

TUGAS AKHIR

**PENGGUNAAN ZEOLIT DAN RESIN UNTUK
MENGADSORPSI LOGAM BESI DAN MANGAN PADA AIR
TANAH DANGKAL**



WA ODE SITTI WAHYUNI
D121 14 515

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM 6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : **Penggunaan Zeolit Dan Resin Untuk Mangadsorpsi Logam Besi Dan Mangan Pada Air Tanah Dangkal**

Disusun Oleh :

Nama : Wa Ode Sitti Wahyuni

D121 14 515

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 22 Mei 2019

Pembimbing I

Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP. 19590116 1987021001

Pembimbing II

A. Subhan Mustari, ST.M.Eng.
NIP. 197605312005011004

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

TL - Unhas 8745/22.5/2019



Optimization Software:
www.balesio.com

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, dan Salawat serta salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wassallam yang telah membawa iman dan islam. Penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul : **Penggunaan Zeolit dan Resin Untuk Mengadsorpsi Logam Besi dan Mangan pada Air Tanah Dangkal**. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc, selaku Pembimbing I meluangkan waktunya untuk membimbing, memberi saran serta dukungan kepada penulis selama menyusun skripsi.
4. Bapak Andi Subhan Mustari, ST.,M.Eng., selaku Pembimbing II yang selalu

memberikan arahan dan masukan selama penulis menyusun skripsi ini.

Terima kasih juga kepada Ibu Noslinda Ibrahim, S.P., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan saran yang membangun.



6. Ibu Nurjannah Oktorina Abdullah, S.T.,M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun.
 7. Ibu Sumiati. A.S dan Kakanda Olan yang telah banyak membantu saya dalam pengurusan administrasi untuk menunjang skripsi ini.
 8. Ayahanda Marudu dan Ibunda Wa Ode Via yang tiada hentinya mendukung dan memberi doa untuk menyelesaikan skripsi penulis ini.
 9. Kakak saya La Ode Ridwan dan La Ode Wahid Hidayah yang senantiasa memberi masukan.
 10. Saudari Desi Nurhidayanti S.T dan Ika Estu Rahmawati S.T yang membantu menemani pembuatan dan pencetakan skripsi ini.
 11. Saudari Aulia, Asya S.T, Annisa, Arini, Denisa S.T, Famas S.T, Mutia, Nuril S.T, Ina dan Tari S.T yang selalu memberi bantuan dan doa dalam menyusun skripsi.
 12. Saudari Nita, Kiki, Sella, Umi, Cua dan saudara Ikhsan, Abi, Arafat, Ghalib, Ecau, serta Mugi selaku teman-teman seperjuangan di Laboratorium Kualitas Air.
 13. Saudari Nurhafizah Basir dan Saudara Andy Tri Fardiyat Sardi S.T selaku teman kerja praktik.
 14. Saudara Muhammad Hidayat M.Y, Muhammad Rizal, dan rekan-rekan pengurus HMTL FT-UH Periode 2017/2018.
 15. Saudara Alvin Amartiyah. N.H, Rizkiyanto M. Taher, dan saudari Nabila Shanazh selaku presidium angkatan Teknik Sipil 2014.
 16. Saudara Agung Abadi dan Rezasyah Alifiadi selaku teman KKN.
 17. Kakanda Musfirah Putri Lukman selaku Murabbiyah.
 18. Ukhti-ukhti sehalqaq tarbiyah yang senantiasa mendoakan.
 19. Ukhti-ukhti Al-Muhandis Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 20. Teman-teman anggota Koalisi Pemuda Hijau Indonesia Sulawesi Selatan.
 21. Laboran Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Bapak Hafiduddin, S.T yang membimbing selama di laboratorium.
- Saudara-saudara Portal 2014 dan Lingkungan 2014 yang telah berbagi suka dan duka dari semenjak maba hingga saat ini.



23. Adik-adik angkatan 2017, 2016, dan 2015.

24. Serta semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran membangun sangat kami harapkan.

Gowa, Februari 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Air	6
B. Sumber Air	7
1. Air Laut	8
2. Air Permukaan	8
3. Air Tanah	9
Sifat Air Tanah	10



1. Keuntungan	10
2. Kerugian	11
D. Mutu Air Tanah	11
E. Sarana Pengambilan Air Tanah	12
1. Sumur Dangkal (<i>shallow well</i>)	12
2. Sumur Dalam (<i>deep well</i>)	13
F. Logam Besi	14
1. Pengertian Logam Besi	14
2. Kadar Logam Besi dalam Air	15
3. Pengolahan Logam Besi dalam Air	16
G. Logam Mangan	17
1. Pengertian Logam Mangan	17
2. Kadar Logam Mangan dalam Air	18
3. Pengolahan Logam Mangan dalam Air	20
H. Adsorpsi	21
1. Jenis Adsorpsi	22
2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	23
3. Metode Adsorpsi	25
I. Adsorben	26
1. Adsorben Tidak Berpori (<i>non-porous sorbents</i>)	26
2. Adsorben Berpori (<i>porous sorbent</i>)	27
Zeolit	27
1. Pembentukan Mineral Zeolit	27



2. Struktur Zeolit	28
3. Sifat-sifat Zeolit	29
4. Jenis Zeolit	40
K. Resin	32
1. Prinsip Penukaran Ion	33
2. Mekanisme Penukaran Ion	34
3. Jenis-jenis Resin Penukar Ion	34
4. Operasi Sistem Penukar Ion	35
L. Titrasi	37
M. Penelitian Terdahulu	39

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian	45
B. Jenis dan Rancangan Penelitian	45
1. Variabel Terikat	45
2. Variabel Bebas	45
3. Variabel Mediasi	46
C. Bagan Alir Metode Penelitian	46
1. Persiapan Alat dan Bahan	47
2. Pembuatan Reaktor Adsorpsi	49
3. Pemasangan Media Adsorpsi	53
4. Persiapan Sampel Larutan	55
5. Penentuan Waktu Kontak Optimum Ion Besi dan Mangan	58
6. Pengumpulan Data	59



7. Analisis Data	59
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisa Data Konsentrasi	64
1. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe)	65
2. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn)	68
3. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) dan Logam Mangan (Mn) dalam Kurva	72
B. Penentuan Waktu Jenuh	76
C. Parameter <i>Breakthrough</i>	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	84
B. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Contoh Zeolit Alam yang Umum Ditemukan	30
Tabel 2. Rumus Oksida Beberapa Jenis Zeolit Sintetik	32
Tabel 3.a Penelitian Terdahulu	39
Tabel 3.b Penelitian Terdahulu	40
Tabel 3.c Penelitian Terdahulu	41
Tabel 3.d Penelitian Terdahulu	42
Tabel 3.e Penelitian Terdahulu	43
Tabel 3.f Penelitian Terdahulu	44
Tabel 4. Rancangan Penelitian	46
Tabel 5. Spesifikasi Teknik Reaktor Kolom <i>Down Flow</i> Kontinyu	50
Table 6. Spesifikasi Adsorben Mangan Zeolit	54
Tabel 7. Spesifikasi Adsorben Resin Kation	54
Tabel 8.a Hasil Uji logam Besi (Fe)	65
Tabel 8.b Hasil Uji logam Besi (Fe)	66
Tabel 8.c Hasil Uji logam Besi (Fe)	67
Tabel 8.d Hasil Uji logam Besi (Fe)	68
Tabel 9.a Hasil Uji logam Mangan (Mn)	68
Tabel 9.b Hasil Uji logam Mangan (Mn)	69
Tabel 9.c Hasil Uji logam Mangan (Mn)	70
Tabel 9.d Hasil Uji logam Mangan (Mn)	71
Tabel 9.e Hasil Uji logam Besi (Fe)	79





DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Diagram Segitiga Piper Kimia pada Mutu Air Tanah	11
Gambar 2. Struktur Kimia Zeolit	28
Gambar 3.a Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 3.b Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 4. Desain Awal Reaktor	50
Gambar 5. Gambar Reaktor	51
Gambar 6. Susunan Media Adsorpsi	53
Gambar 7. Adsorben Mangan Zeolit	55
Gambar 8. Adsorben Resin Kation	55
Gambar 9. Kerikil Diameter 4,75-9,4 mm	55
Gambar 10. Ferro Sulfat (Fe)	56
Gambar 11. Proses Penimbangan Ferro Sulfat (Fe)	56
Gambar 12. Larutan Baku Besi 1000 ppm	56
Gambar 13. Mangan (II) Sulfat (Mn)	57
Gambar 14. Proses Penimbangan	57
Gambar 15. Larutan Baku Mangan 1000 ppm	57
Gambar 16. Skema Penentuan Waktu Kontak Optimum	59
Gambar 17. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 2 ppm	72
Gambar 18. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 4 ppm	72
Gambar 19. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 6 ppm	73
Gambar 20. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 2 ppm	73



Gambar 21. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 4 ppm	75
Gambar 22. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 6 ppm	75
Gambar 23. Hubungan antara Waktu Kontak dan Ct/Co Logam (Fe)	76
Gambar 24. Hubungan antara Waktu Kontak dan Ct/Co Logam (Mn)	77
Gambar 25. Perbedaan Kapasitas Adsorpsi Logam (Fe) dan Logam (Mn)	79
Gambar 26. Perbedaan Efektivitas Adsorpsi Logam (Fe) dan logam (Mn)	80



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik
Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Lampiran 2 Contoh Perhitungan

Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan

Lampiran 4 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor
492/MENKES/PER/IV/2010

Lampiran 5 Cara Uji Nilai Permanganat Secara Titrimetri



ABSTRAK

Terjadinya pencemaran air tanah saat ini semakin tinggi, sehingga dalam hal kriteria sebagai air bersih semakin kurang terpenuhi, karena air bersih layak konsumsi mempunyai standar persyaratan tertentu yakni persyaratan fisik, kimiawi, bakteriologis dan B3 dimana syarat tersebut merupakan satu kesatuan. Air tanah yang terdapat dimasyarakat kebanyakan dijumpai memiliki kandungan senyawa anorganik seperti logam besi (Fe) dan mangan (Mn), kekeruhan, dan kesadahan yang cukup besar. Air tanah yang mengandung logam Fe dan Mn yang tinggi yang jika bereaksi dengan udara mengakibatkan perubahan warna pada air tersebut menjadi kuning hingga coklat dan menimbulkan noda kuning pada pakaian. Dari segi kesehatan air ini akan mengakibatkan kerusakan hati, ginjal dan syaraf. Untuk mengatasi tingginya kandungan logam Fe dan Mn yang ada dalam air telah banyak cara dilakukan. Salah satunya adalah menggunakan mangan zeolit ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$) dan resin kation asam lemah. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan metode yang tepat untuk mengadsorpsi logam Fe dan Mn. Hal ini dilihat dari removal adsorpsi, besar penyerapan adsorpsi, dan efektivitas adsorpsi mangan zeolit dan resin kation. Penelitian ini dilakukan dengan 3 variasi adsorben (mangan zeolit, resin kation, dan campuran), 3 konsentrasi (2 ppm, 4ppm, dan 6 ppm) dan 12 variasi waktu yakni 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, dan 480 menit. Berdasarkan penelitian waktu kontak yang baik adalah 15 menit pertama dan adsorben yang paling efektif adalah adsorben mangan zeolit yang memiliki harga lebih murah dan dengan nilai efektivitas pada logam Fe adalah 42,13 % (2 ppm), 46,54 % (4 ppm), dan 47,92 % (6 ppm). Sedangkan untuk logam Mn adalah 42,03 % (2 ppm), 44,05 % (4 ppm), dan 47,78 % (6 ppm).

Kata Kunci : Ion Besi, Ion Mangan, Adsorpsi, Mangan Zeolit, dan Resin Kation.



ABSTRACT

The current occurrence of groundwater contamination is getting higher, so that in terms of criteria as clean water, less and less is met, because clean water that is suitable for consumption has certain standard requirements, namely physical, chemical, bacteriological and B3 requirements, where the requirements are a unity. Groundwater found in most communities is found to contain inorganic compounds such as iron (Fe) and manganese (Mn), turbidity and hardness. Ground water which contains high Fe and Mn metals which when reacted with air causes color changes to the water to turn yellow to brown and cause yellow stains on the clothes. In terms of health, this water will cause damage to the liver, kidneys and nerves. To overcome the high content of Fe and Mn in the water, there are many ways to do it. One of them is using manganese zeolite (K₂Z.MnO.Mn₂O₇) and weak acid cation resin. The purpose of this study is to determine the appropriate method to adsorb Fe and Mn. This can be seen from the adsorption removal, the amount of adsorption absorption, and the effectiveness of manganese zeolite adsorption and cation resin. This research was carried out with 3 variations of adsorbent (manganese zeolite, cation resin, and mixture), 3 concentrations (2 ppm, 4ppm and 6 ppm) and 12 variaton times namely 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 , 300, 360, 420 and 480 minutes. Based on good contact time research, the first 15 minutes and the most effective adsorbent are manganese zeolite adsorbent which has a cheaper price and with an effective value on Fe metal is 42.13% (2 ppm), 46.54% (4 ppm), and 47.92% (6 ppm). Whereas for Mn metal is 42.03% (2 ppm), 44.05% (4 ppm), and 47.78% (6 ppm).

Keywords: Iron Ion, Manganese Ion, Adsorption, Manganese Zeolite, and Cation Resin.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan yang pokok bagi manusia. Kebutuhan akan air bersih merupakan suatu hal yang senantiasa harusnya selalu terpenuhi. Kebutuhan air yang digunakan biasanya adalah untuk mandi, mencuci, dan air konsumsi. Seiring bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan air bersih juga akan bertambah. Volume air yang biasa digunakan juga dipengaruhi oleh kebutuhan setiap individu, kondisi iklim dan letak geografis.

Salah satu masalah air bersih yang sering ditemui adalah rendahnya kualitas air. Kualitas air diartikan sebagai mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Air bersih harusnya sesuai dengan standar yang ada, baik dari segi parameter kimia, fisika, biologi dan radioaktif. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Air minum dan air baku tergolong air kelas satu. Secara kualitas air kelas satu adalah air yang layak konsumsi. Hal ini bertujuan untuk peningkatan kesehatan masyarakat.

Sumber air yang ada adalah dari air tanah, air permukaan, dan air angkasa. Untuk pemanfaatan air tanah biasanya masyarakat menggunakan sumur. Air tanah pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis, namun kadar kimia air tanah tergantung dari formasi litosfir yang dilaluinya atau mungkin adanya pencemaran dari lingkungan sekitar (Said,1999).

Dalam aliran air tanah, mineral-mineral dapat larut dan terbawa sehingga mengubah kualitas air tersebut. Air tanah sering mengandung unsur-unsur yang cukup tinggi menyebabkan air berwarna kuning kecoklatan dan bercak-bercak. Unsur-unsur tersebut dapat mengganggu kesehatan (Tuti, 2004).

Unsur yang cukup tinggi akan bersifat toksis atau beracun bagi organ manusia. Sifat racun yang ada akan mengakibatkan kerusakan hati, ginjal



dan syaraf. Jika air dengan kandungan zat mangan, besi, magnesium, dan kalsium dalam jumlah melebihi baku mutu dikonsumsi sebagai air minum secara terus menerus maka akan dimungkinkan adanya akumulasi logam-logam tersebut dalam tubuh. Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah yang kecil tidak menimbulkan penyebab dalam kesehatan tetapi jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Ada berbagai pendapat tentang gangguan kesehatan akibat keracunan senyawa mangan, tetapi umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan pada sistem saraf dan menampilkan gejala penyakit seperti Parkinson. Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada kelinci, keracunan mangan dapat menimbulkan gangguan pertumbuhan pada tulang (Said, 2005).

Pada air tanah dengan kandungan zat besi dan mangan yang tinggi akan menyebabkan warna air berubah menjadi kuning-kecoklatan setelah beberapa saat kontak dengan udara. Dari segi fisik air ini akan menimbulkan bau yang kurang enak dan menimbulkan noda kuning pada pakaian.

Untuk mengatasi tingginya kandungan unsur logam yang ada dalam air telah banyak cara dilakukan. Baik yang secara konvensional hingga memerlukan biaya yang tinggi. Menurut Said (1999), salah satu cara untuk menghilangkan kesadahan zat besi dan mangan dalam air adalah menggunakan *treatment* zeolit dan resin sintesis. Sedangkan menurut Purwoto, S., (2008), banyak parameter air bersih yang berhasil di removal dengan menggunakan *treatment; Sediment Poly Propylene, Carbon Block, Manganese Zeolite, Logam Exchange*, dan *Reverse Osmosis (RO)*.

Oleh karena itu, untuk menghindari dampak negatif tingginya kandungan zat besi dan mangan dalam air dan untuk menentukan metode yang sesuai guna menurunkan kadar zat besi dan mangan pada sumber air tanah dangkal. Maka, penulis mengambil judul “*Penggunaan Zeolit dan Resin untuk Mengadsorpsi Logam Besi dan Mangan pada Air Tanah Dangkal*”.



B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka yang perlu dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah metode yang sesuai untuk adsorpsi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal?
2. Bagaimanakah hasil adsorpsi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal dengan menggunakan adsorben zeolit dan resin jika dibandingkan dengan standar baku mutu air bersih?
3. Seberapa besar kapasitas adsorpsi logam besi dan mangan oleh adsorben zeolit dan resin?
4. Berapakah perbandingan efektivitas adsorpsi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal dengan menggunakan adsorben zeolit dan resin?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan metode yang sesuai untuk adsorpsi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal.
2. Menentukan hasil kadar adsorpsi logam besi dan mangan untuk air tanah dangkal dengan menggunakan adsorben zeolit dan resin jika dibandingkan dengan standar baku mutu air bersih.
3. Menentukan besar kapasitas adsorpsi logam besi dan mangan oleh adsorben zeolit dan resin.
4. Menentukan perbandingan tingkat efektivitas adsorpsi air tanah dangkal dengan menggunakan zeolit dan resin.

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan informasi bagi pihak instansi yang terkait dalam upaya penyediaan air bersih yang memenuhi syarat kesehatan.



2. Sebagai sumbangan ilmiah dan informasi dalam memperkaya khasanah ilmu pengetahuan utamanya di bidang sanitasi air bersih serta dapat menjadi bahan bacaan atau perbandingan bagi peneliti berikutnya.
3. Sebagai media untuk menambah pengetahuan dan pengalaman penulis dalam mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah.

D. Ruang Lingkup

Untuk memberikan penjelasan dari permasalahan dan guna memudahkan dalam menganalisa, maka terdapat beberapa ruang lingkup yang digunakan untuk tugas akhir mengenai penggunaan zeolit dan resin untuk mengadsorpsi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal. Adapun ruang lingkupnya adalah :

1. Penelitian dilakukan skala laboratorium yang terletak di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Logam yang dianalisis adalah logam besi dan mangan.
3. Sampel buatan yang mengandung logam besi dan mangan dibuat dengan masing-masing konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, dan 6 ppm.
4. Adsorben yang digunakan adalah mangan zeolit dan resin kation.
5. Standar pengujian kualitas air yang digunakan pada parameternya mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.

E. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terbagi ke dalam 5 bab dengan sistematika sebagai berikut :



PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang berkaitan dengan tema penelitian yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan masalah, serta kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan waktu dan lokasi penelitian, jenis penelitian, rancangan penelitian, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang berupa data pengamatan dan data hasil pengujian serta berisi pembahasan masalah.

BAB V PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan dan saran penulis berkaitan dengan hasil penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Air

Air dapat berwujud padatan (es), cairan (air) dan gas (uap air). Air merupakan satu-satunya zat yang secara alami terdapat di permukaan bumi dalam ketiga wujudnya tersebut. Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar (Indarto, 2010).

Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan “*Cyclus Hydrologie*”. Laut merupakan tempat penampungan air terbesar di bumi. Sinar matahari yang dipancarkan ke bumi memanaskan suhu air di permukaan laut, danau, atau yang terikat pada permukaan tanah. Kenaikan suhu memacu perubahan wujud air dari cair menjadi gas, peristiwa ini dikenal sebagai proses evaporasi (*evaporation*). Sedangkan air yang terperangkap di permukaan tanaman yang juga berubah wujud menjadi gas dikenal sebagai proses transpirasi (*transpiration*). Air yang menguap melalui proses evaporasi dan transpirasi selanjutnya naik ke atmosfer membentuk uap air (Indarto, 2010).

Uap di atmosfer selanjutnya menjadi dingin dan terkondensasi membentuk awan (*clouds*). Awan yang terbentuk selanjutnya dibawa oleh angin mengelilingi bumi, sehingga awan terdistribusi ke seluruh penjuru dunia. Ketika awan sudah tidak mampu lagi menampung air, maka awan akan menyebabkan titik-titik air yang jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka perserapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan

bumahnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat rendah maka air akan berkumpul membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi



banyak diantaranya yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi ini (Indarto, 2010).

Air merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik sehingga air disebut sebagai *pelarut universal*. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-) (Hanafiah, A.K., 2012).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang disebut sebagai air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Sedangkan air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Sedangkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Pengertian mengenai air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan dan tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung di minum.

B. Sumber Air

Sumber air adalah wadah air yang terdapat diatas dan dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini adalah mata air, sungai, rawa, danau, waduk, dan muara. Berikut ini adalah sumber-sumber air menurut Tri Joko (2010):



1. Air laut

Air laut adalah air dari laut atau samudra. Air laut mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3%, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

2. Air permukaan

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan sebagainya. Beberapa pengotoran untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteri.

Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan itu akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri. Udara yang mengandung oksigen atau gas O_2 akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang telah mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan O_2 akan meresap ke dalam air permukaan. Adapun jenis air permukaan adalah :

a. Air sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

b. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna hitam atau kuning kecoklatan, hal ini disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang terlarut dalam air yang menyebabkan warna kuning coklat. Dengan membusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (anaerob), maka



unsur-unsur Fe dan Mn ini terlarut. Pada permukaan air akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O₂.

3. Air tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah permukaan tanah pada lajur atau zona jenuh air. Air tanah merupakan salah satu sumber daya air yang keberadaannya terbatas dan kerusakannya dapat mengakibatkan dampak yang luas serta pemulihannya sulit dilakukan.

Air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap mula-mula ke zona tak jenuh dan kemudian meresap makin dalam hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi air tanah. Air tanah berinteraksi dengan air permukaan serta komponen-komponen lain seperti jenis batuan penutup, penggunaan lahan, serta manusia yang di permukaan. Air tanah terbagi menjadi dua, yaitu:

a. Air tanah dangkal

Terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, sedemikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah ini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul menjadi air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

b. Air tanah dalam

Terdapat sebuah lapisan rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman akan didapat satu lapis air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar

in keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur artesis atau sumur bor. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air.



c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air tanah.

Ditinjau dari segi kesehatan dan kualitasnya, air laut dan air permukaan tidaklah selalu memenuhi syarat kesehatan, karena mempunyai kemungkinan untuk tercemar. Air laut yang mempunyai salinitas tinggi yang secara aturan kurang baik dijadikan air baku dan air minum. Sedangkan air permukaan yakni air sungai dan air rawa atau air danau dapat terkontaminasi dengan berbagai zat-zat mineral ataupun kimia yang mungkin membahayakan kesehatan.

Pada kawasan pemukiman salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan adalah air tanah atau air sumur. Air sumur adalah air tanah dangkal sampai kedalaman kurang dari 30 meter, Air sumur umumnya pada kedalaman 15 meter dan dinamakan juga sebagai air tanah bebas karena lapisan air tanah tersebut tidak berada di dalam tekanan.

C. Sifat Air Tanah

Menurut Harmayani dan Konsukartha (2007) air tanah secara umum mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, khususnya dari segi bakteriologis, namun dari segi kimiawi air tanah mempunyai beberapa karakteristik tertentu tergantung pada lapisan kesadahan, kalsium, magnesium, sodium, bikarbonat, pH, dan lain-lainnya. Keuntungan dan kerugian pemanfaatan air tanah adalah :

1. Keuntungan

- a. Pada umumnya bebas dari bakteri pathogen.
- b. Dapat dipakai tanpa pengolahan lebih lanjut.
- c. Paling praktis dan ekonomis untuk mendapatkan dan membagikannya.

Lapisan tanah yang menampung air biasanya merupakan tempat pengumpulan air alami.



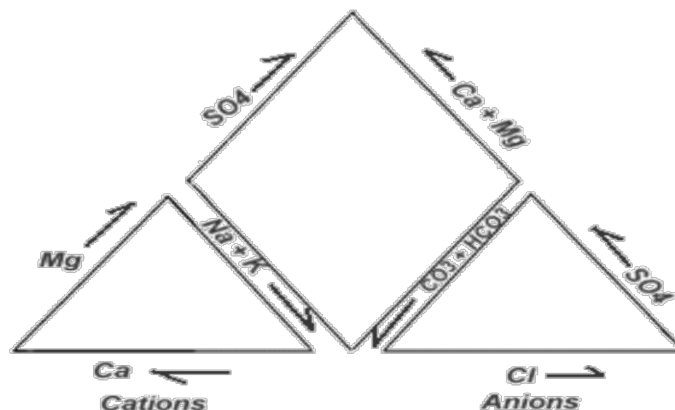
2. Kerugian

- Air tanah sering kali mengandung banyak mineral-mineral seperti Fe, Mn, Ca dan sebagainya.
- Biasanya membutuhkan pemompaan.

D. Mutu Air tanah

Air tanah sejak terbentuk di daerah imbuhan dan mengalir ke daerah luahnya, melalui ruang antara dari batuan penyusun akuifer. Dalam perjalanan tersebut air tanah banyak melarutkan mineral batuan serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya. Oleh sebab itu, mutu air tanah dari satu tempat ke tempat lain sangat beragam tergantung dari jenis batuan, di mana air tanah tersebut meresap, mengalir, dan berakumulasi, serta kondisi lingkungan.

Mutu air tanah dinyatakan menurut sifat fisik, kandungan unsur kimia, ataupun bakteriologi. Persyaratan mutu air tanah telah dibakukan berdasarkan penggunaannya, seperti mutu air untuk air minum, air irigasi, maupun industri. Beberapa unsur utama kandungan air tanah kurang dari 1,0 hingga 1000 mg/l adalah sodium, kalsium, magnesium, bikarbonat, kulfat, dan khlorida. Kandungan khlorida yang tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bersumber dari air limbah sampai kepada interusi air laut. Sementara kandungan nitrat sebagai unsur sekunder kurang dari 0,01 hingga 10 mg/l bersumber dari limbah manusia, tanaman, maupun pupuk buatan.



Gambar 1. Diagram Segitiga Piper Kimia pada Mutu Air Tanah

Sifat fisika dan komposisi kimia air tanah yang menentukan mutu air tanah secara alami sangat dipengaruhi oleh jenis litologi penyusun akuifer, jenis tanah atau batuan yang dilalui air tanah, serta jenis air asal air tanah. Mutu tersebut akan berubah manakala terjadi intervensi manusia terhadap air tanah, seperti pengambilan air tanah yang berlebihan atau pembuangan limbah.

Air tanah dangkal rawan (*vulnerable*) terhadap pencemaran dari zat-zat pencemar dari permukaan. Namun karena tanah atau batuan bersifat melemahkan zat-zat pencemar, maka tingkat pencemaran terhadap air tanah dangkal sangat tergantung dari kedudukan akuifer, besaran dan jenis zat pencemar, serta jenis tanah atau batuan di zona tak jenuh, serta batuan penyusun akuifer itu sendiri. Mengingat perubahan pola imbuhan, maka air tanah dalam di daerah-daerah perkotaan yang telah intensif pemanfaatan air tanahnya, menjadi sangat rawan pencemaran, apabila air tanah dangkalnya di daerah-daerah tersebut sudah tercemar. Air tanah yang tercemar adalah pembawa bibit-bibit penyakit yang berasal dari air.

E. Sarana Pengambilan Air Tanah

Sumur merupakan sumber utama persediaan air bersih bagi penduduk yang tinggal di daerah pedesaan maupun diperkotaan Indonesia. Secara teknis dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu sumur dangkal dan sumur dalam. Dimana setiap jenis sumur tersebut mempunyai kekurangan dan kelebihan setiap jenis sumur tersebut.

1. Sumur dangkal (*shallow well*)

Cara pengambilan air tanah yang paling tua dan sederhana adalah dengan membuat sumur gali dengan kedalaman lebih rendah dari posisi permukaan air tanah. Jumlah air yang dapat diambil dari sumur gali biasanya terbatas, dan air

ambil adalah air dangkal. Untuk pengambilan air yang lebih besar dan luas dan kedalaman galian yang lebih besar. Kedalaman sumur gali di atas lapisan tanah, ketinggian dari permukaan air laut, dan ada tidaknya air



bebas di bawah lapisan tanah. Sumur gali biasanya dibuat dengan kedalaman tidak lebih dari 5-8 meter di bawah permukaan tanah. Cara ini cocok untuk daerah pantai dimana air tanah berada di atas air asin. Berdasarkan jenis tanah dan kedalaman, air bebas sumur gali dapat diperoleh sebagai berikut:

1. Tanah berpasir : sumur gali cukup 6-8 m telah memperoleh air bebas.
2. Tanah liat : kedalaman sumur ≥ 12 m baru memperoleh air bebas.
3. Tanah kapur : umumnya sumur gali harus ≥ 40 m baru diperoleh air bebas.

Keadaan atau sifat air sumur gali antara lain:

1. Ketinggian air bebas umumnya sekitar 1-3 m dari dasar sumur.
2. Ketinggian air bebas bervariasi, tergantung jumlah air yang diambil dan tergantung musim.
3. Rasa dan warna air tergantung jenis tanah yang ada, tanah sawah airnya kekuning-kuningan, tanah berpasir airnya jernih dan rasanya sejuk, tanah liat rasanya sedikit sepat, tanah kapur airnya terasa sedikit sepat dan warnanya kehijau-hijauan dan tanah gambut airnya berwarna kemerah-merahan seperti teh dan rasanya asam.
4. Mudah tercemar oleh karena kelalaian dalam menutup mulut sumur.
5. Mengandung alga dalam jumlah sedikit.
6. Mengandung bakteri cukup banyak.

2. Sumur dalam (*deep well*)

Pengambilan air tanah dilakukan dengan membuat sumur dalam (*deep well*) atau yang lazim disebut sumur bor. Kedalaman sumur bor berdasarkan struktur dan lapisan tanah:

1. Tanah berpasir : biasanya kedalaman 30-40 m sudah memperoleh air. Biasanya airnya naik 5-7 m dari permukaan tanah.
2. Tanah liat atau padas: biasanya kedalaman 40-60 m akan diperoleh air yang baik dan air akan naik mencapai 7 m dari permukaan tanah.



3. Tanah berkapur: biasanya sumur dengan kedalaman di atas 60 m kemungkinan baru mendapat air dan apabila ada air, airnya sukar atau tidak bias naik ke atas dengan sendirinya.
4. Tanah berbukit: biasanya sumur dibuat diatas 100 m atau diatas 200 m kemungkinan tipis sekali untuk memperoleh air. Air yang diperoleh sukar atau tidak bias naik ke atas dengan sendirinya.

Keadaan/sifat air sumur bor:

1. Airnya jernih dan rasa sejuk.
2. Pencemaran air tidak terjadi / sukar terjadi.
3. Jumlah bakteri jauh lebih kecil dari sumur gali.
4. Jumlah algae dalam air sumur bor jauh lebih banyak dibanding dengan air sumur gali.

Air tanah yang disedot secara besar-besaran sehingga terjadi ketidakseimbangan antara pengambilan atau pemanfaatan dengan pembentukan air tanah. Hal ini dapat menyebabkan menurunkan air tanah, di daerah pesisir penurunan permukaan air tanah akan mengakibatkan perembesan air laut ke daratan (intrusi), karena tekanan air tanah menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tekanan air laut (Todd, 1974).

F. Logam Besi

1. Pengertian logam besi

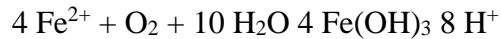
Besi atau ferrum (Fe) adalah salah satu logam yang paling banyak dijumpai di kerak bumi, metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai hematite. Secara kimia besi merupakan logam yang cukup aktif, hal ini karena besi dapat bersenyawa dengan unsur-unsur lain. Salah satu kegunaan besi adalah sebagai campuran untuk membuat paduan logam, untuk membuat baja, besi tempa, besi tuang dan lain-lain yang banyak digunakan sebagai bahan bangunan, peralatan-peralatan logam, rangka kendaraan dan lain-lain (Apriani, 2011).



Besi seperti juga cobalt dan nikel di dalam susunan berkala unsur termaksud logam golongan VII, dengan berat atom 55,85, berat jenis 7,86, dan mempunyai titik lebur 2450° C. Di alam biasanya banyak terdapat di dalam bijih besi hematite, magnetite, limonite dan pyrite (FeS) (Said, 2005).

2. Kadar logam besi dalam air

Sifat kimia perairan dari besi adalah sifat redoks, pembentukan kompleks dan metabolisme oleh mikroorganisme. Besi dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu Fe (II) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan Fe (III) karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Air tanah yang mengandung besi (II) mempunyai sifat unik. Dalam kondisi tidak ada oksigen air tanah yang mengandung besi (II) jernih, begitu mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer ion ferro akan berubah menjadi ion ferri dengan reaksi sebagai berikut :



dan air menjadi keruh. Pada pembentukan besi (III) oksidasi terhidrat yang tidak larut menyebabkan air berubah menjadi abu-abu (Ahmad, 2004).

Di dalam air umumnya besi dalam bentuk senyawa garam ferri atau ferro (valensi 2). Senyawa ferro dalam air yang sering dijumpai adalah FeO, FeSO₄, FeSO₄·7H₂O, FeCO₃, Fe(OH)₂, FeCl₂ dan lainnya, sedangkan senyawa ferri yang sering dijumpai yakni FePO₄, Fe₃O₃, FeCl₃, Fe(OH)₃ dan lainnya (Said, 2005).

Adapun unsur-unsur besi dalam air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan unsur tersebut. Zat besi (Fe) adalah unsur yang penting untuk metabolisme tubuh dan pembentukan hemoglobin. Untuk keperluan ini tubuh membutuhkan 7-35 mg unsur tersebut perhari. Konsentrasi unsur besi (Fe) dalam air yang melebihi 2 mg/l akan menimbulkan noda-noda pada peralatan dan bahan-bahan berwarna putih (Kacaribu, 2008).

Mineral yang sering berada dalam air dengan jumlah besar yaitu besi (Fe) apabila besi tersebut berada dalam jumlah yang banyak akan



muncul berbagai gangguan lingkungan. Kelebihan besi (Fe) dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik (Kacaribu, 2008).

Dengan demikian konsentrasi besi dalam air baku harus dikontrol agar keberadaannya di dalam air baku dapat seimbang dan tidak berdampak terhadap kesehatan masyarakat ataupun berdampak negatif terhadap lingkungan. Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 mengatur tentang baku mutu konsentrasi besi dalam air. Besi masuk ke dalam parameter kimia air baku dengan nilai konsentrasi 0,3 mg/l (Arba, 2017).

Apabila konsentrasi besi telah melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah, besi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap air yang dikonsumsi antara lain rasa yang tidak enak, bau, dan air menjadi berwarna. Apabila air tersebut dikenakan pada material dapat menimbulkan noda kekuningan terhadap material tersebut. Seperti pada pakaian yang dicuci akan menjadi kusam apabila menggunakan air dengan konsentrasi besi yang tinggi. Selain itu, besi juga menimbulkan pengaratn pipa (korosi). Sedangkan efek negatif besi terhadap kesehatan manusia adalah dapat mengganggu sistem reproduksi, *mutagenic*, dan berpotensi sebagai pemicu kanker apabila dikonsumsi dalam kurun waktu yang lama (Arba, 2017).

3. Pengolahan logam besi dalam air

Masalah zat besi dan mangan di dalam air minum lebih sering terjadi jika sumber air baku yang digunakan berasal dari air tanah. Untuk air permukaan masalah zat besi atau mangan umumnya terjadi jika sumber air yang digunakan berasal dari danau yang kedalamannya cukup tinggi (dalam) atau danau yang telah mengalami eutrofikasi di bagian bawah atau dasar danau. Jika sumber air yang digunakan untuk penyediaan air minum mengandung konsentrasi zat besi lebih besar 0,3 mg/l maka perlu pemilihan cara pengolaha yang sesuai (Said, 2005).

Proses aerasi-filtasi umumnya lebih dianjurkan untuk pengolahan air dengan konsentrasi zat besi lebih besar 5 mg/l untuk menghemat biaya bahan kimia. Klorinasi-filtrasi lebih disarankan untuk konsentrasi zat besi kurang dari 2 mg/l. Sedangkan proses filtrasi dengan *manganese greensand* dengan penambahan



kalium permanganat direkomendasikan untuk penghilangan zat besi dengan konsentrasi 0–3 mg/l (Said, 2005).

Menurut Djatmiko (2004) untuk menurunkan kadar besi dalam air juga dapat digunakan zeolit alam. Salah satu yang digunakan adalah zeolit alam Ponorogo yang berukuran 40 mesh dapat menurunkan kadar besi dalam sampel buatan.

Menurut Osman dan Sugito (2017) salah satu cara menurunkan kadar besi dan mangan adalah menggunakan filtrasi media pasir silika-zeolit-karbon aktif dan pasir silika-*manganese greensand*-karbon aktif. Efektivitas penurunan kandungan besi menggunakan media zeolit sebesar 57.13% dan mangan sebesar 70.00%. Sedangkan efektivitas penurunan kandungan besi sebesar 78.36% dan mangan sebesar 88.21% menggunakan media *manganese greensand*. Debit yang paling optimal untuk menurunkan kandungan besi dan mangan menggunakan media zeolit dan *manganese greensand* yaitu debit 1 L/menit. Hal ini dikarenakan semakin kecil debit, semakin lama waktu tinggal, maka semakin besar efektivitas penurunannya menggunakan media *manganese greensand*.

G. Logam Mangan

1. Pengertian logam mangan

Mangan ditemukan oleh Johann Gahn pada tahun 1774 di Swedia. Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm³, mudah teroksidasi, keras dan sangat rapuh. Selain itu mangan lebih sering ditemukan pada air tanah. Konsentrasi mangan pada umumnya kurang dari 1,0 mg/l. Pada air permukaan yang belum diolah ditemukan konsentrasi mangan rata-rata lebih dari 1,0–100 mg/l. Walaupun demikian, dalam keadaan tertentu mangan dapat timbul pada konsentrasi besar pada suatu sungai yang dalam dan saat tertentu. Didalam air permukaan dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan (Said, 2005).



Kandungan elemen mangan tidak diperbolehkan lebih dari 0,1 mg/l, karena air akan berwarna coklat kehitaman dan tidak dapat digunakan sebagai air cuci pakaian. Kadar mangan antara 0,5 mg/l–1 mg/l air akan berasa logam (Bachmid, 2015).

Mangan bereaksi dengan air dan larut dalam larutan asam menghasilkan garam mangan yang larut dan hidrogen (H_2). Mangan banyak digunakan sebagai bahan campuran logam karena bias menghasilkan logam sehingga mudah dibentuk, meningkatkan kualitas kekuatan logam, kekerasan dan ketahanan. Sekitar 90% Mangan dunia digunakan dengan tujuan metalurgi, yaitu untuk produksi besi-baja, sedangkan penggunaan Mangan untuk tujuan non-metalurgi antara lain digunakan untuk membuat baterai kering, keramik, dan gelas, serta bahan kimia (Widowati dkk., 2008).

Toksitas mangan relatif sudah tampak pada konsentrasi rendah. Dengan demikian tingkat kandungan mangan yang diizinkan dalam air yang digunakan untuk keperluan domestik sangat rendah, yaitu dibawah 0,05 mg/l. Dalam kondisi aerob mangan dalam perairan terdapat dalam bentuk MnO_2 dan pada dasar perairan tereduksi menjadi Mn^{2+} atau dalam air yang kekurangan oksigen terlarut (DO rendah). Oleh karena itu, pemakain air yang berasal dari suatu sumber air, sering ditemukan mangan dengan konsentrasi tinggi (Bachmid, 2015).

2. Kadar logam mangan dalam air

Mangan (Mn) merupakan unsur logam yang jarang sekali dalam keadaan unsur. Umumnya berada dalam keadaan senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam hubungan dengan kualitas air yang sering dijumpai adalah senyawa mangan dengan valensi 2, valensi 4 dan valensi 6. Di dalam sistem air alami dan juga di dalam sistem pengolahan air, senyawa mangan dan juga besi berubah-ubah tergantung derajat keasaman (pH) air. Perubahan senyawa besi dan mangan di alam berdasarkan kondisi pH (Said, 2005).

ada sistem air alami pada kondisi reduksi, mangan dan juga besi pada mempunyai valensi dua yang larut di dalam air. Oleh karena itu, di dalam pengolahan air senyawa mangan dan besi valensi dua tersebut dengan



berbagai cara oksidasi diubah menjadi senyawa yang mempunyai valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Walaupun Mn di dalam senyawa-senyawa $MnCO_3$, $Mn(OH)_2$ mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit di dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam $MnCl_2$, $MnSO_4$, $Mn(NO_3)_2$ mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Said, 2005).

Keberadaan mangan didalam sistem penyediaan air minum domestik telah menjadi masalah serius. Zat mangan yang terlarut dalam air umumnya berada dalam keadaan bervalensi dua (divalent) atau dalam keadaan ion ferrous atau ion manganous. Keduanya juga sering berada dalam keadaan senyawa dektan zat organik kompleks umumnya lebih sulit untuk di oksidasi dibanding dengan mangan yang bersenyawa dengan zat organik (Bachmid, 2015).

Mangan masuk ke dalam air oleh karena reaksi secara biologis pada kondisi reduksi atau anaerobik (tanpa oksigen). Jika air yang mengandung mangan dibiarkan terkena udara atau oksigen maka reaksi oksidasi mangan akan timbul dengan lambat dan membentuk endapan atau gumpalan koloid dari oksidasi mangan yang tidak diharapkan. Endapan koloid ini akan menempel atau tertinggal dalam sistem perpipaan, menyebabkan noda pada cucian pakaian, serta dapat menyebabkan masalah pada sistem pipa distribusi, Karena dapat menyokong tumbuhnya mikroorganisme yang dapat menyumbat perpipaan serta dapat menimbulkan warna serta bau logam pad air minum. Oleh Karena itu, untuk air minum kadar zat mangan yang diperbolehkan yakni masing-masing 0,3 mg/l dan 0,005 mg/l (Standar US EPA, 2009).

Konsentrasi mangan di dalam sistem air alami umunya kurang dari 0,4 mg/l. Jika konsentrasi melebihi 1 mg/l maka dengan cara pengolahan biasa sangat sulit untuk menurunkan konsentrasinya sampai derajat yang diinginkan air minum. Oleh karena itu, perlu cara pengolahan yang khusus. WHO untuk eropa pada tahun 1961 menetapkan standar konsentrasi mangan di dalam air minum 0,1 mg/l tetapi, selanjutnya diperbaharui menjadi 0,4 mg/l (Bachmid,



Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah yang kecil tidak menimbulkan penyebab dalam kesehatan tetapi jumlah yang besar dapat tertimbun di dalam hati dan ginjal. Ada berbagai pendapat tentang gangguan kesehatan akibat keracunan senyawa mangan, tetapi umumnya dalam keadaan kronis menimbulkan gangguan pada sistem saraf dan menampakkan gejala penyakit seperti Parkinson. Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada kelinci, keracunan mangan dapat menimbulkan gangguan pertumbuhan pada tulang (Said, 2005).

3. Pengolahan logam mangan dalam air

Baik besi maupun mangan, dalam air biasanya terlarut dalam bentuk senyawa ataupun garam bikarbonat, garam sulfat, hidroksida dan juga dalam bentuk koloid atau dalam keadaan bergabung dengan senyawa organik. Oleh karena itu, cara pengolahannya pun harus disesuaikan dengan bentuk senyawa besi dan mangan dalam air yang akan diolah. Pada proses penghilangan besi dan mangan, prinsipnya adalah proses oksidasi, yaitu menaikkan tingkat oksidasi oleh suatu oksidator dengan tujuan merubah bentuk-bentuk besi terlarut menjadi bentuk besi tidak terlarut (endapan). Endapan yang terbentuk dihilangkan dengan proses sedimentasi dan filtrasi (Said, 2005).

Proses oksidasi mangan lebih sulit dari pada besi. Hal ini disebabkan karena kecepatan oksidasi mangan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan oksidasi besi (Said, 2005).

Pemilihan proses tersebut dipilih berdasarkan konsentrasi zat besi atau mangan serta kondisi air baku yang digunakan. Untuk menghilangkan zat besi dan mangan di dalam air yang paling sering digunakan adalah dengan cara proses oksidasi secara kimiawi kemudian dilanjutkan dengan pemisahan endapan/ suspensi/dispersi atau (*suspended solid*) yang berbentuk menggunakan proses sedimentasi dan atau filtrasi. Untuk meningkatkan efisiensi pemisahan endapan tersebut maka dapat digunakan proses koagulasi-flokulasi yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan filtrasi (Said, 2005).

Proses lain seperti pertukaran ion, proses filtrasi dengan penambahan *dioxide*, proses pengaturan pH, proses filtrasi dengan katalis dengan



media yang sesuai serta proses oksidasi dengan ozon jarang digunakan karena alasan biaya dan operasional (Said, 2005).

Treatment ferrolite, manganese zeolite, dan ion exchanger berupa resin anion dan resin kation pada air tanah mampu meremoval kandungan beban kekeruhan, warna, dan logam-logam besi, kromium, serta mangan hingga menjadi kriteria parameter air bersih yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990 (Purwoto, 2010).

Sedangkan menurut Purwoto (2014) salah satu cara menurunkan kadar mangan dalam air sungai yang keruh adalah dengan pengolahan (*treatment*) menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dilanjutkan dengan filtrasi oleh *filter spoon*, kemudian adsorben zeolit dan MGS, filter pasir silika dan diakhiri menggunakan resin sintesis kation dan resin sintesis anion dapat menghasilkan air yang jernih.

H. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat terlarut tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Atkins, 1999).

Adsorpsi adalah gejala pada permukaan sehingga makin besar luas permukaan, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorpsi (Fatmawati, 2006).

Adsorpsi secara umum didefinisikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batas antara dua fasa. Adsorpsi menyangkut akumulasi atau pemusatan substansi adsorbat pada adsorben dan dalam hal ini dapat terjadi pada antar muka dua fasa. Fasa yang menyerap disebut adsorben dan fasa yang terserap disebut adsorbat. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang memiliki pori-pori karena berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau lekuk tertentu di dalam adsorben (Bernasconi dkk, 1995).



Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul yang lain bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fase gas atau fase larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya, konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fase gas atau zat terlarut dalam larutan (Bernasconi dkk, 1995).

Dengan selektivitasnya yang tinggi, maka proses adsorpsi sangat berpotensi digunakan untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang berkonsentrasi tinggi (Bernasconi dkk, 1995).

Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*) (Martell dkk., 1996).

1. Jenis Adsorpsi

a. Adsorpsi fisika

Dalam adsorpsi fisika, molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan ikatan yang lemah. Adsorpsi terjadi bila gaya intermolecular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben, gaya ini disebut gaya *Van der Waals* sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Adsorpsi ini berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan jamak (*multilayer*) dan dapat bereaksi balik (*reversible*), sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi mudah dilepaskan kembali dengan cara menurunkan tekanan gas atau konsentrasi zat terlarut.

Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika yaitu sekitar 10 KJ/mol dan lebih panas dari adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika umumnya terjadi pada temperatur yang rendah dan jumlah zat yang teradsorpsi akan semakin kecil dengan naiknya banyaknya zat yang teradsorpsi dapat beberapa lapisan monomolekuler, juga kondisi kesetimbangan tercapai segera setelah adsorben



bersentuhan dengan adsorbat. Hal ini dikerenakan dalam fisika tidak melibatkan energi aktivasi.

b. Adsorpsi Kimia

Pada adsorpsi kimia, molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben bereaksi secara kimia, karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Reza, 2002).

Oleh karena itu, panas adsorpsinya mempunyai kisaran sama seperti reaksi kimia, yaitu berkisar 100 kJ/mol. Ikatan antara adsorben dengan adsorbat dapat cukup kuat sehingga spesies aslinya tidak dapat ditemukan kembali. Adsorpsi ini bersifat *irreversible*, hanya dapat membentuk lapisan tunggal dan diperlukan energi yang banyak untuk melepaskan kembali adsorbat (dalam proses adsorpsi). Pada umumnya, dalam adsorpsi kimia jumlah (kapasitas) adsorpsi bertambah besar dengan naiknya temperatur. Zat yang teradsorpsi membentuk satu lapisan monomolekuler dan relatif lambat tercapai kesetimbangan karena dalam adsorpsi kimia melibatkan energi aktivasi (Oscik, 1982).

Menurut Syahmani dan Sholahudin (2007), energi adsorpsi fisika adalah 42 kJ/mol, sedangkan adsorpsi kimia berada dalam kisaran 42–420 kJ/mol. Secara kualitatif perilaku adsorpsi dapat juga dipandang dari sifat polar ataupun nonpolar antara zat padat (adsorben) dengan komponen larutan (adsorbat). Adsorban polar akan cenderung mengadsorpsi kuat adsorbat polar dan lemah terhadap adsorbat nonpolar, demikian juga sebaliknya. Adsorben polar akan mengadsorpsi kuat zat terlarut polar dari pelarut nonpolar karena kelarutannya yang tinggi, demikian juga sebaliknya.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi suatu adsorben, diantaranya sebagai berikut (Juniadi, 2009) :

Jenis adsorpsi, dapat ditinjau dari :

Luas permukaan adsorben



Semakin luas permukaan adsorben semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben dan sebaliknya.

2) Ukuran partikel

Semakin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran partikel dalam bentuk butir lebih dari 0,1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh.

3) Waktu kontak

Semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempatan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat – zat organik akan turun apabila kontakannya cukup dan waktu kontak biasanya sekitar 10-15 menit.

4) Distribusi ukuran pori

Distribusi ukuran pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk dalam partikel adsorben. Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben merupakan bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori tertentu di dalam partikel tersebut.

b. Sifat adsorpsi, dapat ditinjau dari :

1) Temperatur

Temperatur tidak secara nyata mempengaruhi kapasitas adsorpsi pada rentang 20-25°C dan bergantung pada jenis adsorbennya (Musrawati, 2009).

2) pH

pH merupakan faktor utama dalam adsorpsi. pH mempengaruhi kemampuan sisi aktif biomassa serta mempengaruhi pada mekanisme adsorpsi ion logam. Adsorpsi pada pH rendah biasanya membutuhkan proses pengambilan ion yang kurang efektif. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi proton yang tinggi dalam larutan dan proton ion logam



bersaing untuk berikatan pada sisi aktif adsorben. Sebaliknya, meningkatkan pH larutan akan menyebabkan berkurangnya kompetisi antara ion logam dan proton. Umumnya memastikan tidak adanya interferensi akibat pengendapan logam umumnya percobaan biosorpsi dilakukan pada pH kurang lebih 5 (Musrawati, 2009).

3) Konsentrasi adsorben

Konsentrasi adsorben dalam larutan juga berpengaruh pada pengambilan spesifikasi ion logam. Tetapi dalam beberapa kasus, meningkatnya konsentrasi biomassa secara proporsional tidak berpengaruh nyata pada pengambilan ion logam.

4) Konsentrasi larutan

Konsentrasi larutan juga berpengaruh terhadap mekanisme adsorpsi ion logam. Semakin tinggi konsentrasi spesies dalam larutan, maka jumlah spesies yang di adsorpsi semakin besar. Hubungan antara jumlah spesies yang di adsorpsi dengan konsentrasi kesetimbangan pada suhu tetap disebut isothermal adsorpsi.

3. Metode adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (*colom*).

a. Cara statis (*batch*)

Cara statis yaitu ke dalam wadah yang berisi sorben dimasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu, kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada sorben dilepaskan kembali dengan melarutkan sorben dalam pelarut tertentu dan volume lebih kecil dari volume larutan mula-mula.

b. Cara dinamis (*colom*)

Cara dinamis yaitu didalam kolom yang telah diisi dengan sorben dalam larutan yang mengandung komponen tertentu selanjutnya komponen



yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*effluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil.

Karena selektivitasnya yang tinggi, proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan dengan bahan dengan konsentrasi yang kecil dari campuran yang mengandung bahan lain yang konsentrasi tinggi. Bentuk lain dari adsorpsi adalah pertukaran ion (*ion exchange*).

Kecepatan adsorpsi tidak hanya tergantung pada perbedaan konsentrasi dan luas permukaan adsorben, melainkan juga pada suhu, pH larutan, tekanan (untuk gas), ukuran partikel dan porositas adsorben tetapi juga bergantung juga pada ukuran molekul bahan akan diadsorpsi dan viskositas campuran yang akan dipisahkan (Hanjodo, 1995).

I. Adsorben

Adsorben merupakan zat pada yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan yang menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 mg/l. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya (Saragih, 2008).

Adsorben dapat digolongkan menjadi 2 jenis yaitu adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*) dan adsorben berpori (*porous sorbent*) (Arfan, 2006).

1. Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit seperti $BaSO_4$ atau penghalusan pada kristal. Luas permukaannya kecil, tidak lebih dari $10 \text{ m}^2/\text{g}$ dan umunya antara 0,1 s/d $1 \text{ m}^2/\text{g}$. Adsorben tidak berpori seperti filter karet (*rubber filters*) dan karbon hitam



bergafit adalah jenis adsorben tidak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga luas permukaan dapat mencapai ratusan m^2/g .

2. Adsorben berpori (*porous sorbent*)

Luas permukaan spesifikasi adsorben berpori berkisar antara 100 s/d 1000 m^2/g biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular. Klasifikasi pori menurut *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) adalah :

- a. Mikropori : Diameter < 2 nm
- b. Mesopori : Diameter $2 < d < 50$ nm
- c. Makropori : Diameter $d > 50$ nm

J. Zeolit

1. Pembentukan mineral zeolit

Zeolit pertama kali ditemukan di Swedia pada tahun 1756 oleh Axel Frederick Constedt. Istilah zeolit berasal dari kata “*zein*” (Bahasa Yunani) yang berarti membuah dan “*lihtos*” yang berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang akan membuah bila dipanaskan pada $100^\circ C$. Zeolit alam bercampur dengan mineral lain seperti feldspar, soladit, nephelit dan leusit (Senda dkk., 2006).

Zeolit terbentuk dari abu vulkanik yang telah mengendap jutaan tahun silam. Mineral zeolit ditemukan pada batuan sedimen piroklatik. Zeolit alam terbentuk dari reaksi antara batuan tufa asam berbutir halus bersifat *rhyolitic* dengan air pori atau air meteorik (hujan). Mineral-mineral yang terbentuk dalam grup zeolit yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik yang telah mengalami proses aerasi. Secara geologi, endapan zeolit terbentuk karena proses sedimentasi debu vulkanik pada lingkungan danau yang bersifat alkanli (air asin),

agenetik (metamorfosa tingkat rendah), dan proses hidrotremal (Senda dkk., 2006).

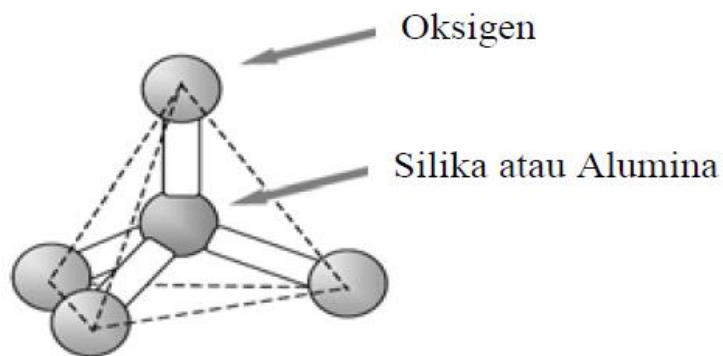


Zeolit merupakan bahan tambang yang terdapat secara alami dipermukaan tanah. Saat ini banyak jenis zeolit alam yang telah ditemukan dan dikelompokkan berdasarkan kesamaan strukturnya. Meskipun zeolit sintetis juga telah banyak diproduksi, namun zeolit alam tetap mempunyai peranan penting karena ketersediannya yang berlimpah (Senda dkk., 2006).

2. Struktur zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$. Kedua tetrahedral di atas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Oscik, J., 1982).

Umumnya, struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit TO_4 , dimana T adalah ion Si^{4+} atau Al^{3+} dengan atom O berada diantara dua atom T.



Gambar 2. Struktur Kimia Zeolit

Struktur zeolit memiliki rumus umum $\text{M}_x/n [(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y] \cdot w\text{H}_2\text{O}$, dimana M adalah kation alkali atau alkali tanah, n adalah jumlah valensi kation, w adalah banyaknya molekul air per satuan unit sel, x dan y adalah angka total atom per satuan unit sel, dan nisbah y/x biasanya bernilai 1 sampai 5, dan ditemukan juga zeolit dengan nisbah y/x antara 10 sampai 100 (Senda *et al.*, 1991).



3. Sifat – sifat zeolit

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi.

b. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Bila mineral zeolit dipanaskan pada suhu 300°C hingga 400°C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu memisahkan molekul dan kepolarannya, meskipun 2 molekul atau lebih yang dapat melintas tetapi hanya sebuah saja yang lolos. Hal ini dikarenakan faktor selektivitas dari mineral zeolit tersebut yang tidak ditemukan pada adsorben padat lainnya.

c. Penukar ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan jenis zeolitnya.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari zeolit yang secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara Kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum.

e. Penyaring atau pemisah

Meskipun banyak media berpori yang dapat digunakan sebagai penyaring pemisah campuran uap atau cairan, tetapi distribusi diameter dari pori-pori tersebut tidak cukup efektif seperti halnya penyaring molekuler zeolit yang memisahkan campuran berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan berat dari molekul yang disaring.



4. Jenis zeolit

a. Zeolit alam

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam nisbah Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Contoh zeolit alam yang umum ditemukan (Subagjo, 1993)

No.	Zeolit Alam	Komposisi
1	Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
2	Kabasit	$(\text{Na}_2, \text{Ca})_6(\text{Al}_{12}\text{Si}_{24}\text{O}_{72}) \cdot 40\text{H}_2\text{O}$
3	Klinoptilotit	$(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
4	Erionit	$(\text{Na}, \text{Ca}_5\text{K})(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$
5	Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
6	Heulandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
7	Laumonit	$\text{Ca}(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
8	Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$
9	Filipsit	$(\text{Na}, \text{K})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
10	Natrolit	$\text{Na}_4(\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
11	Wairakit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin (Lestari, 2010).

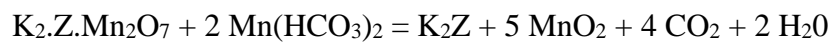
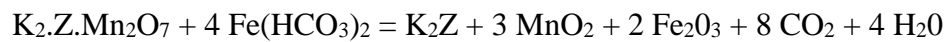
Zeolit alam diketahui memiliki komposisi yang sangat bervariasi, namun komponen utamanya adalah silika dan alumina. Di samping komponen utama ini, zeolit juga mengandung berbagai unsur minor, antara lain Na, K, dan Ca (Lestari, 2010).

terlepas dari aplikasinya yang luas, zeolit alam memiliki beberapa n, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut



dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, adsorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu (Lestari, 2010).

Salah satu jenis zeolit modifikasi yang digunakan adalah mangan zeolit. Mangan zeolit adalah mineral yang dapat menukar elektron sehingga dapat mengoksidasi besi atau mangan yang larut di dalam air menjadi bentuk yang tak larut sehingga dapat dipisahkan dengan filtrasi. Mangan zeolit ($K_2Z.MnO.Mn_2O_7$) dapat juga berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan besi dan mangan yang ada dalam air teroksidasi menjadi bentuk ferri-oksida dan mangandioksida yang tak dapat larut dalam air (Said, 2005).



Reaksi penghilangan besi dan mangan dengan mangan zeolit tidak sama dengan proses perturan ion, tetapi merupakan reaksi dari Fe^{2+} dan Mn^{2+} dengan oksidasi mangan tinggi (*higher mangan oxide*). Keunggulan proses ini adalah mangan zeolit dapat berlaku sebagai buffer (penyangga). Jika penambahan kalium permanganat tidak dapat mengoksidasi zat besi atau mangan yang larut di dalam air secara sempurna maka mangan zeolit akan mengoksidasi logam-logam tersebut dan tersaring di dalamnya (Said, 2005).

b. Zeolit sintetis

Zeolit sintetik adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa yang sedemikian rupa sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar produksi zeolit sintetik adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina, sehingga dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen di atas. Komponen minor dalam zeolit juga dapat ditambahkan dengan mudah menggunakan senyawa murni, sehingga zeolit sintetik memiliki komposisi yang tetap dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Dengan perkembangan penelitian, dewasa ini telah dikenal beragam zeolit sintetik, dan beberapa

nya disajikan dalam Tabel 2.



Tabel 2. Rumus oksida beberapa jenis zeolit sintetik

No.	Zeolit	Rumus Oksidasi
1	Zeolit A	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$
2	Zeolit N-A	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
3	Zeolit H	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
4	Zeolit L	$(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
5	Zeolit X	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
6	Zeolit Y	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 8,9\text{H}_2\text{O}$
7	Zeolit P	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2-5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
8	Zeolit O	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
9	Zeolit Ω	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
10	Zeolit ZK-4	$0,85\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15(\text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3,3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
11	Zeolit ZK-5	$(\text{R}, \text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4-6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Dewasa ini zeolit sintetik terus dikembangkan, dengan dua fokus utama yaitu bahan baku dan metode. Dari segi bahan baku utama, digunakan 2 jenis bahan baku yakni bahan baku sintetik dan bahan baku limbah (Wongkasemjit *et al*, 2002).

K. Resin

Ion exchanger atau resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolierisasi yang mengandung ikatan silang (*crosslinking*) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Sebagai zat penukar ion resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung (*swelling*), kapasitas penukaran dan selektivitas penukaran. Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen, dengan melihat kondisi maka dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas. Sebagai media ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai



1. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.
2. Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
3. Kestabilan fisik yang tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatis cairan serta tekanan osmosis.

1. Prinsip penukar ion

Penukar ion kebanyakan berupa bahan-bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar. Bagian aktif semacam itu misalnya adalah:

- Pada penukar kation:

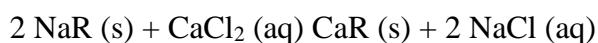
Kelompok-kelompok asam sulfo-SO₃-H⁺ (dengan sebuah ion H⁺ yang dapat ditukar).

- Pada penukar anion:

Kelompok-kelompok amonium kuartener-N-(CH₃)₃+OH⁻ (dengan sebuah ion OH⁻ yang dapat ditukar).

Pertukaran ion adalah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion. Contoh reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi :

- Reaksi pertukaran kation:



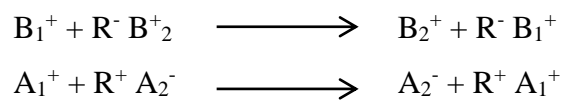
Reaksi pertukaran anion :



Reaksi pertukaran kation menyatakan bahwa larutan yang mengandung CaCl_2 diolah dengan resin penukar kation NaR, dengan R menyatakan resin. Proses penukaran kation yang diikuti dengan penukaran anion untuk mendapatkan air yang bebas dari ion-ion penyebab kesadahan. Konstanta disosiasi air sangat kecil dan reaksi dari H^+ dengan OH^- sangat cepat. Ketika semua posisi pertukaran yang awalnya dipegang H^+ atau ion OH^- yang menempati Na^+ atau Cl^- (kation atau anion lain) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrasi menggunakan asam atau basa yang sesuai. (Pujiastuti, 2008).

2. Mekanisme penukar ion

Pertukaran ion dapat ditempatkan sebagai unit operasi dalam equilibrium (kesetimbangan) kimia. Pertukaran ion menyangkut salah penempatan ion yang diberikan spesies dari pertukaran material yang tidak dapat larut dengan ion-ion yang berbeda spesies ketika larutan yang terakhir dibawa sampai mengontak/berhubungan/bercampur. Pertukaran ion bisa digambarkan dengan kesetimbangan umum :



Dimana :

A_1^+ , B_1^+ = Kation-kation dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

A_1^- , A_2^- = Anion-anion dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

R^- , R^+ = Penukaran bahan-bahan dari kationir dan anionir masing-masing (C. Pujiastuti, 2008).

3. Jenis-jenis resin penukar ion

Berdasarkan jenis gugus fungsi yang digunakan, menurut Wahyuningrum (2010) resin penukar ion dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu :

Resin penukar kation asam kuat (mengandung gugusan HSO_3)

Contoh paling baik dari resin penukar kation asam kuat adalah “*principal d styrene-divinylbenzene copolymer produc*” seperti amberlite IRP-69 (Rohm and Haas) dan DOWEX MSC-1 (Dow Chemical). Resin ini dapat



digunakan untuk menutup rasa dan aroma zat aktif kationik (mengandung amin) sebelum diformulasi dalam tablet kunyah. Resin ini merupakan produk sferik yang dibuat dengan mensulfonasi butir-butir kopolimer divinilbenzen srien dengan zat pensulfonasi pilihan berupa asam sulfat, asam klorosulfonoat, atau sulfur trioksida. Penggunaan zat pengembang yang non reaktif umumnya diperlukan untuk pengembangan yang cepat dan seragam dengan kerusakan minimum. Resin penukar kation asam kuat berfungsi diseluruh kisaran pH.

b. Resin penukar kation asam lemah (mengandung gugusan COOH)

Resin penukar kation asam lemah yang paling umum adalah yang dibuat dengan tautan silang atau asam karboksilat tak jenuh seperti asam metakrilat dengan suatu zat tautan silang seperti divinilbenzen. Contohnya mencakup DOWEX CCR-2 (DOW chemical) dan Amberlit IRP-65 (Rhom dan Haas). Resin pertukaran kation asam lemah berfungsi pada pH diatas 6.

c. Resin penukar anion basa kuat (mengandung gugusan amina tersier atau kuartener)

Resin penukar anion basa kuat adalah resin amin kuartener sebagai hasil dari reaksi trietilamin yang kopolimer dari stiren dan dvinil benzen yang diklorometilasi, misalnya amberlite IRP-276 (Rhom and Hass), dan DOWEX MSA-A (DOWnChemical). Resin penukar anion basa kuat ini berfungsi diseluruh kisaran pH.

d. Resin penukar anion basa lemah (mengandung OH sebagai gugusan labil)

Resin penukar ion basa lemah dibentuk dengan mereaksikan amin primer dan amin sekunder atau amonia dengan kopolimer stiren dan divinil benzene yang diklorometilasi, biasanya digunakan dimetilamin. Resin penukar anion basa lemah ini berfungsi dengan baik dibawah pH.

4. Operasi sistem penukar ion

Menurut Wahyuningrum (2010) operasi sistem pertukaran ion dilakukan dalam 4 tahap, yaitu :



a. Tahap layanan (*service*)

Tahap layanan (*service*) adalah tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. Tahap layanan ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap waktu atau volume air produk yang dihasilkan. Hal lain yang penting pada tahap layanan adalah kapasitas (teoritik dan operasi) dan beban pertukaran ion (*ion exchanger load*). Kapasitas pertukaran teoritik didefinisikan sebagai jumlah ion secara teoritik yang dipertukarkan oleh resin per satuan massa atau volume resin. Kapasitas pertukaran ion teoritik ditentukan oleh jumlah gugus fungsi yang dapat diikat oleh matriks resin. Kapasitas operasi adalah kapasitas resin aktual yang digunakan untuk reaksi pertukaran pada kondisi tertentu. Beban pertukaran ion adalah berat ion yang dihilangkan selama tahap layanan dan diperoleh dari hasil kali antara volume air yang diolah selama tahap layanan dengan konsentrasi ion yang dihilangkan. Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air umpan dari atas (*down flow*).

b. Tahap pencucian balik (*backwash*)

Tahap pencucian balik dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik habis. Sebagai pencuci, digunakan air produk. Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut:

- 1) Pemecahan resin yang tergumpal.
- 2) Penghilangan kantong-kantong gas dalam reaktor.
- 3) Pembentukan ulang lapisan resin.

Pencucian balik dilakukan dengan pengaliran air dari bawah ke atas (*up flow*).

c. Tahap regenerasi

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengambilan kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan digunakan). Jika semua sistem dapat dikembalikan ke kemampuan awal, maka ekuivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang hilang selama tahap layanan. Jadi secara teoritik, jumlah larutan regenerasi



(dalam ekivalen) harus sama dengan jumlah ion (dalam ekivalen) yang dihilangkan (kebutuhan larutan regenerasi teoretik). Operasi regenerasi agar resin mempunyai kapasitas seperti semula sangat mahal, oleh sebab itu maka regenerasi hanya dilakukan untuk menghasilkan sebagian dari kemampuan pertukaran awal.

Efisiensi regenerasi resin penukar kation asam kuat yang diregenerasi dengan H_2 anion basa kuat yang diregenerasi dengan NaOH antara 20-50%, oleh sebab itu pemakaian larutan regenerasi 2-5 kali lebih besar dari kebutuhan teoritik.

Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas, dengan menginjeksikan regeneran untuk kation adalah HCl dan untuk anion adalah NaOH. Proses regenerasi :

- 1) *Backwash*, yaitu mengalirkan air bersih ke arah berlawanan melalui tangki kation atau anion sampai air keluarannya bersih.
- 2) Melakukan *slow rinse*, yaitu mengalirkan air pelan-pelan untuk menghasilkan regeneran dalam resin.
- 3) *Fast rinse* yaitu membilas unit dengan laju yang lebih cepat untuk menghilangkan regeneran sebelum operasi.

d. Tahap pembilasan

Tahap pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin, pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran *down flow* dan dilaksanakan dalam 2 tingkat, yaitu:

- 1) Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi.
- 2) Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion.

Limbah pembilasan tingkat laju alir rendah digabungkan dengan larutan garam dan dibuang, sedangkan limbah pembilasan tingkat laju alir tinggi disimpan dan digunakan sebagai pelarut senyawa untuk regenerasi.

L. Titrasi



titrasi merupakan suatu proses analisis dimana suatu volume larutan ditambahkan ke dalam larutan dengan tujuan mengetahui komponen yang

tidak dikenal. Larutan standar adalah larutan yang konsentrasinya sudah diketahui secara pasti. Berdasarkan kemurniannya larutan standar dibedakan menjadi larutan standar primer dan larutan standar sekunder. Larutan standar primer adalah larutan standar yang dipersiapkan dengan menimbang dan melarutkan suatu zat tertentu dengan kemurnian tinggi (konsentrasi diketahui dari massa-volume larutan). Larutan standar sekunder adalah larutan standar yang dipersiapkan dengan menimbang dan melarutkan suatu zat tertentu dengan kemurnian relatif rendah sehingga konsentrasi diketahui dari hasil standardisasi (Day Underwood, 1999).

Standarisasi larutan merupakan proses saat konsentrasi larutan standar sekunder ditentukan dengan tepat dengan cara mentitrasi dengan larutan standar primer (John Kenkel, 2003). Titran atau titer adalah larutan yang digunakan untuk mentitrasi (biasanya sudah diketahui secara pasti konsentrasinya). Dalam proses titrasi suatu zat berfungsi sebagai titran dan yang lain sebagai titrat. Titrat adalah larutan yang dititrasi untuk diketahui konsentrasi komponen tertentu. Titik ekuivalen adalah titik yg menyatakan banyaknya titran secara kimia setara dengan banyaknya analit. Analit adalah spesies (atom, unsur, ion, gugus, molekul) yang dianalisis atau ditentukan konsentrasinya atau strukturnya.

Titik akhir titrasi adalah titik pada saat titrasi diakhiri atau dihentikan. Dalam titrasi biasanya diambil sejumlah alikuot tertentu yaitu bagian dari keseluruhan larutan yang dititrasi kemudian dilakukan proses pengenceran. Pengenceran adalah proses penambahan pelarut yang tidak diikuti terjadinya reaksi kimia sehingga berlaku hukum kekekalan mol. (W. Haryadi, 1990).

Kesalahan titrasi merupakan kesalahan yang terjadi bila titik akhir titrasi tidak tepat sama dengan titik ekuivalen ($\leq 0,1\%$), disebabkan ada kelebihan titran, indikator bereaksi dengan analit, atau indikator bereaksi dengan titran, diatasi dengan titrasi larutan blanko. Larutan blanko larutan yang terdiri atas semua pereaksi kecuali analit. Untuk mengetahui titik ekuivalen secara eksperimen

dibuat kurva titrasi yaitu kurva yang menyatakan hubungan antara $-\log [X^-]$ atau $-\log [Ag^+]$ atau E (volt) terhadap volume (W. Haryadi,



M. Penelitian Terdahulu

Tabel 3.a Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
1.	Identifikasi logam besi (Fe) pada zonasi radius 1-5 km tempat pembuangan akhir (TPA) antang Makassar terhadap pengaruh kualitas air sumur gali	Hikmah Nisa Arba (2017)	Skripsi	Untuk menentukan kadar logam berat besi (Fe) dalam air sumur gali di sekitar TPA Antang Makassar pada zonasi radius 1 – 5 Km.
2.	Penjernihan air sungai dengan perlakuan koagulasi, filtrasi, Absorpsi, dan pertukaran ion	<ul style="list-style-type: none"> • Setyo Purwanto • Teguh Purwanto • Luqmanul Hakim (2015) 	Jurnal Teknik	Mengatasi Masalah kesulitan penjernihan air sungai agar menghasilkan air hasil olahan menjadi jernih.
3.	Pengolahan air tanah berbasis <i>treatment: Ferrolite, manganese zeolite</i> , dan <i>ion exchange</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Setyo Purwanto • Joko Sutrisno (2016) 	Jurnal Teknik	Guna mengetahui removal parameter air bersih pada pengolahan air tanah menggunakan <i>treatment: ferrolite, manganese, zeolite dan ion exchange</i> .
4.	Analisis kualitas air sumur dangkal di Kecamatan Biringkanayya kota Makassar	Rifda Suryana H. (2013)	Skripsi	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis kualitas air pada sumur dangkal di Kecamatan Biringkanaya ditinjau dari analisis kimia,



Tabel 3.b Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
				<p>fisik, maupun mikrobiologi.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis tingkat pencemaran air sumur dangkal di Kecamatan Biringkanaya dengan menggunakan Metode Indeks Pencemaran. • Mengidentifikasi jumlah sumur gali yang terdapat di Kecamatan Biringkanaya.
5.	Penurunan kadar besi oleh media zeolit alam Ponorogo secara kontinyu	<ul style="list-style-type: none"> • Andreas Djatmiko Poerwadi • Ali Masduqi (2004) 	Jurnal Purifikasi	Untuk menguji kemampuan mineral zeolit alam Ponorogo untuk menurunkan kadar Fe dalam air limbah.
6.	Kajian kapasitas dan efektivitas resin penukar anion untuk mengikat Klorin aplikasinya pada air	<ul style="list-style-type: none"> • I K. G. Antara, I W. • Budiarsa Suyasa • A. A. 	Jurnal Kimia	Untuk menurunkan kadar klor pada sumber mata air di Desa Sedang.



Tabel 3.c Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
		Bawa Putra (2008)		
7.	Analisa Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dan Kromium (Cr) pada Sumur Artesis dan Sumur Penduduk (Cincin) dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa) Di Kelurahan Rejo Sari Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru	Suci Apriani (2011)	Jurnal Kimia	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan adanya kandungan logam berat khususnya besi (Fe) dan kromium (Cr) pada sumur air artesis dan penduduk di Kelurahan Rejo Sari. • Untuk mengetahui apakah konsentrasi logam pada air sumur di Kelurahan Rejo Sari masih memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu No. 492/MENKES/PER/IV/2010.
8.	Kandungan Kadar Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam Air Minum dari Depot Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit di Kota Medan	Kumpulan Kacaribu (2008)	Tesis	<ul style="list-style-type: none"> • Mendapatkan data kandungan seng (Zn) dan besi (Fe) pada air baku yang didistribusikan oleh pengusaha



Tabel 3.d Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
				<p>angkutan air minum pegunungan Sibolangit dilakukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Mendapatkan data kandungan seng (Zn) dan besi (Fe) pada air baku yang didistribusikan oleh pengusaha angkutan air minum pegunungan di Kota Medan, dilakukan destruksi basah dengan HNO₃ pekat dan aqua regia selanjutnya menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).</p> <ul style="list-style-type: none"> • pengangkutan hingga diproduksi Depot air minum pegunungan dapat meningkatkan kandungan kadar seng (Zn) dan besi (Fe) pada AMIU di Kota Medan.



Tabel 3.e Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
9.	Efektivitas Penggunaan Ampas Sagu Sebagai Biosorben Untuk Mengadsorpsi Ion Mangan (Mn)	Ibtisamah Bachmid (2015)	Skripsi	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan waktu kontak optimum biosorpsi ion Mangan(Mn) dengan menggunakan ampas sagu. • Menentukan kapasitas optimum biosorpsi ion Mangan(Mn) dengan menggunakan ampas sagu.
10.	Penurunan Logam Besi Dan Mangan Menggunakan Filtrasi Media Zeolit Dan <i>Manganese Greensand</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Nastitih Maharani Oesman • Sugito (2017) 	Jurnal Teknik	Untuk mengkaji Penurunan Fe dan Mn pada air tanah menggunakan filtrasi media Zeolit dan Manganese Greensand
11.	Titration Asimetri	Regina Tutik Padmaningrum (2006)	Jurdik Kimia	Untuk mengetahui metode titasi
12.	Verifikasi Konsentrasi Regenerasi pada Proses Regenerasi Resin Penukaran Ion Sistem Air Bebas Mineral (CA01) RSG-GAS	<ul style="list-style-type: none"> • Diyah Erlina Lastari • Setyo Budi Utomo • Suhartono • Aep 	Jurnal Nuklir	Untuk membandingkan hasil penentuan secara laboratorium dengan metode titrasi dan perhitungan berdasarkan design sistem serta



Tabel 3.f Studi yang relevan dengan penelitian

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Jenis Jurnal	Tujuan
		Saepudin Catur (2011)		berdasarkan spesifikasi resin penukar ion yang digunakan pada sistem air bebas mineral (GCA01).
13.	Kombinasi Proses Filtrasi dan <i>Ion Exchange</i> Secara Kontinu pada Pembuatan Aquadm (<i>Demineralized Water</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Reni Desmiarti • Munas Martynis • Jeni Novita • Nanda Saputra (2017)	Jurnal Kimia	Untuk pengujian kombinasi proses filtrasi dan <i>ion exchange</i> secara kontinu pada pembuatan aquadm (<i>demineralized water</i>).
14.	Pembuatan Filter untuk Menghilangkan Zat Besi dan Mangan di dalam Air	<ul style="list-style-type: none"> • Nusa Idaman Said • Haryoto Indriatmoko • Nugro Raharjo • Arie Herlambang (2005)	Jurnal Analisis Ilmiah	Untuk membuat alat yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air tanah khususnya untuk menghilangkan zat besi dan mangan di dalam air
15.	Penyaringan Air Tanah Dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan	<ul style="list-style-type: none"> • Abdur Rahman • Budi Hartono (2004)	Jurnal Kesehatan	Untuk mendapatkan kondisi penyaringan air yang optimum.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan selama 3 bulan mulai bulan November 2018 sampai dengan bulan Januari 2019. Pembuatan sampel, pengujian dan analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

B. Jenis dan Rancangan Penelitian

Jenis metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilakukan dalam skala laboratorium. Metode ini dimaksudkan mengadakan percobaan secara langsung untuk melihat dan memperoleh data empiris melalui variable - variabel yang diteliti. Adapun variable – variabel dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi akibat dari adanya variabel bebas, dikatakan sebagai variabel terikat karena variabel terikat dipengaruhi oleh variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikat adalah efektivitas adsorben zeolit dan resin yang ditinjau dari penurunan konsentrasi logam besi dan mangan pada air tanah dangkal dan kapasitas penyerapan logam besi dan mangan oleh adsorben zeolit dan resin.

2. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau sebab perubahan a variabel terikat. Ada 2 variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

Berat zeolit dan resin dalam reaktor (A)

Alternatif 1 : 1,31 Kg, 1,6 Kg (Zeolit, kerikil)



- Alternatif 2 : 1,31 Kg, 1,6 Kg (Resin, kerikil)
- Alternatif 3 : - 1,31 Kg, 1,6 Kg (Zeolit, kerikil)
- 1,31 Kg, 1,6 Kg (Resin, kerikil)

- b. Konsentrasi larutan besi dan mangan (ppm)
- C1: 2 ppm C2 : 4 ppm C3: 6 ppm

3. Variabel mediasi

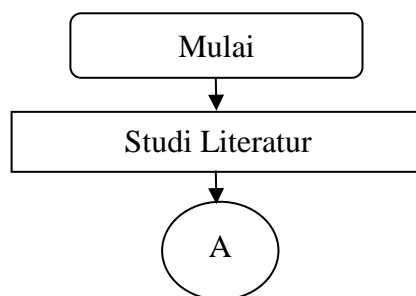
Variabel mediasi adalah variabel mempengaruhi fenomena yang diobservasi variabel terikat yang efeknya harus diinferensi melalui efek hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Dalam penelitian ini nilai pH dan suhu bertindak sebagai variabel mediasi yang pengaruhnya dapat dilihat setelah mengetahui hubungan antar variabel.

Dapat dilihat dari variabel-variabel yang ada, rancangan penelitiannya adalah seperti pada Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Rancangan penelitian

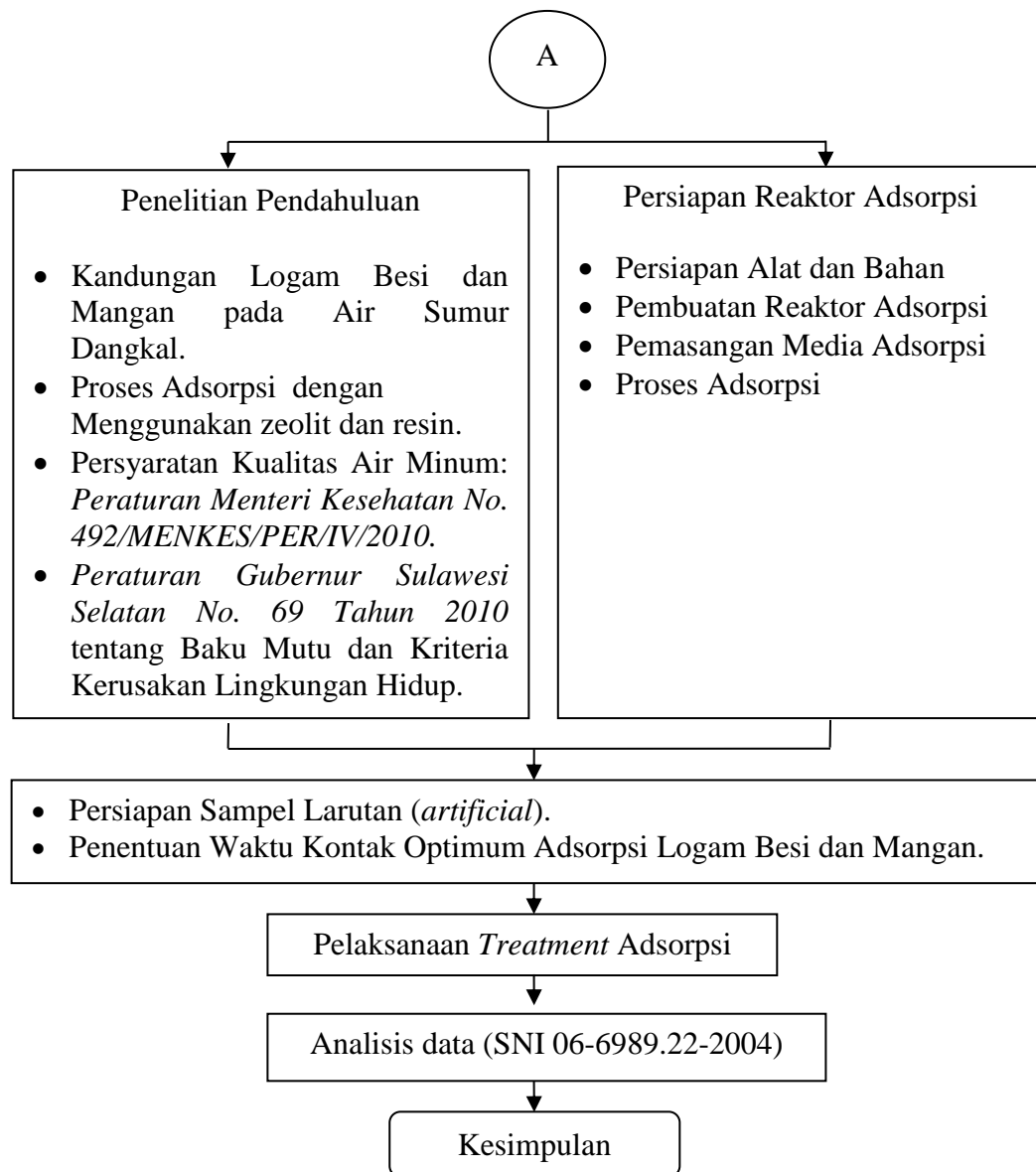
	C1	C2	C3
A1	A1C1	A1C2	A1C3
A2	A2C1	A2C2	A2C3
A3	A3C1	A3C1	A3C1

C. Bagan Alir Metode Penelitian



Gambar 3.a Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.b Diagram Alir Penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum pembuatan reaktor adsorpsi, terlebih dahulu dilakukan persiapan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah :

- Pipa PVC diameter 3 inci dengan panjang 60 Cm sebanyak 2 buah. Pipa ini merupakan pipa utama yang akan di isi media adsorben.
- Dop (tutup) PVC diameter 3 inci sebanyak 4 buah. 2 buah digunakan sebagai dop atas yang difungsikan sebagai tempat memasang saringan



atas. Dan 2 buah digunakan sebagai dop bawah yang difungsikan sebagai penutup bawah pipa.

- *Stop Kran* 3/4" sebanyak 9 buah. Keran ini digunakan sebagai kran pengatur aliran air.
- *Knee* 3/4" PVC sebanyak 10 buah. *Knee* ini berbentuk lekukan dan digunakan sebagai sambungan antara pipa.
- Sambungan T 3/4" PVC sebanyak 5 buah. Sambungan ini berbentuk T dan digunakan sebagai sambungan antara pipa.
- Sambungan lurus 2 buah. Sambungan lurus digunakan untuk menyambung pipa yang sejajar.
- *Sock Drat* dalam 3/4" sebanyak 5 buah. *Sock Drat* dalam adalah sendi pipa yang digunakan untuk menyatukan beberap pipa.
- *Sock Drat* luar 3/4" sebanyak 4 buah. *Sock Drat* luar adalah sendi pipa yang digunakan untuk menyatukan beberap pipa.
- *Water mur* sebanyak 5 buah. *Water mur* digunakan sebagai baut antara pipa.
- Pipa PVC 3/4" sepanjang 5 meter.
- Lem PVC, *Seal Tape*, kassa dan penggaris.
- Tangki penampung air sebanyak 2 buah. Tangki ini digunakan sebagai tangki penampung sampel air dan tangki penampung air yang telah diolah.
- Gergaji pipa
- Kerikil diameter 4,75-9,4 mm sebanyak 3,2 Kg. Kerikil digunakan sebagai media filter.
- Zeolit sebanyak 1,31 Kg. Zeolit digunakan sebagai media adsorben.
- Resin sebanyak 1,31 Kg. Resin digunakan sebagai media adsorben.

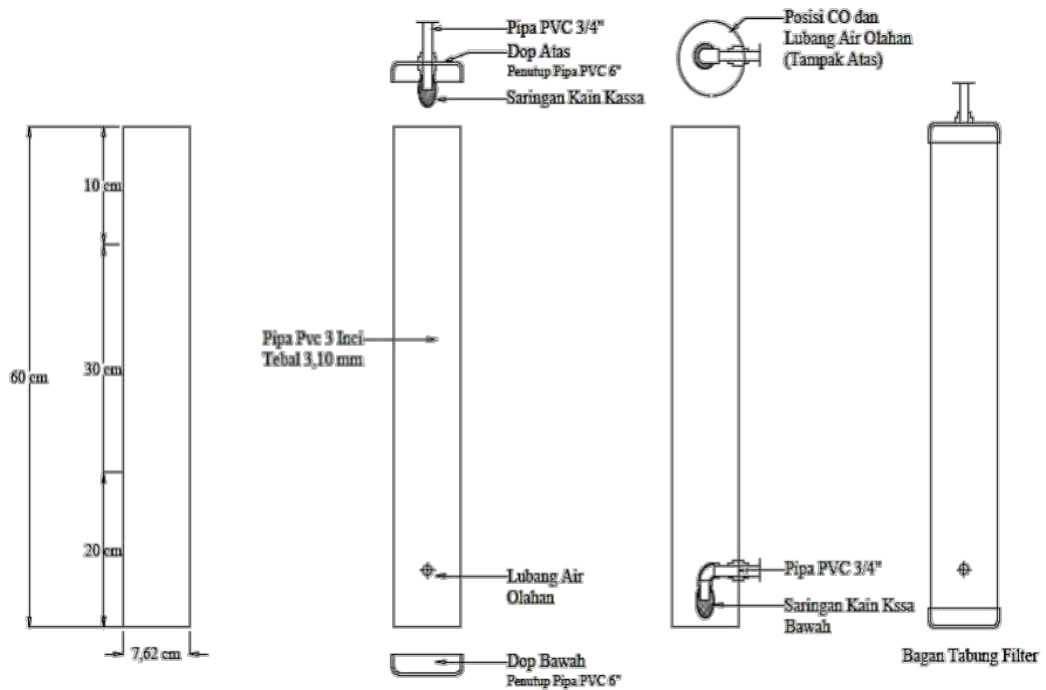


2. Pembuatan reaktor adsorpsi

Reaktor adsorpsi ini dibuat dengan sistem kolom dengan aliran dari atas ke bawah (*down flow*) kontinyu dari kolom 1 ke kolom 2. Terdapat dua kolom adsorpsi yang dibuat dengan ukuran yang sama. Adapun cara merancang reaktor ini adalah sebagai berikut:

- Membuat satu buah lubang pada sisi yang sama. Jarak pusat lubang masing-masing 10 Cm dari ujung pipa bagian bawah, diameter lubang ± 1 inci. Lubang ini untuk memasang *fiting* untuk pipa air olahan bagian bawah.
- Salah satu dop (tutup) PVC 3 inci pada masing-masing pipa dilubangi pada bagian tengahnya dengan diameter $3/4$ " dan dipasang *sock drat* luar dan *sock drat* dalam, kemudian diberi *sela tape* serta dilem dengan lem PVC agar kuat menahan tekanan air. Dop tersebut dipasang pada bagian atas filter. Dop atas tersebut juga berfungsi untuk tempat memasang saringan atas.
- Setelah pemasangan CO dan saringan bagian bawah pada pipa filter 3 inci selesai, dilanjutkan dengan pemasangan dop bawah. Untuk dop bawah dipilih bentuk yang rata agar filter dapat berdiri dengan leluasa. Cara pemasangan dop bawah yakni dengan menggunakan lem PVC. Setelah pemasangan dop (tutup) bawah selesai, dilanjutkan dengan pemasangan dop atas yang dilengkapi dengan saringan (*strainer*).
- Setelah pemasangan dop atas dan dop bawah selesai, dilanjutkan dengan pemasangan keran-keran pengatur aliran masuk, aliran keluar dan keran untuk pencucian balik (*back wash*). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.



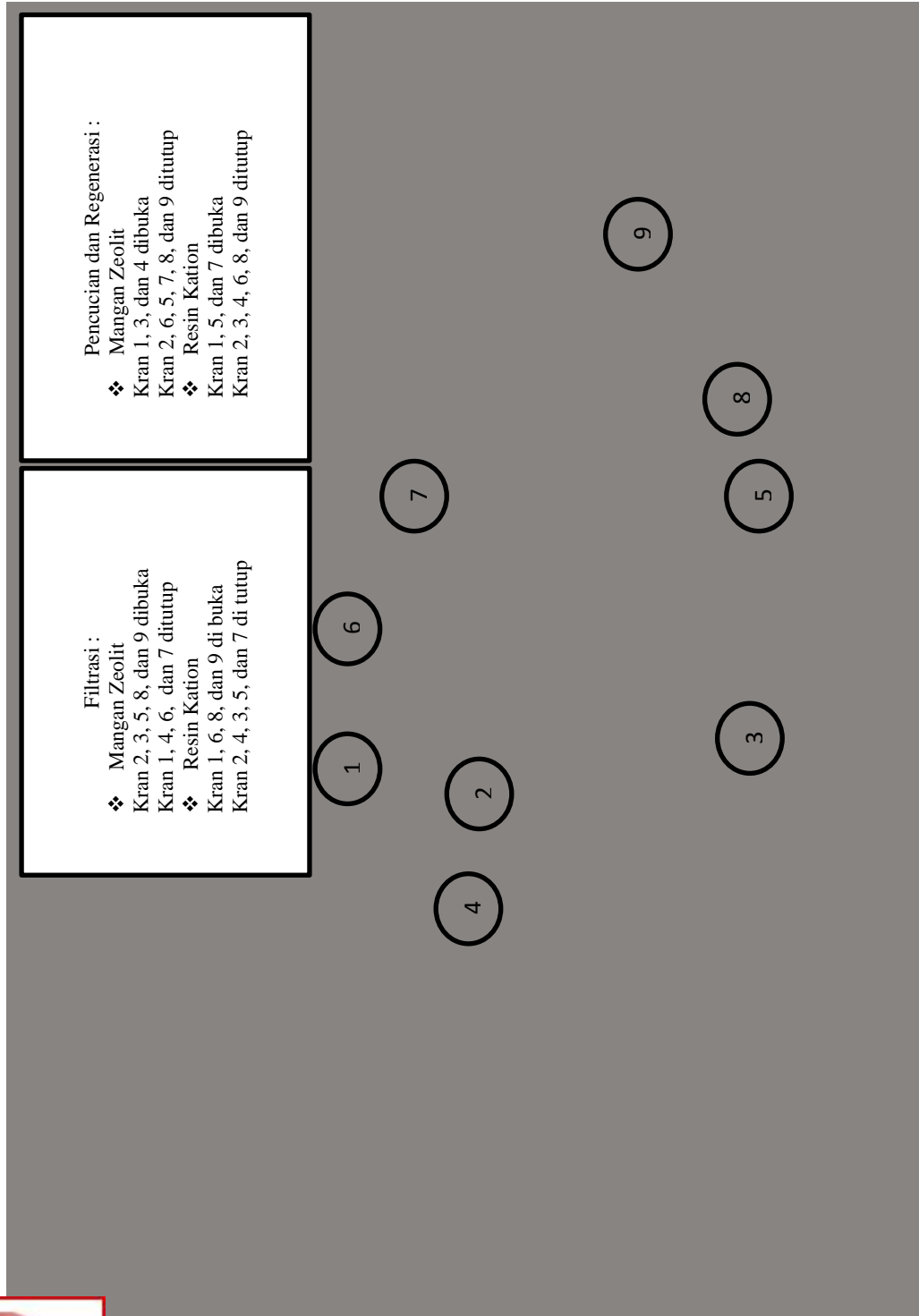


Gambar 4. Desain Awal Reaktor

Tabel 5. Spesifikasi teknik reaktor kolom *down flow* kontinu

Spesifikasi		Keterangan			
Jenis	:	Kolom <i>down flow</i> kontinu			
Material	:	Pipa PVC			
Ketebalan	:	3,10 mm			
Ukuran Efektif	Diameter (Inci)	Tinggi (Cm)	Tinggi Jagaan (Cm)		
			Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Kolom Zeolit	3	60	12,5	-	12,5
Kolom Resin	3	60	-	10	10





Gambar 5. Gambar Reaktor

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat alur proses adsorpsi yang terjadi terbagi menjadi 5, yakni proses adsorpsi dengan menggunakan mangan zeolit, resin kation, campuran dan proses regenerasi mangan zeolit dan resin kation. Proses adsorpsi pada mangan zeolit dan resin kation menggunakan kolom masing-masing, sedangkan untuk campuran menggunakan kedua kolom sekaligus. Tekanan didalam reaktor dijaga dengan memperhatikan tinggi muka air di dalam wadah penampung air. Hal ini dilakukan agar air terus mengalir mengisi kolom. Selanjutnya ditunggu hingga 15 menit pertama lalu air olahan ditampung sebanyak 500 ml. Hal ini terus dilakukan dengan waktu kontak 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, dan 480 menit.

Pada proses yang pertama yakni adsorpsi mangan zeolit dilakukan menggunakan kolom pertama dengan membuka keran 2, 3, 5, 8, 9 dan menutup keran 1, 4, 6, 7. Kedua untuk resin kation menggunakan kolom kedua dengan membuka keran 1, 6, 8, 9 dan menutup keran 2, 3, 4, 5, 7. Sedangkan untuk adsorpsi campuran menggunakan kolom satu dan kolom dua dengan membuka keran 2, 3, 6, 8, 9 dan menutup keran 1, 4, 5, 7.

Pada proses regenerasi dilakukan pada masing-masing kolom adsorben. Pada aliran *down flow* mangan zeolit sama seperti proses adsorpsi dan untuk aliran *up flow* keran 1, 3, 4 dibuka dan keran 2, 5, 6, 7, 8, 9 ditutup. Sedangkan pada aliran *down flow* resin kation sama seperti proses adsorpsi dan untuk aliran *up flow* keran 1, 5, 7 dibuka dan keran 2, 3, 4, 6, 8, 9 ditutup.

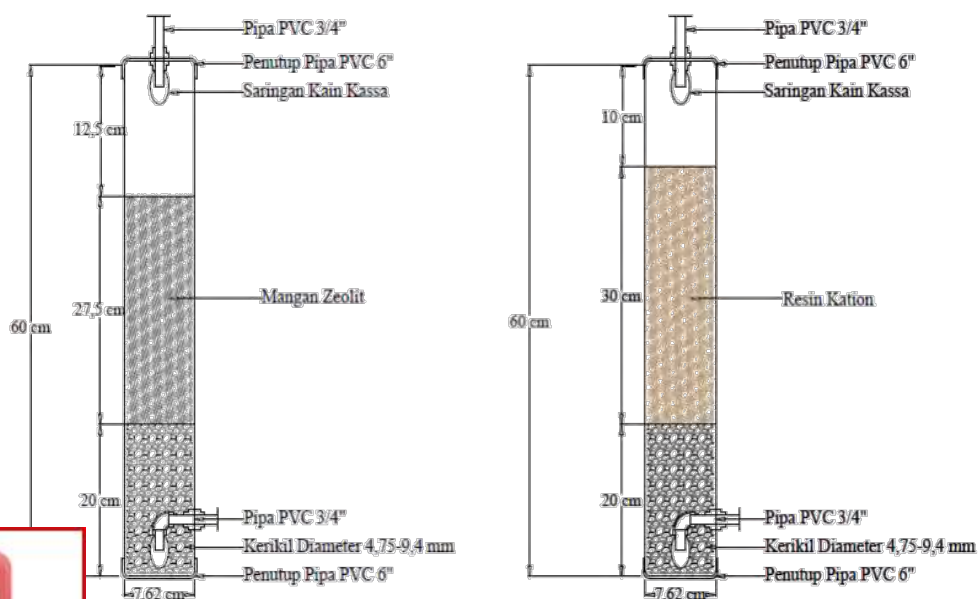
Debit aliran yang digunakan adalah sebesar 110 ml/menit yang diukur sebelum proses adsorpsi yakni pada tahap percobaan awal reaktor. Waktu kontak yang dimulai dari 15 menit dikarenakan debit yang keluar pada *effluent* ada pada waktu menit ke 15.



3. Pemasangan media adsorpsi

Media filter pada reaktor adsorpsi digunakan beberapa adsorben . Adapun adsorben yang digunakan yakni: zeolit dan resin. Sedangkan kerikil diameter 4,75-9,4 mm digunakan sebagai filter fisik, yang berfungsi sebagai penahan lapisan adsorben agar tidak turun kebawah. Pengisian media filter dilakukan dengan cara memasukan media filter melalui lubang dop atas yang ada pada tabung filter.

Terdapat 3 alternatif yang akan dilakukan pada penelitian ini. Alternatif yang dimaksud adalah perbedaan berat adsorben didalam reaktor. Alternatif pertama adalah lapisan adsorben zeolit dan kerikil (1,31 Kg, 1,6 Kg). Alternatif kedua adalah lapisan adsorben resin dan kerikil (1,31 Kg, 1,6 Kg). Dan alternatif ketiga adalah lapisan campuran adsorben zeolit kerikil (1,31 Kg, 1,6 Kg) dan resin kerikil (1,31 Kg, 1,6 Kg) pada kolom yang berbeda. Pengisian diusahakan agar merata, dan lebih baik lagi sebelum dimasukkan ke dalam kolom kerikil dan adsorben dicuci terlebih dahulu dan diberi kassa atau kain agar adsorben tidak bercampur dengan kerikil. Untuk pengisian media filter dapat dilihat susunannya seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Susunan Media Adsorpsi

Tabel 6. Spesifikasi adsorben mangan zeolit

Spesifikasi	Keterangan
Jenis	: Alami modifikasi
Bentuk fisik	: Granular
Kandungan	: KMnO_4
Ukuran butir	: 1,2 mm
Warna	: Abu – abu kehitaman
Rumus Kimia	: $\text{K}_2\text{Z.MnO.Mn}_2\text{O}_7$
Regenerasi	: KMnO_4
Harga/Kg	: Rp 25.000,00

Tabel 7. Spesifikasi adsorben resin kation

Spesifikasi	Keterangan
Merek	: Flotrol
Jenis	: Sintetis
Struktur polimer	: Styrene-DVB
Bentuk fisik dan warna	: Granular dan coklat kekuningan
Butiran	: $\geq 90 \%$
Bentuk ion	: Na^+
Ukuran saringan	: 0,4-0,7 mm
Ukuran butir	: 0,315-1,25 mm
Retensi kelembapan Na^+	: 45 %-53 %
Pembengkakan $\text{Na}^+ \rightarrow \text{H}^+$: 10 % maksimal
Spesifik gravitasi, kelembapan Na^+	: 1,25-1,29 g/ml
Total kapasitas pertukaran ion, Na^+	
Berat basah	: 1,7 mmol/ml minimal
Berat kering	: 4,5 mmol/Kg minimal
pH stabil	: 0-14
...	: NaCl
...	: Rp 100.000,00





Gambar 7. Adsorben Mangan Zeolit



Gambar 8. Adsorben Resin Kation



Gambar 9. Kerikil Diameter 4,75-9,4 mm

4. Persiapan sampel larutan

Sampel buatan (*artificial*) logam besi dan mangan dibuat di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

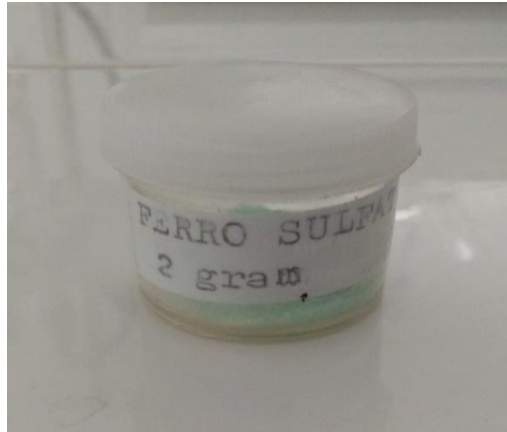
a. Pembuatan larutan baku besi (Fe)

Larutan baku besi yang dibuat adalah larutan baku Ferro Sulfat (Fe). Larutan ini dibuat dengan menimbang secara teliti $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,6800 gram besi sulfat kemudian dilarutkan dalam gelas beker lalu dipindahkan secara

ke dalam labu ukur 250 ml dan diencerkan menggunakan akuades standar batas sehingga diperoleh larutan baku Fe 1000 ppm. Larutan (2 ppm, 4 ppm, dan 6 ppm) diperoleh dengan memipet larutan 40



ml, 80 ml, dan 120 ml larutan baku Fe 1000 ppm dan diencerkan dengan akuades sebanyak masing-masing 20 liter.



Gambar 10. Ferro Sulfat (Fe)



Gambar 11. Proses Penimbangan Ferro Sulfat (Fe)



Gambar 12. Larutan Baku Besi 1000 ppm

b. Pembuatan larutan baku mangan (Mn)

Larutan baku mangan yang dibuat adalah larutan baku mangan (II) sulfat (Mn). Larutan ini dibuat dengan menimbang secara teliti MnSO_4 sebanyak 0,730 gram mangan (II) sulfat dan diencerkan menggunakan akuades sampai 250 ml sehingga diperoleh larutan mangan (II) sulfat 1000 ppm. Larutan sampel buatan (2

ppm, dan 6 ppm) diperoleh dengan memipet larutan 40 ml, 80 ml, dan 120 ml larutan baku mangan (II) sulfat dan diencerkan dengan akuades sebanyak masing-masing 20 liter.





Gambar 13. Mangan (II) Sulfat (Mn)



Gambar 14. Proses Penimbangan

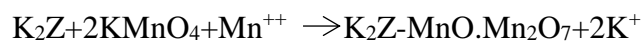


Gambar 15. Larutan Baku Mangan 1000 ppm

c. Regenerasi mangan zeolit

Menurut Yoshio Kikuchi (1999) regenerasi mangan zeolit dilakukan dengan cara berikut:

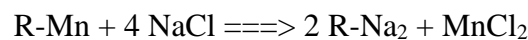
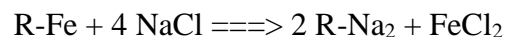
- Regenerasi mangan zeolit dilakukan dengan merendam mangan zeolit 1,31 Kg dengan larutan KMnO_4 10 %, yakni 10 ml KMnO_4 dalam 100 ml air bersih.
- Perendaman mangan zeolit dilakukan selama 6 jam.
- Secara kimia terjadi reaksi :



d. Regenerasi resin kation

Menurut Ady Water (2012) regenerasi resin kation dilakukan dengan cara berikut:

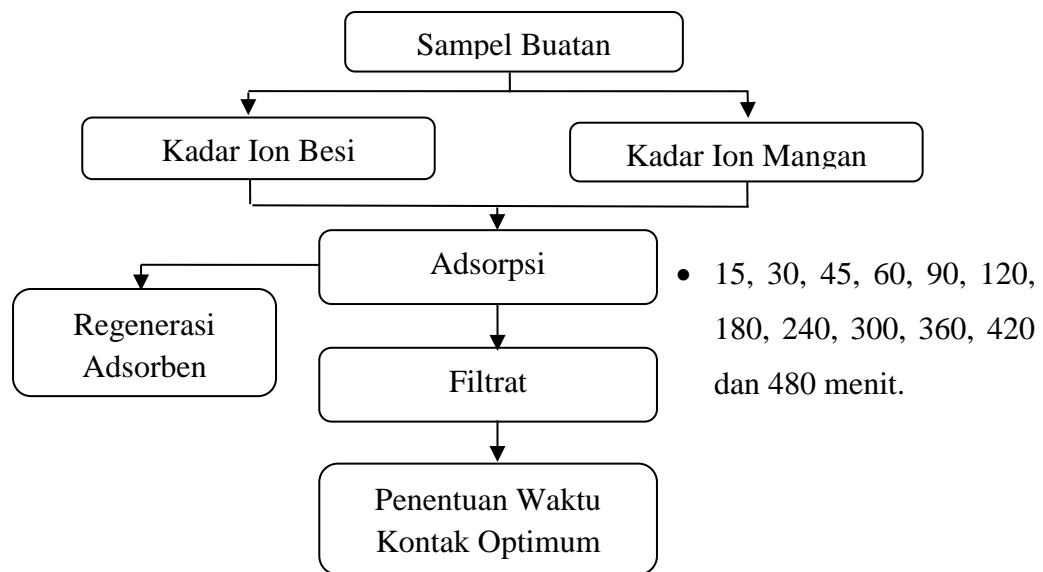
- Temperatur operasi maksimal 120° C. Temperatur yang digunakan adalah 28° C.
- Derajat keasaman atau pH bebas (1-14). pH yang digunakan adalah 7,8-8.
- Debit disesuaikan, jika terlalu lambat resin tidak dapat bergerak dan jika terlalu cepat regenerasi tidak efektif. Debit yang digunakan adalah 100 ml/ menit-500 ml/ menit.
- Sebelum dilakukan regenerasi, resin kation dibilas terlebih dahulu dengan air bersih sebanyak 3-6 kali volume resin (5 L) secara *up flow*.
- Regenerasi dilakukan dengan NaCl sebanyak 50 gram untuk 1 Kg resin dalam 1 L air.
- Waktu tunggu yang digunakan adalah 30 menit secara *up flow*.
- Kebutuhan air bilasan kedua regenerasi sekitar 3-6 kali volume resin kation. Volume air yang digunakan adalah 5 L dan aliran secara *down flow*.
- Secara kimia terjadi reaksi :



5. Penentuan Waktu Kontak Optimum Ion Besi dan Mangan

Sampel buatan dengan konsentrasi 2, 4, dan 6 ppm disiapkan. Sampel diatur pada pH 7. Sampel selanjutnya dialirkan secara *down flow* ke dalam reaktor kolom dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420 dan 480 menit. Waktu kontak optimum diperoleh selanjutnya dipakai pada penentuan adsorpsi. Skema dapat dilihat pada Gambar 16.





Gambar 16. Skema Penentuan Waktu Kontak Optimum

6. Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Analisa eksperimental

Analisis eksperimental yaitu salah satu teknik penjarangan data melalui pengujian eksperimen di laboratorium terhadap objek yang diteliti. Data yang diperoleh dengan cara ini disebut data primer.

b. Kepustakaan (*Library Research*)

Kepustakaan yaitu cara pengumpulan data dan informasi dengan jalan membaca atau mengumpulkan literatur, laporan, majalah, bahan-bahan seminar dan literatur-literatur pendukung lainnya. Data yang diperoleh dengan cara ini disebut data sekunder.

7. Analisis data

Data-data yang dianalisis meliputi pengamatan nilai konsentrasi logam mangan (sampel buatan), pH, suhu, alternatif perbedaan berat adsorben



dalam reaktor dan pengaruh konsentrasi terhadap efektivitas adsorpsi dan kapasitas penyerapan logam besi dan mangan.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan analisis analitik. Analisis deskriptif yaitu untuk menggambarkan efektivitas removal dan kapasitas penyerapan logam besi dan mangan. Sedangkan analisis analitik yaitu data hasil pengukuran yang diperoleh kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan perangkat lunak (*software*) Microsoft Excel untuk mencari nilai koefisien korelasi sehingga dapat diketahui hubungan dan seberapa besar pengaruh variabel konsentrasi dan penggunaan 3 alternatif berat adsorben dalam reaktor.

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono, 2006):

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- > 0-0,25 : Korelasi sangat rendah
- > 0,25-0,5 : Korelasi cukup
- > 0,5-0,75 : Korelasi kuat
- > 0,75-0,99 : Korelasi sangat kuat
- 1 : Korelasi sempurna.

➤ Persamaan untuk titrasi yang digunakan untuk logam Besi adalah :

$$\text{Fe (mg/L)} = \frac{V \text{ KMnO}_4 \times N \text{ KMnO}_4 \times \text{bst Fe} \times 1000}{\text{Berat Fe}} \quad (3.1)$$



dimana :

- Fe (mg/L) = konsentrasi logam Fe (mg/L)
- V KMnO₄ = volume KMnO₄ (ml)
- N KMnO₄ = normalitas KMnO₄ (0,01 N)
- Bst fe = 56
- Berat Fe = 297,5 mg

➤ Persamaan untuk titrasi yang digunakan untuk logam Mangan adalah :

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{V \text{ KMnO}_4 \times N \text{ KMnO}_4 \times \text{bst Mn} \times 1000}{\text{Berat Mn}} \quad (3.2)$$

dimana :

- Mn (mg/L) = konsentrasi logam Mn (mg/L)
- V KMnO₄ = volume KMnO₄ (ml)
- N KMnO₄ = normalitas KMnO₄ (0,01 N)
- Bst fe = 43,5
- Berat Fe = 250 mg

➤ Persamaan untuk pembuatan air sampel buatan ion besi (Fe²⁺) dan mangan (Mn²⁺) 2 ppm, 4 ppm, dan 6 ppm pada penelitian ini dilakukan dengan rumus pengenceran yaitu :

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (3.3)$$

dimana :

- C₁ = konsentrasi yang diketahui (mg/L)
- C₂ = konsentrasi yang akan dipakai (mg/L)
- V₁ = volume yang dicari (L)
- V₂ = volume yang diketahui (L)

➤ Persamaan untuk menentukan konsentrasi yang terserap untuk tiap waktu dihitung dari :

$$C_{\text{adsorpsi}} = (C_0 - C_t) \quad (3.4)$$



dimana :

- C_{adsorpsi} = konsentrasi yang diserap (mg/L)
- C_o = konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)
- C_t = konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)

➤ Persamaan pada parameter breakthrough

$$A = \frac{1}{2} \times \text{jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi} \quad (3.5)$$

dimana :

- A = Luas permukaan dibawah kurva
- Jumlah sisi sejajar = hasil tambah $1 - C_t/C_o$
- Tinggi = interval waktu (menit)

$$q_{\text{total}} = \frac{Q \cdot C_o \cdot A}{1000} \quad (3.6)$$

dimana :

- q_{total} = massa total logam yang terserap (mg)
- Q = debit (ml/menit)
- C_o = konsentrasi awal (mg/l)

$$m_{\text{total}} = \frac{C_o \cdot Q \cdot t_{\text{total}}}{1000} \quad (3.7)$$

dimana :

- m_{total} = massa ion logam yang melewati kolom (mg)
- t_{total} = waktu jenuh total (menit)
- Q = debit (ml/menit)
- C_o = konsentrasi awal (mg/l)

$$\% R = \frac{q_{\text{total}}}{m_{\text{total}}} \times 100 \quad (3.8)$$

dimana :

- %R = persentasi penghilangan ion logam (%)
- m_{total} = massa ion logam yang melewati kolom (mg)
- q_{total} = massa total logam yang terserap (mg)



$$q_{eq} = \frac{q_{total}}{X} \quad (3.9)$$

dimana :

q_{eq} = persentasi penghilangan ion logam (%)

q_{total} = massa total logam yang terserap (mg)

X = massa adsorben (g)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil adsorpsi logam besi (Fe) dan logam mangan (Mn) pada kolom dinamis dengan aliran dari atas ke bawah (*down flow*). Adsorben yang digunakan adalah mangan zeolit dan resin kation untuk menyerap logam Fe dan logam Mn.

Parameter yang digunakan dalam penentuan kandungan jumlah logam Fe dan logam Mn yang teradsorpsi adalah dengan menggunakan mangan zeolit dan resin kation yaitu berdasarkan variasi waktu kontak dan konsentrasi sampel. Sampel *artivicil* diperoleh dari pencampuran larutan logam dengan aquades. Larutan kimia yang digunakan adalah $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ untuk sampel Fe dan MnSO_4 untuk sampel Mn. Pengambilan dan pemeriksaan sampel dilakukan setiap 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 300, 360, 420, dan 480 menit. Sampel yang telah diadsorpsi diperiksa dengan menggunakan metode titrasi permangan, yakni metode titrasi dengan menggunakan KMnO_4 sebagai titrannya. Pengujian logam Fe dapat dilakukan dengan metode sesuai SNI 06-6989.22-2004. Pemeriksaan dilakukan 3 kali pengulangan (*tripoli*).

Menurut Anugrah (2016) waktu jenuh ion logam dengan sistem kolom merupakan waktu dimana adsorben sudah tidak memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam, sehingga konsentrasi *effluent* memiliki nilai yang sama atau mendekati konsentrasi *influen*.

Waktu jenuh yang dimaksud adalah waktu yang dibutuhkan *effluent* untuk mencapai 90 % dari konsentrasi *influen* dan untuk mencapai nilai 100 % dibutuhkan waktu yang lama sehingga 90 % dipilih sebagai nilai yang efektif dalam penelitian. Penentuan waktu jenuh dimaksudkan untuk mengetahui batas waktu yang diperlukan mangan zeolit dan resin kation dalam mengadsorpsi dan logam Mn. Berikut data hasil analisa dengan 3 kali percobaan.



A. Analisa Data Konsentrasi

1. Konsentrasi akhir logam Besi (Fe)

Tabel 8.a Hasil Uji logam Besi (Fe)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Fe	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Zeolit	2	0	0	0	0	0
		15	0,47	0,56	0,47	0,50
		30	0,56	0,66	0,56	0,60
		45	0,66	0,72	0,66	0,68
		60	0,75	0,75	0,75	0,75
		90	0,94	0,94	0,94	0,94
		120	1,04	1,04	0,98	1,02
		180	1,13	1,13	1,04	1,10
		240	1,22	1,22	1,13	1,19
		300	1,32	1,41	1,22	1,32
		360	1,41	1,51	1,32	1,41
		420	1,51	1,69	1,69	1,63
		480	1,88	2,07	1,88	1,95
Zeolit	4	0	0	0	0	0
		15	0,56	0,56	0,56	0,56
		30	0,75	0,85	0,85	0,82
		45	1,13	1,13	1,13	1,13
		60	1,41	1,41	1,32	1,38
		90	1,60	1,60	1,60	1,60
		120	1,83	1,83	1,83	1,83
		180	1,88	1,88	1,88	1,88
		240	2,07	2,07	2,07	2,07
		300	2,45	2,45	2,45	2,45
		360	2,82	2,92	2,92	2,89
		420	3,76	3,76	3,76	3,76
		480	4,05	4,05	4,05	4,05
	6	0	0	0	0	0
		15	0,75	0,75	0,75	0,75
		30	1,13	1,13	1,13	1,13
		45	1,51	1,60	1,60	1,57
		60	1,88	2,16	2,16	2,07

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0.3 mg/L (Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010)



Tabel 8.b Hasil Uji logam Besi (Fe)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Fe	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Zeolit	6	90	2,54	2,54	2,54	2,54
		120	2,64	2,64	2,73	2,67
		180	2,92	2,92	2,82	2,89
		240	3,11	3,11	3,20	3,14
		300	3,48	3,39	3,39	3,42
		360	4,24	4,24	4,14	4,20
		420	5,08	5,18	5,18	5,15
		480	5,93	5,93	5,93	5,93
Resin	2	0	0	0	0	0
		15	0,75	0,66	0,75	0,72
		30	0,94	0,75	0,94	0,88
		45	1,13	1,13	1,13	1,13
		60	1,32	1,32	1,22	1,29
		90	1,34	1,34	1,32	1,33
		120	1,36	1,36	1,36	1,36
		180	1,41	1,41	1,41	1,41
		240	1,60	1,51	1,51	1,54
		300	1,69	1,60	1,60	1,63
		360	1,79	1,60	1,69	1,69
		420	1,88	1,69	1,69	1,76
		480	2,07	1,88	2,07	2,01
Resin	4	0	0	0	0	0
		15	0,60	0,60	0,60	0,60
		30	0,94	0,94	0,94	0,94
		45	1,22	1,22	1,22	1,22
		60	1,60	1,51	1,60	1,57
		90	1,69	1,69	1,69	1,69
		120	1,88	1,88	1,88	1,88
		180	1,98	1,98	1,98	1,98
		240	2,26	2,16	2,16	2,20
		300	2,54	2,64	2,64	2,60
		360	3,20	3,20	3,20	3,20
		420	3,95	3,95	3,95	3,95
		480	4,05	4,05	4,05	4,05

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0,3 mg/L (Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010)



Tabel 8.c Hasil Uji logam Besi (Fe)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Fe	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Resin	6	0	0	0	0	0
		15	0,75	0,75	0,94	0,82
		30	1,41	1,41	1,32	1,38
		45	1,69	1,69	1,69	1,69
		60	1,98	1,98	1,98	1,98
		90	2,64	2,64	2,64	2,64
		120	2,92	2,92	2,92	2,92
		180	3,11	3,01	3,05	3,06
		240	3,29	3,29	3,20	3,26
		300	3,39	3,58	3,50	3,49
		360	4,33	4,42	4,37	4,37
		420	5,27	5,18	5,20	5,21
480	6,12	6,02	6,12	6,09		
Campuran	2	0	0	0	0	0
		15	0,38	0,38	0,38	0,38
		30	0,56	0,56	0,56	0,56
		45	0,66	0,66	0,66	0,66
		60	0,75	0,75	0,75	0,75
		90	0,85	0,94	0,94	0,91
		120	0,94	1,04	0,94	0,97
		180	1,04	1,09	1,05	1,06
		240	1,13	1,17	1,17	1,15
		300	1,32	1,32	1,22	1,29
		360	1,41	1,41	1,32	1,38
		420	1,52	1,60	1,60	1,57
480	1,79	1,79	1,88	1,82		
Campuran	4	0	0	0	0	0
		15	0,47	0,47	0,47	0,47
		30	0,75	0,75	0,70	0,73
		45	0,94	0,94	0,94	0,94
		60	1,22	1,22	1,22	1,22
		90	1,41	1,41	1,32	1,38
		120	1,60	1,60	1,60	1,60
		180	1,79	1,79	1,69	1,76
		240	1,88	1,88	1,88	1,88
		300	2,26	2,26	2,26	2,26

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0.3 mg/L (Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010)



Tabel 8.d Hasil Uji logam Besi (Fe)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Fe	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Campuran	4	360	2,73	2,73	2,73	2,73
		420	3,58	3,58	3,58	3,58
		480	3,95	3,95	3,95	3,95
Campuran	6	0	0	0	0	0
		15	0,47	0,56	0,66	0,56
		30	0,94	0,88	1,04	0,95
		45	1,32	1,32	1,22	1,29
		60	1,69	1,88	1,69	1,76
		90	2,35	2,16	2,26	2,26
		120	2,45	2,54	2,54	2,51
		180	2,73	2,82	2,73	2,76
		240	2,82	2,82	3,01	2,89
		300	3,11	3,20	3,29	3,20
		360	3,95	3,95	3,95	3,95
		420	4,99	4,89	4,80	4,89
		480	5,74	5,84	5,65	5,74

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0,3 mg/L

2. Konsentrasi akhir logam Mangan (Mn)

Tabel 9.a Hasil Uji logam Mangan (Mn)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Mn	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Zeolit	2	0	0	0	0	0
		15	0,44	0,52	0,44	0,46
		30	0,52	0,61	0,52	0,55
		45	0,61	0,66	0,61	0,63
		60	0,70	0,70	0,70	0,70
		90	0,87	0,87	0,87	0,87
		120	0,96	0,96	0,90	0,94
		180	1,04	1,04	0,96	1,02
		240	1,13	1,13	1,04	1,10
		300	1,22	1,31	1,13	1,22
		360	1,31	1,39	1,22	1,31

Tidak sesuai dengan baku mutu



Tabel 9.b Hasil Uji logam Mangan (Mn)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Mn	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Zeolit	2	420	1,39	1,57	1,57	1,51
		480	1,74	1,91	1,74	1,80
Zeolit	4	0	0	0	0	0
		15	0,52	0,52	0,52	0,52
		30	0,70	0,78	0,78	0,75
		45	1,04	1,04	1,04	1,04
		60	1,31	1,31	1,22	1,28
		90	1,48	1,48	1,48	1,48
		120	1,69	1,69	1,69	1,69
		180	1,74	1,74	1,74	1,74
		240	1,91	1,91	1,91	1,91
		300	2,26	2,26	2,26	2,26
		360	2,61	2,70	2,70	2,67
		420	3,48	3,48	3,48	3,48
		480	3,74	3,74	3,74	3,74
Zeolit	6	0	0	0	0	0
		15	0,70	0,70	0,70	0,70
		30	1,04	1,04	1,04	1,04
		45	1,39	1,48	1,48	1,45
		60	1,74	2,00	2,00	1,91
		90	2,35	2,35	2,35	2,35
		120	2,44	2,44	2,52	2,47
		180	2,70	2,70	2,61	2,67
		240	2,87	2,87	2,96	2,90
		300	3,22	3,13	3,13	3,16
		360	3,92	3,92	3,83	3,89
		420	4,70	4,79	4,79	4,76
		480	5,48	5,48	5,48	5,48
Resin	2	0	0	0	0	0
		15	0,70	0,61	0,70	0,67
		30	0,87	0,70	0,87	0,81
		45	1,04	1,04	1,04	1,04
		60	1,22	1,22	1,13	1,19
		90	1,24	1,24	1,22	1,23
		120	1,25	1,25	1,25	1,25
		180	1,31	1,31	1,31	1,31

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0,4 mg/L (Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010)



Tabel 9.c Hasil Uji logam Mangan (Mn)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm) Logam Mn	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi (mg/L)			
			Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Resin	2	240	1,48	1,39	1,39	1,42
		300	1,57	1,48	1,48	1,51
		360	1,65	1,48	1,57	1,57
		420	1,74	1,57	1,57	1,62
		480	1,91	1,74	1,91	1,86
Resin	4	0	0	0	0	0
		15	0,56	0,56	0,56	0,56
		30	0,87	0,87	0,87	0,87
		45	1,13	1,13	1,13	1,13
		60	1,48	1,39	1,48	1,45
		90	1,57	1,57	1,57	1,57
		120	1,74	1,74	1,74	1,74
		180	1,83	1,83	1,83	1,83
		240	2,09	2,00	2,00	2,03
		300	2,35	2,44	2,44	2,41
		360	2,96	2,96	2,96	2,96
		420	3,65	3,65	3,65	3,65
		480	3,74	3,74	3,74	3,74
Resin	6	0	0	0	0	0
		15	0,70	0,70	0,87	0,75
		30	1,31	1,31	1,22	1,28
		45	1,57	1,57	1,57	1,57
		60	1,83	1,83	1,83	1,83
		90	2,44	2,44	2,44	2,44
		120	2,70	2,70	2,70	2,70
		180	2,87	2,78	2,82	2,82
		240	3,05	3,05	2,96	3,02
		300	3,13	3,31	3,24	3,22
		360	4,00	4,09	4,04	4,04
		420	4,87	4,79	4,80	4,82
		480	5,66	5,57	5,66	5,63
Resin	2	0	0	0	0	
		15	0,35	0,35	0,35	0,35
		30	0,52	0,52	0,52	0,52
		45	0,61	0,61	0,61	0,61
		60	0,70	0,70	0,70	0,70

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0,4 mg/L

Sesuai dengan baku mutu



Tabel 9.d Hasil Uji logam Mangan (Mn)

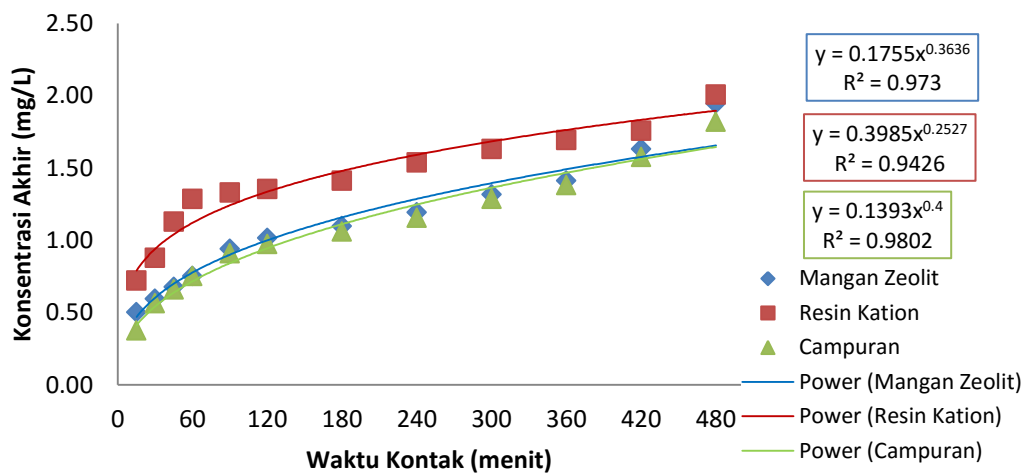
Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi (mg/L)			
	Logam Mn		Percobaan I	Percobaan II	Percobaan III	Rata-rata (Ct)
Campuran	2	90	0,78	0,87	0,87	0,84
		120	0,87	0,96	0,87	0,90
		180	0,96	1,01	0,97	0,98
		240	1,04	1,08	1,08	1,07
		300	1,22	1,22	1,13	1,19
		360	1,31	1,31	1,22	1,28
		420	1,41	1,48	1,48	1,46
		480	1,65	1,65	1,74	1,68
Campuran	4	0	0	0	0	0
		15	0,44	0,44	0,44	0,44
		30	0,70	0,70	0,64	0,68
		45	0,87	0,87	0,87	0,87
		60	1,13	1,13	1,13	1,13
		90	1,31	1,31	1,22	1,28
		120	1,48	1,48	1,48	1,48
		180	1,65	1,65	1,57	1,62
		240	1,74	1,74	1,74	1,74
		300	2,09	2,09	2,09	2,09
		360	2,52	2,52	2,52	2,52
		420	3,31	3,31	3,31	3,31
480	3,65	3,65	3,65	3,65		
Campuran	6	0	0	0	0	0
		15	0,44	0,52	0,61	0,52
		30	0,87	0,82	0,96	0,88
		45	1,22	1,22	1,13	1,19
		60	1,57	1,74	1,57	1,62
		90	2,18	2,00	2,09	2,09
		120	2,26	2,35	2,35	2,32
		180	2,52	2,61	2,52	2,55
		240	2,61	2,61	2,78	2,67
		300	2,87	2,96	3,05	2,96
		360	3,65	3,65	3,65	3,65
		420	4,61	4,52	4,44	4,52
480	5,31	5,39	5,22	5,31		

Tidak sesuai dengan baku mutu yakni 0,4 mg/L (Permenkes Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010)



Data percobaan (I), (II), (III) pada Tabel 8.a untuk logam besi (Fe) sampai 9.d untuk logam mangan (Mn) yang tertera sebelumnya dirata-ratakan untuk keakuratan nilai konsentrasi akhir (Ct) yang digunakan untuk menganalisa data. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa adsorben yang sesuai dengan baku mutu adalah adsorben campuran 2 ppm untuk logam mangan yakni memiliki nilai rata-rata 0,35 mg/L.

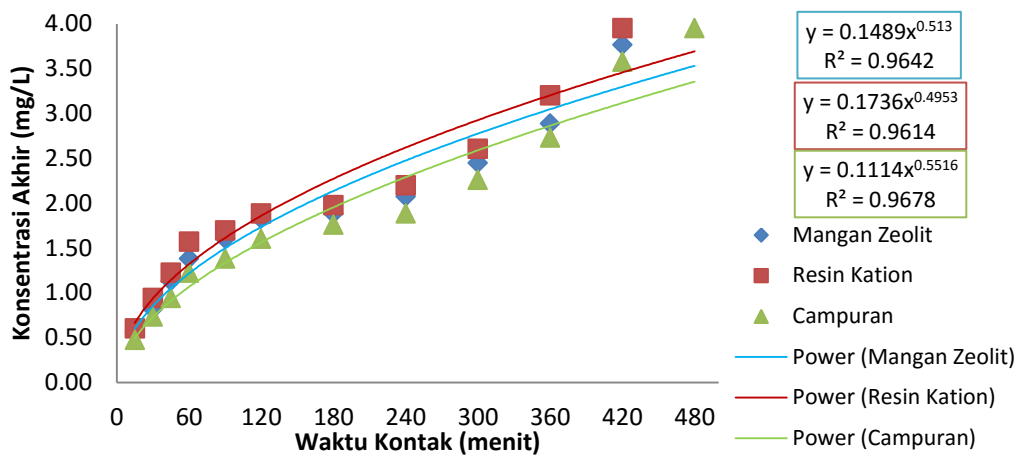
3. Konsentrasi akhir logam Besi (Fe) dan Logam Mangan (Mn) dalam Kurva



Gambar 17. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 2 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation

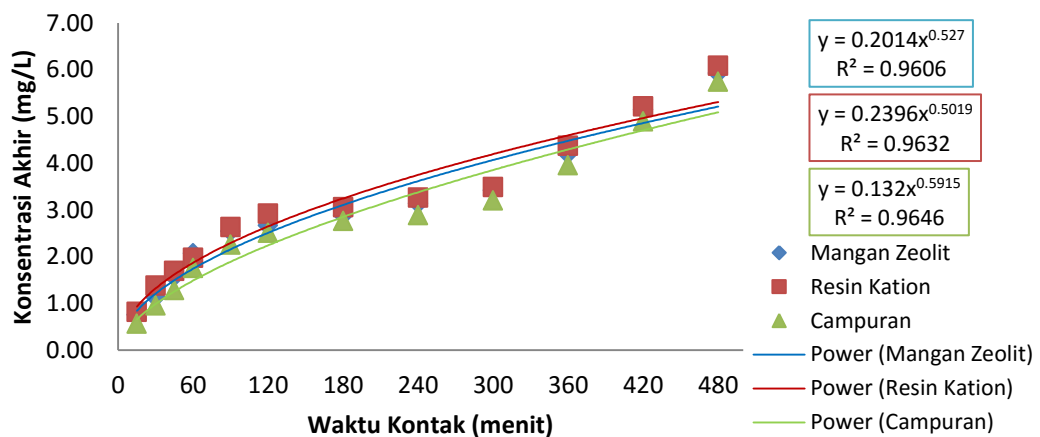
Gambar 17 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,50 mg/L, 0,72 mg/L, dan 0,38 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 1,95 mg/L, dan 2,01 mg/L untuk adsorben mangan zeolit dan resin kation, Sedangkan untuk campuran yakni sebesar 1,82 mg/L dan belum mengalami kejenuhan,





Gambar 18. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 4 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation

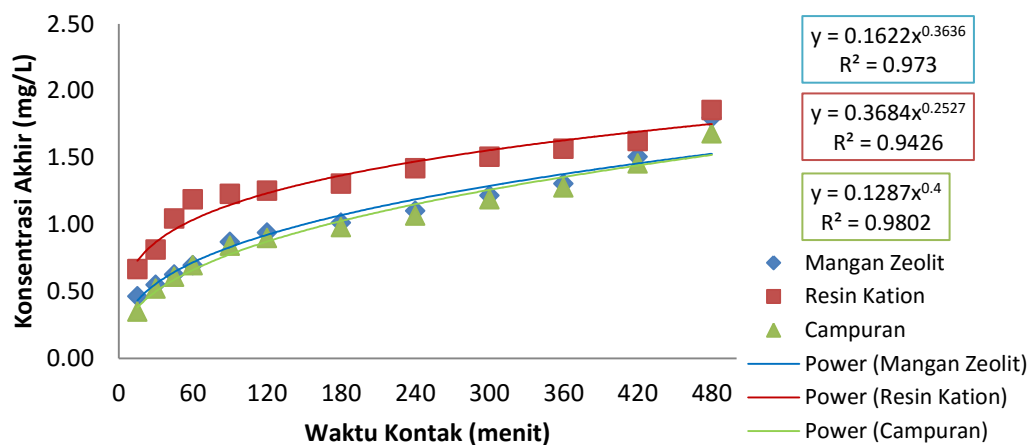
Gambar 18 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,56 mg/L, 0,60 mg/L, dan 0,47 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 4,05 mg/L, 4,05 mg/L dan 3,95 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran.



Gambar 19. Konsentrasi Akhir Logam Besi (Fe) 6 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation

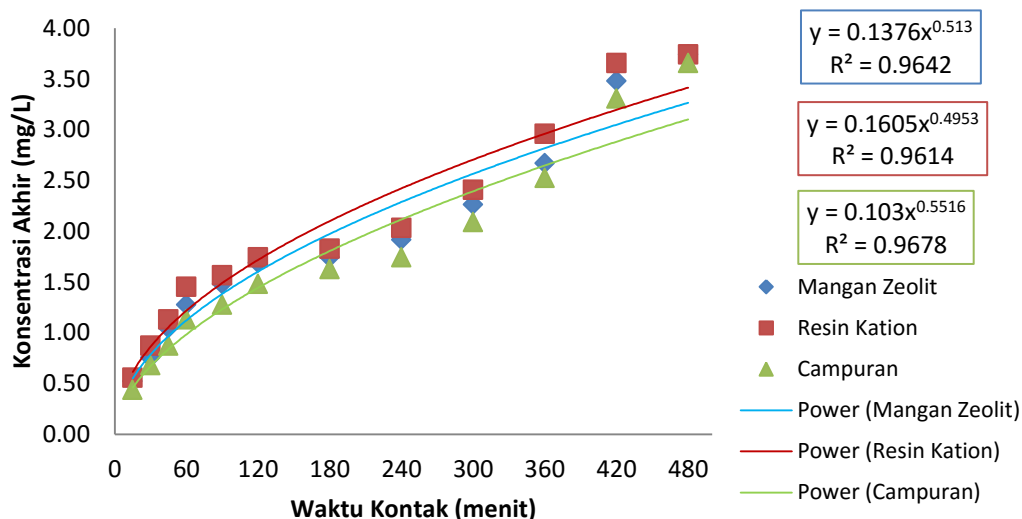
Gambar 19 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,75 mg/L, 0,82 mg/L, dan 0,56 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 5,93 mg/L, 5,93 mg/L dan 5,74 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran.





Gambar 20. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 2 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation

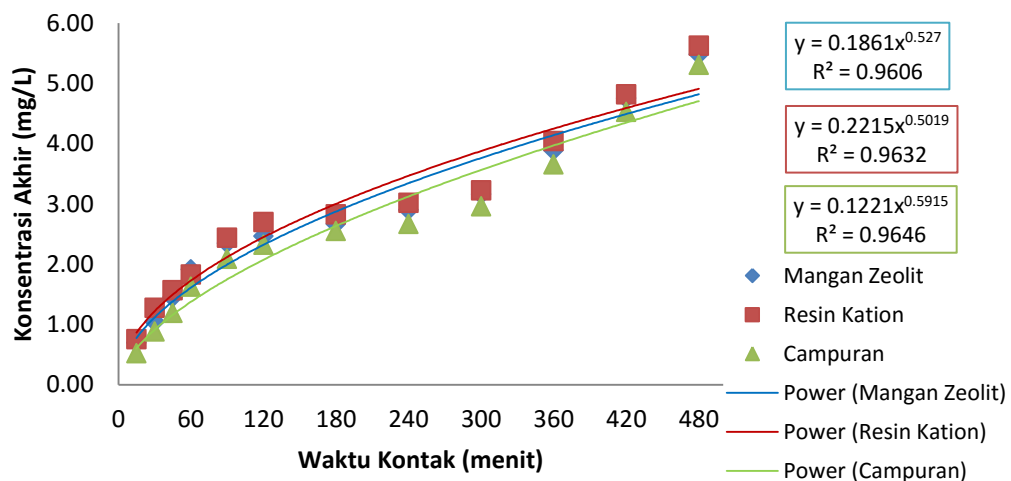
Gambar 20 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,46 mg/L, 0,67 mg/L, dan 0,35 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 1,80 mg/L, dan 1,86 mg/L untuk adsorben mangan zeolit dan resin kation, Sedangkan untuk campuran yakni sebesar 1,68 mg/L dan belum mengalami kejenuhan.



Gambar 21. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 4 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation



Gambar 21 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,52 mg/L, 0,56 mg/L, dan 0,44 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 3,74 mg/L, 3,74 mg/L dan 3,65 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran.



Gambar 22. Konsentrasi Akhir Logam Mangan (Mn) 6 ppm pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation

Gambar 22 menunjukkan bahwa konsentrasi sampel pada menit ke 15 adalah 0,70 mg/L, 0,75 mg/L, dan 0,52 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mengalami kejenuhan pada menit ke 480 yakni sebesar 5,48 mg/L, 5,63 mg/L dan 5,31 mg/L untuk adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran.

Berdasarkan kurva pada Gambar 17 sampai Gambar 22 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan konsentrasi untuk logam besi (Fe) dan logam mangan (Mn) seiring berjalannya waktu. Waktu optimum adsorpsi adalah waktu ke 15 menit dan waktu jenuh adsorpsi untuk logam Fe 2 ppm adsorben mangan zeolit dan resin kation, Fe 4 ppm adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Fe 6 ppm adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran, Mn 2 ppm adsorben

zeolit dan resin kation, Mn 4 ppm adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran serta Mn 6 ppm adsorben mangan zeolit, resin kation dan campuran jenuh pada waktu ke 480 menit, Sedangkan pada logam Fe dan Logam Mn

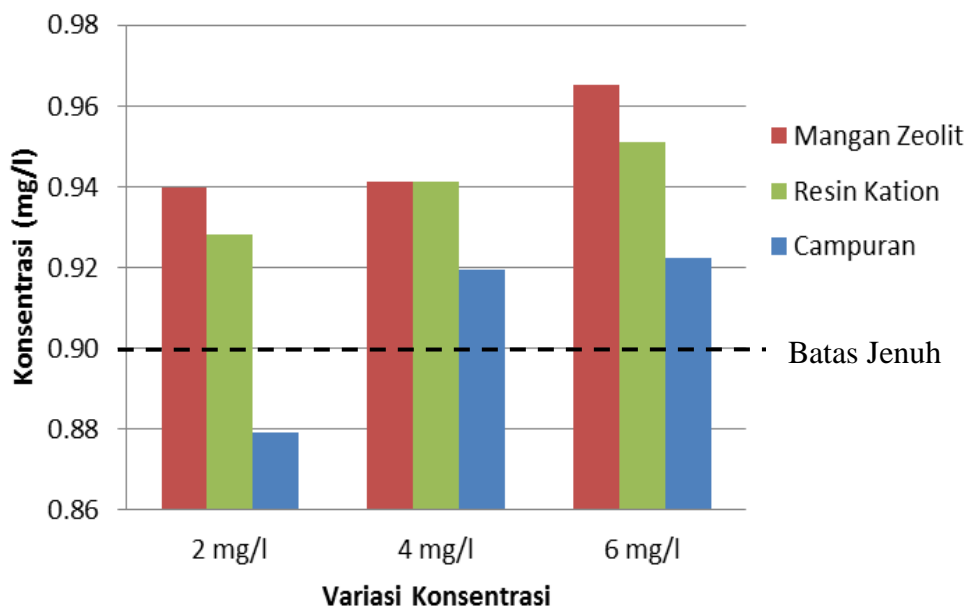


2 ppm adsorben campuran belum jenuh pada waktu 480 menit. Artinya untuk adsorben campuran pada konsentrasi sampel 2 ppm jenuh diatas waktu 480 menit,

B. Penentuan Waktu Jenuh

Penentuan waktu jenuh adsorpsi logam besi (Fe) dan logam mangan (Mn) didasarkan pada kurva *breakthrough*, Jika dilihat pada kurva konsentrasi akhir sebelumnya waktu jenuh adsorben berada pada menit ke 480 selain adsorben campuran 2 ppm yang belum jenuh pada menit ke 480.

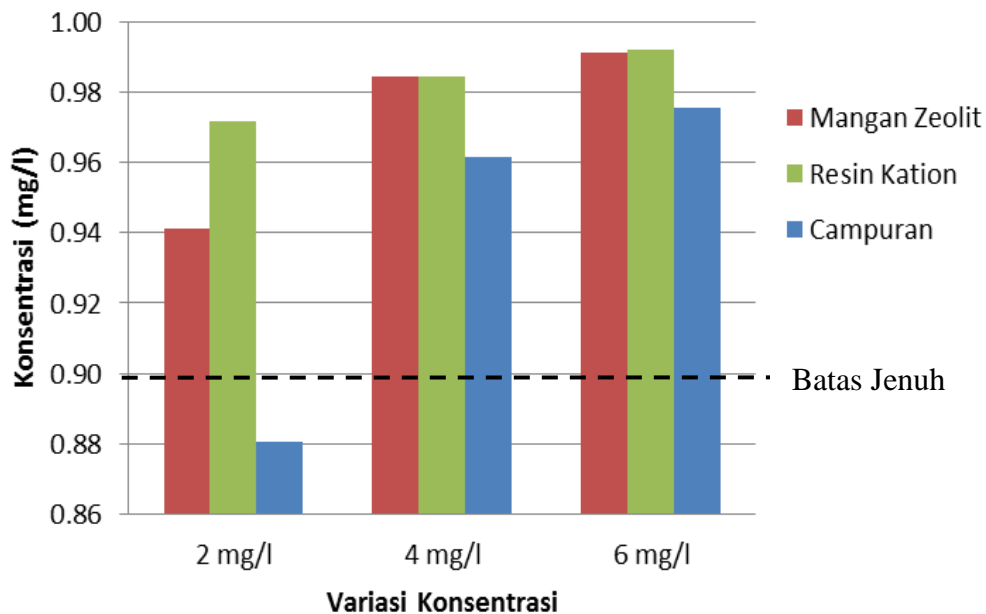
Kurva *breakthrough* dapat menjelaskan parameter lamanya waktu kontak (sumbu x) dalam satuan menit terhadap perbandingan konsentrasi akhir (C_t) dan konsentrasi awal (C_o) (sumbu y), Pada kurva *breakthrough* apabila nilai perbandingan konsentrasi akhir dan konsentrasi awal (C_t/C_o) mendekati nilai 1 atau nilainya mencapai 90 %, maka dapat dikatakan bahwa pada waktu tersebut kondisi adsorben telah mencapai titik jenuh, Berikut data waktu jenuh dengan kurva *breakthrough*.



23. Hubungan antara Variasi Konsentrasi dan Konsentrasi Akhir pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation pada Logam Besi (Fe) pada 15 Menit Pertama.



Data pada Gambar 23 untuk logam besi (Fe) menunjukkan data waktu jenuh adsorben mangan zeolit, resin kation, dan campuran pada semua konsentrasi. Pada adsorben mangan zeolit menit ke 480 memiliki nilai Ct/Co sebesar 0,9397 (2 ppm), 0,9412 (4 ppm), dan 0,9653 (6 ppm), Adsorben resin kation pada menit ke 480 memiliki nilai Ct/Co sebesar 0,9280 (2 ppm), 0,9412 (4 ppm), dan 0,9510 (6 ppm), Dan untuk adsorben campuran menit ke 480 memiliki nilai Ct/Co sebesar 0,9193 (4 ppm), dan 0,9220 (6 ppm), Sedangkan adsorben campuran 2 ppm memiliki nilai 0,8790 dan belum jenuh pada menit ke 480.



Gambar 24. Hubungan antara Variasi Konsentrasi dan Konsentrasi Akhir pada Adsorben Mangan Zeolit dan Resin Kation pada Logam Mangan (Mn) pada 15 Menit Pertama.

Data pada Gambar 24 untuk logam mangan (Mn) menunjukkan data waktu jenuh adsorben mangan zeolit, resin kation, dan campuran pada semua konsentrasi. Pada adsorben mangan zeolit menit ke 480 memiliki nilai Ct/Co sebesar 0,9414 (2 ppm), 0,9845 (4 ppm), dan 0,9910 (6 ppm), Adsorben resin kation pada menit ke 480 memiliki nilai Ct/Co sebesar 0,9717 (2 ppm), 0,9845 (4 ppm), dan 0,9918 (6 ppm). Dan untuk adsorben campuran menit ke 480 memiliki



nilai C_t/C_o sebesar 0,9616 (4 ppm), dan 0,9754 (6 ppm). Sedangkan adsorben campuran 2 ppm memiliki nilai 0,8806 dan belum jenuh pada menit ke 480.

Berdasarkan Gambar 23 dan Gambar 24 dapat dilihat bahwa waktu jenuh dominan untuk semua konsentrasi adalah pada menit ke 480 (8 jam). Tetapi, nilai C_t/C_o pada setiap konsentrasi mengalami kenaikan pada setiap konsentrasi, Sehingga dapat dilihat bahwa jika proses adsorpsi dilanjutkan maka yang akan mengalami kejenuhan terlebih dahulu adalah konsentrasi dengan nilai C_t/C_o yang mendekati 1. Sedangkan pada konsentrasi 2 ppm untuk adsorben campuran belum jenuh pada menit ke 480. Semua itu dikarenakan konsentrasi larutan berpengaruh terhadap mekanisme adsorpsi ion logam, Semakin tinggi konsentrasi spesies dalam larutan, maka jumlah spesies yang di adsorpsi semakin besar. Dan karena kemampuan adsorpsi sudah tidak seperti semula setelah proses regenerasi, Dimana, konsentrasi spesies 2 ppm adsorben campuran lebih rendah dari konsentrasi 4 ppm dan 6 ppm sehingga pada keadaan tersebut spesies ion logam belum terserap maksimal dan butuh waktu lebih dari 480 menit.

C. Parameter *Breakthrough*

Pada penentuan parameter *breakthrough* berupa massa total logam yang terserap (q_{total}), massa ion logam yang melewati kolom (m_{total}), persentase penghilangan ion logam (%R), dan kapasitas adsorpsi (q_{eq}). Hal ini dapat terjadi pada waktu kontak optimum 480 menit (8 jam).

Diketahui konsentrasi awal (C_o) logam Fe adalah 2,07 mg/L, 4,3 mg/L dan 6,8 mg/L, logam Mn adalah 1,91 mg/L, 3,8 mg/L dan 5,9 mg/L, debit aliran (Q) adalah 110 ml/menit, volume yang digunakan (V) adalah 6 L pada setiap percobaan dan berat adsorben adalah 1310 gr masing – masing mangan zeolit dan resin kation, Untuk pH yang digunakan adalah 7-8 dan suhu adalah 25° C – 28° C.



Tabel 10, Hasil Uji logam Besi (Fe)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm)	t_{total} (menit)	Nilai A	q_{total} (mg)	m_{total} (mg)	%R	q_{eq} (mg/g)
Zeolit	2	480	202,24	46,05	109,30	42,13	0,0352
	4		223,41	105,67	227,04	46,54	0,0807
	6		230	161,92	337,92	47,92	0,1236
Resin	2	480	135,61	30,88	109,30	28,25	0,0236
	4		208,02	98,39	227,04	43,34	0,0751
	6		220,71	155,38	337,92	45,98	0,1186
Campuran	2	480	212,38	48,36	109,30	44,25	0,0185
	4		241,87	114,41	227,04	50,39	0,0437
	6		246,22	173,34	337,92	51,30	0,0662

Tabel 11, Hasil Uji logam Mangan (Mn)

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C) (ppm)	t_{total} (menit)	Nilai A	q_{total} (mg)	m_{total} (mg)	%R	q_{eq} (mg/g)
Zeolit	2	480	201,74	42,38	100,85	42,03	0,0324
	4		211,61	88,45	200,64	44,08	0,0675
	6		229,32	148,83	311,52	47,78	0,1136
Resin	2	480	134,98	28,36	100,85	28,12	0,0216
	4		195,51	81,72	200,64	40,73	0,0624
	6		220,01	142,79	311,52	45,84	0,1090
Campuran	2	480	211,89	44,52	100,85	44,14	0,0170
	4		230,92	96,52	200,64	48,11	0,0368
	6		245,59	159,39	311,52	51,16	0,0608

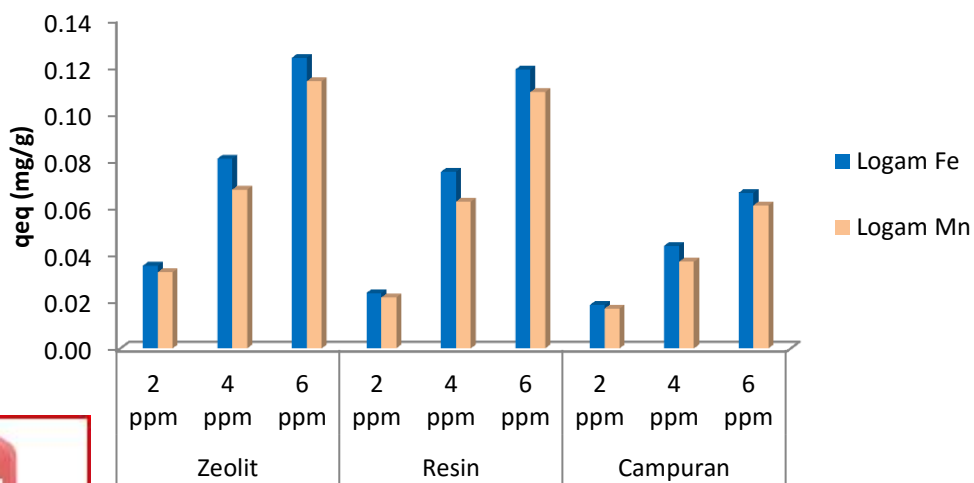
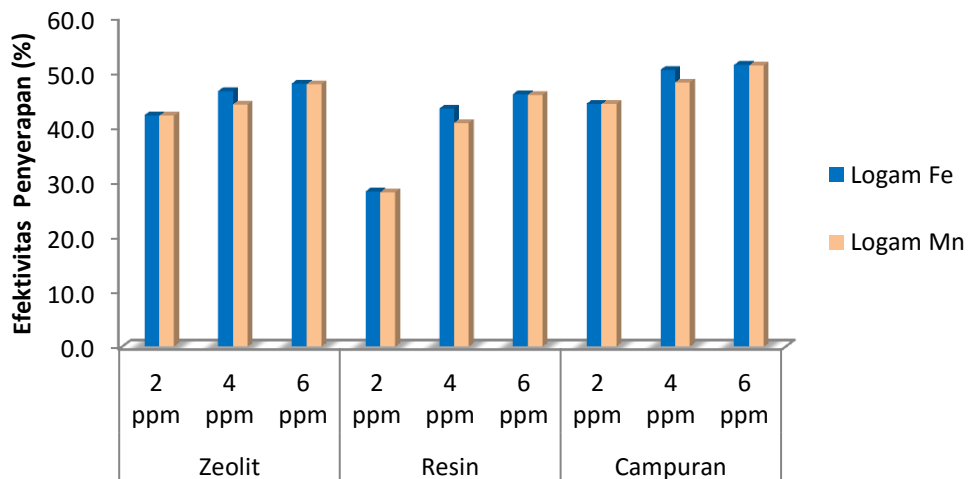


Fig. 25. Perbedaan Kapasitas Adsorpsi Logam Besi (Fe) dan Logam Mangan (Mn)



Data pada Gambar 25 menunjukkan data kapasitas adsorpsi mangan zeolit, resin kation, dan campuran pada semua konsentrasi. Kapasitas adsorpsi logam besi lebih tinggi dari logam mangan hal ini dikarenakan perbedaan golongan pada logam. Logam besi (Fe) berada pada golongan 8b dengan nomor atom 26 sedangkan logam mangan (Mn) berada pada golongan 7b dengan nomor atom 25 sehingga kandungan proton logam besi lebih besar dari logam mangan. Dan juga disebabkan karena proses oksidasi mangan lebih sulit dari pada besi. Dimana, kecepatan oksidasi mangan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan oksidasi besi.

Jika dilihat pada jenis adsorben juga terdapat perbedaan, yakni kapasitas adsorpsi zeolit lebih tinggi dari resin kation dan campuran, Hal ini terjadi karena ukuran butir mangan zeolit konstan dan lebih kecil dari ukuran butir resin kation sehingga semakin besar luas permukaan adsorben dan kecepatan adsorpsinya, Sedangkan untuk campuran rendah karena menggunakan kedua adsorben sekaligus,



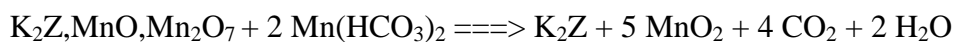
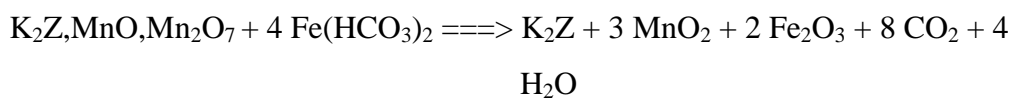
Gambar 26. Perbedaan Efektivitas Adsorpsi Logam Besi (Fe) dan logam Mangan (Mn)



Data pada Gambar 26 menunjukkan data efektivitas adsorpsi mangan resin kation, dan campuran pada semua konsentrasi. Efektivitas adsorpsi yang rendah adalah adsorben campuran, mangan zeolit dan resin kation

secara berturut-turut. Hal ini dapat terjadi juga karena pengaruh ukuran butir dan luas permukaan adsorben yang digunakan. Semakin luas permukaan adsorben semakin banyak adsorbat yang diserap, sehingga proses adsorpsi semakin efektif, Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben dan sebaliknya. Untuk campuran nilai efektivitas adsorpsinya lebih besar karena berat adsorben yang digunakan dua kali lipat dari mangan zeolit atau resin kation.

Proses yang terjadi pada mangan zeolit adalah proses fisik yang sifatnya filtrasi dan katalis. Artinya zeolit yang berpori digunakan sebagai penyaring atau pemisah campuran uap atau cairan dan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Dimana, reaksinya merupakan reaksi antara Fe^{2+} atau Mn^{2+} dengan mangan-oksida tinggi (*higher manganoxide*). Semua itu terjadi pada dasarnya terjadi reaksi oksidasi. Dimana, senyawa yang mempunyai valensi rendah dinaikkan lebih tinggi sehingga tidak larut dalam air dan dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik, Pada proses ini akan terbentuk lapisan pada adsorben mangan zeolit. Dan ketika proses regenerasi lapisan ini yang akan diluluhkan sehingga pori-pori yang ada pada mangan zeolit dapat terisi kembali oleh adsorbat. Adapun reaksinya adalah :



Pada resin kation yang terjadi adalah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif (Fe^{2+} dan Mn^{2+}) dari larutan sampel dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Ketika semua posisi pertukaran yang awalnya dipegang H^+ yang menempati Na^+ (kation) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrisasi menggunakan asam atau basa yang sesuai.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yakni menurut Purwoto dan risno (2016) yang menggunakan *treatment ferrolite, manganese zeolite, exchanger* berupa resin anion dan resin kation pada air tanah mampu al kandungan beban kekeruhan, warna, dan logam-logam besi, kromium,



serta mangan hingga menjadi kriteria parameter air bersih mengacu pada permenkes nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Cara ini dapat meremoval kandungan Fe sebesar 2,42 mg/L dan kandungan Mn 6,18 mg/L. Dan menurut Said (2005) proses penghilangan kandungan Fe dan Mn dalam air dapat dilakukan dengan aerasi-filtrasi, klorinasi-filtrasi, oksidasi kalium permanganat-filtrasi dengan mangan zeolite. Dan menurut Desmiarti, dkk (2017) kandungan TDS, EC (*electrical konduktivitas*) dan pH pada air keluaran proses filtrasi dan *ion exchanger* dapat memenuhi standar mutu dengan nilai EC mencapai 0 $\mu\text{S/cm}$, TDS 0 mg/l dan pH 7,5. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi proses filtrasi dengan *ion exchanger* dapat bekerja secara efektif dengan hasil yang maksimal dan proses ini berkerja sangat baik pada jumlah *cartridge* resin 6 (3 anion dan 3 aktion) dan laju alir 200 ml/menit. Sedangkan menurut Oesman dan Sugito (2017) terjadi penurunan kandungan Fe dan Mn menggunakan filtrasi media pasir silika-zeolit-karbon aktif dan pasir silika *manganese greensand*-karbon aktif. Efektivitas penurunan kandungan Fe menggunakan media zeolit sebesar 57,13% dan Mn sebesar 70,00%. Sedangkan efektivitas penurunan kandungan Fe menggunakan media *manganese greensand* sebesar 78,36% dan Mn sebesar 88,21%. Debit yang paling optimal untuk menurunkan kandungan Fe dan Mn menggunakan media zeolit dan *manganese greensand* dalam penelitian ini yaitu debit 1 L/menit. Hal ini dikarenakan semakin kecil debit, semakin lama waktu tinggal, maka semakin besar efektivitas penurunannya,

Berdasarkan hal tersebut jika dibandingkan dengan penelitian ini yang hanya menggunakan dua adsorben dan dengan adsorbat logam Fe dan logam Mn masih terdapat kekurangan, Yakni sampel dibuat dua kali lipat menyerupai air tanah dangkal hanya terdapat satu adsorben yang memenuhi baku mutu yang ada, Sehingga perlu ditinjau kembali solusi mengatasinya walau dalam keadaan normal dilapangan dengan konsentrasi sampel sesuai kondisi lapangan metode ini dapat memenuhi baku mutu,

banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut. Mulai tambahan volume adsorben yang digunakan, memperkecil debit aliran, dan



menggabungkan dengan filtrasi lain, Contohnya adalah menambahkan adsorben resin anion atau resin ion,

Menurut *Pure Water* (2019) resin anion adalah ion bermuatan negatif, Ketika atom menarik satu atau lebih elektron ke orbitalnya, maka terbentuklah ion negative. Dalam atom netral, jumlah elektron di kulit luar sama dengan jumlah proton dalam inti. Seperti diketahui, elektron bermuatan negatif, sedangkan proton bermuatan positif. Namun, ketika sebuah atom menarik elektron lain, jumlah elektron meningkat, sehingga atom menjadi bermuatan negatif, Kation merupakan ion bermuatan positif dan terbentuk ketika sebuah atom netral kehilangan satu atau lebih electron. Ketika kehilangan elektron, jumlah proton dalam inti lebih banyak dari jumlah elektron di kulit terluarnya, sehingga atom bermuatan positif. Bersama-sama dengan resin anion maka resin kation digunakan untuk keperluan demin (demineralisasi) yaitu untuk menghasilkan air dengan tingkat mineral sangat minim. Atau juga bisa dilakukan perlakuan fisik terlebih dahulu yakni aerasi guna meningkatkan kandungan oksigen dalam air sehingga proses oksidasi dapat mudah terjadi.

Hal tersebut juga terjadi pada penelitian ini. Sehingga dapat dinyatakan bahwa adsorben yang baik digunakan untuk mengadsorpsi logam Fe dan logam Mn adalah adsorben mangan zeolite. Hal ini dikarenakan nilai efektivitas adsorpsinya tidak berbeda jauh dari adsorben resin kation dan campuran dan harga adsorben mangan zeolit lebih murah dari resin kation.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Metode yang dilakukan berupa metode adsorpsi dengan menggunakan mangan zeolitt dan resin kation dapat mengurangi kandungan logam besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah dangkal.
2. Hasil adsorpsi dengan menggunakan mangan zeolit dan resin kation dapat dilihat hanya terdapat satu data yang memenuhi baku mutu yakni adsorben campuran 2 ppm untuk logam mangan yang memiliki nilai 0,35 mg/L.
3. Besar kapasitas adsorpsi (q_{eq}) untuk adsorben mangan zeolit dan resin kation adalah nilai kapasitas adsorpsi logam besi (Fe) lebih besar dari kapasitas biosorpsi logam mangan (Mn). Dan kapasitas adsorpsi mangan zeolit lebih besar dari kapasitas adsorpsi resin kation dan campuran.
4. Efektivitas penyerapan (%R) paling tinggi adalah campuran, mangan zeolit, dan resin kation. Sehingga dapat dinyatakan bahwa adsorben yang baik digunakan untuk mengadsorpsi logam Fe dan logam Mn adalah adosorben mangan zeolit. Hal ini dikarenakan nilai efektivitas adsorpsinya tidak berbeda jauh dari adsorben resin kation dan campuran dan harga adsorben mangan zeolit lebih murah dari resin kation.



B. Saran

1. Untuk pengembangan penelitian ini. Sebaiknya perlu dilakukan beragam adsorben, debit aliran, berat adsorben dan tinggi kolom.
2. Sebaiknya dilakukan kajian lebih lanjut untuk regenerasi mangan zeolit dan resin kation.
3. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya menggunakan pompa pada alat kolom untuk mempermudah aliran debit yang masuk dan keluar.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi. Yogyakarta.
- Apriani, Suci. 2001. Analisa Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dan Kromium (Cr) Pada Sumur Artesis dan Sumur Penduduk (Cincin) dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Di Kelurahan Rejo Sari Kecamatan Tenayan Raya Kota Pekanbaru. *Skripsi*. Pekanbaru.
- Anugrah, Muh. Subhan. 2016. Efektivitas Zeolit dalam Mengadsorpsi Logam Cd dan Pb dalam Air Limbah Industri. *Skripsi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Arba, Hikmah Nisa. 2017. Identifikasi Logam Besi (Fe) pada Zonasi Radius 1-5 Km Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang Makassar Terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur Gali. *Skripsi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Arfan, Y. 2006. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol serta Uji Kinerjanya. *Skripsi*. Depok: Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Atkins, P. W. 1999. *Kimia Fisika 2*. Erlangga. Jakarta.
- Bachimid, Ibtisamah. 2015. Efektivitas Penggunaan Ampas Sagu sebagai Biosorben untuk Mengabsorpsi Ion Mangan (Mn). *Skripsi*. Makassar: Fakultas teknik , Universitas Hasanuddin.



ni, G., H. Gerster, H. Hawster, H. Stauble dan E. Schneiter. *Teknologi Kimia*
ian 2. Lienda Handojo. 1995. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Day, Underwood. 1999. *Kimia Analisis Kuantitatif*. Erlangga. Jakarta.

Desmiarti, Reni, Munas Martynis, Jeni Novita, dan Nanda Saputra. 2017. Kombinasi Proses Filtrasi dan *Ion Exchange* Secara Kontinu pada Pembuatan Aquadm (*Demineralized Water*). *Jurnal Kimia*. 4 (1).

Djamiko. 2004. Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu. *Jurnal Purifikasi*. 5 (4): 169-174.

Fatmawati. 2006. *Kajian Adsorpsi Cd (II) Oleh Biomassa Potamogenon (Rumput Naga) yang Terimobilkan pada Sillica Gel*. FMIPA Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.

Hanafiah, K. A. 2012. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Penerbit PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Hanjodo, Lienda. 1995. *Teknologi Kimia*. PT Pradya Paramita. Jakarta.

Indarto. 2010. *Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Penerbit Rineka Cipta. Jember.

John, Kenkel. 2003. *Analytical Chemistry for Technicians*. Lewis Publishers Washington.

Joko, Tri. 2010. *Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu.

ogyakarta.

Wawan. 2009. Biosorpsi Cd (II) dan Pb Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*trus reticulate*). *Skripsi*. Bogor: Departemen Kimia Fakultas MIPA IPB.



Karabicu. 2008. Kumpulan: Kandungan Kadar Seng (Zn) dan Besi (Fe) dalam Air Minum dari Depo Air Minum Isi Ulang Air Pegunungan Sibolangit di Kota Medan. *Thesis*, Sumatra Utara.

Konsukartha dan Harmayani. 2007. Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik Di Lingkungan Kumuh. *Jurnal Permukiman Natak*. 5 (2).

Lastari, Diyah Erlina, Setyo Budi Utomo, Suhartono, dan Aep Saepudin Catur. 2011. *Diktat Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir*. Verifikasi Konsentrasi Regenerasi pada Proses Regenerasi Resin Penukaran Ion Sistem Air Bebas Mineral (GCA01) RSG-GAS. Yogyakarta, 16 November 2011.

Lestari, D. Y. 2010. *Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai Negara*. Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia.

Martell and Hancock. 1996. *Water Principel and Design*, Consulting Engineering, Inc. USA.

Musrawati, 2009. Pemanfaatan Ampas Tahu sebagai Biosorben untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Ion Cu (II) dan Cr(VI). *Tesis*. Makassar: Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.

Oesman dan Sugito. 2017. Penurunan Logam Besi dan Mangan Menggunakan Filtrasi Media Zeolit dan *Manganes Greensand*. *Jurnal Teknik*. 15 (2): 64-65.

82. *Adsorptions*. John Wiley and Sons. New York.

ngrum, Regina Tutik. 2006. Titrasi Asimetri. *Jurnal Kimia*. 2 (2).



Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup. 2010. Makassar.

Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. 2010. Jakarta.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. 2005. Jakarta.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air. 2001. Jakarta.

Pudjiastuti, C. 2008. Kajian Penurunan Ca Dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (Dowex). *Skripsi*. Jawa Timur: UPN Veteran.

Purwanto, Setyo, dan Joko Sutrisno. 2016. Pengolahan air tanah berbasis *treatment: Ferrolite, manganese zeolite*, dan *ion exchange*. *Jurnal Teknik*. 14 (2).

Purwanto, Setyo, Teguh Purwanto, dan Luqmanul Hakim. 2015. Penjernihan Air Sungai dengan Perlakuan Koagulasi, Filtrasi, Absorpsi, dan Pertukaran Ion. *Jurnal Teknik*. 13 (2).

Purwoto, S., 2008. *Seminar Nasional Hasil Pdm-Skw*. Removal Salinitas Air Payau Secara *Ion Exchange* dengan Treatment Resin Sintetis Pada Reaktor *Up-Flow Down-Flow* Prosiding ISBN ;978-979-97071-8-5 DP2MDIKTI. Surabaya, 16-Desember 2008.

Pudjiastuti. 2004. Karakteristik Air Sumur Dangkal Di Wilayah Kartasura dan Payau Penjernihannya. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. 5 (2): 106.



Rahman, Abdur, dan Budi Hartono. 2004. Penyaringan Air Tanah Dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Jurnal Kesehatan*. 8 (1).

Reza, E. 2002. *Seminar*. Studi Literatur Perancangan Awal Alat Adsorpsi Regenerasi Karbon Aktif. Depok: FTUI.

Said, N.I. 2005. Metode Menghilangkan Zat Besi dan Mangan di dalam Penyediaan Air Minum Domestik. *Jurnal Air Indonesia (JAI)*. 1(5): 239-250.

Said, Nusa Idaman. 1999. *Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Pengolahan Air*. BPPT. Jakarta.

Saragih, S. A. 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Sarwono, Jonathan. 2012. *Metode Riset Skripsi Pendekatan Kuantitatif Menggunakan Prosedur SPSS*. Edisi Pertama. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.

Senda, Saputra, H., Sholeh, A., Rosjidi, M., dan Mustafa, A., 2006. *Artikel Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Indonesia*. Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk *Slow Release Substances (SRS)* dan Membran., ISSN 1410-9891.

Standar US EPA. 2009.

1993. *Zeolit 1 Struktur dan Sifat-sifatnya*. Jilid II. Warta Insinyur Kimia. Jakarta.



Suryana H., Rifda. 2013. Analisis Kualitas Air Sumur Dangkal di Kecamatan Biringkanayya Kota Makassar. *Skripsi*. Makassar: Universitas Hasanuddin.

Suyasa, Budiarsa, I K. G. Antara, I W. A. A. Bawa Putra. 2008. Kajian Kapasitas dan Efektivitas Resin Penukar Anion untuk Mengikat Klor dan Aplikasinya pada Air. *Jurnal Kimia*. 2 (2).

Syahmani dan Sholahuddin, A. 2007. *Laporan Penelitian Dosen Muda*. Reduksi Fe, Mn dan Padatan Terlarut dalam Air Hitam dengan Kitin dan Kitosan Isolat Limbah Kulit Udang melalui Sistem Kolom. FKIP UNLAM. Banjarmasin.

Todd, D.K 1974. *Salt Water Intrusion and its control journal of american water works association* 66.

W. Haryadi. 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Gramedia. Jakarta.

Wahyuningrum, S. 2010. Penurunan Kadar Ca dan Mg Menggunakan Kation *Exchanger*. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Water, Ady. 2012. *Persiapan Pemasangan Resin Kation untuk Atasi Air Kapur*. Artikel IPTEK. Kompasiana. (Online). <http://www.kompasiana.com/abifatih/5518bd4aa333111>. Diakses pada 15 November 2018.

Water, Pure. 2019. *Perbedaan Resin Anion Dan Resin Kation*. (Online). http://www.purewatercare.com/perbedaan_resin_kation_dan_anion.php.

Diakses pada 18 Mei 2019.



Widowati, W., Sastiono, A dan Yusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Andi.
Yogyakarta.

Wongkasemjit, S., M. Sathupunya., and Gulari. 2002. ANA and GIS zeolite synthesis directly from alumatrane and silatrane by sol-gel process and microwave technique. *J. of the European Ceramic Society*. 22: 2305-2314.



Optimization Software:
www.balesio.com

L

A

M

P

I

R

A

N





DATA HASIL UJI LABORATORIUM KUALITAS AIR
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C)	Waktu Kontak (Menit)	Volume KMnO ₄ (ml)			
			Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
Zeolit	2 ppm	15	0.25	0.30	0.25	0.27
		30	0.30	0.35	0.30	0.32
		45	0.35	0.38	0.35	0.36
		60	0.40	0.40	0.40	0.40
		90	0.50	0.50	0.50	0.50
		120	0.55	0.55	0.52	0.54
		180	0.60	0.60	0.55	0.58
		240	0.65	0.65	0.60	0.63
		300	0.70	0.75	0.65	0.70
		360	0.75	0.80	0.70	0.75
		420	0.80	0.90	0.90	0.87
		480	1.00	1.10	1.00	1.03
Resin	2 ppm	15	0.40	0.35	0.40	0.38
		30	0.50	0.40	0.50	0.47
		45	0.60	0.60	0.60	0.60
		60	0.70	0.70	0.65	0.68
		90	0.71	0.71	0.70	0.71
		120	0.72	0.72	0.72	0.72
		180	0.75	0.75	0.75	0.75
		240	0.85	0.80	0.80	0.82
		300	0.90	0.85	0.85	0.87
		360	0.95	0.85	0.90	0.90
		420	1.00	0.90	0.90	0.93
		480	1.10	1.00	1.10	1.07





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C)	Waktu Kontak (Menit)	Volume KMnO ₄ (ml)			
			Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
Zeolit	4 ppm	15	0.30	0.30	0.30	0.30
		30	0.40	0.45	0.45	0.43
		45	0.60	0.60	0.60	0.60
		60	0.75	0.75	0.70	0.73
		90	0.85	0.85	0.85	0.85
		120	0.97	0.97	0.97	0.97
		180	1.00	1.00	1.00	1.00
		240	1.10	1.10	1.10	1.10
		300	1.30	1.30	1.30	1.30
		360	1.50	1.55	1.55	1.53
		420	2.00	2.00	2.00	2.00
		480	2.15	2.15	2.15	2.15
Resin	4 ppm	15	0.32	0.32	0.32	0.32
		30	0.50	0.50	0.50	0.50
		45	0.65	0.65	0.65	0.65
		60	0.85	0.80	0.85	0.83
		90	0.90	0.90	0.90	0.90
		120	1.00	1.00	1.00	1.00
		180	1.05	1.05	1.05	1.05
		240	1.20	1.15	1.15	1.17
		300	1.35	1.40	1.40	1.38
		360	1.70	1.70	1.70	1.70
		420	2.10	2.10	2.10	2.10
		480	2.15	2.15	2.15	2.15
Zeolit	6 ppm	15	0.40	0.40	0.40	0.40
		30	0.60	0.60	0.60	0.60
		45	0.80	0.85	0.85	0.83
		60	1.00	1.15	1.15	1.10
		90	1.35	1.35	1.35	1.35
		120	1.40	1.40	1.45	1.42
		180	1.55	1.55	1.50	1.53
		240	1.65	1.65	1.70	1.67
		300	1.85	1.80	1.80	1.82
		360	2.25	2.25	2.20	2.23
		420	2.70	2.75	2.75	2.73
		480	3.15	3.15	3.15	3.15





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl.Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C)	Waktu Kontak (Menit)	Volume KMnO ₄ (ml)			
			Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
Resin	6 ppm	15	0.40	0.40	0.50	0.43
		30	0.75	0.75	0.70	0.73
		45	0.90	0.90	0.90	0.90
		60	1.05	1.05	1.05	1.05
		90	1.40	1.40	1.40	1.40
		120	1.55	1.55	1.55	1.55
		180	1.65	1.60	1.62	1.62
		240	1.75	1.75	1.70	1.73
		300	1.80	1.90	1.86	1.85
		360	2.30	2.35	2.32	2.32
		420	2.80	2.75	2.76	2.77
		480	3.25	3.20	3.25	3.23
Campuran	2 ppm	15	0.20	0.20	0.20	0.20
		30	0.30	0.30	0.30	0.30
		45	0.35	0.35	0.35	0.35
		60	0.40	0.40	0.40	0.40
		90	0.45	0.50	0.50	0.48
		120	0.50	0.55	0.50	0.52
		180	0.55	0.58	0.56	0.56
		240	0.60	0.62	0.62	0.61
		300	0.70	0.70	0.65	0.68
		360	0.75	0.75	0.70	0.73
		420	0.81	0.85	0.85	0.84
		480	1.00	1.00	1.00	1.00
Campuran	4 ppm	15	0.25	0.25	0.25	0.25
		30	0.40	0.40	0.37	0.39
		45	0.50	0.50	0.50	0.50
		60	0.65	0.65	0.65	0.65
		90	0.75	0.75	0.70	0.73
		120	0.85	0.85	0.85	0.85
		180	0.95	0.95	0.90	0.93
		240	1.00	1.00	1.00	1.00
		300	1.20	1.20	1.20	1.20
		360	1.45	1.45	1.45	1.45
		420	1.90	1.90	1.90	1.90
		480	2.10	2.10	2.10	2.10





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Poros Malino Km 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax (0411)2006

Jenis Adsorben	Konsentrasi (C)	Waktu Kontak (Menit)	Volume KMno4 (ml)			
			Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
Campuran	6 ppm	15	0.25	0.30	0.35	0.30
		30	0.50	0.47	0.55	0.51
		45	0.70	0.70	0.65	0.68
		60	0.90	1.00	0.90	0.93
		90	1.25	1.15	1.20	1.20
		120	1.30	1.35	1.35	1.33
		180	1.45	1.50	1.45	1.47
		240	1.50	1.50	1.60	1.53
		300	1.65	1.70	1.75	1.70
		360	2.10	2.10	2.10	2.10
		420	2.65	2.60	2.55	2.60
480	3.05	3.10	3.00	3.05		

Makassar, 24 Januari 2019

Mengetahui, Laboran Laboratorium

Kualitas Air FT-UH



Syarifuddin, S.T

NIP. 196607301989031003



Lampiran 2

Contoh Perhitungan Titrasi

❖ Logam Besi (Fe)

$$\text{Fe (mg/L)} = \frac{V \text{ KMnO}_4 \times N \text{ KMnO}_4 \times \text{bst Fe} \times 1000}{\text{Berat Fe}}$$

$$\text{Fe} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{0,25 \times 0,01 \times 56 \times 1000}{297,5} = 0,47 \text{ mg/l}$$

❖ Logam Mangan (Mn)

$$\text{Mn (mg/L)} = \frac{V \text{ KMnO}_4 \times N \text{ KMnO}_4 \times \text{bst Mn} \times 1000}{\text{Berat Mn}}$$

$$\text{Mn} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{0,25 \times 0,01 \times 43,2 \times 1000}{250} = 0,44 \text{ mg/l}$$

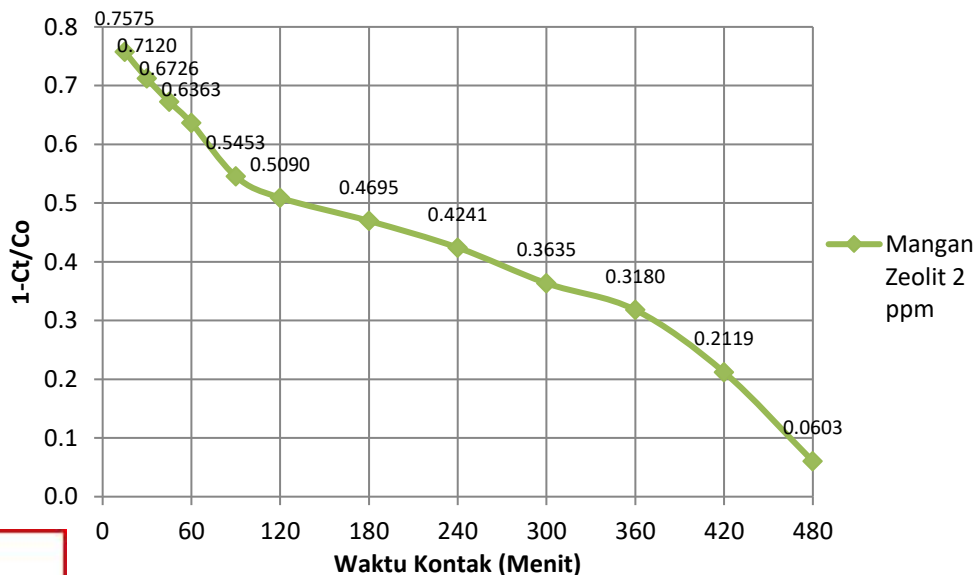
Contoh Perhitungan Parameter Kurva *Breakthrough*

❖ Logam Besi (Fe)

1. Adsorben mangan zeolit 2 ppm

- Perhitungan Luas Kurva

$$A = \frac{1}{2} \times \text{jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}$$



hubungan antara waktu dan 1-Ct/Co adsorben mangan zeolit 2 ppm

1. A1 = $\frac{1}{2} \times (1 + 0,7575) \times 15$
= 13,18
2. A2 = $\frac{1}{2} \times (0,7575 + 0,7120) \times 15$
= 11,02
3. A3 = $\frac{1}{2} \times (0,7120 + 0,6726) \times 15$
= 10,39
4. A4 = $\frac{1}{2} \times (0,6726 + 0,6363) \times 15$
= 9,82
5. A5 = $\frac{1}{2} \times (0,6363 + 0,5453) \times 30$
= 17,72
6. A6 = $\frac{1}{2} \times (0,5453 + 0,5090) \times 30$
= 15,81
7. A7 = $\frac{1}{2} \times (0,5090 + 0,4695) \times 60$
= 29,35
8. A8 = $\frac{1}{2} \times (0,4695 + 0,4241) \times 60$
= 26,81
9. A9 = $\frac{1}{2} \times (0,4241 + 0,3635) \times 60$
= 23,63
10. A10 = $\frac{1}{2} \times (0,3635 + 0,3180) \times 60$
= 20,44



$$11. A_{11} = \frac{1}{2} \times (0,3180 + 0,2119) \times 60$$

$$= 15,90$$

$$12. A_{12} = \frac{1}{2} \times (0,2119 + 0,0603) \times 60$$

$$= 8,17$$

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11} + A_{12}$$

$$= 202,24$$

- Perhitungan massa total yang terserap logam (q_{total})

$$q_{\text{total}} = \frac{Q \cdot Co \cdot A}{1000}$$

$$q_{\text{total}} = \frac{110 \cdot 2,07 \cdot 202,24}{1000} = 46,05$$

- Perhitungan massa total ion logam yang melewati kolom (m_{total})

$$m_{\text{total}} = \frac{Co \cdot Q \cdot t_{\text{total}}}{1000}$$

$$m_{\text{total}} = \frac{2,07 \cdot 110 \cdot 480}{1000} = 109,30$$

- Perhitungan persentase penghilangan ion logam (%R)

$$\% R = \frac{q_{\text{total}}}{m_{\text{total}}} \times 100$$

$$\% R = \frac{46,05}{109,30} \times 100 = 42,13$$

- Perhitungan kapasitas adsorpsi (q_{eq})

$$q_{\text{eq}} = \frac{q_{\text{total}}}{X}$$

$$q_{\text{eq}} = \frac{46,05 \text{ l}}{1310} = 0,3552$$



Lampiran 3

Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Proses Pembuatan Reaktor



Gambar 2. Penempatan Reaktor



Gambar 3. Proses Percobaan Reaktor



Gambar 4. Pengambilan Sampel Mangan Zeolit 2 ppm



Gambar 5. Sampel Mangan Zeolit 2 ppm



Gambar 6. Proses Regenerasi Mangan Zeolit



Gambar 7. Proses Pencucian Reaktor



Gambar 8. Pengukuran pH sampel



Gambar 9. Pengukuran Suhu sampel



Gambar 10. Pengambilan Sampel Mangan Zeolit 4 ppm

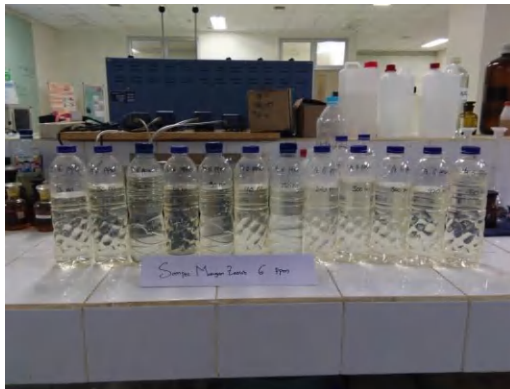


Gambar 11. Sampel Mangan Zeolit 4 ppm



Gambar 12. Pengambilan Sampel Mangan Zeolit 6 ppm





Gambar 13. Sampel Mangan Zeolit 6 ppm



Gambar 14. Pengambilan Sampel Resin Kation 2 ppm



Gambar 15. Sampel Resin Kation 2 ppm



Gambar 16. Pengambilan Sampel Resin Kation 4 ppm



Gambar 17. Sampel Resin Kation 4 ppm



Gambar 18. Pengambilan Sampel Resin Kation 6 ppm





Gambar 18. Sampel Resin Kation 6 ppm



Gambar 19. Proses *back wash* (pencucian balik)



Gambar 20. Proses Regenerasi Resin Kation



Gambar 21. Pengambilan Sampel Campuran 2 ppm



Gambar 22. Sampel Campuran 2 ppm



Gambar 23. Pengambilan Sampel Campuran 4 ppm



Gambar 24. Sampel Campuran 4 ppm



Gambar 25. Pengambilan Sampel Campuran 6 ppm



Gambar 26. Sampel Campuran 6 ppm



Gambar 27. Proses Titration Sampel



Gambar 28. Proses Titration Sampel



Gambar 29. Warna Sampel yang dititrasi



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

**PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 492/MENKES/PER/IV/2010**

TENTANG

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa agar air minum yang di konsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan perlu ditetapkan persyaratan kesehatan kualitas air minum;
- b. bahwa Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Air Minum dipandang tidak memadai lagi dalam rangka pelaksanaan pengawasan air minum yang memenuhi persyaratan kesehatan;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Persyaratan Kualitas Air Minum dengan Peraturan Menteri Kesehatan;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1984 tentang Wabah Penyakit Menular (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1984 Nomor 20, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3273);
2. Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 42, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3821);
3. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004, Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4377);
4. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 125, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4437), sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2008 tentang perubahan kedua atas Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 59, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4844);





**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

5. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 144, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5063);
6. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
7. Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2005 Nomor 33, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
8. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
9. Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4858);
10. Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
11. Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 705/MPP/Kep/11/2003 tentang Persyaratan Teknis Industri Air Minum Dalam Kemasan dan Perdagangannya;
12. Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 651/MPP/Kep/10/2004 tentang Persyaratan Teknis Depot Air Minum;
13. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1575/Menkes/Per/XI/2005 tentang Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen Kesehatan sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 439/Menkes/Per/VI/2009;
14. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum;
15. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 922/Menkes/SK/VIII/2008 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Provinsi dan Pemerintah Kabupaten/Kota bidang Kesehatan;
16. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 852/Menkes/SK/IX/2008 tentang Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat;





MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

17. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor
01/PRT/M/2009 tentang Penyelenggaraan
Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Bukan
Jaringan Perpipaan;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : **PERATURAN MENTERI KESEHATAN TENTANG
PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM.**

Pasal 1

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan:

1. Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.
2. Penyelenggara air minum adalah badan usaha milik negara/badan usaha milik daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perorangan, kelompok masyarakat dan/atau individual yang melakukan penyelenggaraan penyediaan air minum.
3. Pemerintah daerah adalah gubernur, bupati, atau walikota dan perangkat daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah.
4. Kantor Kesehatan Pelabuhan yang selanjutnya disingkat KKP adalah unit pelaksana teknis Kementerian Kesehatan di wilayah pelabuhan, bandara dan pos lintas batas darat.
5. Menteri adalah menteri yang tugas dan tanggung jawabnya di bidang kesehatan.
6. Badan Pengawasan Obat dan Makanan yang selanjutnya disingkat BPOM adalah badan yang bertugas di bidang pengawasan obat dan makanan sesuai peraturan perundang-undangan.

Pasal 2

Setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan.

Pasal 3

- (1) Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.
- (2) Parameter wajib sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan standar kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum.

Pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan standar kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.





**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

- (4) Parameter wajib dan parameter tambahan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan ini.

Pasal 4

- (1) Untuk menjaga kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat dilakukan pengawasan kualitas air minum secara eksternal dan secara internal.
- (2) Pengawasan kualitas air minum secara eksternal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota atau oleh KKP khusus untuk wilayah kerja KKP.
- (3) Pengawasan kualitas air minum secara internal merupakan pengawasan yang dilaksanakan oleh penyelenggara air minum untuk menjamin kualitas air minum yang diproduksi memenuhi syarat sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.
- (4) Kegiatan pengawasan kualitas air minum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi inspeksi sanitasi, pengambilan sampel air, pengujian kualitas air, analisis hasil pemeriksaan laboratorium, rekomendasi dan tindak lanjut.
- (5) Ketentuan lebih lanjut mengenai tatalaksana pengawasan kualitas air minum ditetapkan oleh Menteri.

Pasal 5

Menteri, Kepala BPOM, Kepala Dinas Kesehatan Propinsi dan Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan Peraturan ini sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing.

Pasal 6

Dalam rangka pembinaan dan pengawasan, Menteri dan Kepala BPOM dapat memerintahkan produsen untuk menarik produk air minum dari peredaran atau melarang pendistribusian air minum di wilayah tertentu yang tidak memenuhi persyaratan sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.

Pasal 7

Pemerintah atau pemerintah daerah sesuai kewenangannya memberikan sanksi administratif kepada penyelenggara air minum yang tidak memenuhi persyaratan kualitas air minum sebagaimana diatur dalam Peraturan ini.

Pasal 8

Pada saat ditetapkannya Peraturan ini, maka Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum sepanjang mengenai persyaratan kualitas air minum dicabut dan tidak berlaku.





**MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA**

Pasal 9

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan peraturan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 19 April 2010

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH





MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010
Tanggal : 19 April 2010

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b.Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a.Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3)Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b.Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	esi	mg/l	0,3
	esadahan	mg/l	500
	hlorida	mg/l	250
	angan	mg/l	0,4
	H		6,5-8,5





MENTERI KESEHATAN
REPUBLIC INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Dibutyltin di- (2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Diethylamine diethylamide	mg/l	0,0005
	Diethylchlorohydrin	mg/l	0,0004
	Diethylchlorobutadiene	mg/l	0,0006





MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3





MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitrilies		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH



Optimization Software:
www.balesio.com

Air dan air limbah - Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri





Optimization Software:
www.balesio.com

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	1
3.1 Prinsip.....	1
3.2 Bahan	2
3.3 Peralatan	2
3.4 Persiapan pengujian	3
3.5 Prosedur	3
3.6 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	5
4.1 Jaminan mutu	5
4.2 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A Pelaporan	6



Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air, Panitia Teknis 207S, Bidang Manajemen Lingkungan dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 31 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2506-1991 dengan judul *Metode pengujian nilai permanganat dalam air secara asam*.



Air dan air limbah - Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan nilai permanganat dengan metode oksidasi suasana asam dalam contoh air dan air limbah yang mempunyai kadar klorida (Cl⁻) kurang dari 300 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

nilai permanganat

jumlah miligram kalium permanganat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi organik dalam 1000 mL air pada kondisi mendidih

2.2

larutan induk kalium permanganat, KMnO₄

larutan yang mempunyai normalitas kalium permanganate, KMnO₄ 0,1 N yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.3

larutan baku kalium permanganat, KMnO₄

larutan induk kalium permanganat, KMnO₄ 0,1 N yang diencerkan dengan air suling sampai normalitas 0,01 N

2.4

larutan *blanko*

air suling yang perlakuannya sama dengan contoh uji

2.5

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu, yang dibuat oleh seorang analis atau penyelia untuk diuji kadarnya oleh analis yang lain

2.6

spike matrix

contoh uji yang diperkaya menggunakan larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

Certified Reference Material (CRM)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional



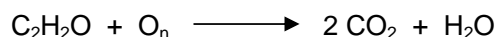
a) Reaksi oksidasi KMnO_4 dalam kondisi asam sebagai berikut :



b) Oksidasi KMnO_4 dalam kondisi basa sebagai berikut :



c) Zat organik dapat dioksidasi dengan reaksi sebagai berikut :



3.2 Bahan

3.2.1 Asam sulfat, H_2SO_4 8 N yang bebas zat organik

- Pindahkan 222 mL H_2SO_4 pekat sedikit demi sedikit ke dalam 500 mL air suling dalam gelas piala sambil didinginkan dan encerkan sampai 1000 mL dalam labu ukur 1000 mL.
- Pindahkan kembali ke dalam gelas piala dan tetesi dengan larutan KMnO_4 sampai berwarna merah muda.
- Panaskan pada temperatur 80°C selama 10 menit, bila warna merah hilang selama pemanasan tambah kembali larutan KMnO_4 0,01 N sampai warna merah muda stabil.

3.2.2 Kalium permanganat, KMnO_4 0,1 N

Larutkan 3,16 g KMnO_4 dengan air suling dalam labu ukur 1000 mL. Simpan dalam botol gelap selama 24 jam sebelum digunakan.

3.2.3 Kalium permanganat, KMnO_4 0,01 N

Pipet 10 mL KMnO_4 0,1 N masukkan ke dalam labu ukur 100 mL, tepatkan dengan air suling sampai tanda tera.

3.2.4 Asam oksalat, $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N

Larutkan 6,302 g $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 1000 mL air suling atau larutkan 6,7 g natrium oksalat, $(\text{COONa})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam 25 mL H_2SO_4 6 N, dinginkan dan encerkan sampai 1000 mL dalam labu takar.

3.2.5 Asam oksalat 0,01 N

Pipet 10 mL larutan asam oksalat 0,1 N masukkan ke dalam labu ukur 100 mL, tepatkan dengan air suling sampai tanda tera.

3.2.6 Natrium oksalat $(\text{COONa})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3.3 Peralatan

- erlenmeyer 300 mL;
- labu ukur 1000 mL dan 100 mL;
- timbangan analitik;
- stoples listrik;
- labu ukur 5 mL;
- labu ukur 10 mL dan 100 mL;
- gelas piala 1000 mL;
- pipet 5 mL; dan
- alat-alat standar lainnya.



3.4 Persiapan pengujian

Penetapan larutan kalium permanganat, KMnO_4 0,01 N dengan tahapan sebagai berikut:

- Pipet 100 mL air suling secara duplo dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 300 mL, panaskan hingga 70°C .
- Tambahkan 5 mL H_2SO_4 8 N yang bebas zat organik.
- Tambahkan 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N menggunakan pipet volume.
- Titrasasi dengan larutan kalium permanganat 0.01 N sampai warna merah muda dan catat volume pemakaian.
- Hitung normalitas larutan baku kalium permanganat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_2 = \frac{V_1 \times N_1}{V_2}$$

dengan pengertian:

V_1 adalah mL larutan baku asam oksalat;

N_1 adalah normalitas larutan baku asam oksalat yang dipergunakan untuk titrasasi;

V_2 adalah mL larutan baku kalium permanganat; dan

N_2 adalah normalitas larutan baku kalium permanganat yang tidak dicari.

3.5 Prosedur

Uji nilai permanganat dengan tahapan sebagai berikut:

- Pipet 100 mL contoh uji masukkan ke dalam erlenmeyer 300 mL dan tambahkan 3 butir batu didih.
- Tambahkan KMnO_4 0,01 N beberapa tetes ke dalam contoh uji hingga terjadi warna merah muda.
- Tambahkan 5 ml asam sulfat 8 N bebas zat organik.
- Panaskan di atas pemanas listrik pada suhu $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, bila terdapat bau H_2S , pendidihan diteruskan beberapa menit.
- Pipet 10 mL larutan baku KMnO_4 0,01 N.
- Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
- Pipet 10 mL larutan baku asam oksalat 0,01 N.
- Titrasasi dengan kalium permanganat 0,01 N hingga warna merah muda.
- Catat volume pemakaian KMnO_4 .
- Apabila pemakaian larutan baku kalium permanganat 0,01 N lebih dari 7 mL, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan contoh uji.

3.6 Perhitungan

Uji permanganat

$$f = \frac{[(10 - a)b - (10 \times c)] \times 1 \times 31,6 \times 1000}{d} \times f$$



dengan pengertian:

- a adalah volume KMnO_4 0,01 N yang dibutuhkan pada titrasi;
- b adalah normalitas KMnO_4 yang sebenarnya;
- c adalah normalitas asam oksalat;
- d adalah volume contoh; dan
- f adalah faktor pengenceran contoh uji.

CATATAN Apabila terdapat nitrit maka nilai KMnO_4 dikurangi 1,4 mg/L untuk kadar nitrit 1 mg/L.

3.6.2 Perhitungan *Relatif Percent Different* (RPD)

$$\text{RPD} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2)/2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

- X_1 adalah hasil analisis pada penentuan pertama;
- X_2 adalah hasil analisis pada penentuan kedua.

3.6.3 Perhitungan temu balik (*recovery test*)

$$\% R = \frac{A - B}{C} \times 100\%$$

dengan pengertian:

- R adalah *recovery* (%);
- A adalah kadar contoh uji yang di *spike* (mg/L);
- B adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike* (mg/L); dan
- C adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*) (mg/L).

dimana,

$$C = \frac{Y \times Z}{V}$$

dengan pengertian:

- Y adalah volume standar yang ditambahkan (mL);
- Z adalah kadar standar KMnO_4 yang ditambahkan (mg/L); dan
- V adalah volume akhir (mL).

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

Jaminan mutu

- Bahan kimia berkualitas murni (p.a).
- Alat gelas yang tidak terkontaminasi.
- Air suling yang DHL nya lebih kecil dari 3 μm os.
- Analisis oleh analis yang kompeten.
- Analisis segera setelah pengambilan contoh uji.
- Alat ukur yang terkalibrasi.



4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blangko untuk kontrol kontaminasi. Kadar khlorida dalam larutan blangko harus lebih kecil daripada batas deteksi.
- b) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan pemakaian larutan kalium permanganate secara duplo tidak boleh lebih kecil dari 10%.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi

- a) Analisis *blind sample*.
- b) Lakukan analisis *certified reference material (CRM)* untuk kontrol akurasi.
- c) Kisaran persen balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- d) Untuk kontrol gangguan matrik lakukan analisis *spike matrix* kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.



Lampiran A

(normatif)

Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analis dan tanda tangan.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman kurva kalibrasi.
- 5) Nomor contoh uji.
- 6) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 7) Batas deteksi.
- 8) Perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran duplo.
- 10) Hasil pengukuran blanko.
- 11) Hasil pengukuran persen *recovery*.
- 12) Kadar angka permanganat dalam contoh uji.

