume terolah pada Gambar 4.32.

Tabel 4. 13 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 5.000 mg/L

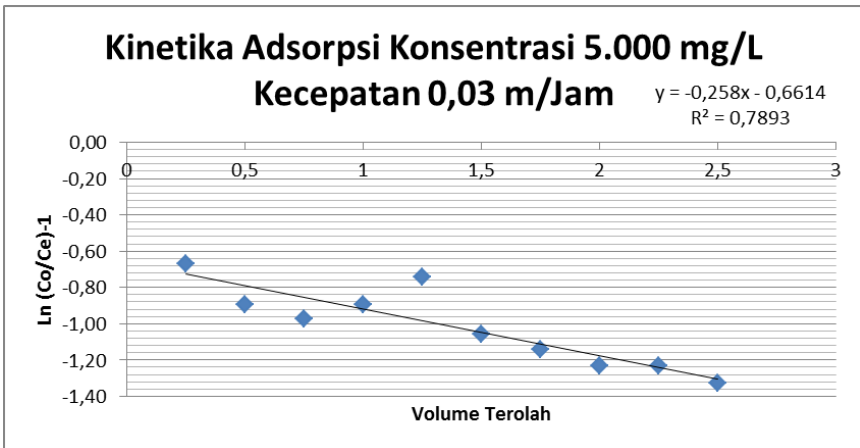
Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	C_0/C_e-1	$\ln(C_0/C_e-1)$
1	5344,83	3534,48	0,25	0,51	0,67
2	5344,83	3793,10	0,5	0,41	0,89
3	5344,83	3879,31	0,75	0,38	0,97
4	5344,83	3793,10	1	0,41	0,89
5	5344,83	3620,69	1,25	0,48	0,74
6	5344,83	3965,52	1,5	0,35	1,06
7	5344,83	4051,72	1,75	0,32	1,14
8	5344,83	4137,93	2	0,29	1,23

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
9	5344,83	4137,93	2,25	0,29	1,23
10	5344,83	4224,14	2,5	0,27	1,33

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.32, didapatkan nilai:

Slope = 0,258
 $K_1 \times Co/Q$ = 0,258
 K_1 = $(0,258 \times Q)/Co$
 Bila Q = 0,25 L/Jam = 2,5 L/hari
 Dan Co = 5344,83 mg/L
 Maka nilai K_1 = $(0,258 \times 2,5) / 5344,83$ mg/L
 Maka Nilai K_1 = $1,2 \times 10^{-4}$ L/mg.jam



Gambar 4. 32 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/iam Konsentrasi 5.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Intersep} &= 0,6614 \\ (K1 \times q_0 \times M)/Q &= 0,6614 \\ q_0 &= (0,6614 \times Q) / (K1 \times M) \\ \text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\ &= 10047240 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka nilai } q_0 \text{ didapat:} \\ q_0 &= (0,6614 \times 2,5) / (1,2 \times 10^{-4} \times 10047240) \\ &= 1,37 \times 10^{-3} \text{ mg adsorbat/ mg adsorban} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\ &= 2,5 \text{ L/hari} \times 5344,83 \text{ mg/L} \\ &= 13362,075 \text{ mg/hari} \\ \text{Waktu Breakthrough} &= M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \times 1,37 \times 10^{-3}) / 13362,075 \\ &= 3,03 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.10 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

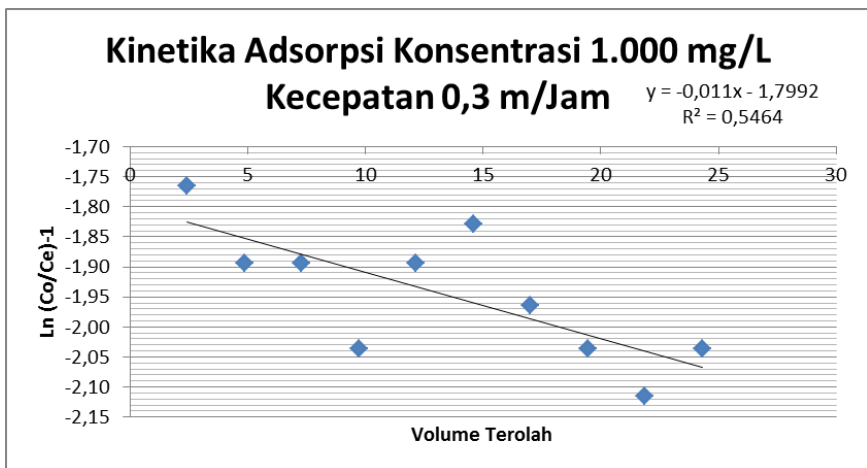
$$\begin{aligned} C_0 &= 1023,62 \text{ mg/L} \\ C_e &= 874,02 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 24,3 \text{ L/hari} \\ C_0/C_e - 1 &= (1023,62 \text{ mg/L} / 874,02 \text{ mg/L}) - 1 \\ &= 0,17 \\ \ln(C_0/C_e - 1) &= \ln(0,17) \\ &= -1,77 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,3 m/jam pada konsentrasi 1.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.14. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara $\log(C_0/C_e - 1)$ dan volume terolah pada Gambar 4.33.

Tabel 4. 14 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	1023,62	874,02	2,43	0,17	-1,77
2	1023,62	889,76	4,86	0,15	-1,89
3	1023,62	889,76	7,29	0,15	-1,89
4	1023,62	905,51	9,72	0,13	-2,04
5	1023,62	889,76	12,15	0,15	-1,89
6	1023,62	881,89	14,58	0,16	-1,83
7	1023,62	897,64	17,01	0,14	-1,96
8	1023,62	905,51	19,44	0,13	-2,04
9	1023,62	913,39	21,87	0,12	-2,11
10	1023,62	905,51	24,3	0,13	-2,04

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4. 33 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,3 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.33, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned}\text{Slope} &= 0,011 \\ K1 \times Co/Q &= 0,011 \\ K1 &= (0,011 \times Q)/Co \\ \text{Bila } Q &= 2,43 \text{ L/Jam} = 24,3 \text{ L/hari} \\ \text{Dan } Co &= 1023,62 \text{ mg/L} \\ \text{Maka nilai } K1 &= (0,011 \times 24,3 \text{ L/hari})/ 1023,62 \text{ mg/L} \\ \text{Maka Nilai } K1 &= 2,62 \times 10^{-4} \text{ L/mg.jam}\end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Intersep} &= 1,7992 \\ (K1 \times q_0 \times M)/Q &= 1,7992 \\ q_0 &= (1,7992 \times Q)/ (K1 \times M) \\ \text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\ &= 10047240 \text{ mg}\end{aligned}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$\begin{aligned}q_0 &= (1,7992 \times 24,3)/ (2,62 \times 10^{-4} \\ &\quad \times 10047240) \\ &= 1,66 \times 10^{-2} \text{ mg adsorbat/ mg adsorban}\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi klorida} &= Q \times Co \\ &= 24,3 \text{ L/hari} \times 1023,62 \text{ mg/L} \\ &= 24873,966 \text{ mg/hari} \\ \text{Waktu Breakthrough} &= M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \times 1,66 \times 10^{-2}) / 24873,966 \\ &= 6,7 \text{ hari}\end{aligned}$$

4.4.11 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned}Co &= 1023,62 \text{ mg/L} \\ Ce &= 834,65 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 16,2 \text{ L/hari} \\ Co/Ce-1 &= (1023,62 \text{ mg/L}/834,65 \text{ mg/L}-1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,23 \\ \text{Ln (Co/Ce-1)} &= \text{Ln}(0,23) \\ &= - 1,49 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,2 m/jam pada konsentrasi 1.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.15. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.34.

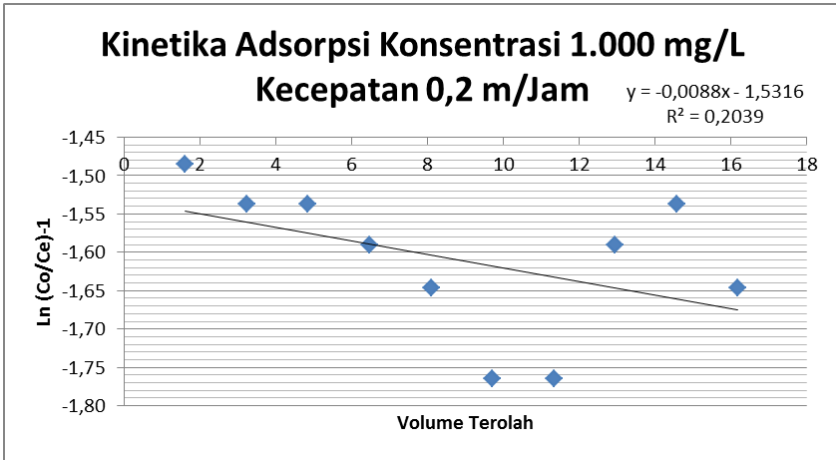
Tabel 4. 15 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	1023,62	834,65	1,62	0,23	-1,49
2	1023,62	842,52	3,24	0,21	-1,54
3	1023,62	842,52	4,86	0,21	-1,54
4	1023,62	850,39	6,48	0,20	-1,59
5	1023,62	858,27	8,1	0,19	-1,65
6	1023,62	874,02	9,72	0,17	-1,77
7	1023,62	874,02	11,34	0,17	-1,77
8	1023,62	850,39	12,96	0,20	-1,59
9	1023,62	842,52	14,58	0,21	-1,54
10	1023,62	858,27	16,2	0,19	-1,65

Sumber: Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.34, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= 0,0088 \\ K1 \times \text{Co}/Q &= 0,0088 \\ K1 &= (0,0088 \times Q)/\text{Co} \\ \text{Bila } Q &= 1,62 \text{ L/Jam} = 16,2 \text{ L/hari} \\ \text{Dan } \text{Co} &= 1023,62 \text{ mg/L} \\ \text{Maka nilai } K1 &= (0,0088 \times 16,2)/ 1023,62 \text{ mg/L} \\ \text{Maka Nilai } K1 &= 1,39 \times 10^{-4} \text{ L/mg.jam} \end{aligned}$$



Gambar 4. 34 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,2 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Sumber: Hasil Analisa

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Intersep} &= 1,5316 \\ (K_1 \times q_0 \times M)/Q &= 1,5316 \\ q_0 &= (1,5316 \times Q) / (K_1 \times M) \\ \text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\ &= 10047240 \text{ mg} \end{aligned}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$\begin{aligned} q_0 &= (1,5316 \times 16,2 \text{ L/hari}) / (1,39 \times 10^{-4} \times 10047240) \\ &= 1,77 \times 10^{-2} \text{ mg adsorbat/ mg adsorban} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\ &= 16,2 \text{ L/hari} \times 1023,62 \text{ mg/L} \\ &= 16582,64 \text{ mg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Breakthrough} &= M \times q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \times 1,77 \times 10^{-2}) / 16582,64 \\ &= 10,72 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.12 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

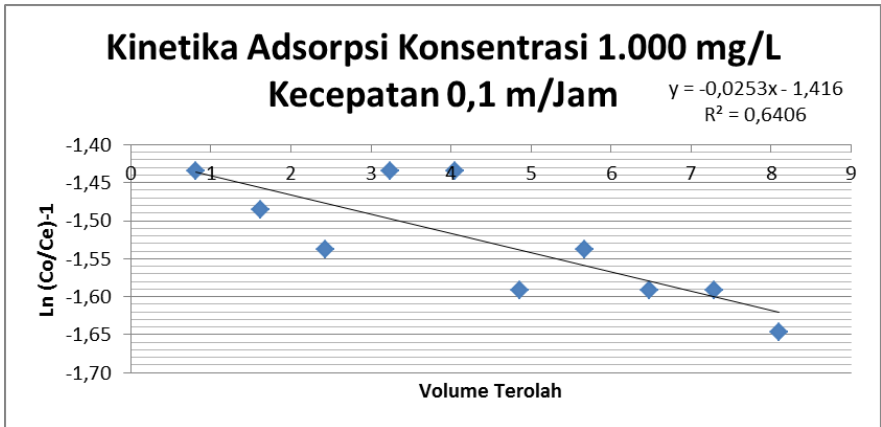
$$\begin{aligned} C_0 &= 1023,62 \text{ mg/L} \\ C_e &= 826,77 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 8,1 \text{ L/hari} \\ C_0/C_e-1 &= (1023,62 \text{ mg/L}/826,77 \text{ mg/L}-1) \\ &= 0,24 \\ \ln(C_0/C_e-1) &= \ln(0,24) \\ &= -1,44 \end{aligned}$$

Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,1 m/jam pada konsentrasi 1.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.16. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara log (Co/Ce-1) dan volume terolah pada Gambar 4.35.

Tabel 4. 16 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
1	1023,62	826,77	0,81	0,24	-1,44
2	1023,62	834,65	1,62	0,23	-1,49
3	1023,62	842,52	2,43	0,21	-1,54
4	1023,62	826,77	3,24	0,24	-1,44
5	1023,62	826,77	4,05	0,24	-1,44
6	1023,62	850,39	4,86	0,20	-1,59
7	1023,62	842,52	5,67	0,21	-1,54
8	1023,62	850,39	6,48	0,20	-1,59
9	1023,62	850,39	7,29	0,20	-1,59
10	1023,62	858,27	8,1	0,19	-1,65

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4. 35 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,1 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.35, didapatkan nilai:

Slope	= 0,0253
$K_1 \times Co/Q$	= 0,0253
K_1	= $(0,0253 \times Q)/Co$
Bila Q	= 0,81 L/Jam = 8,1 L/hari
Dan Co	= 1023,62 mg/L
Maka nilai K_1	= $(0,0253 \times 8,1) / 1023,62$ mg/L
Maka Nilai K_1	= 2×10^{-4} L/mg.jam

Sedangkan untuk mendapat nilai q_o yaitu:

Intersep	= 1,416
$(K_1 \times q_o \times M)/Q$	= 1,416
q_o	= $(1,416 \times Q) / (K_1 \times M)$
Bila massa zeolit	= 10047,24 gram
	= 10047240 mg

Maka nilai q_o didapat:

q_o	= $(1,416 \times 8,1) / (2 \times 10^{-4} \times 10047240)$
	= $1,14 \times 10^{-2}$ mg adsorbat/ mg adsorban

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\ &= 8,1 \text{ L/hari} \times 1023,62 \text{ mg/L} \\ &= 8291,32 \text{ mg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Breakthrough} &= M \cdot q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\ &= (10047240 \cdot 1,14 \times 10^{-2}) / 8291,32 \\ &= 13,8 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.4.13 Pendekatan Konstanta Kinetika dan Kapasitas Media Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Berikut ini merupakan contoh perhitungan konstanta kinetika pada jam 1.

$$\begin{aligned} C_0 &= 1103,45 \text{ mg/L} \\ C_e &= 637,93 \text{ mg/L} \\ \text{Volume terolah} &= 8,1 \text{ L/hari} \\ C_0/C_e-1 &= (1103,45 \text{ mg/L}/637,93 \text{ mg/L}-1) \\ &= 0,73 \\ \text{Ln}(C_0/C_e-1) &= \text{Ln}(0,73) \\ &= -0,32 \end{aligned}$$

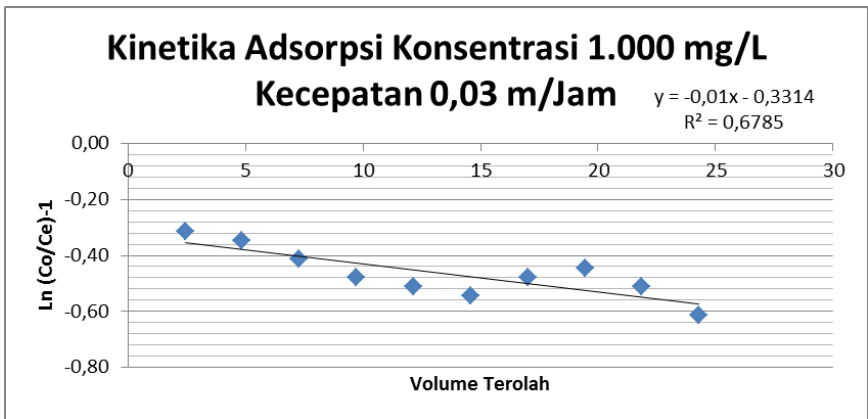
Data perhitungan konstanta kinetika kecepatan 0,03 m/jam pada konsentrasi 1.000 mg/L dapat dilihat pada Tabel 4.17. Dari hasil data tersebut maka akan dibuat grafik hubungan antara $\log(C_0/C_e-1)$ dan volume terolah pada Gambar 4.36.

Tabel 4. 17 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	C_0/C_e-1	$\text{Ln}(C_0/C_e-1)$
1	1103,45	637,93	0,25	0,73	-0,32
2	1103,45	646,55	0,5	0,71	-0,35
3	1103,45	663,79	0,75	0,66	-0,41

Jam Ke	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Volume (L)	Co/Ce-1	Ln (Co/Ce-1)
4	1103,45	681,03	1	0,62	-0,48
5	1103,45	689,66	1,25	0,60	-0,51
6	1103,45	698,28	1,5	0,58	-0,54
7	1103,45	681,03	1,75	0,62	-0,48
8	1103,45	672,41	2	0,64	-0,44
9	1103,45	689,66	2,25	0,60	-0,51
10	1103,45	715,52	2,5	0,54	-0,61

Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4. 36 Grafik Konstanta Kinetika Media Filter Kecepatan 0,03 m/jam Konsentrasi 1.000 mg/L

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan Gambar 4.36, didapatkan nilai:

$$\begin{aligned} \text{Slope} &= 0,01 \\ K1 \times Co/Q &= 0,01 \\ K1 &= (0,01 \times Q)/Co \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bila } Q &= 0,25 \text{ L/Jam} = 2,5 \text{ L/hari} \\
\text{Dan } C_0 &= 1103,45 \text{ mg/L} \\
\text{Maka nilai } K_1 &= (0,01 \times 2,5) / 1023,62 \text{ mg/L} \\
\text{Maka Nilai } K_1 &= 2,44 \times 10^{-5} \text{ L/mg.jam}
\end{aligned}$$

Sedangkan untuk mendapat nilai q_0 yaitu:

$$\begin{aligned}
\text{Intersep} &= 0,3314 \\
(K_1 \times q_0 \times M) / Q &= 0,3314 \\
q_0 &= (0,3314 \times Q) / (K_1 \times M) \\
\text{Bila massa zeolit} &= 10047,24 \text{ gram} \\
&= 10047240 \text{ mg}
\end{aligned}$$

Maka nilai q_0 didapat:

$$\begin{aligned}
q_0 &= (0,3314 \times 2,5) / (2,44 \times 10^{-5} \times 10047240) \\
&= 3,37 \times 10^{-3} \text{ mg adsorbat/ mg adsorban}
\end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai q_0 maka dapat dihitung waktu breakthrough dari media zeolit sebagai berikut:

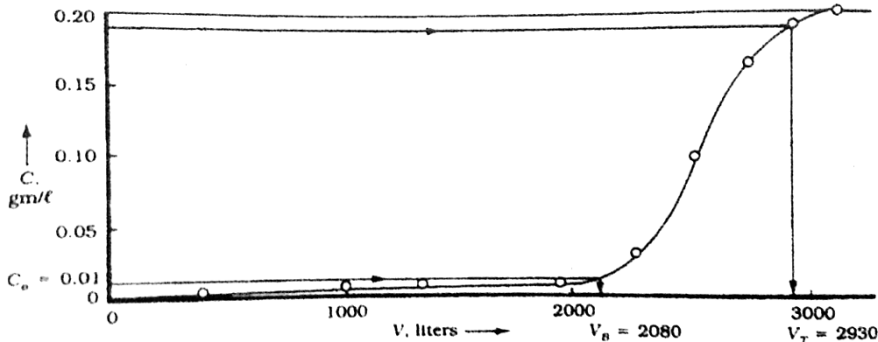
$$\begin{aligned}
\text{Konsentrasi klorida} &= Q \times C_0 \\
&= 2,5 \text{ L/hari} \times 1103,45 \text{ mg/L} \\
&= 2758,63 \text{ mg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Waktu Breakthrough} &= M \cdot q_0 / \text{konsentrasi klorida} \\
&= (10047240 \cdot 6,74 \times 10^{-3}) / 2758,63 \\
&= 24,5 \text{ hari}
\end{aligned}$$

4.4.14 Kelemahan Penelitian dalam Penentuan Waktu Breakthrough

Pada bagian ini akan dijelaskan kekurangan penelitian dalam menetapkan waktu *breakthrough* zeolit dalam menyerap klorida.

Menurut Reynold dan Richards (1996) kurva *breakthrough* menunjukkan hubungan antara konsentrasi adsorbat pada waktu atau volume. Berdasarkan kurva *breakthrough* akan diketahui waktu breakthrough media berdasarkan titik *breakthrough*. Titik *breakthrough* adalah titik batas maksimum penyerapan adsorbat terhadap effluent tersebut.



Gambar 4. 37 Kurva Breakthrough

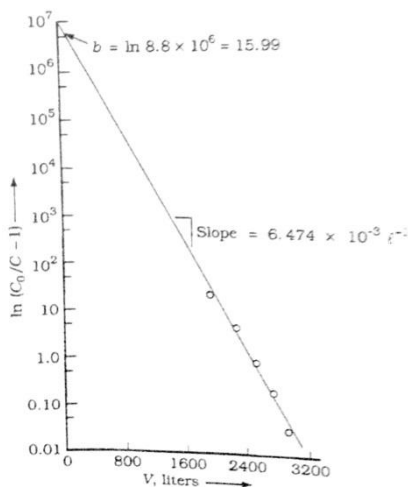
Sumber: Reynold dan Richards (1996)

Gambar 4.37 menunjukkan tipikal kurva *breakthrough* pada sistem kontinyu, dimana sumbu x merupakan volume terolah dalam liter (L) dan y merupakan konsentrasi outlet dalam mg/L. Berdasarkan kurva breakthrough tersebut maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas adsorpsi dari media dengan menggunakan pendekatan kinetika adsorpsi atau model adsorpsi Thomas. Dimana grafik tipikal konstanta kinetika media dari pendekatan kinetika adsorpsi terdapat pada Gambar 4.38.

Grafik pendekatan kinetika adsorpsi, pada Gambar 4.38 digambarkan dengan volume effluent pada sumbu x serta $\ln(C_0/C_e)-1$ pada sumbu y. Grafik linier akan menghasilkan persamaan regresi $y=ax+b$, dimana nilai a dan b pada persamaan regresi akan digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi media pada penelitian, seperti yang telah dilakukan pada sub bab 4.4.2 hingga sub bab 4.4.13.

Kurva *breakthrough* pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran E, sedangkan grafik pendekatan kinetika terdapat pada sub bab 4.4.2 hingga sub bab 4.4.13. Berdasarkan hasil analisa kurva breakthrough dan grafik pendekatan kinetika adsorpsi diketahui bahwa hasil penelitian ini tidak sesuai dengan tipikal

kurva *breakthrough* dan grafik pendekatan kinetika adsorpsi pada Reynolds dan Richards (1996), hal ini disebabkan karna kurva breakthrough pada Lampiran E, masih menunjukkan hasil yang fluktuatif dan tidak stabil, hasil belum menunjukkan titik breakthrough pada volume terolah. Waktu *running* filter dihentikan tidak mencapai *breakthrough* dikarenakan keterbatasan waktu dalam penelitian, sehingga menyebabkan waktu breakthrough tidak tercapai dan tidak sesuai dengan kurva *breakthrough* dan grafik kinetika pada Gambar 4.37 dan Gambar 4.38.



Gambar 4. 38 Grafik Pendekatan Kinetika Adsorpsi
 Sumber: Reynold dan Richards (1996)

Dalam mengatasi kekurangan penelitian ini maka waktu breakthrough dihitung berdasarkan analisa kapasitas adsorpsi media filter, dimana perhitungan waktu breakthrough tiap variasi pada penelitian utama terdapat pada sub bab 4.4.2 hingga sub bab 4.4.13. Namun, perhitungan waktu breakthrough tersebut

belum dapat dijadikan acuan utama dalam penggunaan zeolit sebagai media filter dalam menyerap ion-ion salinitas, dikarenakan penetapan waktu hanya berdasarkan teori kapasitas adsorpsi saja. Selain itu, *breakthrough* tidak hanya disebabkan oleh ion klorida saja melainkan total ion dalam air, sehingga waktu *breakthrough* bisa saja lebih cepat dibandingkan hasil perhitungan yang diberikan. Penelitian lebih lanjut diperlukan dalam menentukan waktu *breakthrough* media filter, sehingga dapat diketahui waktu jenuh media dalam menyerap polutan.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan penelitian yang telah disampaikan maka dapat disimpulkan:

1. Penyisihan klorida dan penurunan salinitas yang paling baik oleh filter zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida dengan kecepatan 0,03 m/jam. Penyisihan paling baik terjadi karena dengan kecepatan 0,03 m/jam meningkatkan waktu kontak antara air payau dan zeolit teraktivasi, dibandingkan kecepatan 0,1 m/jam, 0,2 m/jam dan 0,3 m/jam. Penyisihan pada kecepatan filtrasi 0,03 m/jam adalah:
 - a. Penyisihan klorida pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 20,66%, pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 26,77%, dan pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 38,59%.
 - b. Penurunan salinitas pada konsentrasi 10.000 mg/L adalah 15,55 % , pada konsentrasi 5.000 mg/L adalah 16,51%, dan pada konsentrasi 1.000 mg/L adalah 20,94%.

Konsentrasi klorida dan salinitas pada outlet filter belum memenuhi baku mutu air minum pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 dengan nilai klorida <250 mg/L dan salinitas <0,5 ppt. Hasil tersebut menunjukkan zeolit teraktivasi surfaktan benzalkonium klorida tidak dapat dijadikan salah satu jenis pengolahan air payau.

2. Waktu *breakthrough* dihitung dengan model adsorpsi Thomas. Waktu breakthrough tiap variabel adalah sebagai berikut:
 - a. Pada konsentrasi 10.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 5,5 hari, kecepatan 0,2 m/jam 4,8 hari, kecepatan 0,1 m/jam 3,3 hari, kecepatan 0,03 m/jam 3,69 hari.

- b. Pada konsentrasi 5.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 3,4 hari, kecepatan 0,2 m/jam 3,73 hari, kecepatan 0,1 m/jam 3,29 hari, kecepatan 0,03 m/jam 3,03 hari.
- c. Pada konsentrasi 1.000 mg/L, kecepatan 0,3 m/jam 6,7 hari, kecepatan 0,2 m/jam 10,72 hari, kecepatan 0,1 m/jam 13,8 hari, kecepatan 0,03 m/jam 24,5 hari.

Waktu breakthrough ditetapkan berdasarkan pendekatan kinetika adsorpsi (model Thomas), dan belum dibuktikan atas hasil penelitian, sehingga tidak dapat dijadikan acuan utama dalam penetapan waktu breakthrough zeolit dalam menyisihkan klorida.

5.2 Saran

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan dalam penelitian ini maka terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian selanjutnya:

1. Penetapan waktu *breakthrough* media filter sebaiknya didapatkan dari hasil penelitian dan tidak hanya mengacu pada perhitungan teori pendekatan kinetika adsorpsi. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan waktu yang akurat untuk regenerasi media filter.
2. Melakukan penelitian dengan pertimbangan ion garam lain seperti K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} agar mengetahui kemampuan filter dalam menurunkan kadar salinitas dengan pengaruh ion-ion garam lainnya.
3. Melakukan penelitian dengan jenis aktivator yang berbeda untuk mengetahui kemampuan zeolit dalam menurunkan klorida dan salinitas. Salah satu aktivator yang dapat dicoba adalah surfaktan jenis HDTMA⁺.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghakani, A., Mousavi, S.F., Mostafazadeh-Fard. B., Rostamian, R., dan Seraji, M. 2011. "Application of Some Combined Adsorbents to Remove Salinity Parameters From Drainage Water". **Journal Desalination Volume**, 275:217-223.
- Astuti, Widi., Jamali,Adil., dan Amin, Muhammad. 2007. "Desalinasi Air Payau Menggunakan *Surfactan Modified Zeolit* (SMZ)". **Jurnal Zeolit Indonesia**, 2:1411-6723.
- Aziza, Farida Nur., Latifah., dan Kusumastuti, Ella . 2014. "Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Ammonium Nitrat untuk Menurunkan Salinitas Air Sumur Payau". **Journal of Chemical Science** 3, 3:234-238.
- Banon, Charles dan Suharto, Totok Eka. 2008. "Adsorpsi Amoniak Oleh Adsorben Zeolit Alam Yang Diaktivasi Dengan Larutan Amonium Nitrat".**Jurnal Gradien**.354-360.
- Benefield, Larry D. 1982. **Process Chemistry for Water and Wastewater**. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall,
- Darmawangsa, Wahyuni,Nelly., Jati, Dian Rahayu. 2014. "Desalinasi Air Payau Dengan Media Adsorben Zeolit Di Daerah Pesisir Pantai Kecamatan Sungai Kunyit Kabupaten Mempawah". **Jurnal Mahasiswa Teknik Lingkungan UNTAN**, Volume 1 No 1.
- Depkes RI. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum**. Jakarta.
- Dinora, Gianina Qurrata. 2009. Tugas Akhir. **Penurunan Kandungan Zat Kapur Dalam Air Tanah Dengan Menggunakan Filter Media Zeolit Alam Dan Karbon Aktif Menjadi Air Bersih**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Hardini, I. 2011. Laporan Tugas Akhir (S1). **Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Mangan Zeolit dan Kabon Aktif: Studi Kasus Air Sumur Gali Permukiman Desa Banjar**

- PO Sidoarjo.** Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- Huisman,L., dan Wood.E. W. 1974. **Slow Sand Filtration.** WHO. Genewa
- Jatmiko, A.2005. Tugas Akhir. **Studi Awal Pemanfaatan Chitosan Untuk Penurunan Kandungan Logam Berat Chrom (VI) Pada Limbah.** Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- Kordi, M.G.H.K. 1996. **Parameter Kualitas Air.** Penerbit Karya Anda: Surabaya. Kumalasari, F dan Satoto, Y. 2011. **Teknik Praktis Mengolah Air Kotor Menjadi Air Bersih.** Bekasi: Laskar Aksara.
- Kurniawan,Ade., Rahadi, Bambang dan Susanawati, Liliya Dewi. 2014."Studi Pengaruh Zeolit Alam Termodifikasi HDTMA Terhadap Penurunan Salinitas Air Payau. **Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan.**
- Kusumastuti,S. 2010. Tugas Akhir. **Efektivitas Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Ammonium Nitrat (NH₄NO₃) untuk Menurunkan COD dan BOD Air Limbah Produksi Kertas.** Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Li, Zhaohui., Alessi, Daniel dan Allen, Lori.2002. "Influence of Quaternary Ammonium on Sorption of Selected Metal Cations onto Clinoptilolite Zeolite". **Journal Environmental Quality**, Volume 31.
- Masduqi, A dan Assomadi, A.F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air.** Surabaya: ITS Press.
- Metcalf dan Eddy. 2003. **Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse.** New York:McGraw-Hill, Inc. Cf
- Mifbakhuddin.2010. **Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artesis.** Eksplansi Volume 5 Nomor 2 Edisi Oktober 2010.
- Misran, Erni. 2002. Tugas Akhir. **Aplikasi Teknologi Berbasiskan Membran dalam Bidang Bioteknologi Kelautan: Pengendalian Pencemaran.** Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara: Medan.

- Narmasari A. 2005. Tugas Akhir. **Proses Penyulingan Air Payau dengan Metode Desalinasi Sederhana**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya.
- Nugroho, Wahyu dan Purwoto, Setyo. 2013. "Removal Klorida, TDS, Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif". **Jurnal Teknik Waktu**, Volume 11 Nomor 01.
- Nurhayati, Indah dan Purwoto, Setyo. 2014. "Pengolahan Air Payau Berbasis Kimiawi Melalui Tekno Membran Reverse Osmosis (RO) Terpadukan Dengan Koagulan dan Penukaran Ion". **Prosiding Seminar Nasional Kimia, ISBN: 978-602-0951-00-3**.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.
- Perusahaan Daerah Air Minum Surabaya. 2016. **Hasil Pengujian Kualitas Air**, <URL: <http://www.pdam-sby.go.id/m/index.php?bhs=1>>
- Purnama, Setyawan dan Sulaswono, Budi. 2006. "Pemanfaatan Teknik Geolistik Untuk Mendeteksi Persebaran Airtanah Asin Pada Akuifer Bebas Di Kota Surabaya". **Jurnal Majalah Geografi Indonesia**, 20:32-66.
- Purwoto S. 2006. Thesis. **Desalinasi Air Payau Secara Penguapan dalam Ruang Kaca**. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Reynold, T.D., dan Richard, P.A. 1996. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering**. Boston : PWS Publishing Company.
- Rita, Hadiatni P., Apprisiani, Gracy W., dan Rahman, Syarif. 2002. "Perhitungan Koefisien Perpindahan Massa Pada Purolite Sebagai Resin Penukar Ion". **Jurnal Unitas**, Vol.10 No.2.
- Ronaldo, R. 2008. Tugas Akhir. **Zeolit Alam dan Kitosan sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor**. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Rosari, Titis. 2014. Thesis. **Desalinasi Air Payau Menggunakan Energi Solar Dengan Parabolic Trough**. Fakultas

- Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Ruthven, Douglas M. 1984. **Principles of Adsorption and Adsorption Processes**. Canada: John Wiley Sons, Inc.
- Said, N.I. 2007. **Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk**. JAI Vol.3, No.2.
- Sawyer, C.N, P.L MC Carty, dan G.F. Parkin. 2003. **Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5th Edition**. New York: Mc Graw Hill.
- Sihombing, J.B.F. 2007. Tugas Akhir. **Penggunaan Media Filtran Dalam Upaya Mengurangi Beban Cemar Air Limbah Cair Industri Kecil Tapioka**. FTP Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Stuyfzand, P.J. 1986. "A new hydrochemical classification of water types: principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands". Proc. 9th Salt Water Intrusion meeting, Delft 12-16 May, Delft Univ.Techn:641-655.
- Tchobanoglous, G.1991.**Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Third Edition**. New York: McGraw-Hill Inc.
- Wahyuni,Nelly.2010."Modifikasi Kaolin Dengan Surfaktan Benzalkonium Klorida Dan Karakterisasinya Menggunakan Spektrofotometer Inframerah". **Jurnal Sains dan Terapan Kimia**, Volume 4 Nomor 1, 1-14.
- Wang, Shaobin dan Peng, Yuelian. 2010. "Natural Zeoltes as Effective Adsorbents in Water and Wastewater Treatment". **Chemical Engineering Journal**,156, 11-24.
- Yung, K. (2003). **Biosand Filtration: Application in the Developing World**. Civil Engineering
- Yusuf, Etikasari., Rachmanto, Tuhu Agung., dan Laksmono, Rudi. 2010. "Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Menggunakan Membran Reverse Osmosis". **Jurnal Teknik Lingkungan**, Volume 1 Nomor 1.
- Zhan, Y., *et al*. 2011. "Removal of Nitrate from Aqueous Solution Using Cetylpyridinium Bromide (CPB) Modified Zeolite as Adsorbent". **Journal Hazard Mater**, 186, 1972-1978.


Lampiran A

Uji Klorida Dengan Titration MOHR SNI 06-6989.19-2004

1. Pembuatan Larutan AgNO_3 1/35,45 N
 - Larutkan 4,7945 gram AgNO_3 dalam 1 L aquades
2. Pembuatan Larutan K_2CrO_4
 - Larutkan 10 gram AgNO_3 dalam 100 ml aquades
3. Standarisasi AgNO_3
 - Larutkan 1,64851 gram NaCl p.a dalam 1 L aquadest
 - Diambil 10 ml larutan NaCl
 - Ditambahkan 3 tetes HNO_3 pekat
 - Ditambahkan 3-5 tetes K_2CrO_4 10%
 - Di titrasi dengan AgNO_3 1/35,45 N
 - Faktor $\text{AgNO}_3 = 10/ \text{ml titrasi AgNO}_3$
4. Prosedur Analisis
 - Diambil 1 ml larutan sampel yang ingin dianalisis
 - Ditambahkan aquades hingga 25 ml
 - Ditambahkan 3 tetes HNO_3 pekat
 - Ditambahkan 3-5 tetes K_2CrO_4 10%
 - Di titrasi dengan AgNO_3 1/35,45 N hingga berwarna merah
 - $\text{Cl}^- = (1000/\text{ml sampel}) \times 1/35,45 \times \text{ml titrasi} \times \text{faktor koreksi} \times 35,45$

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

Lampiran B
Hasil Analisa Laboratorium Air Sumur Sidoarjo

BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
LABORATORIUM
 **PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI**
SURABAYA – JAWA TIMUR

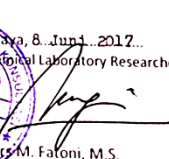

REPORT

Certificate of Analysis

No : 06727/KI/VI-2017
Code : Penelitian
Sample Sender : Mhs.TL ITS Surabaya
Sample Name : Air Sumur
Test : Lengkap
Sample Brand :
Sample Identity : Cairan Jernih
Sample Accepted : 6 Juni 2017

Chemical laboratory test result is :

Kandungan sbg. Ca , ppm : 38,6
Sulfat , ppm : 205,4
Besi , ppm : 8,3
Mn , ppm : 1,05
Kekeruhan , NTU : 8,5
 NH_3 , ppm \approx 1,2

Surabaya, 8. Juni 2017..
Head of Chemical Laboratory Researcher

Dr. M. Faton, M.S.


Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
Surabaya

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

Lampiran C
Hasil Analisa Penyisihan Klorida

Tabel 1. Analisis Klorida Oleh Zeolit Tidak Teraktivasi

Jam Ke	Faktor koreksi	Titration			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,83	12,70	11,70	0,80	9916,67	9083,33	8,40	6,47
2	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	
3	0,83	12,70	11,90	0,80	9916,67	9250,00	6,72	
4	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
5	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	
6	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
7	0,83	12,70	11,90	0,80	9916,67	9250,00	6,72	
8	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
9	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
10	0,83	12,70	12,20	0,80	9916,67	9500,00	4,20	

Tabel 2. Analisis Klorida Oleh Arang Aktif

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	5,71
2	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	
3	0,83	12,70	11,90	0,80	9916,67	9250,00	6,72	
4	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	
5	0,83	12,70	12,10	0,80	9916,67	9416,67	5,04	
6	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
7	0,83	12,70	12,20	0,80	9916,67	9500,00	4,20	
8	0,83	12,70	12,30	0,80	9916,67	9583,33	3,36	
9	0,83	12,70	12,10	0,80	9916,67	9416,67	5,04	
10	0,83	12,70	12,20	0,80	9916,67	9500,00	4,20	

Tabel 3. Analisis Klorida Oleh Zeolit dan Arang Aktif

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	5,63
2	0,83	12,70	11,90	0,80	9916,67	9250,00	6,72	
3	0,83	12,70	11,90	0,80	9916,67	9250,00	6,72	
4	0,83	12,70	11,80	0,80	9916,67	9166,67	7,56	
5	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
6	0,83	12,70	12,00	0,80	9916,67	9333,33	5,88	
7	0,83	12,70	12,30	0,80	9916,67	9583,33	3,36	
8	0,83	12,70	12,10	0,80	9916,67	9416,67	5,04	
9	0,83	12,70	12,20	0,80	9916,67	9500,00	4,20	
10	0,83	12,70	12,30	0,80	9916,67	9583,33	3,36	

Tabel 4. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,81	13,60	12,40	0,80	10364,37	9392,71	9,37	8,36
2	0,81	13,60	12,40	0,80	10364,37	9392,71	9,37	
3	0,88	13,60	12,40	0,80	11228,07	10175,44	9,37	
4	0,88	13,60	12,50	0,80	11228,07	10263,16	8,59	
5	0,88	13,60	12,60	0,80	11228,07	10350,88	7,81	
6	0,88	13,60	12,50	0,80	11228,07	10263,16	8,59	
7	0,88	13,60	12,50	0,80	11228,07	10263,16	8,59	
8	0,88	13,60	12,60	0,80	11228,07	10350,88	7,81	
9	0,88	13,60	12,70	0,80	11228,07	10438,60	7,03	
10	0,88	13,60	12,70	0,80	11228,07	10438,60	7,03	

Tabel 5. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,81	13,60	12,30	0,80	10364,37	9311,74	10,16	9,45
2	0,81	13,60	12,20	0,80	10364,37	9230,77	10,94	
3	0,88	13,60	12,30	0,80	11228,07	10087,72	10,16	
4	0,88	13,60	12,40	0,80	11228,07	10175,44	9,37	
5	0,88	13,60	12,30	0,80	11228,07	10087,72	10,16	
6	0,88	13,60	12,60	0,80	11228,07	10350,88	7,81	
7	0,88	13,60	12,40	0,80	11228,07	10175,44	9,37	
8	0,88	13,60	12,30	0,80	11228,07	10087,72	10,16	
9	0,88	13,60	12,50	0,80	11228,07	10263,16	8,59	
10	0,88	13,60	12,60	0,80	11228,07	10350,88	7,81	

Tabel 6. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	12,40	10,30	0,80	10175,44	8333,33	18,10	13,88
2	0,88	12,40	10,40	0,80	10175,44	8421,05	17,24	
3	0,88	12,40	10,60	0,80	10175,44	8596,49	15,52	
4	0,88	12,40	10,80	0,80	10175,44	8771,93	13,79	
5	0,88	12,40	10,70	0,80	10175,44	8684,21	14,66	
6	0,88	12,40	10,80	0,80	10175,44	8771,93	13,79	
7	0,88	12,40	10,60	0,80	10175,44	8596,49	15,52	
8	0,88	12,40	10,90	0,80	10175,44	8859,65	12,93	
9	0,88	12,40	11,00	0,80	10175,44	8947,37	12,07	
10	0,88	12,40	11,80	0,80	10175,44	9649,12	5,17	

Tabel 7. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam Ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	12,40	10,70	0,80	10175,44	8684,21	14,66	12,76
2	0,88	12,40	10,90	0,80	10175,44	8859,65	12,93	
3	0,88	12,40	10,80	0,80	10175,44	8771,93	13,79	
4	0,88	12,40	10,80	0,80	10175,44	8771,93	13,79	
5	0,88	12,40	10,60	0,80	10175,44	8596,49	15,52	
6	0,88	12,40	11,00	0,80	10175,44	8947,37	12,07	
7	0,88	12,40	11,10	0,80	10175,44	9035,09	11,21	
8	0,88	12,40	11,10	0,80	10175,44	9035,09	11,21	
9	0,88	12,40	11,20	0,80	10175,44	9122,81	10,34	
10	0,88	12,40	11,00	0,80	10175,44	8947,37	12,07	

Tabel 8. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	12,40	10,90	0,80	10175,44	8859,65	12,93	10,60
2	0,88	12,40	11,00	0,80	10175,44	8947,37	12,07	
3	0,88	12,40	11,20	0,80	10175,44	9122,81	10,34	
4	0,88	12,40	11,30	0,80	10175,44	9210,53	9,48	
5	0,88	12,40	11,00	0,80	10175,44	8947,37	12,07	
6	0,88	12,40	11,10	0,80	10175,44	9035,09	11,21	
7	0,88	12,40	11,20	0,80	10175,44	9122,81	10,34	
8	0,88	12,40	11,40	0,80	10175,44	9298,25	8,62	
9	0,88	12,40	11,30	0,80	10175,44	9210,53	9,48	
10	0,88	12,40	11,30	0,80	10175,44	9210,53	9,48	

Tabel 9. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,89	12,80	10,10	0,60	10892,86	8482,14	22,13	21,86
2	0,89	12,80	10,30	0,60	10892,86	8660,71	20,49	
3	0,89	12,80	10,10	0,60	10892,86	8482,14	22,13	
4	0,89	12,80	10,20	0,60	10892,86	8571,43	21,31	
5	0,89	12,80	10,00	0,60	10892,86	8392,86	22,95	
6	0,89	12,80	10,10	0,60	10892,86	8482,14	22,13	
7	0,89	12,80	10,30	0,60	10892,86	8660,71	20,49	
8	0,89	12,80	10,40	0,60	10892,86	8750,00	19,67	
9	0,89	12,80	10,70	0,60	10892,86	9017,86	17,21	
10	0,89	12,80	10,60	0,60	10892,86	8928,57	18,03	

Tabel 10. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	6,80	5,70	0,80	5263,16	4298,25	18,33	15,83
2	0,88	6,80	5,70	0,80	5263,16	4298,25	18,33	
3	0,88	6,80	5,80	0,80	5263,16	4385,96	16,67	
4	0,88	6,80	5,70	0,80	5263,16	4298,25	18,33	
5	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	
6	0,88	6,80	5,90	0,80	5263,16	4473,68	15,00	
7	0,88	6,80	5,80	0,80	5263,16	4385,96	16,67	
8	0,88	6,80	5,90	0,80	5263,16	4473,68	15,00	
9	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	
10	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	

Tabel 11. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	6,80	5,50	0,80	5263,16	4122,81	21,67	13,67
2	0,88	6,80	5,70	0,80	5263,16	4298,25	18,33	
3	0,88	6,80	5,60	0,80	5263,16	4210,53	20,00	
4	0,88	6,80	5,90	0,80	5263,16	4473,68	15,00	
5	0,88	6,80	6,10	0,80	5263,16	4649,12	11,67	
6	0,88	6,80	6,30	0,80	5263,16	4824,56	8,33	
7	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	
8	0,88	6,80	5,80	0,80	5263,16	4385,96	16,67	
9	0,88	6,80	6,40	0,80	5263,16	4912,28	6,67	
10	0,88	6,80	6,50	0,80	5263,16	5000,00	5,00	

Tabel 11. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,88	6,80	5,90	0,80	5263,16	4473,68	15,00	11,17
2	0,88	6,80	5,70	0,80	5263,16	4298,25	18,33	
3	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	
4	0,88	6,80	6,20	0,80	5263,16	4736,84	10,00	
5	0,88	6,80	6,10	0,80	5263,16	4649,12	11,67	
6	0,88	6,80	6,30	0,80	5263,16	4824,56	8,33	
7	0,88	6,80	6,30	0,80	5263,16	4824,56	8,33	
8	0,88	6,80	6,00	0,80	5263,16	4561,40	13,33	
9	0,88	6,80	6,30	0,80	5263,16	4824,56	8,33	
10	0,88	6,80	6,50	0,80	5263,16	5000,00	5,00	

Tabel 12. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,86	6,80	4,70	0,60	5344,83	3534,48	33,87	26,77
2	0,86	6,80	5,00	0,60	5344,83	3793,10	29,03	
3	0,86	6,80	5,10	0,60	5344,83	3879,31	27,42	
4	0,86	6,80	5,00	0,60	5344,83	3793,10	29,03	
5	0,86	6,80	4,80	0,60	5344,83	3620,69	32,26	
6	0,86	6,80	5,20	0,60	5344,83	3965,52	25,81	
7	0,86	6,80	5,30	0,60	5344,83	4051,72	24,19	
8	0,86	6,80	5,40	0,60	5344,83	4137,93	22,58	
9	0,86	6,80	5,40	0,60	5344,83	4137,93	22,58	
10	0,86	6,80	5,50	0,60	5344,83	4224,14	20,97	

Tabel 13. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,79	1,90	1,65	0,60	1023,62	826,77	19,23	17,85
2	0,79	1,90	1,66	0,60	1023,62	834,65	18,46	
3	0,79	1,90	1,67	0,60	1023,62	842,52	17,69	
4	0,79	1,90	1,65	0,60	1023,62	826,77	19,23	
5	0,79	1,90	1,65	0,60	1023,62	826,77	19,23	
6	0,79	1,90	1,68	0,60	1023,62	850,39	16,92	
7	0,79	1,90	1,67	0,60	1023,62	842,52	17,69	
8	0,79	1,90	1,68	0,60	1023,62	850,39	16,92	
9	0,79	1,90	1,68	0,60	1023,62	850,39	16,92	
10	0,79	1,90	1,69	0,60	1023,62	858,27	16,15	

Tabel 14. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,79	1,90	1,66	0,60	1023,62	834,65	18,46	16,69
2	0,79	1,90	1,67	0,60	1023,62	842,52	17,69	
3	0,79	1,90	1,67	0,60	1023,62	842,52	17,69	
4	0,79	1,90	1,68	0,60	1023,62	850,39	16,92	
5	0,79	1,90	1,69	0,60	1023,62	858,27	16,15	
6	0,79	1,90	1,71	0,60	1023,62	874,02	14,62	
7	0,79	1,90	1,71	0,60	1023,62	874,02	14,62	
8	0,79	1,90	1,68	0,60	1023,62	850,39	16,92	
9	0,79	1,90	1,67	0,60	1023,62	842,52	17,69	
10	0,79	1,90	1,69	0,60	1023,62	858,27	16,15	

Tabel 14. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titiasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,79	1,90	1,71	0,60	1023,62	874,02	14,62	12,54
2	0,79	1,90	1,73	0,60	1023,62	889,76	13,08	
3	0,79	1,90	1,73	0,60	1023,62	889,76	13,08	
4	0,79	1,90	1,75	0,60	1023,62	905,51	11,54	
5	0,79	1,90	1,73	0,60	1023,62	889,76	13,08	
6	0,79	1,90	1,72	0,60	1023,62	881,89	13,85	
7	0,79	1,90	1,74	0,60	1023,62	897,64	12,31	
8	0,79	1,90	1,75	0,60	1023,62	905,51	11,54	
9	0,79	1,90	1,76	0,60	1023,62	913,39	10,77	
10	0,79	1,90	1,75	0,60	1023,62	905,51	11,54	

Tabel 14. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/jam

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,86	1,88	1,34	0,60	1103,45	637,93	42,19	38,59
2	0,86	1,88	1,35	0,60	1103,45	646,55	41,41	
3	0,86	1,88	1,37	0,60	1103,45	663,79	39,84	
4	0,86	1,88	1,39	0,60	1103,45	681,03	38,28	
5	0,86	1,88	1,40	0,60	1103,45	689,66	37,50	
6	0,86	1,88	1,41	0,60	1103,45	698,28	36,72	
7	0,86	1,88	1,39	0,60	1103,45	681,03	38,28	
8	0,86	1,88	1,38	0,60	1103,45	672,41	39,06	
9	0,86	1,88	1,40	0,60	1103,45	689,66	37,50	
10	0,86	1,88	1,43	0,60	1103,45	715,52	35,16	

Tabel 15. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Air Sumur Payau

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen removal
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,81	6,50	4,70	0,60	4758,06	3306,45	30,51	22,20
2	0,81	6,50	4,80	0,60	4758,06	3387,10	28,81	
3	0,81	6,50	5,30	0,60	4758,06	3790,32	20,34	
4	0,81	6,50	5,30	0,60	4758,06	3790,32	20,34	
5	0,81	6,50	5,40	0,60	4758,06	3870,97	18,64	
6	0,81	6,50	5,40	0,60	4758,06	3870,97	18,64	
7	0,81	6,50	5,20	0,60	4758,06	3709,68	22,03	
8	0,81	6,50	5,10	0,60	4758,06	3629,03	23,73	
9	0,81	6,50	5,30	0,60	4758,06	3790,32	20,34	
10	0,81	6,50	5,40	0,60	4758,06	3870,97	18,64	

Tabel 16. Analisis Klorida Oleh Zeolit Tanpa Aktivasi Pada Air Sumur Payau

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,81	6,50	5,60	0,60	4758,06	4032,26	15,25	11,02
2	0,81	6,50	5,70	0,60	4758,06	4112,90	13,56	
3	0,81	6,50	5,70	0,60	4758,06	4112,90	13,56	
4	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	
5	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
6	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	
7	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
8	0,81	6,50	5,80	0,60	4758,06	4193,55	11,86	
9	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
10	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	

Tabel 17. Analisis Klorida Oleh Zeolit Tanpa Aktivasi Pada Air Sumur Payau

Jam ke	Faktor koreksi	Titrasi			Konsentrasi Klorida		Persen removal	Rata-rata persen
		inlet	outlet	blanko	inlet	outlet		
1	0,81	6,50	5,60	0,60	4758,06	4032,26	15,25	11,02
2	0,81	6,50	5,70	0,60	4758,06	4112,90	13,56	
3	0,81	6,50	5,70	0,60	4758,06	4112,90	13,56	
4	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	
5	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
6	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	
7	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
8	0,81	6,50	5,80	0,60	4758,06	4193,55	11,86	
9	0,81	6,50	5,90	0,60	4758,06	4274,19	10,17	
10	0,81	6,50	6,00	0,60	4758,06	4354,84	8,47	

Lampiran D
Hasil Analisa Penurunan Salinitas

Tabel 1. Analisis Salinitas Oleh Zeolit Tanpa Aktivasi

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen removal
	inlet	outlet		
1	13,44	12,60	6,25	6,44
2	13,44	12,60	6,25	
3	13,44	12,47	7,22	
4	13,44	12,46	7,29	
5	13,44	12,49	7,07	
6	13,44	12,60	6,25	
7	13,44	12,58	6,40	
8	13,44	12,53	6,77	
9	13,44	12,68	5,65	
10	13,44	12,74	5,21	

Tabel 2. Analisis Salinitas Oleh Arang Aktif

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen removal
	inlet	outlet		
1	13,44	12,78	4,91	4,98
2	13,44	12,69	5,58	
3	13,44	12,63	6,03	
4	13,44	12,80	4,76	
5	13,44	12,82	4,61	
6	13,44	12,83	4,54	
7	13,44	12,74	5,21	
8	13,44	12,71	5,43	
9	13,44	12,80	4,76	
10	13,44	12,91	3,94	

Tabel 3. Analisis Salinitas Oleh Zeolit dan Arang Aktif

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen removal
	inlet	outlet		
1	13,44	12,68	5,65	5,56
2	13,44	12,70	5,51	
3	13,44	12,70	5,51	
4	13,44	12,61	6,18	
5	13,44	12,66	5,80	
6	13,44	12,74	5,21	
7	13,44	12,65	5,88	
8	13,44	12,69	5,58	
9	13,44	12,72	5,36	
10	13,44	12,78	4,91	

Tabel 4. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Ammonium Nitrat

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen removal
	inlet	outlet		
1	11,5	10,53	8,43	7,05
2	11,5	10,55	8,26	
3	11,5	10,67	7,22	
4	11,5	10,79	6,17	
5	11,5	10,79	6,17	
6	11,5	10,70	6,96	
7	11,5	10,62	7,65	
8	11,5	10,68	7,13	
9	11,5	10,73	6,70	
10	11,5	10,83	5,83	

Tabel 5. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	11,5	10,35	10,00	8,01
2	11,5	10,39	9,65	
3	11,5	10,46	9,04	
4	11,5	10,42	9,39	
5	11,5	10,67	7,22	
6	11,5	10,77	6,35	
7	11,5	10,61	7,74	
8	11,5	10,65	7,39	
9	11,5	10,68	7,13	
10	11,5	10,79	6,17	

Tabel 6. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	11,30	9,56	15,40	11,84
2	11,30	9,60	15,04	
3	11,30	9,73	13,89	
4	11,30	9,58	15,22	
5	11,30	10,10	10,62	
6	11,30	9,90	12,39	
7	11,30	10,18	9,91	
8	11,30	10,37	8,23	
9	11,30	10,21	9,65	
10	11,30	10,39	8,05	

Tabel 7. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	11,30	9,78	13,45	10,67
2	11,30	9,89	12,48	
3	11,30	9,90	12,39	
4	11,30	10,21	9,65	
5	11,30	10,17	10,00	
6	11,30	10,15	10,18	
7	11,30	10,22	9,56	
8	11,30	10,24	9,38	
9	11,30	10,20	9,73	
10	11,30	10,18	9,91	

Tabel 8. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 10.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	11,30	10,15	10,18	9,36
2	11,30	10,18	9,91	
3	11,30	10,23	9,47	
4	11,30	10,17	10,00	
5	11,30	10,25	9,29	
6	11,30	10,27	9,12	
7	11,30	10,32	8,67	
8	11,30	10,28	9,03	
9	11,30	10,26	9,20	
10	11,30	10,31	8,76	

Tabel 9. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	6,96	5,86	15,80	13,62
2	6,96	5,92	14,94	
3	6,96	5,99	13,94	
4	6,96	6,00	13,79	
5	6,96	5,91	15,09	
6	6,96	5,89	15,37	
7	6,96	5,93	14,80	
8	6,96	6,18	11,21	
9	6,96	6,20	10,92	
10	6,96	6,24	10,34	

Tabel 10. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	6,96	6,07	12,79	11,54
2	6,96	6,13	11,93	
3	6,96	6,17	11,35	
4	6,96	6,18	11,21	
5	6,96	6,09	12,50	
6	6,96	6,13	11,93	
7	6,96	6,16	11,49	
8	6,96	6,18	11,21	
9	6,96	6,20	10,92	
10	6,96	6,26	10,06	

Tabel 11. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	6,96	6,06	12,93	10,69
2	6,96	6,20	10,92	
3	6,96	6,18	11,21	
4	6,96	6,11	12,21	
5	6,96	6,20	10,92	
6	6,96	6,23	10,49	
7	6,96	6,28	9,77	
8	6,96	6,31	9,34	
9	6,96	6,29	9,63	
10	6,96	6,30	9,48	

Tabel 12. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	6,71	5,48	18,33	16,51
2	6,71	5,50	18,03	
3	6,71	5,53	17,59	
4	6,71	5,57	16,99	
5	6,71	5,63	16,10	
6	6,71	5,68	15,35	
7	6,71	5,62	16,24	
8	6,71	5,60	16,54	
9	6,71	5,68	15,35	
10	6,71	5,73	14,61	

Tabel 13. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	1,79	1,45	18,99	15,92
2	1,79	1,42	20,67	
3	1,79	1,46	18,44	
4	1,79	1,49	16,76	
5	1,79	1,48	17,32	
6	1,79	1,47	17,88	
7	1,79	1,54	13,97	
8	1,79	1,57	12,29	
9	1,79	1,60	10,61	
10	1,79	1,57	12,29	

Tabel 14. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	1,79	1,47	17,88	13,80
2	1,79	1,53	14,53	
3	1,79	1,52	15,08	
4	1,79	1,56	12,85	
5	1,79	1,58	11,73	
6	1,79	1,56	12,85	
7	1,79	1,56	12,85	
8	1,79	1,50	16,20	
9	1,79	1,55	13,41	
10	1,79	1,60	10,61	

Tabel 15. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	1,79	1,53	14,53	12,63
2	1,79	1,51	15,64	
3	1,79	1,53	14,53	
4	1,79	1,56	12,85	
5	1,79	1,57	12,29	
6	1,79	1,53	14,53	
7	1,79	1,60	10,61	
8	1,79	1,55	13,41	
9	1,79	1,61	10,06	
10	1,79	1,65	7,82	

Tabel 16. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/jam

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	2,34	1,78	23,93	20,94
2	2,34	1,80	23,08	
3	2,34	1,79	23,50	
4	2,34	1,82	22,22	
5	2,34	1,83	21,79	
6	2,34	1,87	20,09	
7	2,34	1,85	20,94	
8	2,34	1,89	19,23	
9	2,34	1,93	17,52	
10	2,34	1,94	17,09	

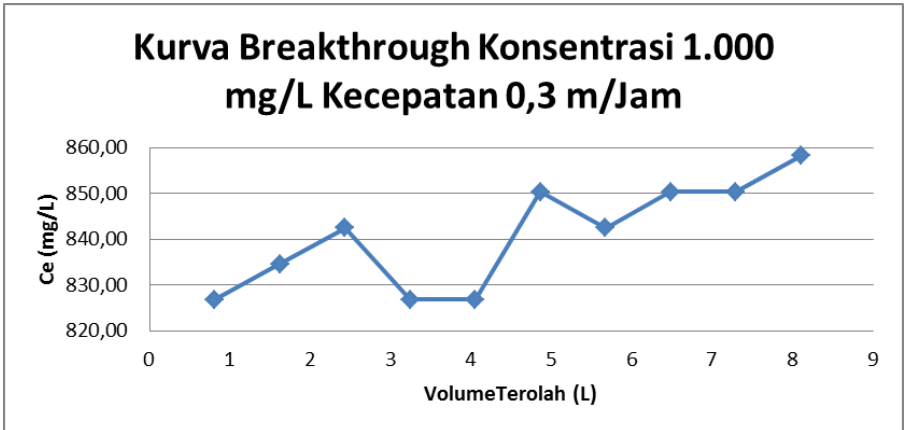
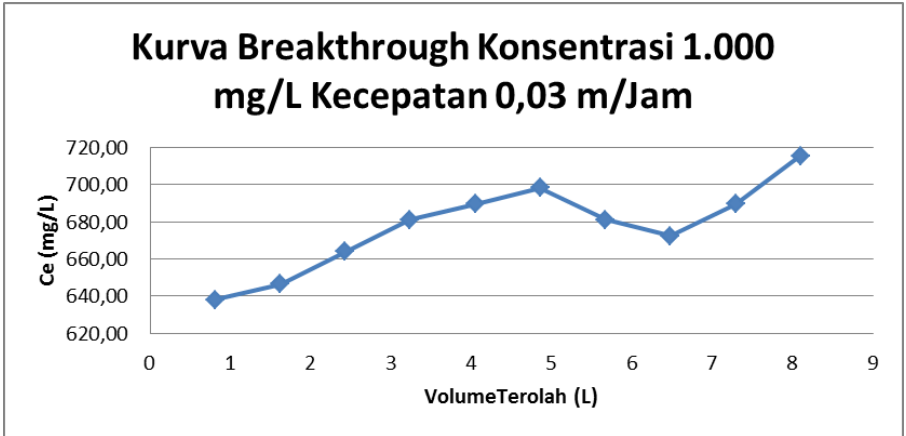
Tabel 17. Analisis Klorida Oleh Zeolit Teraktivasi Surfaktan Benzalkonium Klorida Pada Air Sumur Payau

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	7,31	5,83	20,25	13,11
2	7,31	6,05	17,24	
3	7,31	6,19	15,32	
4	7,31	6,64	9,17	
5	7,31	6,41	12,31	
6	7,31	6,62	9,44	
7	7,31	6,28	14,09	
8	7,31	6,53	10,67	
9	7,31	6,37	12,86	
10	7,31	6,60	9,71	

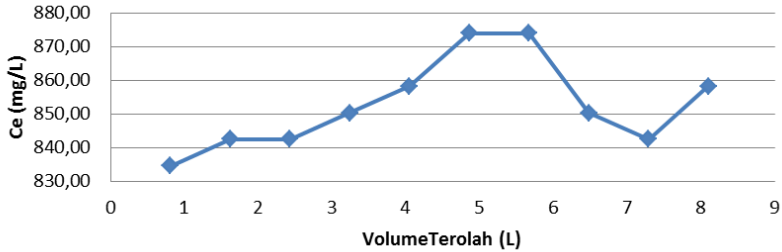
Tabel 18. Analisis Klorida Oleh Zeolit Tidak Teraktivasi Pada Air Sumur Payau

Jam Ke	Salinitas (ppt)		Persen removal	Rata-rata persen
	inlet	outlet		
1	7,31	6,46	11,63	9,45
2	7,31	6,66	8,89	
3	7,31	6,61	9,58	
4	7,31	6,57	10,12	
5	7,31	6,63	9,30	
6	7,31	6,71	8,21	
7	7,31	6,62	9,44	
8	7,31	6,54	10,53	
9	7,31	6,84	6,43	
10	7,31	6,55	10,40	

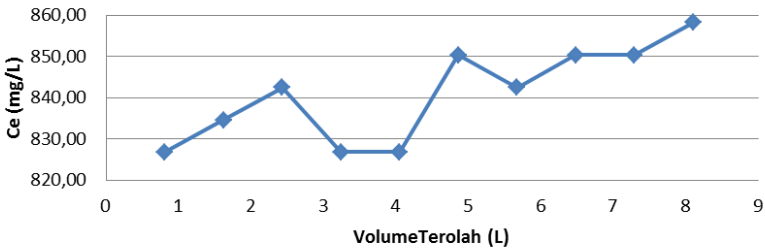
Lampiran E
Kurva Breakthrough Penelitian Utama



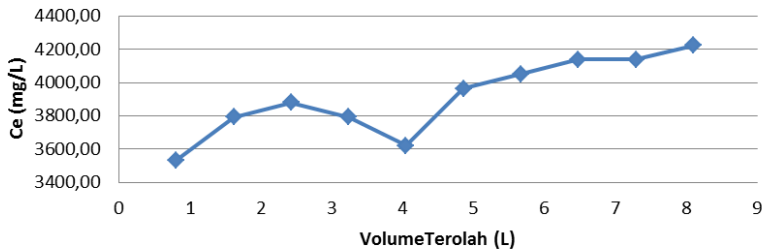
Kurva Breakthrough Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/Jam



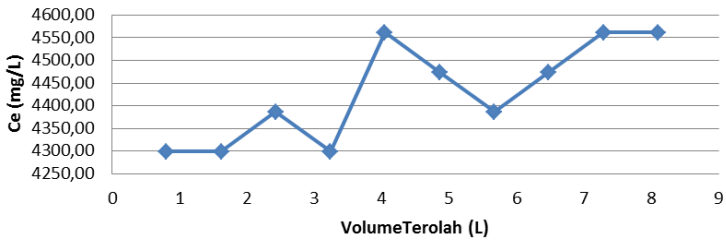
Kurva Breakthrough Konsentrasi 1.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/Jam



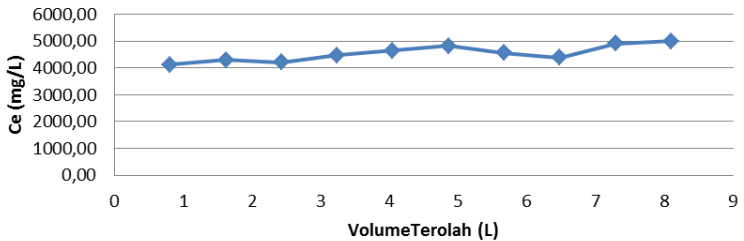
Kurva Breakthrough Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,03 m/Jam



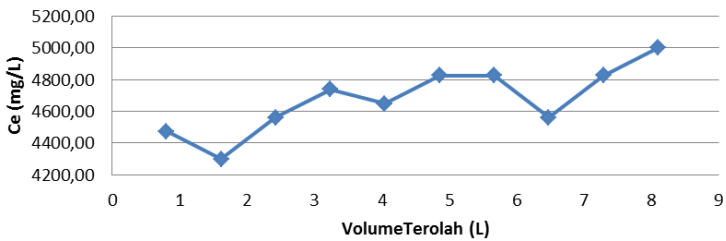
Kurva Breakthrough Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,1 m/Jam

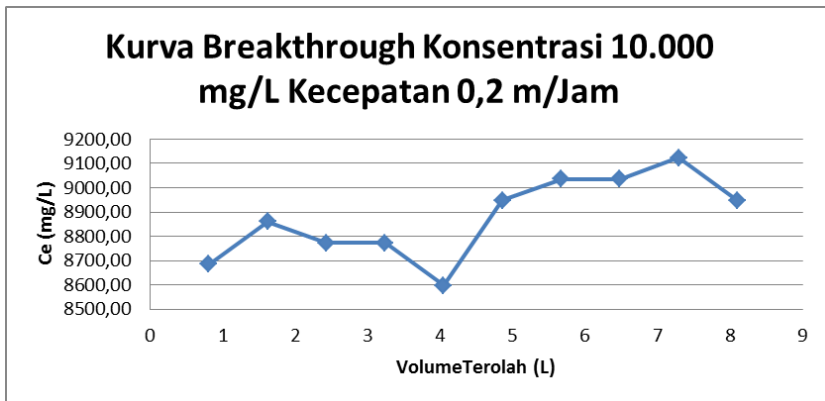
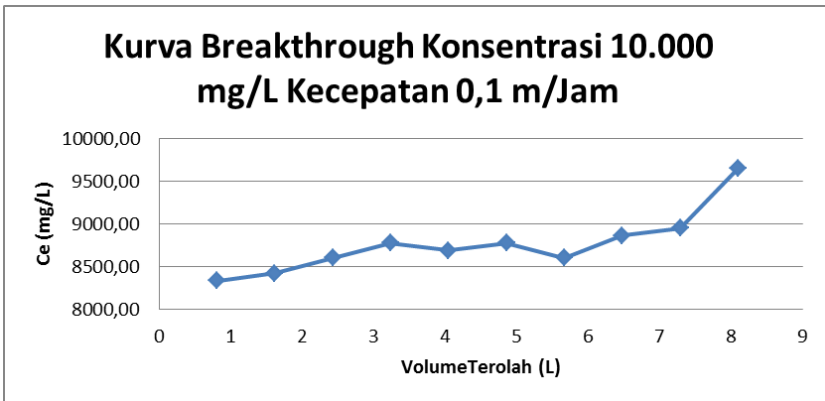
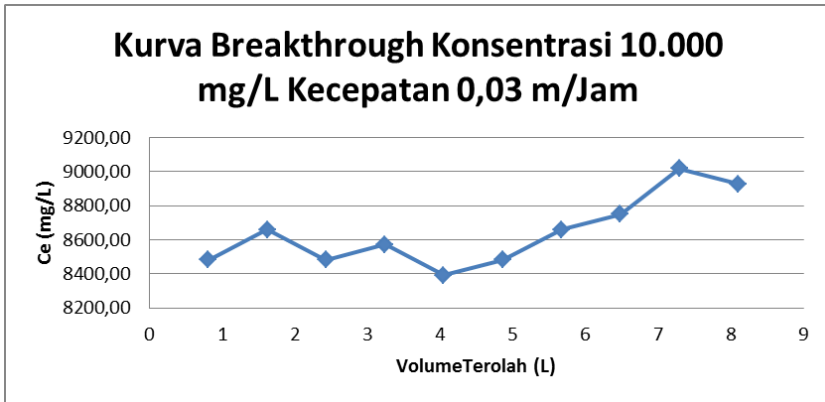


Kurva Breakthrough Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,2 m/Jam




Kurva Breakthrough Konsentrasi 5.000 mg/L Kecepatan 0,3 m/Jam








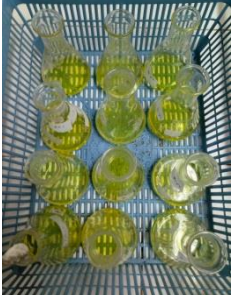
Lampiran F
Dokumentasi Penelitian


Tabel 1. Dokumentasi Pengayakan Media Filter

No	Gambar	Keterangan
1		Megayak media filter menggunakan mesin <i>sieving</i> dengan nomor ayakan 5, 6, dan 18 untuk mendapatkan ukuran media 6-18 mesh

Tabel 2. Dokumentasi Analisis Klorida dengan Argentometri MOHR

No	Gambar	Keterangan
1		Mengambil 1 ml dari tiap sampel dengan propipet

No	Gambar	Keterangan
2		Mengencerkan sampel hingga 25 ml
3		Menambahkan HNO ₃ 3 tetes kemudian menambahkan K ₂ CrO ₄ 3 tetes hingga sampe berwarna kuning bening
4		Menambahkan bubuk ZnO hingga berwarna kuning keruh


No	Gambar	Keterangan
5		Mentitrasi dengan larutan AgNo ₃ hingga warna merah

Tabel 3. Pengoperasian Filter

No	Gambar	Keterangan
1		Membuat larutan artificial sesuai dengan konsentrasi klorida yang menjadi variasi
2		Mengoperasikan filter dengan media zeolit, arang aktif dan kombinasi zeoliti dan arang aktif


3		Mengoperasikan filter dengan zeolit teraktivasi
4		Tampak samping filter

Tabel 4. Aktivasi Zeolit Menggunakan Ammonium Nitrat

No	Gambar	Keterangan
1		Membuat larutan ammonium nitrat 2N


2		Melakukan agitasi antara zeolit dan ammonium nitrat 2N dengan rotary agitator kemudian dидiamkan selama 24 jam
3		Zeolit 2N dicuci hingga pH 7 kemudian di masukan furnace 500°C dan didinginkan .



Tabel 5. Aktivasi Zeolit Menggunakan Surfaktan Benzalkonium Klorida

No	Gambar	Keterangan
1		Memfurnace zeolit pada suhu 350°C selama 8 jam


2		Membuat larutan surfakan benzalkonium klorida dan mengencerkan larutan hingga 1000 ml pada labu pengencer
3		Melakukan agitasi antara zeolit dan surfakan benzalkonium klorida dengan rotary agitator selama 8 jam

Tabel 6. Analisa Densitas

No	Gambar	Keterangan
1		Mengambil media (zeolit dan arang aktif) hingga 1000 ml beaker glass dan ditimbang

2			Menuangkan air dari beaker glass yang sudah diketahui volumenya
3			Menghitung sisa air pada beaker glass

Tabel 7. Analisa Salinitas

No	Gambar	Keterangan
1		Memasukan alat salinity meter ke dalam sampel air kemudian di tunggu hingga angka stabil

Halaman ini Sengaja Dikosongkan



BIOGRAFI PENULIS

Penulis dengan nama lengkap Darosa Elfrida merupakan kelahiran Bontang 12 September 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SD YPPSB Sangatta. Kemudian dilanjutkan di SMP YPPSB Sangatta pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Negeri 1 Balikpapan. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 081.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia kegiatan HMTL. Penulis jugabaktif sebagai pengurus organisasi HMTL dan Model United Nations Club. Selain bidang organisasi penulis aktif sebagai asisten laboratorium remediasi lingkungan. Prestasi yang pernah diraih penulis salah satunya adalah penerima award di Harvard National MUN di Boston, serta berbagai kejuaraan tingkat nasional lainnya dalam debat bahasa inggris. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email darosaelfrida@yahoo.com.