

**PENURUNAN KADAR Ca^{2+} PADA AIR SADAH ARTIFISIAL
MENGUNAKAN SERBUK ZEOLIT DENGAN VARIASI
WAKTU PERENDAMAN**

KARYA TULIS ILMIAH

Untuk memenuhi sebagian persyaratan sebagai
Ahli Madya Analis Kesehatan



Oleh :
FEBRIANI NOVITRI
33152831J

**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KESEHATAN
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS SETIA BUDI
SURAKARTA
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

KARYA TULIS ILMIAH :

**PENURUNAN KADAR Ca^{2+} PADA AIR SADAH ARTIFISIAL
MENGUNAKAN SERBUK ZEOLIT DENGAN VARIASI
WAKTU PERENDAMAN**

Oleh :

FEBRIANI NOVITRI

33152831J

Surakarta, 9 Mei 2018

Menyetujui Untuk Ujian Sidang KTI

Pembimbing



Dra. Nur Hidayati, M.Pd

NIS. 01198909202067

LEMBAR PENGESAHAN

Karya Tulis Ilmiah :

PENURUNAN KADAR Ca^{2+} PADA AIR SADAH ARTIFISIAL MENGUNAKAN SERBUK ZEOLIT DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN

Oleh :

FEBRIANI NOVITRI

33152831J

Telah Dipertahankan di Depan Tim Penguji

Pada Tanggal 14 Mei 2018

Nama	Tanda Tangan
Penguji I : D. Andang Arif Wibawa, S.P., M.Si.	
Penguji II : Drs. Soebiyanto, M.Or., M.Pd.	
Penguji III : Dra. Nur Hidayati, M.Pd.	

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan



Prof. dr. Marsetyawan HNE S. M.Sc., Ph.D
NIDN 0029094802

Ketua Program Studi

D-III Analis Kesehatan



Dra. Nur Hidayati, M.Pd
NIS. 01198909202067

MOTTO

- Karunia Allah yang paling lengkap adalah kehidupan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan.

(Ali bin Abi Thalib)

- Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(QS. Ar-Ra'd : 11)

- Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.

(QS. Al-Baqarah: 286)

PERSEMBAHAN

Karya Tulis Ilmiah ini Ku persembahkan untuk :

ALLAH SWT yang telah memberi nikmat sehat jasmani dan rohani.

Ibunda tercinta, Ibu Ratiah. Anakmu mencoba memberikan yang terbaik untukmu. Betapa tak ternilai kasih sayang dan pengorbananmu. Terima kasih atas dukungan moril maupun materil untuk selama ini.

Alm. Ayah. Alm. Muchozin. Betapa diri ini ingin melihatkan agar ayah bangga padaku. Maaf belum sempat membahagiakan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Taufik, Hidayah, dan Inayah-Nya, sehingga penyusun Karya Tulis Ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktunya. Karya Tulis Ilmiah ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi D-III Analis Kesehatan, Universitas Setia Budi, Surakarta.

Penulis menyusun Karya Tulis Ilmiah ini dengan judul “**Penurunan Kadar Ca²⁺ pada Air Sadah Artifisial Menggunakan Serbuk Zeolit dengan Variasi Waktu Perendaman**”. Karya Tulis Ilmiah ini disusun berdasarkan percobaan dan pengambilan data praktikum yang dilakukan di Laboratorium Analisis Makanan dan Minuman Universitas Setia Budi, Surakarta.

Penyusun Karya Tulis Ilmiah ini tidak dapat terselesaikan tanpa bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. dr. Marsetyawan HNE Soesatyo, M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi, Surakarta.
2. Dra. Nur Hidayati, M.Pd selaku Ketua Program Studi D-III Analis Kesehatan Universitas Setia Budi, Surakarta dan selaku pembimbing Karya Tulis Ilmiah ini yang telah membimbing, memotivasi, dan menasehati kepada penulis selama penyusun Karya Tulis Ilmiah ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen, Instruktur Laboratorium dan Asisten Dosen Universitas Setia Budi terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama 3 tahun ini.
4. Orangtua dan Keluarga yang telah memberikan do'a serta dorongan material dan spiritual hingga terselesaikannya Karya Tulis Ilmiah ini.

5. Teman-teman seangkatan D-III Analisis Kesehatan 2015 yang telah memotivasi dalam penyelesaian penelitian ini.

6. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari siapapun penulis harapkan demi kesempurnaan Karya Tulis Ilmiah ini. Penulis berharap semoga Karya Tulis Ilmiah ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan terutama bidang Analisis Makanan dan Minuman.

Surakarta, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTO	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kesadahan Air.....	5
2.1.1 Definisi.....	5
2.1.2 Jenis–jenis Kesadahan Air	7
2.1.3 Pelunakan Air Sadah	8
2.1.4 Tingkat Kesadahan Air	9
2.1.5 Air Sadah Artifisial	9

2.1.6 Kalsium	10
2.2 Zeolit	11
2.2.1 Definisi.....	11
2.2.2 Keberadaan Zeolit	13
2.2.3 Manfaat Zeolit.....	14
2.2.4 Mekanisme Kerja Zeolit	14
2.3 Titrasi Kompleksometri	16
2.3.1 Jenis Titrasi Kompleksometri	17
BAB III. METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.1.1 Tempat	20
3.1.2 Waktu	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.2.3 Pereaksi	21
3.3 Variabel Penelitian.....	21
3.3.1 Sampel	21
3.3.2 Variabel Bebas	21
3.3.2 Variabel Terikat	21
3.4 Prosedur Kerja	21
3.4.1 Pembuatan Larutan Pereaksi	21
3.4.2 Prosedur Standarisasi Na ₂ EDTA ± 0,01 M dengan ZnSO ₄ ± 0,0100 M	22
3.4.3 Preparasi Sampel	22

3.4.4 Penentuan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial ...	22
3.5 Analisis Data	23
3.6 Alur Penelitian	24
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Penelitian	25
4.1.1 Hasil Standarisasi $\text{Na}_2 \text{EDTA} \pm 0,01 \text{ M}$ dengan $\text{ZnSO}_4 \pm 0,0100 \text{ M}$	25
4.1.2 Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} Sampel Sebelum Perendaman	25
4.1.3 Penetapan Kadar Ca^{2+} dengan Variasi Konsentrasi dan Variasi Waktu Perendaman Zeolit	25
4.1.4 Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial	28
4.1.5 Hasil Uji Anova Dua Jalur (<i>Two Way</i>)	29
4.2 Pembahasan	30
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA.....	P-1
LAMPIRAN	L-1

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian	24
Gambar 2. Grafik Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial sebelum dan Sesudah Perendaman Zeolit	27
Gambar 3. Grafik Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tingkat Kesadahan Air	9
Tabel 2. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} Sample Sebelum Perendaman .	25
Tabel 3. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan Perendaman Zeolit selama 10 menit	26
Tabel 4. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan Perendaman Zeolit selama 20 menit	26
Tabel 5. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan Perendaman Zeolit selama 30 menit	26
Tabel 6. Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial .	28
Tabel 7. Data Uji Anova Dua Jalur (<i>Two Way</i>)	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Standarisasi Na ₂ EDTA ± 0,0100 M dengan ZnSO ₄ ± 0,0100 M.....	L-1
Lampiran 2. Pembuatan Air Sadah Artifisial dari Kristal CaCl ₂ . 2H ₂ O .	L-4
Lampiran 3. Hasil Titration dan Hasil Perhitungan pada Penurunan Kadar Ca ²⁺ Terhadap Zeolit	L-6
Lampiran 4. Perhitungan Pembuatan Berbagai Konsentrasi Zeolit	L-7
Lampiran 5. Perhitungan Kadar Ca ²⁺ Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 10 menit	L-8
Lampiran 6. Perhitungan Kadar Ca ²⁺ Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 20 menit	L-11
Lampiran 7. Perhitungan Kadar Ca ²⁺ Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 30 menit	L-14
Lampiran 8. Uji Statistik	L-17
Lampiran 9. Batu Zeolit	L-23
Lampiran 10. Penimbangan Zeolit Berbagai Konsentrasi Zeolit	L-24
Lampiran 11. Perendaman Air Sadah Artifisial dengan Berbagai Konsentrasi Zeolit dan Variasi Waktu Perendaman	L-26
Lampiran 12. Penyaringan Air Sadah Artifisial dengan Variasi Konsentrasi dan Variasi Waktu Perendaman	L-28
Lampiran 13. Larutan Air Sadah Artifisial Setelah Penyaringan Zeolit	L-30
Lampiran 14. Hasil Akhir Titration Beberapa Variasi Konsentrasi Zeolit dan Variasi Waktu Perendaman	L-31

INTISARI

Novitri, F. 2018. Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial Menggunakan Serbuk Zeolit dengan Variasi Waktu Perendaman. Program Studi D-III Analis Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Setia Budi. Pembimbing: Dra. Nur Hidayati, M.Pd.

Kalsium merupakan salah satu penyebab air sadah. Air Sadah artifisial merupakan larutan yang sengaja dibuat dengan melarutkan garam yang mengandung kalsium. Zeolit merupakan salah satu mineral yang mempunyai kemampuan sebagai penukar kation. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan kadar Ca^{2+} paling optimum berbagai waktu perendaman dan konsentrasi zeolit pada air sadah artifisial.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Air sadah artifisial dibuat kadar Ca^{2+} sebesar 600 ppm, sehingga melebihi batas yang ditetapkan oleh PERMENKES Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang batas maksimum kesadahan yang diperbolehkan yaitu 500 ppm sebagai CaCO_3 atau 200 ppm sebagai Ca^{2+} . Sedangkan zeolit yang digunakan yaitu zeolit halus berbagai konsentrasi (5%,10%,15%) dan variasi waktu perendaman (10 menit, 20 menit, 30 menit). Penentuan kadar Ca^{2+} dilakukan secara kompleksometri.

Hasil penelitian menunjukkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial tanpa perlakuan sebesar 589,20 ppm Ca^{2+} , penurunan dengan perendaman 10 menit zeolit (5%,10%,15%) berturut-turut adalah (8,42%; 15,83%; 25,93%), dengan perendaman 20 menit zeolit (5%,10%,15%) berturut-turut adalah (18,18%; 35,35%; 40,40%) dan pada perendaman 30 menit zeolit (5%,10%,15%) berturut-turut adalah (41,74%; 55,56%; 73,40%). Penurunan Kadar Ca^{2+} yang paling optimum pada sampel yang diberi zeolit konsentrasi 15% dengan waktu perendaman 30 menit sebesar 156,72 ppm Ca^{2+} diperoleh penurunan sebesar 73,40%.

Kata Kunci : Ca^{2+} , air sadah artifisial, zeolit, konsentrasi, waktu perendaman.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang harus dipenuhi untuk minum dan memasak makanan. Air seperti air minum harus memenuhi syarat-syarat fisika, kimia, radioaktivitas, dan mikrobiologis seperti tertera dalam standar SNI 01 – 0220 – 1987. Salah satu syarat kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air yang keberadaannya biasa disebut dengan kesadahan air. Sumber air permukaan tanah dan air hasil perlakuan tersier pada IPAL mengandung padatan tersuspensi dan logam berat yang harus dihilangkan agar aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Mineral pada bahan pangan terbagi dalam dua kelompok, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro merupakan kelompok mineral yang keberadaannya pada bahan pangan dalam jumlah banyak, seperti kalsium, fosfor, magnesium, dan natrium. Sedangkan mineral mikro pada bahan pangan keberadaannya dalam jumlah kecil, seperti besi, iodin, selenium, zink, krom, dan tembaga (Suharto, 2011).

Air sadah ialah air yang mengandung garam–garam kalsium dan magnesium dalam jumlah yang cukup besar, sehingga dapat mengganggu. Garam–garam ini biasanya berupa garam bikarbonat, klorida, sulfat dan nitrat. Mineral-mineral ini dapat membentuk kerak pada peralatan dan perpipaan sehingga dapat menghambat aliran air. Kesadahan air yang cukup tinggi pada saat direbus akan menghasilkan kerak disekitar panci.

Selain itu kesadahan juga menghambat terbentuknya busa pada sabun dan detergen. Kesadahan yang tinggi biasanya terdapat pada air tanah di daerah yang bersifat kapur, dimana Ca^{2+} dan Mg^{2+} berasal. Disamping kesadahan, terdapat pula kandungan garam natrium, silikat alumina, besi dan mangan (Suyanta, dkk., 2015). Menurut PERMENKES Nomor: 492/Menkes/Per/IV/2010 tanggal: 19 April 2010 persyaratan kualitas air minum untuk batas kesadahan yang masih diperbolehkan yaitu sebesar 500 mg/l (ppm) sebagai CaCO_3 atau 200 mg/l (ppm) sebagai Ca^{2+} .

Kalsium dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah tertentu dan apabila sudah melebihi ambang batas maka akan tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, konsumsi kalsium harus dikontrol sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi tubuh. Seperti yang terjadi, pasien penderita infeksi saluran kencing (ISK) selama tahun 2013 dan awal tahun 2014 sekitar dua pasien perbulan. Salah satu penyebabnya karena mengonsumsi air dengan kandungan kalsium yang berlebih. Menurut WHO air yang kesadahannya tinggi dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan yaitu dapat menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (cardiovascular disease) dan batu ginjal (urolithiasis). Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan ion Ca^{2+} dalam air dengan menggunakan zeolit (Herawati, dkk., 2015).

Zeolit merupakan salah satu mineral yang mempunyai kemampuan sebagai penukar kation dan berfungsi sebagai bahan penyaring dalam suatu media air. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kemampuan terhadap penurunan logam kalsium. Filter zeolit ini berfungsi sebagai penyerap Ca^{2+} yang masih terlarut (Husaini dan T. Soenara, 2006).

Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan ion Ca^{2+} dalam air yaitu dengan menggunakan zeolit berdasarkan lama waktu perendaman. Zeolit dapat menurunkan ion Ca^{2+} dalam air karena zeolit memiliki kemampuan sebagai penukar ion. Sifat penukar ion pada zeolit karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Untuk mengurangi kandungan logam pencemaran kalsium dalam air bisa dilakukan dengan metode absorpsi menggunakan suatu bahan penyerap yang disebut adsorben. Adsorben yang digunakan adalah zeolit alam. Adsorben zeolit alam tersedia banyak, relatif mudah didapatkan, harganya murah dan efektivitas penyerapannya yang tinggi (Herawati, dkk., 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka masalah dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

- a. Apakah Zeolit dapat digunakan untuk menurunkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial?
- b. Berapa kadar Ca^{2+} sebelum dan sesudah perlakuan dengan variasi waktu perendaman (10 menit, 20 menit, 30 menit) dan variasi konsentrasi zeolit (5%, 10%, 15%) pada air sadah artifisial?
- c. Berapa waktu perendaman dan konsentrasi zeolit yang paling optimum menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Mengetahui bahwa zeolit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial.
- b. Mengetahui kadar Ca^{2+} sebelum dan sesudah perlakuan dengan variasi waktu perendaman (10 menit, 20 menit, 30 menit) dan variasi konsentrasi (5%, 10%, 15%) pada air sadah artifisial.
- c. Mengetahui waktu perendaman dan konsentrasi zeolit yang paling optimum untuk menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial.

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Untuk mengetahui kemampuan zeolit dalam menurunkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah.
- b. Memberi informasi kepada masyarakat bahwa zeolit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kesadahan Air

2.1.1 Definisi

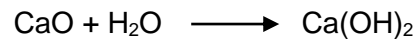
Kesadahan (*hardness*) adalah gambaran kation logam divalent (valensi dua). Kation-kation dapat bereaksi dengan sabun membentuk endapan maupun dengan anion-anion yang terdapat di dalam air membentuk endapan atau karat pada peralatan logam. Kation utama yang mendominasi perairan tawar adalah kalsium dan magnesium, sedangkan pada perairan laut adalah sodium dan magnesium. Anion utama pada perairan tawar adalah bikarbonat dan karbonat, sedangkan pada perairan laut adalah klorida. Kesadahan perairan berasal dari kontak air dengan tanah dan bebatuan. Perairan dengan nilai kesadahan tinggi berada di wilayah yang memiliki lapisan tanah pucuk tebal dan batuan kapur (Effendi, 2003).

Kesadahan pada dasarnya ditentukan oleh jumlah kalsium dan magnesium. Kalsium dan magnesium berikatan dengan anion penyusun alkalinitas, yaitu bikarbonat dan karbonat. Kesadahan dan alkalinitas dinyatakan dengan satuan yang sama, yaitu mg/liter CaCO_3 (Effendi, 2003).

Kesadahan dalam air terutama disebabkan oleh ion – ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} , juga oleh Mn^{2+} , Fe^{2+} dan semua kation yang bermuatan dua. Air yang kesadahannya tinggi biasanya terdapat pada air tanah di daerah yang

bersifat kapur, darimana Ca^{2+} dan Mg^{2+} berasal (Dinora, G.Q dan A. Purnomo, 2013).

Air kapur diperoleh dari reaksi :



Di Amerika Serikat, kesadahan dinyatakan dengan menganggap seolah–olah semua kesadahan berasal dari kalsium karbonat. Satuan yang biasa digunakan dalam menyatakan analisis air ialah bagian per sejuta (ppm) gram per gallon (gr/gal), milligram per liter (mg/L). Ketakmurnian lain yang terdapat di dalam air adalah bahan tak larut yang melayang yang biasanya dikelompokkan sebagai kekeruhan (turbidity), bahan–bahan organik, warna, dan gas terlarut seperti karbon dioksida bebas, oksigen, nitrogen, dan di dalam air yang mengandung belerang, hidrogen sulfide (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

Air sadah mengakibatkan konsumsi sabun lebih tinggi, karena adanya hubungan kimiawi antara ion kesadahan dengan molekul sabun menyebabkan sifat detergen sabun hilang. Kelebihan ion Ca^{2+} serta ion CO_3^{2-} (salah satu ion alkaliniti) mengakibatkan terbentuknya kerak pada dinding pipa yang disebabkan oleh endapan kalsium karbonat CaCO_3 kerak ini akan mengurangi penampang basah pipa dan menyulitkan pemanasan air dalam ketel (Dinora, G.Q dan A. Purnomo. 2013).

Kesadahan diklasifikasikan berdasarkan dua cara, yaitu berdasarkan ion logam (*metal*) dan berdasarkan anion yang berasosiasi dengan ion logam. Berdasarkan ion logam (*metal*), kesadahan dibedakan menjadi kesadahan kalsium dan magnesium. Berdasarkan anion yang

berasosiasi dengan ion logam, kesadahan dibedakan menjadi kesadahan total dan kesadahan sementara (Effendi, 2003).

2.1.2 Jenis – jenis Kesadahan Air

Berdasarkan sifatnya, kesadahan air dibagi menjadi 2 yaitu :

a. Kesadahan Total

Kesadahan total disebut juga kesadahan permanen (kekal) atau kesadahan non-karbonat disebabkan oleh sulfat dan klorida, kalsium dan magnesium. Kesadahan total yaitu jumlah ion – ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang dapat ditentukan melalui titrasi dengan EDTA sebagai titran dan menggunakan indikator yang peka terhadap semua kation tersebut. Kesadahan total tersebut dapat juga ditentukan dengan menjumlah ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yang dianalisa secara terpisah misalnya dengan metode ASS (Atomic Absorption Spectrophotometry) yang tidak akan diuraikan disini karena mahalnya peralatan (Sulistiyani, dkk., 2012).

Gangguan pada analisa kesadahan total yaitu selain dari Ca^{2+} dan Mg^{2+} beberapa kation seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Fe^{2+} , Mn^{2+} dan sebagainya juga bergabung dengan EDTA. Tetapi untuk air leding, air sungai atau danau, konsentrasi ion – ion cukup rendah (konsentrasi kurang dari beberapa mg/l) dan tidak mengganggu. Namun kadang – kadang air tanah dan air buangan industri mengandung konsentrasi ion – ion tersebut lebih dari beberapa mg/l dimana kasus ini sesuatu inhibitor harus digunakan untuk menghilangkan gangguan tersebut (Sulistiyani, dkk., 2012).

Kekeruhan juga mengurangi jelasnya warna sehingga sampel yang terlalu keruh harus disaring terlebih dahulu. Untuk menurunkan

kesadahan permanen diperlukan penambahan kimia. Penentuan kesadahan tetap dengan cara menghitung banyaknya NaOH dan sodium karbonat yang diperlukan untuk mengendapkan sulfat yang ada dalam sampel (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

b. Kesadahan Sementara

Kesadahan sementara atau kesadahan karbonat, kalsium dan magnesium berasosiasi dengan ion CO_3^{2-} dan HCO_3^- . Kesadahan karbonat sangat sensitif terhadap panas dan mengendap dengan mudah pada suhu tinggi (Effendi, 2003).

2.1.3 Pelunakan Air Sadah

Di Amerika Serikat, air yang relative lunak (kesadahan rendah) yang didapatkan dari sumber permukaan yang digunakan oleh industri di wilayah timur laut negara itu. Di daerah barat tengah dan daerah barat, timbul keharusan untuk menggunakan air yang kesadahannya lebih tinggi yang terdapat diberbagai daerah, terutama daerah yang berbatu kapur. Air sadah harus dilunakkan terlebih dahulu. Selanjutnya, dilakukan pelunakan total terhadap air yang relatif lunak. Thomas Clark di Inggris pada tahun 1841 mendapat paten proses gamping untuk menyingkirkan kesadahan karbonat (kesadahan sementara) dari air. Hal ini diikuti oleh Porten yang mengembangkan penggunaan soda abu untuk menyingkirkan kesadahan non karbonat (kesadahan permanen). Pada tahun 1906, Robert Gaus, seorang ahli kimia jerman, menerapkan penggunaan zeolit untuk proses pelunakan air. Pada tahun 1930 pelunakan air banyak diterapkan dalam penyediaan air perkotaan (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

2.1.4 Tingkat Kesadahan Air

Menurut Hefni Effendi (2003) tingkat kesadahan air dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat Kesadahan Air

Klasifikasi Perairan	Kesadahan (mg/liter CaCO ₃)
lunak (<i>soft</i>)	< 50
Menengah (<i>Moderately hard</i>)	50 – 150
Sadah (<i>hard</i>)	150 – 300
Sangat sadah (<i>Very hard</i>)	> 300

Sumber: (Effendi, 2003)

Kesadahan yang tinggi biasanya terdapat pada air tanah di daerah yang bersifat kapur. Air sadah banyak mengandung ion-ion divalent seperti besi, mangan, kalsium dan magnesium. Dari beberapa logam tersebut telah diketahui bahwa kalsium dan magnesium merupakan spesi logam terbanyak dalam air sadah (Suyanta, dkk., 2015). Pada penelitian ini menggunakan air sadah artifisial yang sengaja dibuat dengan melarutkan garam yang mengandung kalsium dari Kristal CaCl₂.2H₂O dengan kadar Ca²⁺ sebesar 600 ppm Ca²⁺.

2.1.5 Air Sadah Artifisial

Artifisial memiliki arti tidak alami; buatan. Artifisial adalah tidak alami atau buatan yang menunjukkan segala sesuatu yang dibuat meniru apakah bentuk, sifat, atau cara kerja dari sesuatu yang sudah ada yang telah diciptakan Tuhan. Jadi pengertian larutan artifisial yaitu larutan buatan yang sengaja dibuat yang untuk mempermudah penentuan kadar pada suatu sampel (anonim).

Air Sadah Artifisial adalah larutan yang sengaja dibuat dengan cara melarutkan garam yang mengandung kalsium yang konsentrasinya diatur sebesar 600 ppm Ca^{2+} . Contoh air ini dibuat untuk memudahkan pengamatan kapasitas zeolit sebagai penukar kation. Metode yang digunakan yaitu dengan membuat contoh air baku pada kondisi kandungan kontaminannya melebihi ambang batas standar air baku kemudian air baku tersebut direndam zeolit dengan variasi waktu perendaman dan variasi konsentrasi zeolit (Husaini dan T. Soenara, 2006).

Dua faktor penting dari istilah artifisial adalah menyerupai benda aslinya dan menghasilkan manfaat seperti yang dihasilkan benda aslinya. Sesuatu dapat dikatakan artifisial jika ia dibuat menyerupai aslinya apakah itu bentuk, sifat, cara kerja, dan lain–lain serta mendatangkan manfaat yang dihasilkan oleh benda aslinya. Jika membuat sesuatu yang tidak meniru dari benda asli yang telah ada sebelumnya maka tidak dapat dikatakan benda itu artifisial, bisa jadi itu merupakan sesuatu yang benar–benar baru atau asli. Juga tidak bisa disebut artifisial jika sesuatu sudah dibuat meniru benda asli telah ada akan tetapi tidak bermanfaat seperti benda aslinya karena tujuan pembuatannya tidak tercapai yaitu mendatangkan manfaat seperti benda aslinya (anonim).

2.1.6 Kalsium

Kalsium merupakan ion utama di perairan dan sebagian dari komponen yang menyebabkan kesadahan. Sedangkan efek secara ekonomis maupun kesehatan yang ditimbulkan oleh kesadahan berupa lapisan kerak pada ketel–ketel pemanasan air, pada perpipaan, dan juga menurunnya efektivitas dari kerja sabun. Selain itu, adanya Ca dalam air

sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan khususnya untuk pertumbuhan tulang dan gigi (Totok, 2006).

Oleh karena itu, untuk menghindari akibat dari terlalu rendah atau terlalu tingginya kadar Ca^{2+} dalam air minum, ditetapkan standar persyaratan konsentrasi Ca^{2+} sebagaimana yang ditetapkan oleh Dep.Kes R.I. sebesar 75 – 200 mg/l. konsentrasi Ca^{2+} dalam air minum yang lebih rendah dari 75 mg/l dapat menyebabkan penyakit tulang rapuh, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi dari 200 mg/l dapat menyebabkan korosifitas pada pipa-pipa air (Totok, 2006).

Untuk mengurangi kandungan logam pencemaran kalsium dalam air sadah bisa dilakukan dengan berbagai cara salah satu metode adsorpsi menggunakan suatu bahan penyerap yang disebut adsorben. Adsorben yang digunakan adalah zeolit alam (Suyanta, dkk., 2015).

2.2 Zeolit

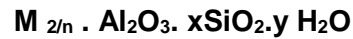
2.2.1 Definisi

Zeolit adalah mineral yang memiliki kemampuan adsorpsi yang mirip dengan karbon aktif akan tetapi memiliki harganya yang lebih murah. Zeolite merupakan mineral tektosilikat tersusun dari molekul air dan logam-logam alkali sehingga zeolite memiliki muatan negatif pada seluruh permukaan struktur molekulnya (Istichori, 2015).

Zeolit atau disebut pula batu mendidih dapat menyemburkan uap jika dipanaskan. Zeolit adalah polimer anorganik merupakan unit kerangka dari tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang mempunyai struktur berongga dari natrium aluminium silikat dan berkemampuan untuk proses penukar ion,

misalnya penukar kation, adsorpsi logam berat seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, katalis dan mudah dimodifikasi (Suharto, 2011).

Rumus zeolit :



dengan M = Kation alkali penetral,

N = Valensi logam alkali

x = Bilangan tertentu dari 2 sampai dengan 10,

y = Bilangan tertentu dari 2 sampai 7.

Zeolit alam digunakan untuk memindahkan senyawa ammonia dalam limbah cair dan senyawa logam berat dalam air maupun limbah industri. Zeolit alam mampu menukar ion Na^+ dengan Ca^{++} , Mg^{++} , Mn^{++} , dan Fe^{++} dalam larutan. Kation zeolit mampu menghilangkan kesadahan air. Jika zeolit sudah jenuh dapat diregenerasi kembali dengan cara mengalirkan balik air dan larutan garam dapur (NaCl) (Suharto,2011).

Zeolite memiliki struktur tektosilikat yaitu senyawa silikat yang strukturnya merupakan hidroksi alumina silikat, dimana atom – atom oksigen yang mengelilingi baik atom Si ataupun atom Al membentuk jaringan tiga dimensi, sangat teratur dan rongga–rongga diantaranya yang mampu mengabsorpsi ion–ion logam. Sifat penukar ion pada zeolit ditentukan oleh beberapa faktor: bentuk kerangka (susunan dan dimensi pori), ukuran dan bentuk (polarisabilitas) dari ion, kerapatan muatan pada pori dan kerangka, valensi dan kerapatan muatan ion, komposisi dan konsentrasi elektrolit pada larutan. Sifat pertukaran kation mineral zeolit terutama selektivitas dan kapasitas pertukarannya sangat ditentukan oleh struktur kristalnya. Sifat–sifat khas yang dimiliki oleh zeolit diantaranya

sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukaran ion dan kemampuan pertukaran yang tinggi serta selektivitas tertentu terhadap kation. Kation-kation yang terdapat didalam rongga mineral zeolit tidak terikat kuat dalam kerangka kristalnya, sehingga dapat dipertukarkan dengan mudah. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas tukar kation mineral zeolit relatif tinggi. Kapasitas tukar kation mineral zeolit dapat berkisar antara 80–200 meq/100g tergantung kepada jenis dan kemurniannya (Istichori, 2015).

Zeolit alam digunakan untuk memindahkan senyawa ammonia dalam limbah cair dan senyawa logam berat dalam air maupun dalam limbah cair industri. Fungsi zeolit dalam kolom adalah untuk memindahkan logam berat seperti Ca, Mn, Fe, dan Cu dalam air (Suharto, 2011).

2.2.2 Keberadaan Zeolit

Zeolit alam adalah salah satu bahan yang sudah banyak digunakan sebagai pengemban. Keberadaan zeolit di Indonesia cukup melimpah dan relatif murah. Dalam salah satu makalah yang ditulis oleh Al-jahri *et al.* (2011) dalam *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, berdasarkan informasi dari Pusat Penelitian dan pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara, cadangan zeolit Indonesia yang baru ditemukan lebih dari 205,82 juta ton. Cadangan zeolit terdapat di Sumatera Utara (Tapanuli Utara), Sumatera Selatan (Lahat), Lampung (Lampung Barat dan Lampung Selatan), Jawa Barat (Sukabumi, Bogor dan Tasikmalaya), Banten (Lebak), Jawa Tengah (Banjarnegara), Jawa Timur (Malang, Pacitan, Blitar, dan Trenggalek), Nusa Tenggara Barat (Flores), Nusa Tenggara Timur (Sikka), dan Sulawesi (Polmas) (Trisunaryanti, 2017).

Zeolit alam banyak ditemukan di alam bercampur dengan materi pengotor, baik yang bersifat kristalin maupun amorpous. Oleh karena itu zeolit alam perlu dimodifikasikan guna meningkatkan karakternya, salah satunya yaitu keasaman dari zeolit yang berpengaruh terhadap aktivitas katalitiknya. Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara dealuminasi maupun dengan menambahkan logam atau oksida logam tertentu (Trisunaryanti, 2017).

2.2.3 Manfaat Zeolit

Manfaat zeolit, yaitu :

- a. Zeolit sebagai penukar kation,
- b. Zeolit dapat berfungsi sebagai padatan bersifat asam,
- c. Zeolit sebagai katalisator,
- d. Permukaan zeolit yang luas dan berpori mampu mengadsorpsi (Suharto,2011).

2.2.4 Mekanisme Kerja Zeolit

Mekanisme zeolit dalam menyerap ion Ca^{2+} melalui ikatan ion yang terjadi di dalam proses pertukaran kation-kation. Sifat-sifat khas yang dimiliki oleh zeolit diantaranya sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar ion dan kemampuan pertukaran yang tinggi serta selektivitas tertentu terhadap kation. Kation-kation yang terdapat di dalam rongga mineral zeolit tidak terikat kuat dalam kerangka kristalnya, sehingga dapat dipertukarkan dengan mudah. Hal inilah yang menyebabkan kapasitas tukar kation mineral zeolit relatif tinggi (Istichori, 2015).

Pertukaran ion sudah menjadi proses konversi kimia yang sangat bermanfaat. Pertukaran ion merupakan reaksi kimia reaksi kimia yang

ionnya terhidrat dan bersifat bergerak di dalam zat padat, dipertukarkan atas dasar ekuivalen dengan ion bermuatan sama yang terdapat di dalam larutan. Zat padat mempunyai struktur seperti jala terbuka dan ion yang bergerak itu menetralkan muatan, atau muatan potensial, gugus yang terpasang di dalam matriks zat padat tadi. Zat padat itu disebut penukar ion. Pertukaran kation berlangsung bila kation yang bergerak dan bermuatan positif terikat pada gugus yang bermuatan negatif di dalamnya penukar ion saling bertukar dengan kation lain yang terdapat di dalam larutan. Demikian pula pertukaran anion berlangsung bila anion bergerak, bermuatan negatif yang melekat pada gugus bermuatan positif di dalam resin, penukar kation saling bertukar dengan anion di dalam larutan (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

Produk yang pertama kali digunakan pertukaran ion di dalam industri adalah zeolit anorganik yang terdapat di alam, seperti aluminium silikat, yang mempunyai kapasitas pertukaran ion per meter kubik sangat rendah. Selanjutnya, menggunakan pertukaran penukar ion organik mempunyai kapasitas pertukaran yang sangat tinggi per meter kubik bahan. Perbaikan berikutnya ialah penggunaan penukar ion organik yang dibuat dari bahan alam yang tersulfonasi seperti batu bara, lignit dan gambut (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

Air yang telah mengalami pengolahan dengan pertukaran ion biasanya mempunyai tingkat kesadahan kurang dari 1 ppm. Jika air berkesadahan bikarbonat yang sangat tinggi biasanya dianjurkan untuk mengolah air itu dengan proses gamping terlebih dahulu, kemudian diikuti dengan pertukaran kation. Proses gamping akan menurunkan kandungan

zat padat terlarut dengan jalan mengendapkan kalsium karbonat dan magnesium hidroksida dari air, sedangkan resin kation akan menukar kalsium dan magnesium dengan ion natrium (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).

Air yang akan digunakan dianalisis kandungan logam Ca, Mn, Fe, Mg, dan Ph. Semakin kecil ukuran partikel zeolit, semakin besar jumlah logam Ca, Mg, Fe, Mn yang dipindahkan dari air sumur tradisional. Disarankan ukuran partikel zeolit sebesar -5 + 10 mesh ; -10 + 20 mesh ; -20 + 30 mesh dan -30 + 40 mesh namun ukuran partikel zeolit yang terbaik pada ukuran -30 + 40 mesh mampu memindahkan logam berat dalam air sumur tradisional maksimal (Suharto, 2011).

Penentuan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial dilakukan secara kompleksometri dan dihitung sebagai Kesadahan Ca^{2+} .

2.3 Titrasi Kompleksometri

Titration kompleksometri merupakan titration terhadap larutan analit dengan titran pengompleks untuk membentuk ion atau senyawa kompleks dengan menggunakan indikator tertentu. Syarat titration kompleksometri adalah reaksi antara ion logam dengan ligan harus membentuk ion kompleks yang stabil. Titration kompleksometri menggunakan senyawa EDTA yang biasa digunakan sebagai penitran atau pengompleks dalam bentuk garam Na_2 EDTA atau disimbolkan $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$. Bentuk garam dinatriumnya digunakan dalam titration kompleksometri karena dapat dengan mudah larut dalam air. Titration kompleksometri dengan EDTA selalu menghasilkan ion hidrogen. Oleh karena itu, titration sangat dipengaruhi pH

larutan. Titrasi kompleksometri berlangsung pada pH 10. Senyawa Na-EDTA dapat mengkomplekskan hampir semua ion logam dengan perbandingan mol 1 : 1. Ion atau senyawa kompleks yang terbentuk dari ion logam dan EDTA mempunyai kestabilan tertentu. Kestabilan suatu senyawa kompleks dinyatakan oleh tetapan kesetimbangannya (Pursitasari, 2014).

Titration kompleksometri memerlukan indikator untuk menentukan titik akhir titrasi. Indikator yang biasa digunakan dalam titrasi kompleksometri merupakan indikator logam. Indikator logam merupakan zat warna organik yang membentuk kelat berwarna dengan ion logam. Kriteria dalam memilih indikator ion logam adalah ikatan antara indikator dengan ion logam harus lebih lemah daripada ikatan ion logam dengan EDTA dan menunjukkan perubahan warna yang mudah diamati. Contoh indikator logam adalah *Eriochrome Black T* (EBT), *Murexide*, Biru tua *Solochrome* atau Kalkon, Kalmagit, Kalsikrom, Hitam Sulfon F Permanen, Violet Katekol atau Violet Pirokatekol, Merah Bromopirogalol, Jingga Xilenol, Timolftalein, Biru Metiltimol, Zinkon, atau Biru Variamine. Pada penelitian ini menggunakan indikator *murexide*. Rentang pH *murexide* antara 6-13 (Pursitasari, 2014).

2.3.1 Jenis Titrasi Kompleksometri

Titration kompleksometri digolongkan berdasarkan pada jenis ligan (titran). Jenis ligan ada 2 yaitu ligan monodentat dan ligan polidentat. Oleh karena itu, penggolongan titrasi kompleksometri berdasarkan jenis ligannya terdiri atas:

a. Titrasi yang Melibatkan Ligan Monodentat

Ligan monodentat jarang digunakan sebagai titran. Namun terdapat dua jenis ligan monodentat yang dapat digunakan dalam titrasi kompleksometri yaitu Sianida dengan ion perak yang dikenal sebagai metode titrasi Liebig dan ion klorida dengan merkuri(II) (Pursitasari, 2014).

b. Titrasi yang Melibatkan Ligan Polidentat

Ligan polidentat seperti EDTA telah banyak digunakan dalam titrasi kompleksometri. Reaksi antara EDTA dengan ion logam hanya berlangsung dalam satu tahap dengan membentuk kompleks yang mempunyai perbandingan 1 : 1. Beberapa prosedur yang dapat digunakan dalam titrasi dengan EDTA adalah:

1. Titrasi Langsung

Larutan EDTA dapat digunakan untuk titrasi langsung ion logam dengan EDTA dapat dilakukan untuk beberapa kation. Titrasi dengan EDTA sering digunakan dalam penentuan kesadahan air (Pursitasari, 2014).

2. Titrasi Balik

Titrasi balik atau disebut juga titrasi mundur atau titrasi kembali digunakan ketika reaksi antara kation dan EDTA berjalan lambat atau tidak ada indikator logam yang sesuai. Pada titrasi balik, larutan sampel ditambah EDTA dalam jumlah tertentu dan berlebih serta ditambah larutan penyangga. Sejumlah EDTA yang tidak bereaksi dengan larutan sampel selanjutnya dititrasi dengan larutan standar seng klorida atau seng sulfat. Metode ini dapat

digunakan untuk menentukan logam-logam dalam pengendapan, misal timbal dalam timbal sulfat dan kalsium dalam kalsium oksalat (Pursitasari, 2014).

3. Titrasi Pergantian atau Titrasi Substitusi

Titrasi Substitusi digunakan ketika reaksi antara kation dan EDTA tidak ada indikator logam yang sesuai. Sebuah larutan kompleks Mg-EDTA dalam jumlah tertentu dan berlebih ditambahkan ke larutan analit yang mengandung kation (ion logam) tertentu. Selanjutnya ion logam (M^{2+}) menggantikan magnesium dari kompleks EDTA yang relatif lebih rendah (Pursitasari, 2014).

4. Titrasi Tidak Langsung

Titrasi tidak langsung digunakan untuk penentuan anion yang mengendap dengan kation logam tertentu. Contoh anion yang ditentukan dengan titrasi tidak langsung yaitu ion karbonat (CO_3^{2-}), Kromat (CrO_4^{2-}), dan Sulfida (S^{2-}) (Pursitasari, 2014).

5. Titrasi Alkalimetri

Titrasi alkalimetri dilakukan dengan menambahkan larutan standar dinatrium etilendamintetraasetat (Na_2H_2Y) kepada larutan yang mengandung ion logam untuk membentuk kompleks dengan membebaskan 2 mol ion H^+ . Ion H^+ yang dibebaskan selanjutnya dititrasi dengan larutan standar basa menggunakan indikator asam basa (Pursitasari, 2014).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisis Air, Universitas Setia Budi Surakarta.

3.1.2 Waktu

Waktu penelitian Karya Tulis Ilmiah dilakukan pada Bulan Maret - April 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Timbangan Elektrik, Kertas Timbang, Mortir, Labu Takar 1000 ml dan 100 ml, Bejana Erlenmeyer, Pipet Volume 10 ml, Gelas Ukur, Kertas Saring, Biuret, Beaker Glass, Pipet Tetes, Corong, Statif dan Klem.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sadah artifisial yang merupakan larutan yang sengaja dibuat dengan cara melarutkan garam yang mengandung kalsium dari Kristal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ untuk mempermudah penentuan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial dengan konsentrasi 600 Ca^{2+} ppm dan zeolit halus.

3.2.3 Pereaksi

Pereaksi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi NaOH 1N, Indikator campuran murexide dengan NaCl, $\text{ZnSO}_4 \pm 0,0100\text{M}$, EDTA $\pm 0,010\text{ M}$ dan Aquadest.

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sadah artifisial yang merupakan larutan yang sengaja dibuat dengan konsentrasi 600 ppm Ca^{2+} sebelum perendaman dengan batu zeolit halus menggunakan variasi konsentrasi zeolit dan variasi lama perendaman.

3.3.2 Variabel Bebas

Variable bebas dalam penelitian ini adalah variasi konsentrasi zeolit (5%, 10% dan 15%) dan variasi waktu perendaman (10 menit, 20 menit dan 30 menit).

3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah Kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial setelah direndam dengan zeolit.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan Larutan Pereaksi

a. Larutan $\text{ZnSO}_4 \pm 0,0100\text{ M}$

Ditimbang 0,2875 gram $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dilarutkan dengan 100 ml aquadest dalam labu takar 100 ml.

b. Larutan Standard EDTA $\pm 0,01$ M

Ditimbang 3,7224 gram DiNatrium EDTA dihidrat, dilarutkan dengan aquadest dalam beaker glass 1 liter. Larutan ini disimpan dalam botol plastik.

3.4.2 Prosedur Standarisasi Na_2 EDTA $\pm 0,01$ M dengan $\text{ZnSO}_4 \pm 0,0100$ M

- a. Dimasukkan 10 ml larutan ZnSO_4 ke dalam bejana erlenmeyer 100 ml.
- b. Ke dalam erlenmyer tambahkan 2 ml larutan NaOH 1 N.
- c. Ditambahkan 0,1-0,2 gram indikator campuran murexide dengan NaCl.
- d. Dititrasi dengan larutan standart EDTA $\pm 0,01$ M tetes demi tetes sambil digojog sampai warna merah muda menjadi ungu.

3.4.3 Preparasi Sampel

- a. Dibuat air sadah artifisial konsentrasi 600 ppm, dilarutkan 2,2009 gram $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan aquadest dalam labu takar 1 liter.
- b. 1 liter sample air sadah artifisial konsentrasi 600 ppm dibagi menjadi 10 bagian masing-masing sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- c. Batu Zeolit dihaluskan dengan menggunakan mortir.
- d. Masing-masing sample direndam dengan zeolit halus variasi konsentrasi 0%, 5%, 10% dan 15% dengan variasi waktu perendaman selama 0 menit, 10 menit, 20 menit dan 30 menit sambil di gojog.
- e. Larutan sampel dipisahkan dari zeolit, lalu sampel ditentukan kadar Ca^{2+} dan dihitung sebagai ppm Ca^{2+} secara kompleksometri.

3.4.4 Penentuan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial

- a. Dipipet 10 ml sample air sadah artifisial dimasukkan ke dalam bejana erlenmeyer 100 ml.

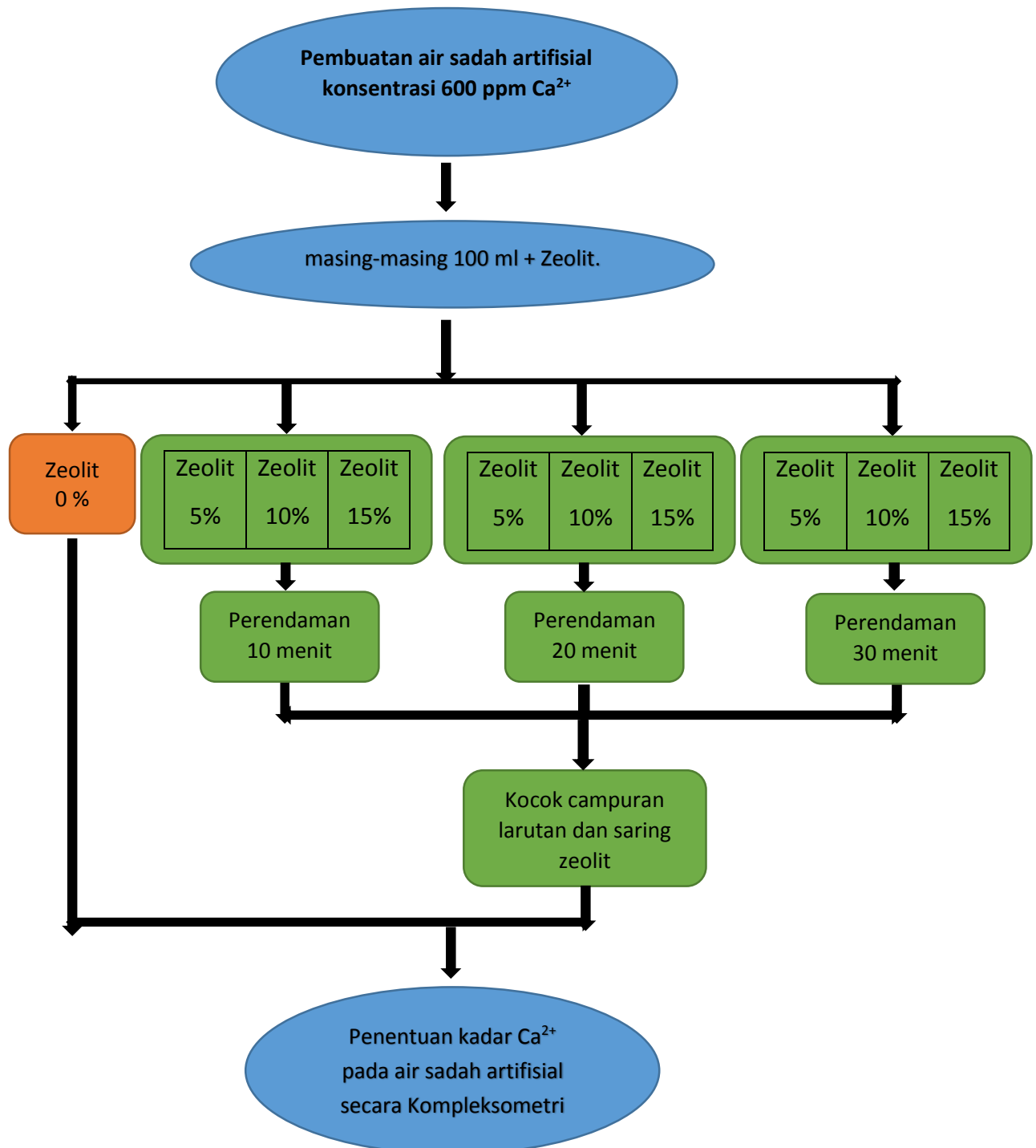
- b. Ke dalam erlenmyer tambahkan 2 ml larutan NaOH 1 N.
- c. Ditambahkan 0,1-0,2 gram indikator campuran murexide dengan NaCl.
- d. Dititrasi dengan larutan standart EDTA $\pm 0,01$ M tetes demi tetes sambil digojog sampai warna merah muda menjadi ungu.

3.5 Analisis Data

Penentuan perbedaan penurunan kadar Ca^{2+} oleh zeolit halus dengan waktu perendaman masing-masing 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan konsentrasi zeolit 5%, 10% dan 15% dilakukan dengan uji Anova dua jalur SPSS.

3.6 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian dari air sadah artifisial :



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian Penurunan kadar Ca^{2+} menggunakan Zeolit yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis Air, Universitas Setia Budi Surakarta secara Kompleksometri, diperoleh hasil sebagai berikut :

4.1.1 Hasil Standarisasi $\text{Na}_2\text{EDTA} \pm 0,01\text{ M}$ dengan $\text{ZnSO}_4 \pm 0,0100\text{ M}$

Berdasarkan hasil penelitian standarisasi larutan Na_2EDTA dengan larutan ZnSO_4 , diperoleh hasil Molaritas Na_2EDTA sebesar 0,0099 M.

4.1.2 Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} Sampel Sebelum Perendaman

Berdasarkan penelitian penentuan kadar Ca^{2+} pada sample air sadah artifisial tanpa perendaman dilakukan dengan cara kompleksometri dan hasilnya disajikan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} Sample Sebelum Perendaman

Bahan/zat	Volume Bahan (ml)	Nama dan M Titran	Volume (ml) Titran....	Rata-rata Volume Titran	Kadar Ca^{2+} (ppm Ca^{2+})
Air Sadah Artifisial	10 ml	Na_2EDTA 0,0099 M	15,0	14,85 ml	589,20 ppm Ca^{2+}
Air Sadah Artifisial	10 ml	Na_2EDTA 0,0099 M	14,9		
Air Sadah Artifisial	10 ml	Na_2EDTA 0,0099 M	14,8		

4.1.3 Penetapan Kadar Ca^{2+} dengan Variasi Konsentrasi dan Variasi Waktu Perendaman Zeolit

Hasil kadar Ca^{2+} pada sampel air sadah artifisial setelah perendaman dengan variasi konsentrasi zeolit 5%, 10% dan 15% selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit disajikan dalam tabel 3, 4 dan 5 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan Perendaman Zeolit selama 10 menit.

Konsentrasi Zeolit	Ulangan	Volume Na_2EDTA (ml)	Rata-rata Volume Na_2EDTA (ml)	Kadar Ca^{2+} (ppm Ca^{2+})
5%	1	13,50 ml	13,6 ml	539,61 ppm Ca^{2+}
	2	13,60 ml		
	3	13,60 ml		
10%	1	12,50 ml	12,5 ml	495,96 ppm Ca^{2+}
	2	12,50 ml		
	3	12,60 ml		
15%	1	11,00 ml	11,0 ml	436,44 ppm Ca^{2+}
	2	11,00 ml		
	3	11,00 ml		

Tabel 4. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan Perendaman Zeolit selama 20 menit.

Konsentrasi Zeolit	Ulangan	Volume Na_2EDTA (ml)	Rata-rata Volume Na_2EDTA (ml)	Kadar Ca^{2+} (ppm Ca^{2+})
5%	1	12,20 ml	12,15 ml	482,07 ppm Ca^{2+}
	2	12,10 ml		
	3	12,00 ml		
10%	1	9,60 ml	9,60 ml	380,90 ppm Ca^{2+}
	2	9,60 ml		
	3	9,60 ml		
15%	1	8,80 ml	8,85 ml	351,14 ppm Ca^{2+}
	2	8,50 ml		
	3	8,90 ml		

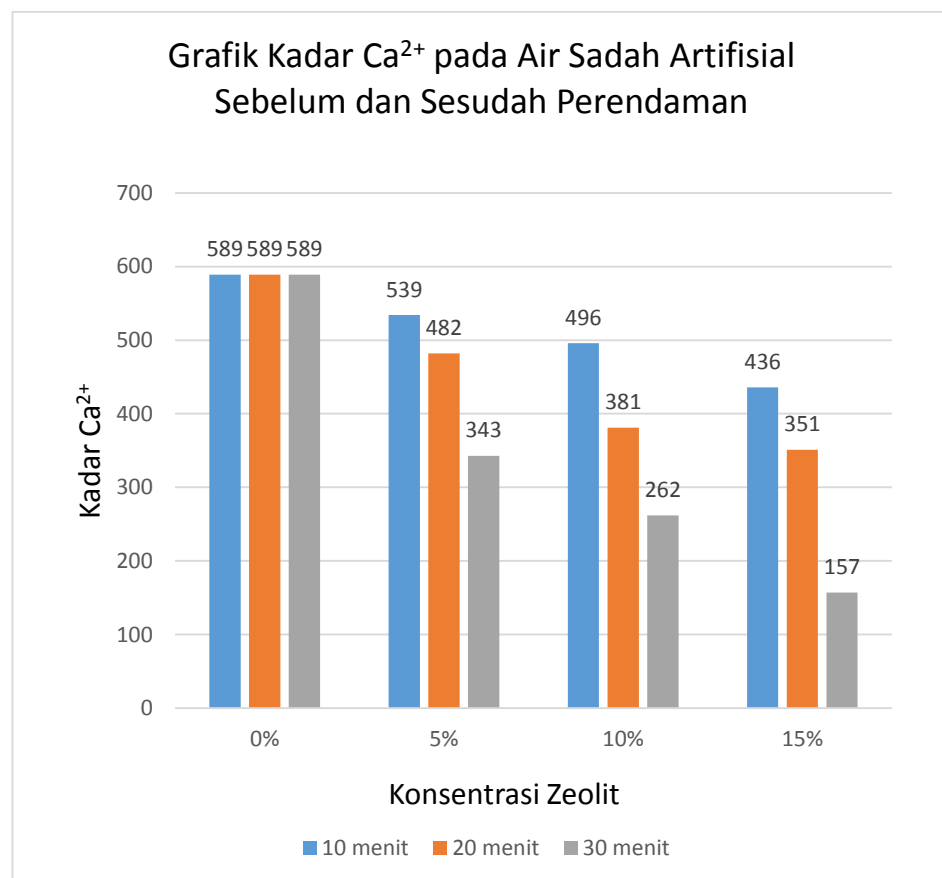
Tabel 5. Hasil Penentuan Kadar Ca^{2+} dengan perendaman Zeolit selama 30 menit.

Konsentrasi Zeolit	Ulangan	Volume Na_2EDTA (ml)	Rata-rata Volume Na_2EDTA (ml)	Kadar Ca^{2+} (ppm Ca^{2+})
5%	1	8,70 ml	8,65 ml	343,21 ppm Ca^{2+}
	2	8,60 ml		
	3	8,50 ml		
10%	1	6,80 ml	6,60 ml	261,87 ppm Ca^{2+}
	2	6,60 ml		
	3	6,60 ml		
15%	1	3,90 ml	3,95 ml	156,72 ppm Ca^{2+}
	2	4,00 ml		
	3	3,50 ml		

Keterangan *) :

- 5% : Sampel air sadah artifisial yang direndam dengan zeolit konsentrasi 5%.
- 10% : Sampel air sadah artifisial yang direndam dengan zeolit konsentrasi 10%.
- 15% : Sampel air sadah artifisial yang direndam dengan zeolit konsentrasi 15%.

Berikut ini adalah grafik kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial sebelum dan sesudah perendaman dengan variasi konsentrasi zeolit 5%, 10% dan 15% dan variasi waktu perendaman selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit.



Gambar 2. Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial Sebelum dan Sesudah Perendaman Zeolit.

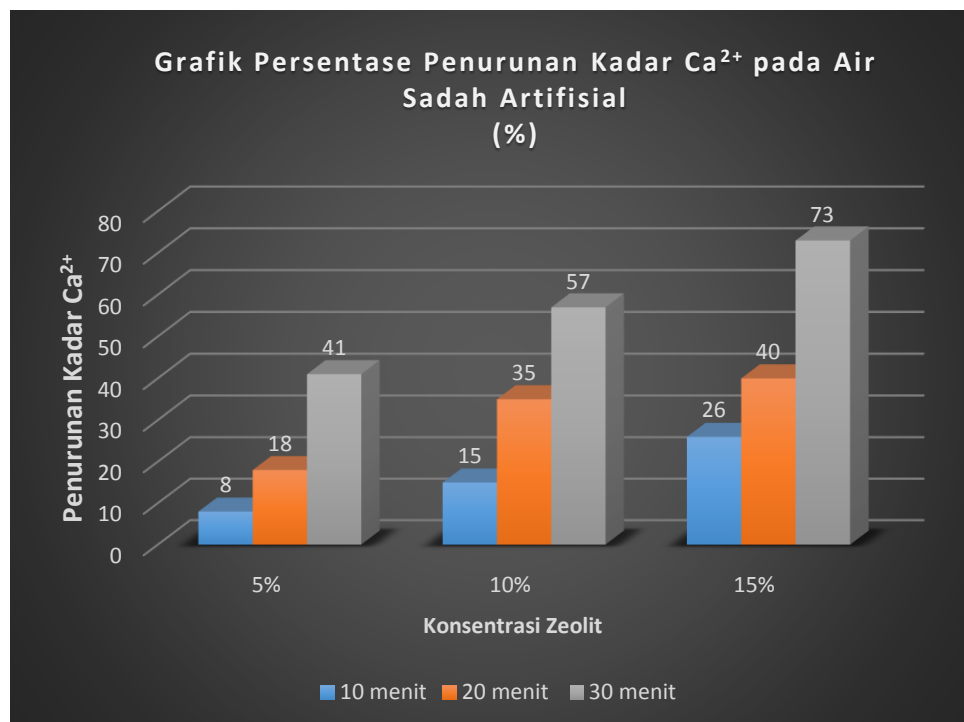
4.1.4 Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial

Persentase penurunan kadar Ca^{2+} pada sampel air sadah artifisial setelah perendaman masing – masing variasi konsentrasi zeolit 5%, 10% dan 15% dan masing- masing variasi waktu perendaman selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Kadar Ca^{2+} tanpa perlakuan (tanpa perendaman dengan zeolit) didapatkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial sebesar 589,20 ppm Ca^{2+} . Hasil penurunan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial disajikan dalam tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial

Konsentrasi Zeolit (%)	Waktu Perendaman (menit)	Kadar Ca^{2+} (ppm Ca^{2+})	Selisih kadar Ca^{2+} sebelum dan sesudah perendaman.	Penurunan Kadar Ca^{2+} (%)
5%	10 menit	539,61	55,04	8,42%
10%	10 menit	495,96	93,24	15,83%
15%	10 menit	436,44	152,76	25,93%
5%	20 menit	482,07	107,13	18,18%
10%	20 menit	380,90	208,30	35,35%
15%	20 menit	351,14	238,06	40,40%
5%	30 menit	343,21	245,99	41,74%
10%	30 menit	261,87	327,33	55,56%
15%	30 menit	156,72	432,48	73,40%

Grafik persentase penurunan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial masing-masing variasi konsentrasi zeolit (5%, 10% dan 15%) dan masing-masing waktu perendaman (10 menit, 20 menit dan 30 menit). Grafik penurunan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial ditampilkan dalam gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Persentase Penurunan Kadar Ca^{2+} pada Air Sadah Artifisial

4.1.5 Hasil Uji Anova Dua Jalur (*Two Way*)

Uji anova adalah pengujian perbedaan rata-rata dengan variable yang lebih dari 2, maka digunakan uji Anova. Uji Anova dua jalur sering disebut juga dengan two way Anova. Uji Anova dua jalur digunakan apakah ada perbedaan yang nyata antara kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial sebelum dan sesudah perendaman zeolit dengan konsentrasi 5%, 10% dan 15% serta variasi waktu perendaman 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Uji statistic dapat disimpulkan signifikan atau ada beda nyata, apabila nilai Sig <0,05 dan sebaliknya apabila nilai Sig. >0,05 disimpulkan tidak signifikan atau tidak ada beda yang nyata antara kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial sebelum dan setelah perendaman zeolit konsentrasi 5%,10% dan 15% selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit . Hasil uji Anova dua jalur (*Two Way*) dapat dilihat pada tabel 7 Sebagai berikut :

Tabel 7. Data Uji Anova Dua Jalur (*Two Way*)**Tests of Between-Subjects Effects**Dependent Variable:Kadar Ca^{2+}

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	229.620 ^a	8	28.702	1684.712	.000
Intercept	2499.853	1	2499.853	146730.522	.000
Konsentrasi	57.609	2	28.804	1690.696	.000
Lama_Perendaman	166.282	2	83.141	4880.022	.000
Konsentrasi * Lama_Perendaman	5.729	4	1.432	84.065	.000
Error	.307	18	.017		
Total	2729.780	27			
Corrected Total	229.927	26			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

4.2 Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah menggunakan batu zeolit dengan variasi konsentrasi dan waktu perendaman yang optimum. Penelitian ini dilakukan melalui proses perendaman air sadah artifisial dengan zeolit halus dengan 3 konsentrasi 5%, 10% dan 15% selama 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Konsentrasi zeolit dibuat 3 variasi dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi berapa yang paling optimum dan lama perendaman yang paling optimum dalam menurunkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah Artifisial.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sampel air sadah artifisial untuk mempermudah dalam penelitian dan melakukan perendaman air sadah artifisial dengan zeolit, kemudian menyaring zeolit dan penentuan

kadar Ca^{2+} secara kompleksometri. Titrasi kompleksometri merupakan titrasi terhadap larutan yang dianalisis dengan titran yang mampu membentuk ion atau senyawa kompleks. Dalam penelitian ini menggunakan zeolit halus karena semakin halus zeolit artinya semakin besar luas permukaan zeolit maka akan semakin banyak terjadi kontak antara permukaan zeolit dan ion logam (Istichori, 2015).

Sebelum penentuan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial, terlebih dahulu melakukan standarisasi larutan standard $\text{Na}_2\text{EDTA} \pm 0,01\text{ M}$ dengan larutan standar primer $\text{ZnSO}_4 \pm 0,01\text{ M}$ didapatkan Molaritas Na_2EDTA sebesar $0,0099\text{ M}$. Hasil penelitian penentuan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial didapatkan kadar Ca^{2+} tanpa perlakuan adalah $589,20\text{ ppm}$ Ca^{2+} . Kadar air sadah artifisial sengaja dibuat dengan kadar melebihi batas yang telah ditetapkan oleh PERMENKES Nomor: 492/Menkes/Per/IV/2010 tanggal: 19 april 2010 tentang batas maksimum kesadahan yang diperbolehkan yaitu 500 mg/l (ppm) sebagai CaCO_3 atau 200 mg/l (ppm) sebagai Ca^{2+} .

Pada Tabel 3 disajikan data penentuan kadar Ca^{2+} dengan pemberian 5 gram zeolit ke dalam 100 ml air sadah artifisial konsentrasi $589,20\text{ ppm}$ Ca^{2+} dengan lama perendaman 10 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi $539,61\text{ ppm}$ Ca^{2+} atau turun 8,42%, pada lama perendaman 20 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi $482,07\text{ ppm}$ Ca^{2+} atau turun 18,18% dan lama perendaman 30 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi $343,21\text{ ppm}$ Ca^{2+} atau 41,74%. Pemberian 10 gram zeolit ke dalam 100 ml air sadah artifisial dapat dilihat pada tabel 4 konsentrasi $589,20\text{ ppm}$ Ca^{2+} dengan lama perendaman 10 menit dapat

menurunkan konsentrasi Ca^{2+} menjadi 495,96 ppm Ca^{2+} atau turun 15,83%, pada lama perendaman 20 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi 380,90 ppm Ca^{2+} atau turun 35,35% dan lama perendaman 30 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi 261,87 ppm Ca^{2+} atau turun 55,56%. Pada tabel 5 pemberian 15 gram zeolit ke dalam 100 ml air sadah artifisial konsentrasi 589,20 ppm Ca^{2+} dengan lama perendaman 10 menit dapat menurunkan konsentrasi Ca^{2+} menjadi 436,44 ppm Ca^{2+} atau turun 25,93%, pada lama perendaman 20 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi 351,14 ppm Ca^{2+} atau turun 40,40% dan lama perendaman 30 menit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} menjadi 156,72 ppm Ca^{2+} atau turun 73,40%. Lama waktu perendaman zeolit menunjukkan bahwa pada perendaman selama 10 menit pada konsentrasi 15% merupakan hasil maksimal penurunan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial yaitu 25,93%. Pada perendaman zeolit selama 20 menit konsentrasi 15% merupakan hasil maksimal penurunan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial yaitu sebanyak 40,42%, sedangkan pada perendaman zeolit selama 30 menit konsentrasi 15% juga merupakan hasil yang paling maksimal penurunan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial karena memenuhi baku mutu dibandingkan pada perendaman 10 menit dan 20 menit yaitu sebanyak 73,40%. Semakin banyak jumlah zeolit dan lama waktu perendaman maka kemampuan menyerap Ca^{2+} semakin besar.

Hasil yang diperoleh kemudian dilakukan analisis statistik menggunakan uji anova dengan klasifikasi dua arah (*Two Way Anova*). Uji Anova dua arah merupakan Anova yang didasarkan pada pengamatan 2 kriteria atau 2 faktor yang menimbulkan variasi. Sebelum dilakukan uji

anova dua arah terlebih dahulu dilakukan uji Kolmogorov-Smirnov maupun uji Shapiro-Wilk. Fungsi uji ini adalah menguji normalitas data dan mensyaratkan data penelitian terdistribusi normal jika akan menggunakan uji Anova. Kriteria uji Kolmogorov-Smirnov maupun uji Shapiro-Wilk adalah bila nilai Sig. lebih dari 0,05 maka data terdistribusi normal. Dalam tabel uji Kolmogorov-Smirnov didapatkan nilai Sig. sebesar 0,052 pada hasil dan uji Shapiro-Wilk didapatkan nilai Sig. sebesar 0,100. Nilai keduanya lebih besar dari 0,05 maka dapat disimpulkan pada penelitian penentuan kadar Ca^{2+} terdistribusi normal.

Setelah data diketahui terdistribusi normal kemudian dilakukan uji Anova dua arah. Kriteria ujinya adalah kadar Ca^{2+} antara dua perlakuan yaitu variasi konsentrasi zeolit dan lama perendaman dinyatakan ada perbedaan yang nyata (signifikan) bila nilai Sig. untuk konsentrasi sebesar 0,000. Nilai ini lebih kecil dari 0,05. Kadar Ca^{2+} dengan berbagai lama waktu perendaman yang dimiliki dinyatakan ada perbedaan yang nyata (signifikan) karena nilai Sig. untuk lama perendaman lebih kecil dari 0,05 yaitu sebesar 0,000. Dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang nyata kadar Ca^{2+} diantara 3 variasi konsentrasi zeolit dan 3 variasi lama perendaman diantara masing-masing perlakuan. Kemudian dilanjutkan uji Post Hoc Tukey HSD untuk mengetahui konsentrasi dan lama perendaman yang paling baik dalam penelitian ini. Dari tabel uji Post Hoc, semuanya ditandai dengan bintang, berarti semuanya ada perbedaan yang signifikan.

Pada uji Estimated Marginal Means didapatkan hasil Total mean dalam tabel konsentrasi zeolit 15% adalah 7,844, sedangkan konsentrasi

zeolit 10% dan 5% adalah 9,600 dan 11,422. Nilai konsentrasi 15% lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi 10% dan 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa perendaman zeolit 15% mampu menurunkan kadar Ca^{2+} lebih besar. Total mean dalam tabel lama perendaman 30 menit adalah 6.356, sedangkan lama perendaman 20 menit dan 10 menit adalah 10,144 dan 12,367. Nilai lama perendaman selama 30 menit lebih kecil dibandingkan dengan nilai perendaman 20 menit dan 10 menit sehingga dapat disimpulkan bahwa perendaman selama 30 menit merupakan waktu yang paling baik untuk menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial.

Semakin tinggi konsentrasi zeolit dan semakin lama waktu perendaman zeolit maka untuk zeolit bertemu Ca^{2+} dapat lebih banyak menempel pada zeolit akibatnya Ca^{2+} dalam air menurun dan kesadahan Ca^{2+} pada air sadah artifisial dapat menurun.

Zeolit adalah senyawa kompleks silikat tersusun dari molekul air dan logam alkali sehingga zeolit memiliki muatan negatif pada seluruh permukaan struktur molekulnya. Sedangkan Ca memiliki muatan positif sehingga akan terjadi pertukaran ion. Zeolit alam mampu menukar ion Ca^{2+} dalam larutan. Kation zeolit mampu menghilangkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial. Contoh reaksi kimia adalah (Austin, G.T. dan E. Jasjfi, 1996).



Mekanisme zeolit dalam menyerap ion Ca melalui ikatan ion yang terjadi didalam proses pertukaran kation-kation. Sifat-sifat zeolit diantaranya sebagai penyerap dan penyaring molekul, penukar ion dan

kemampuan pertukaran yang tinggi serta selektivitas tertentu terhadap kation sangat ditentukan oleh struktur kristalnya (Istichori, 2015).

Penggunaan zeolit belum banyak referensi yang tersedia. Sebagai alternatif menurunkan kesadahan air dengan bahan yang murah, efektif dan melimpah di Indonesia dapat memanfaatkan zeolit. Metode aplikasi zeolit dalam menurunkan kesadahan air yang tinggi dengan menambah banyaknya jumlah zeolit dan lama waktu perendaman (Istichori, 2015).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Zeolit dapat menurunkan kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial.
- b. Kadar Ca^{2+} dalam air sadah artifisial tanpa perlakuan sebesar 589,20 ppm Ca^{2+} . Pada waktu perendaman 10 menit (5, 10, 15) % zeolit kadar Ca^{2+} berturut-turut (539,61; 495,96; 436,44) ppm Ca^{2+} dengan penurunan (8,42; 15,83; 25,93) %, pada waktu perendaman 20 menit (5, 10, 15) % zeolit kadar Ca^{2+} berturut-turut (482,18; 380,90; 351,14) ppm Ca^{2+} dengan penurunan (18,18; 35,35; 40,40) %, dan waktu perendaman 30 menit (5, 10, 15) % zeolit kadar Ca^{2+} berturut-turut (343,21; 261,87; 156,72) ppm Ca^{2+} dengan penurunan (41,74; 55,56; 73,40) %.
- c. Waktu perendaman dan konsentrasi zeolit yang paling optimum menurunkan kadar Ca^{2+} pada air sadah artifisial adalah konsentrasi zeolit 15% selama 30 menit yaitu sebesar 156,72 ppm Ca^{2+} dengan penurunan 73,40%.

5.2 Saran

- a. Diharapkan ada penelitian lain mengenai bahan alam, selain zeolit yang dapat menurunkan kesadahan air.

- b. Diharapkan lebih memfokuskan penelitian penurunan kesadahan air menggunakan zeolit sebagai penukar ion. Karena di Indonesia jumlah zeolit sangat melimpah dan tersebar di berbagai daerah. Sedangkan penelitian mengenai pemanfaatan zeolit kurang mendapat perhatian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. www.pengertianmenurutparaahli.net/pengertian-artifisial/
- Austin, George T. dan E. Jasjfi. 1996. *Industri Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Dinora, Gianina Qurrata dan Alfan Purnomo. 2013. "Penurunan Kandungan Zat Kapur dalam Air Tanah dengan Menggunakan Media Zeolit Alam dan Karbon Aktif Menjadi Air Bersih". *Jurnal Teknik Pomits*, 2 (2): D-78 – D-82.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Herawati, Netti dan Alimin, dkk. 2015. "Penurunan Ion Ca^{2+} pada Air dari Sumber Mata Air Citta Kabupaten Soppeng dengan Menggunakan Zeolit Alam Toraja (Mordenite Zeolit)". *Jurnal Sainsmat*, IV (2): 148-158.
- Husaini dan Trisna Soenara. 2006. "Pengurangan Kesadahan Ca, Mg dan Logam Berat Fe, Mn, Zn dalam Bahan Baku Air Minum dengan Menggunakan Zeolit Asal Cikalong, Tasikmalaya". *Jurnal Zeolit Indonesia*, V (1): 1-13.
- Istichori, Edvan. 2015. "Kemampuan Zeolit untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Besi dan Mangan dalam Limbah Cair Tambang". Skripsi. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Permenkes RI, No. 492/Menkes/Per/IV/2010, Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. (Jakarta: Kemenkes RI. 2010). Kementerian Kesehatan RI.
- Pursitasari, Indarini Dwi. 2014. *Kimia Analitik Dasar dengan Strategi Problem Solving dan Open-Ended Experiment*. Bandung: Alfabeta.
- Rauf, Rusdin. 2015. *Kimia Pangan*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta: C.V Andi Offset.
- Sulistiyani dan Sunarto, dkk. 2012. "Uji Kesadahan Air Tanah Di Daerah Sekitar Pantai Kecamatan Rembang Provinsi Jawa Tengah". *Jurnal Sains Dasar*, 1 (1): 1-48.
- Sutrisno, C. Totok. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta.

Suyanta dan Hanafi Idham Kholid, dkk. 2015. "Pemisahan Ion Logam Ca dan Fe dalam Air Sumur secara Kolom Adsorpsi dengan Zeolit Alam dan Karbon Aktif". *Jurnal Sains Dasar*, 4 (1): 87-91.

Trisunaryanti, Wega. 2017. *Dari Sampah Plastik Menjadi Bensin dan Solar*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Standarisasi Na₂ EDTA ± 0,0100 M dengan ZnSO₄ ± 0,0100 M

Untuk standarisasi harus membuat larutan standar primer ZnSO₄ ± 0,01 M dalam 100 ml aquadest dan larutan standard sekunder Na₂ EDTA ± 0,01 M dalam 1 liter aquadest, maka ditimbang bahan sebanyak:

Perhitungan :

- Pembuatan larutan ZnSO₄ ± 0,01 M

ZnSO₄ · 7H₂O 0,01 M dalam 100 ml

$$\frac{V}{1000} \times M \times BM$$

$$\frac{100}{1000} \times 0,01 \times 287,54 = 0,2875 \text{ g/100 ml}$$

Berat penimbangan	: Berat kertas	= 0,2785 g
	Berat kertas + Bahan	= 0,5843 g
	Berat Kertas + Sisa	= 0,2961 g
	Berat bahan	= 0,2882 g

$$\begin{aligned} \text{Koreksi kadar ZnSO}_4 &= \frac{\text{Berat Penimbangan}}{\text{Berat Perhitungan}} \times \text{Molaritas} \\ &= \frac{0,2882}{0,2875} \times 0,01 \\ &= 1,0024 \times 0,01 \\ &= 0,0100 \text{ M} \end{aligned}$$

- Pembuatan larutan standard Na₂ EDTA ± 0,01 M

(C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈·2H₂O) dalam 1 liter

$$\frac{V}{1000} \times M \times BM$$

$$\frac{1000}{1000} \times 0,01 \times 372,24 = 3,7224 \text{ g/l}$$

Berat penimbangan	: Berat kertas	= 0,2765 g
	Berat kertas + Bahan	= 3,9974 g
	Berat Kertas + Sisa	= 0,2774 g
	Berat bahan	= 3,7202 g

$$\begin{aligned} \text{Koreksi kadar EDTA} &= \frac{\text{Berat Penimbangan}}{\text{Berat Perhitungan}} \times \text{Molaritas} \\ &= \frac{3,7202}{3,7224} \times 0,01 \\ &= 0,9994 \times 0,01 \\ &= 0,0100 \text{ M} \end{aligned}$$

Perhitungan Standarisasi Na₂ EDTA ± 0,01 M dengan ZnSO₄ ± 0,01M

Volume titran : Ulangan I : 10,20 ml

Ulangan II : 10,10 ml

Ulangan III: 10,00 ml

Rata-rata volume titran Na₂ EDTA : 10,05 ml

Rumus : $V \times M (\text{EDTA}) = V \times M (\text{ZnSO}_4)$

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil Standarisasi} & : 10,05 \times \text{M EDTA} = 10 \times 0,01 \text{ M} \\
 \text{M EDTA} & = \frac{10 \times 0,01 \text{ M}}{10,05} \\
 & = \frac{0,10}{10,05} = 0,0099 \text{ M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ketelitian} & = \frac{\% \text{ Kadar ZnSO}_4 \text{ Praktek}}{\% \text{ Kadar ZnSO}_4 \text{ Teori}} \times 100\% \\
 & = \frac{0,0099 \%}{0,0100 \%} \times 100\% \\
 & = 99,00\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 2. Pembuatan Air Sadah Artifisial dari Kristal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Untuk membuat larutan baku air sadah artifisial dari kristal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ akan dibuat konsentrasi 600 ppm sebanyak:

Perhitungan:

$$600 \text{ ppm} = 600 \text{ mg/L}$$

- Pembuatan air sadah artifisial dari Kristal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ konsentrasi 600 ppm dalam 1 liter

$$\begin{aligned} & \frac{\text{BM CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{\text{BA Ca}} \times 600 \\ & \frac{147,0136}{40,078} \times 600 = 2200,91 \text{ ppm (mg/l)} \\ & = \frac{2200,90}{1000} = 2,2009 \text{ g} \end{aligned}$$

Berat penimbangan	: Berat kertas	= 0,2814 g
	Berat kertas + Bahan	= 2,4726 g
	Berat Kertas + Sisa	= 0,3106 g
	Berat bahan	= 2,1620 g

$$\begin{aligned} \text{Koreksi kadar Ca}^{2+} \text{ air sadah artifisial} &= \frac{\text{Berat Penimbangan}}{\text{Berat Perhitungan}} \times \text{Konsentrasi} \\ &= \frac{2,1620}{2,2009} \times 600 \text{ mg/L} \\ &= 589,40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Ditimbang air sadah artifisial dari Kristal $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kemudian dimasukkan dalam beaker glass 1000 ml dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas,

maka dihasilkan konsentrasi larutan baku air sadah artifisial sebesar 589,40 ppm Ca²⁺. Setelah itu ditentukan kadar Ca²⁺ yang terdapat dalam larutan air sadah artifisial sebagai berikut:

Volume titran : Ulangan I : 15,00 ml

Ulangan II : 14,90 ml

Ulangan III : 10,80 ml

Rata-rata volume titran Na₂ EDTA : 14,95 ml

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Ca}^{2+} &= \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000 \\
 &= \frac{(14,95 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000 \\
 &= 0,589317444 \times 1000 \\
 &= 589,20 \text{ ppm Ca}^{2+}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ketelitian} &= \frac{\% \text{ Kadar Ca}^{2+} \text{ Praktek}}{\% \text{ Kadar Ca}^{2+} \text{ Teori}} \times 100\% \\
 &= \frac{589,20 \%}{589,40 \%} \times 100\% \\
 &= 99,96 \%
 \end{aligned}$$

**Lampiran 3. Hasil Titrasi dan Hasil Perhitungan pada Penurunan Kadar Ca²⁺
Terhadap zeolit**

Perlakuan Waktu perendaman (menit)	Konsentrasi zeolit	Berat Zeolit (g)	Volume Titrasi (ml)			Rata-rata Na ₂ EDTA (ml)	Kadar Ca ²⁺ (ppm Ca ²⁺)
			I	II	III		
Kontrol	0%	0	15,00	14,90	14,80	14,85	589,20
10	5%	4,9974	13,50	13,60	13,60	13,6	539,61
	10%	10,0047	12,50	12,50	12,60	12,50	495,96
	15%	14,9883	11,00	11,00	11,00	11,00	436,44
20	5%	4,9986	12,20	12,10	12,00	12,15	482,07
	10%	9,9995	9,60	9,60	9,60	9,60	380,90
	15%	14,9817	8,80	8,50	8,90	8,85	351,14
30	5%	5,0075	8,70	8,60	8,50	8,65	343,21
	10%	9,9911	6,80	6,60	6,60	6,60	261,87
	15%	14,9934	3,90	4,00	3,50	3,95	156,72

Lampiran 4. Perhitungan Pembuatan Berbagai Konsentrasi Zeolit

- Pembuatan Konsentrasi zeolit

$$5 \% = \frac{5 \text{ gram}}{100 \text{ ml}}$$

$$10 \% = \frac{10 \text{ gram}}{100 \text{ ml}}$$

$$15 \% = \frac{15 \text{ gram}}{100 \text{ ml}}$$

Lampiran 5. Perhitungan Kadar Ca²⁺ Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 10 menit

Rumus Perhitungan :

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

Keterangan : V : Volume Titran EDTA
M : Molaritas EDTA

- Perendaman zeolit konsentrasi 5%

Volume titran : Ulangan I : 13,50 ml

Ulangan II : 13,60 ml

Ulangan III : 13,60 ml

Rata-rata Volume Titran Na₂ EDTA : 13,60 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ca}^{2+} &= \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000 \\ &= \frac{(13,60 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000 \\ &= 0,53961019 \times 1000 \\ &= 539,61 \text{ ppm Ca}^{2+} \end{aligned}$$

Penurunan kadar Ca²⁺ (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,20 - 539,61}{589,20} \times 100\%$$

$$= 8,42 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 10%

Volume titran : Ulangan I : 12,50 ml

Ulangan II : 12,50 ml

Ulangan III : 12,60 ml

Volume Titran Na₂ EDTA : 12,50 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

$$= \frac{(12,50 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000$$

$$= 0,49596525 \times 1000$$

$$= 495,96 \text{ ppm Ca}^{2+}$$

Penurunan kadar Ca²⁺ (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,20 - 495,96}{589,20} \times 100\%$$

$$= 15,83 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 15%

Volume titran : Ulangan I : 11,00 ml

Ulangan II : 11,00 ml

Ulangan III : 11,00 ml

Rata- rata volume titran Na₂ EDTA: 11,00 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ca}^{2+} &= \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000 \\ &= \frac{(11,00 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000 \\ &= 0,43644942 \times 1000 \\ &= 436,44 \text{ ppm Ca}^{2+} \end{aligned}$$

Penurunan kadar kesadahan (%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\% \\ &= \frac{589,20 - 436,44}{589,20} \times 100\% \\ &= 25,93 \% \end{aligned}$$

Lampiran 6. Perhitungan Kadar Ca²⁺ Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 20 menit

Rumus Perhitungan :

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

Keterangan : V : Volume Titran EDTA

M : Molaritas EDTA

- Perendaman zeolit konsentrasi 5%

Volume titran : Ulangan I : 12,20 ml

Ulangan II : 12,10 ml

Ulangan III : 12,00 ml

Rata-rata volume titran Na₂ EDTA : 12,15 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

$$= \frac{(12,15 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000$$

$$= 0,48207822 \times 1000$$

$$= 482,07 \text{ ppm Ca}^{2+}$$

Penurunan kadar Ca²⁺ (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,20 - 482,07}{589,20} \times 100\%$$

$$= 18,18 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 10%

Volume titran : Ulangan I : 9,60 ml

Ulangan II : 9,60 ml

Ulangan III : 9,60 ml

Rata-rata volume titran : 9,60 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

$$= \frac{(9,60 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000$$

$$= 0,38090131 \times 1000$$

$$= 380,90 \text{ ppm Ca}^{2+}$$

Penurunan kadar Ca^{2+} (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,20 - 380,90}{589,20} \times 100\%$$

$$= 35,35 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 15%

Volume titran : Ulangan I : 8,80 ml

Ulangan II : 8,50 ml

Ulangan III : 8,90 ml

Rata-rata volume titran : 8,85 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ca}^{2+} &= \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000 \\ &= \frac{(8,85 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000 \\ &= 0,3511434 \times 1000 \\ &= 351,14 \text{ ppm Ca}^{2+} \end{aligned}$$

Penurunan kadar Ca^{2+} (%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\% \\ &= \frac{589,40 - 351,14}{589,40} \times 100\% \\ &= 40,40 \% \end{aligned}$$

Lampiran 7. Perhitungan Kadar Ca^{2+} Setelah Perendaman Zeolit Beberapa Konsentrasi Selama 30 menit

Rumus Perhitungan :

$$\text{Kadar } \text{Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

Keterangan : V : Volume Titran EDTA

M : Molaritas EDTA

- Perendaman zeolit konsentrasi 5%

Volume titran : Ulangan I : 8,70 ml

Ulangan II : 8,60 ml

Ulangan III : 8,50 ml

Rata-rata volume titran Na_2 EDTA : 8,65 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\text{Kadar } \text{Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

$$= \frac{(8,65 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000$$

$$= 0,34320795 \times 1000$$

$$= 343,21 \text{ ppm } \text{Ca}^{2+}$$

Penurunan kadar Ca^{2+} (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar } \text{Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,20 - 343,21}{589,20} \times 100\%$$

$$= 41,74 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 10%

Volume titran : Ulangan I : 6,80 ml

Ulangan II : 6,60 ml

Ulangan III : 6,60 ml

Rata-rata volume titran Na₂ EDTA : 6,60 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\text{Kadar Ca}^{2+} = \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000$$

$$= \frac{(6,60 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000$$

$$= 0,26186965 \times 1000$$

$$= 261,87 \text{ ppm Ca}^{2+}$$

Penurunan kadar Ca²⁺ (%)

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{589,40 - 261,87}{589,40} \times 100\%$$

$$= 55,56 \%$$

- Perendaman zeolit konsentrasi 15%

Volume titran : Ulangan I : 3,90 ml

Ulangan II : 4,00 ml

Ulangan III : 3,50 ml

Rata-rata volume titran Na₂ EDTA : 3.95 ml

M EDTA : 0,0099 M

BA Ca : 40,078

$$\begin{aligned} \text{Kadar Ca}^{2+} &= \frac{(V \times M) \text{ EDTA} \times \text{BA Ca}}{\text{Volume sampel}} \times 1000 \\ &= \frac{(3,95 \times 0,0099) \times 40,078}{10} \times 1000 \\ &= 0,15672502 \times 1000 \\ &= 156,72 \text{ ppm Ca}^{2+} \end{aligned}$$

Penurunan kadar Ca²⁺ (%)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar setelah perendaman}}{\text{Kadar Ca}^{2+} \text{ awal}} \times 100\% \\ &= \frac{589,40 - 156,72}{589,40} \times 100\% \\ &= 73,40 \% \end{aligned}$$

Lampiran 8. Uji Statistik

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Hasil	.167	27	.052	.936	27	.100

a. Lilliefors Significance Correction

Twoway

Descriptive Statistics

Dependent Variable: Hasil

Konsent Lama_p rasi_ze erenda olit man		Mean	Std. Deviation	N
5	10	13.567	.0577	3
	20	12.100	.1000	3
	30	8.600	.1000	3
	Total	11.422	2.2112	9
10	10	12.533	.0577	3
	20	9.600	.0000	3
	30	6.667	.1155	3
	Total	9.600	2.5412	9
15	10	11.000	.0000	3
	20	8.733	.2082	3
	30	3.800	.2646	3
	Total	7.844	3.1926	9
Total	10	12.367	1.1192	9
	20	10.144	1.5183	9
	30	6.356	2.0971	9
	Total	9.622	2.9738	27

ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	229.620 ^a	8	28.702	1684.712	.000
Intercept	2499.853	1	2499.853	146730.522	.000
Konsentrasi	57.609	2	28.804	1690.696	.000
Lama_Perendaman	166.282	2	83.141	4880.022	.000
Konsentrasi * Lama_Perendaman	5.729	4	1.432	84.065	.000
Error	.307	18	.017		
Total	2729.780	27			
Corrected Total	229.927	26			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Keterangan:

1. Hipotesis

a. Konsentrasi

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara Masing-masing waktu perendaman dari konsentrasi 5%, 10% dan 15%.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara masing – Masing waktu perendaman dari konsentrasi 5%, 10% dan 15%.

b. Lama Perendaman

H_0 = Tidak ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara Masing – masing konsentrasi dari waktu perendaman 10 menit, 20 menit dan 30 menit.

H_1 = Ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara masing

- masing konsentrasi dari waktu perendaman 10 menit, 20 menit
dan 30 menit.

2. Kriteria Uji

H_0 ditolak bila nilai Sig < 0,05.

H_1 diterima bila nilai Sig > 0,05.

3. Kesimpulan

- a. Konsentrasi : $0,000 < 0,05$ H_0 ditolak, ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara masing – masing konsentrasi.
- b. Lama perendaman : $0,000 < 0,05$ H_0 ditolak, ada perbedaan yang nyata pada kadar Ca^{2+} antara masing – masing waktu perendaman.

Post Hoc Tests

Lama_perendaman

Multiple Comparisons

Hasil

Tukey HSD

(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Lama_p erenda man	Lama_p erenda man					
	20	2.222*	.0615	.000	2.065	2.379
	30	6.011*	.0615	.000	5.854	6.168
20	10	-2.222*	.0615	.000	-2.379	-2.065
	30	3.789*	.0615	.000	3.632	3.946
30	10	-6.011*	.0615	.000	-6.168	-5.854
	20	-3.789*	.0615	.000	-3.946	-3.632

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .017.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Estimated Marginal Means

1. Konsentrasi_zeolit

Dependent Variable: Hasil

Konsent rasi_ze olit	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
5	11.422	.044	11.331	11.514
10	9.600	.044	9.509	9.691
15	7.844	.044	7.753	7.936

2. Lama_perendaman

Dependent Variable: Hasil

Lama_perendaman	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
10	12.367	.044	12.275	12.458
20	10.144	.044	10.053	10.236
30	6.356	.044	6.264	6.447

Homogeneous Subsets

Kadar Kesadahan

Tukey HSD^{a,b}

Lama_perendaman	N	Subset		
		1	2	3
30	9	6.356		
20	9		10.144	
10	9			12.367
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .017.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan:

Nilai konsentrasi 15% adalah nilai yang paling kecil diantara konsentrasi yang lain artinya konsentrasi ini adalah konsentrasi yang paling optimum menurunkan kadar Ca^{2+} . Dan nilai perendaman selama 30 menit adalah nilai paling kecil diantara waktu perendaman yang lain artinya waktu perendaman tersebut adalah waktu perendaman yang paling baik untuk menurunkan kadar Ca^{2+} .

Lampiran 9. Batu Zeolit

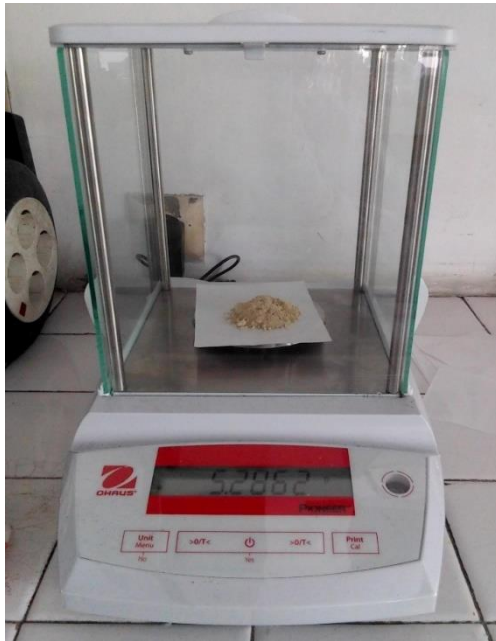


Batu Zeolit



Zeolit Halus

Lampiran 10. Penimbangan Zeolit Berbagai Konsentrasi



Penimbangan Zeolit 5 g



Penimbangan Zeolit 5 g



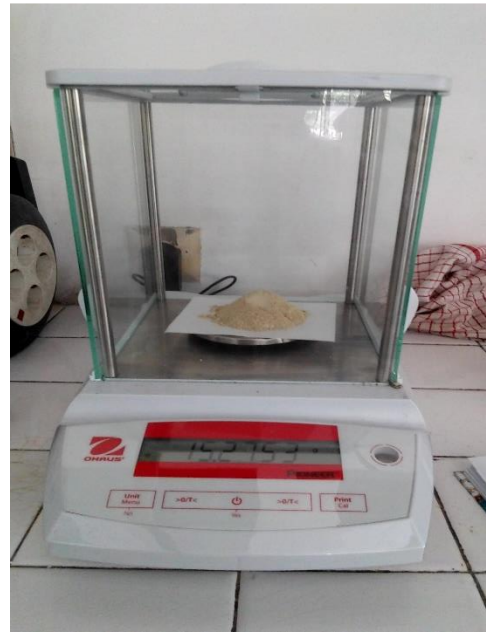
Penimbangan Zeolit 10 g



Penimbangan Zeolit 10 g

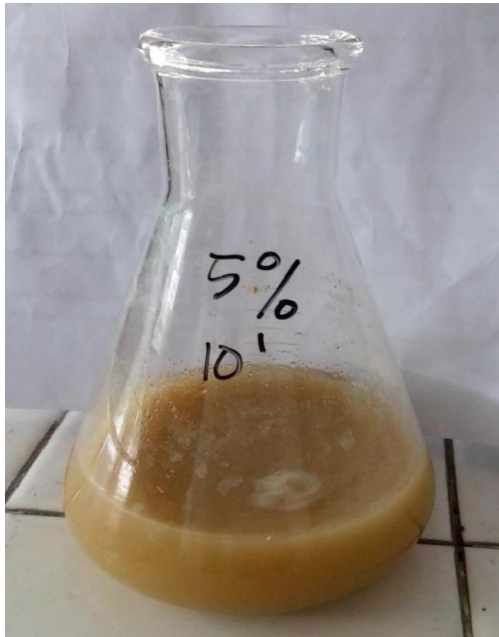


Penimbangan Zeolit 15 g

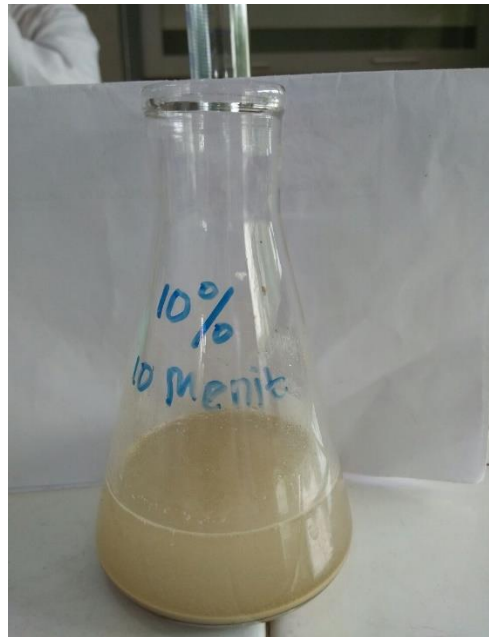


Penimbangan Zeolit 15 g

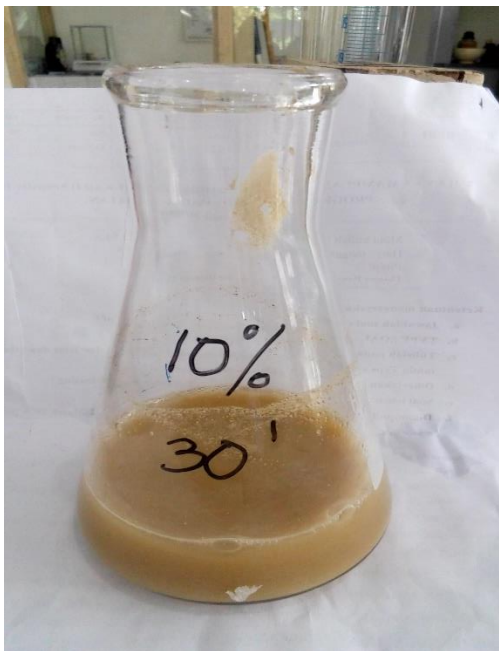
Lampiran 11. Perendaman Air Sadah Artifisial dengan Berbagai Konsentrasi Zeolit dan Variasi Waktu Perendaman



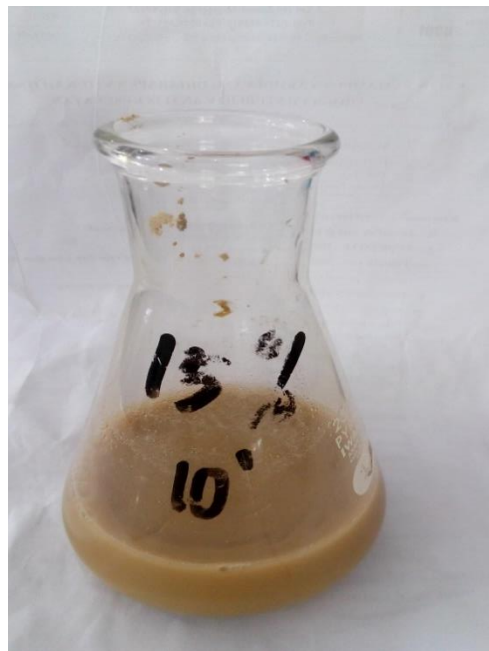
Perendaman Zeolit 5%
Selama 10 menit.



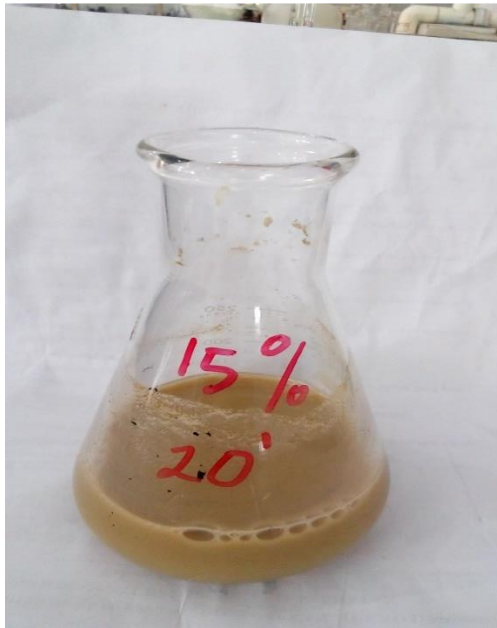
Perendaman Zeolit 10%
Selama 10 menit.



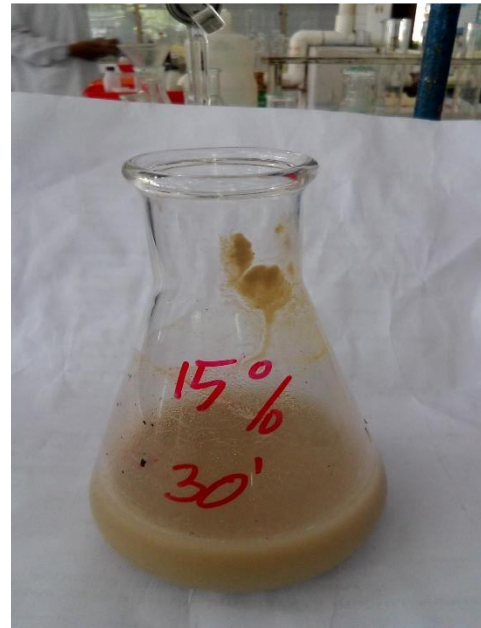
Perendaman Zeolit 10%
Selama 30 menit.



Perendaman Zeolit 15%
Selama 10 menit.

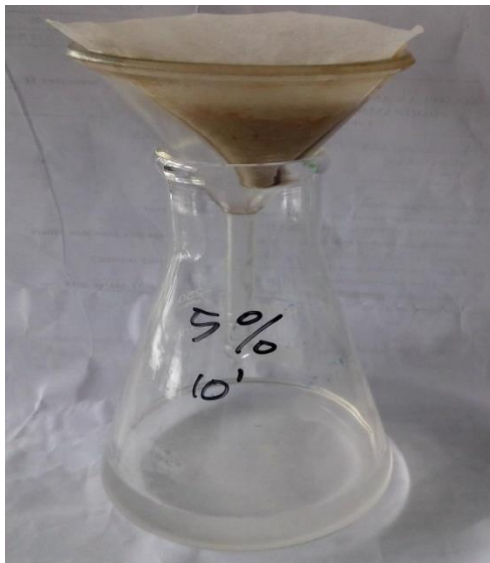


Perendaman Zeolit 15%
Selama 20 menit.

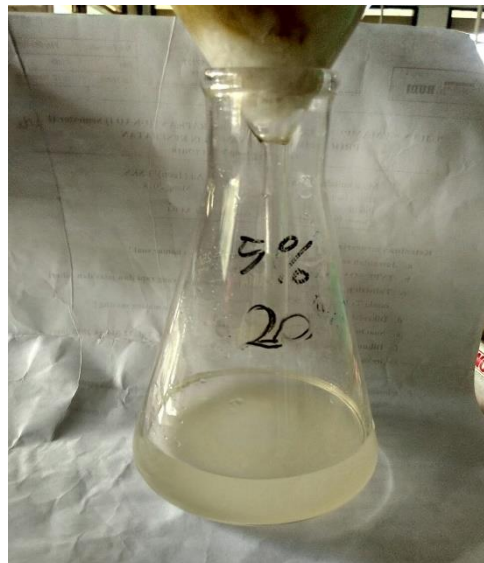


Perendaman Zeolit 15%
Selama 30 menit.

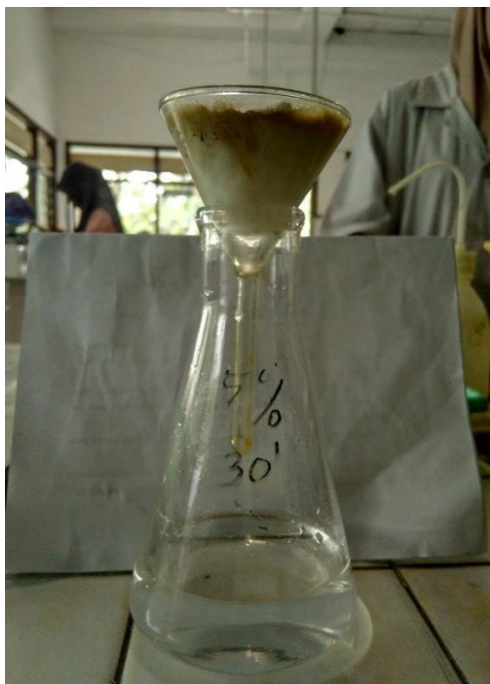
Lampiran 12. Penyaringan Air Sadah Artifisial dengan Variasi Konsentrasi Zeolit dan Variasi Waktu Perendaman



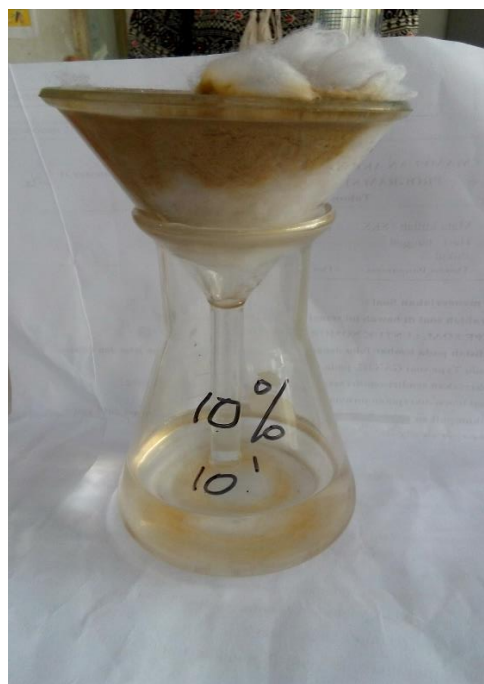
Penyaringan Zeolit 5%
Selama 10 menit.



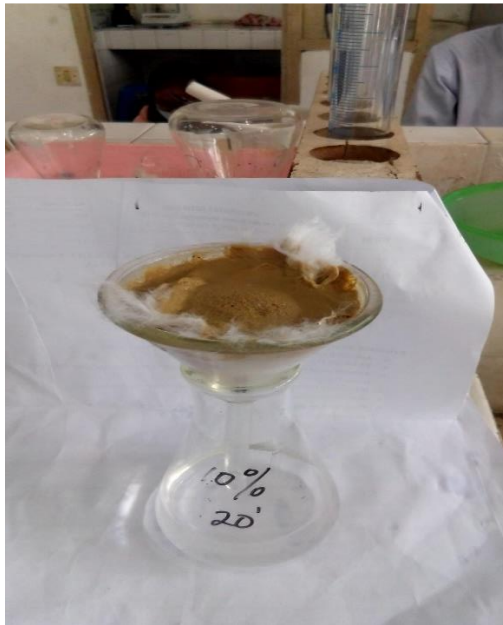
Penyaringan Zeolit 5%
Selama 20 menit.



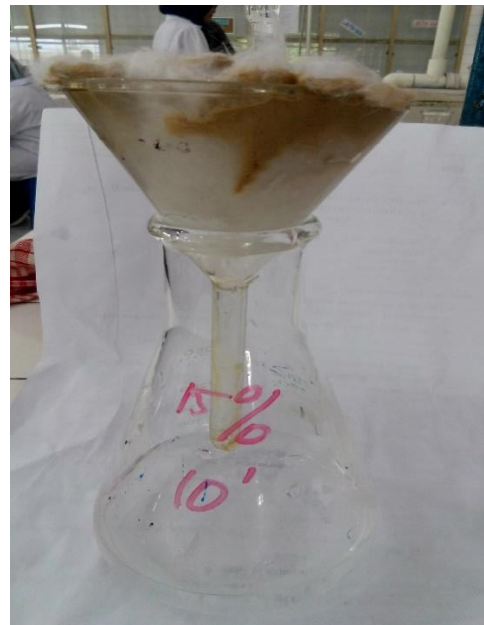
Penyaringan Zeolit 5%
Selama 30 menit.



Penyaringan Zeolit 10%
Selama 10 menit.



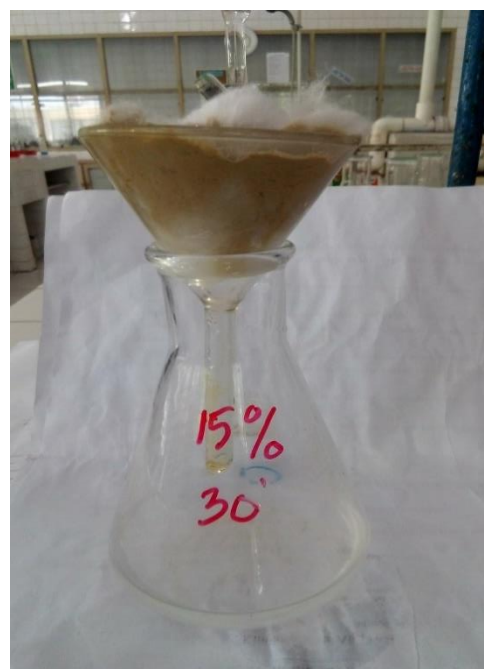
Penyaringan Zeolit 10%
Selama 20 menit.



Penyaringan Zeolit 15%
Selama 10 menit.

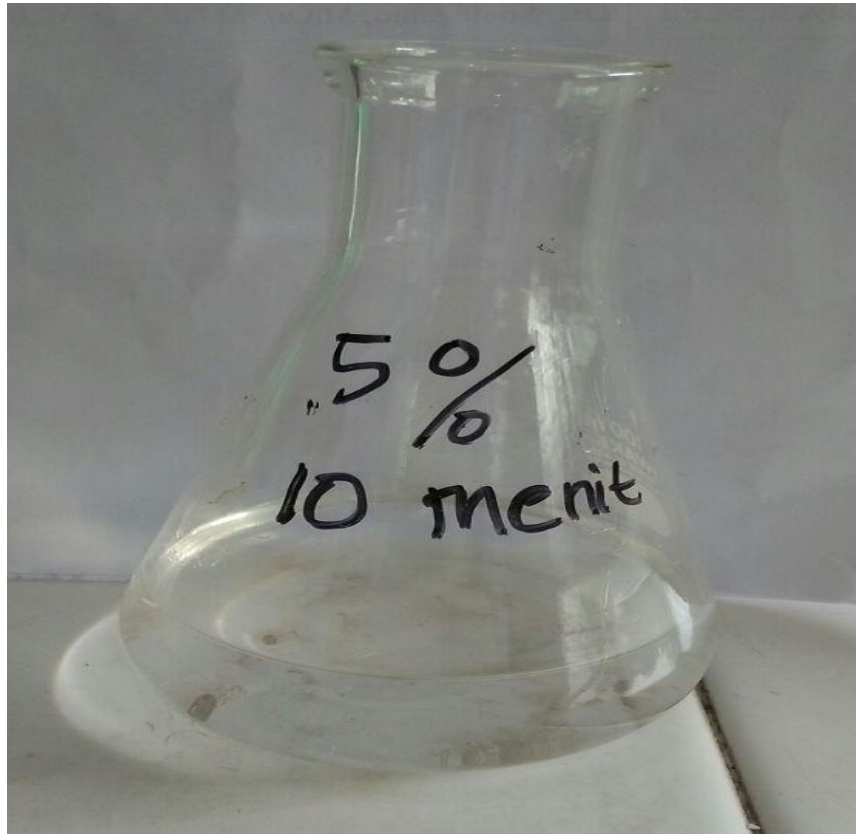


Penyaringan Zeolit 15%
Selama 20 menit.



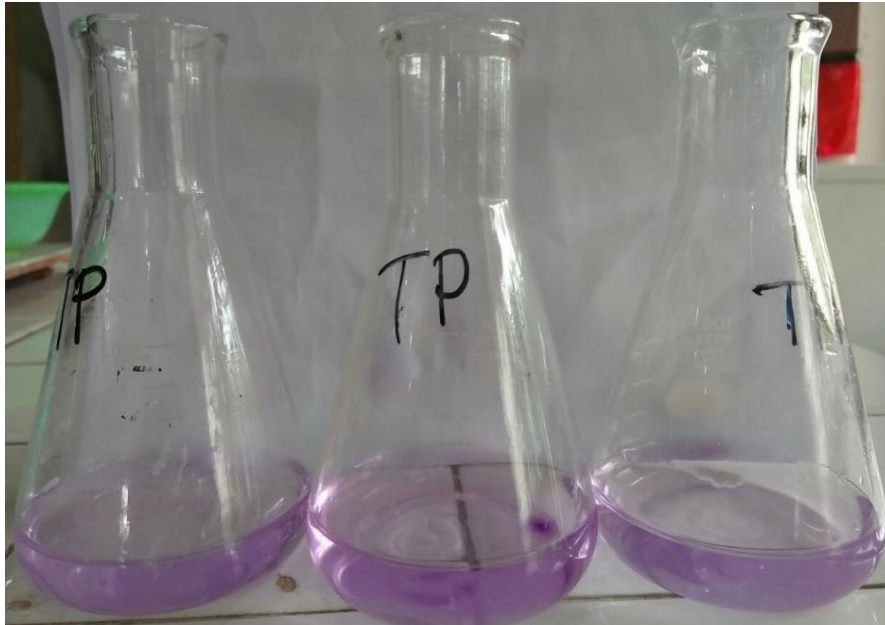
Penyaringan Zeolit 15%
Selama 30 menit.

Lampiran 13. Larutan Air Sadah Artifisial Setelah Penyaringan Zeolit



Air Sadah Artifisial Setelah Penyaringan Zeolit.

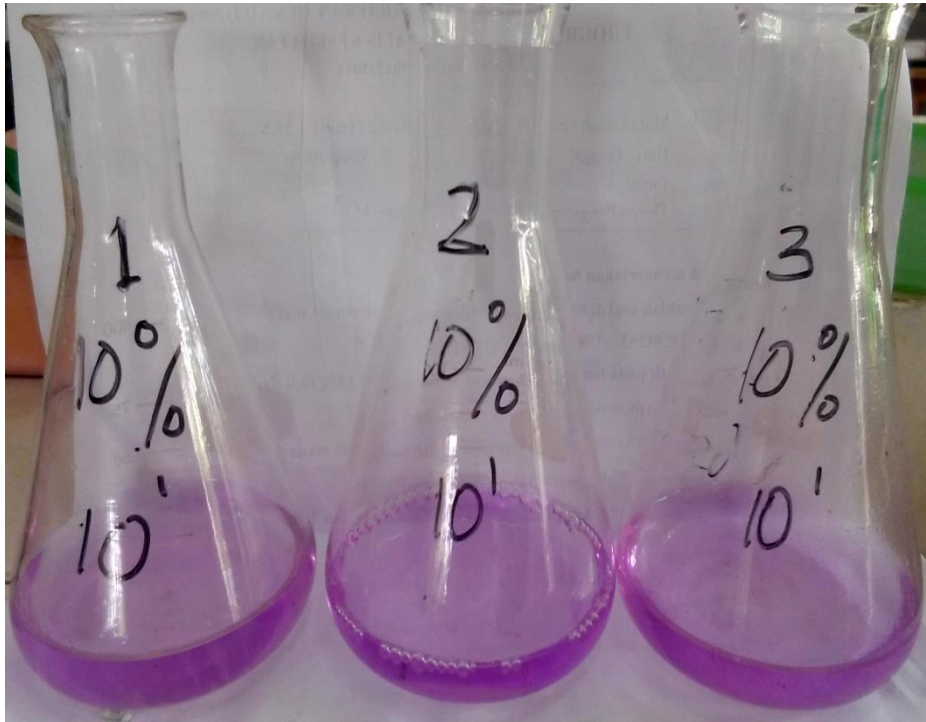
Lampiran 14. Hasil Akhir Titration Beberapa Variasi Konsentrasi Zeolit dan Variasi Waktu Perendaman



Hasil Akhir Titration Tanpa Perlakuan



Hasil Akhir Titration Zeolit 5% Selama 30 menit.



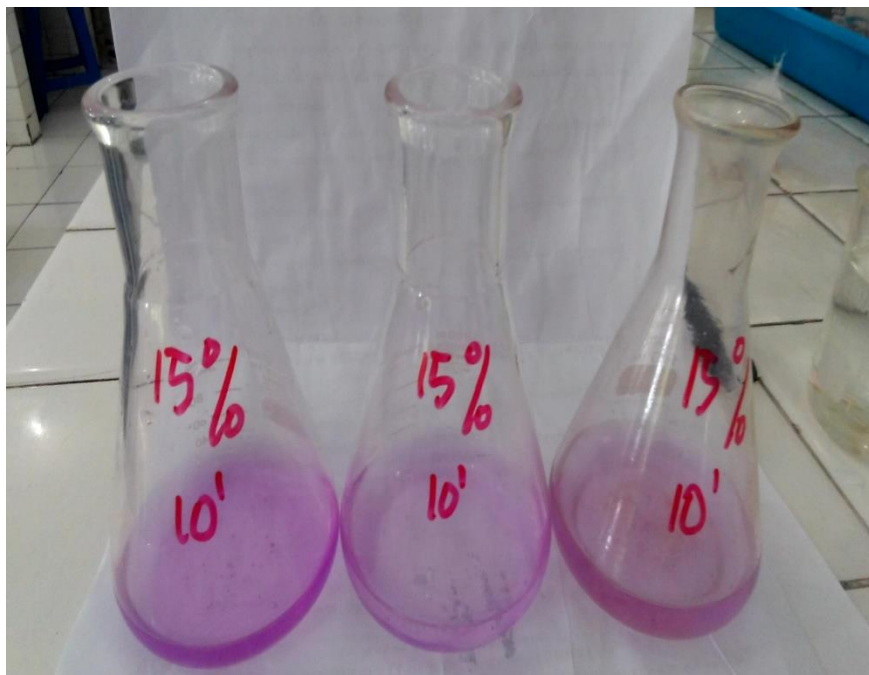
Hasil Akhir Titiasi Zeolit 10% selama 10 menit.



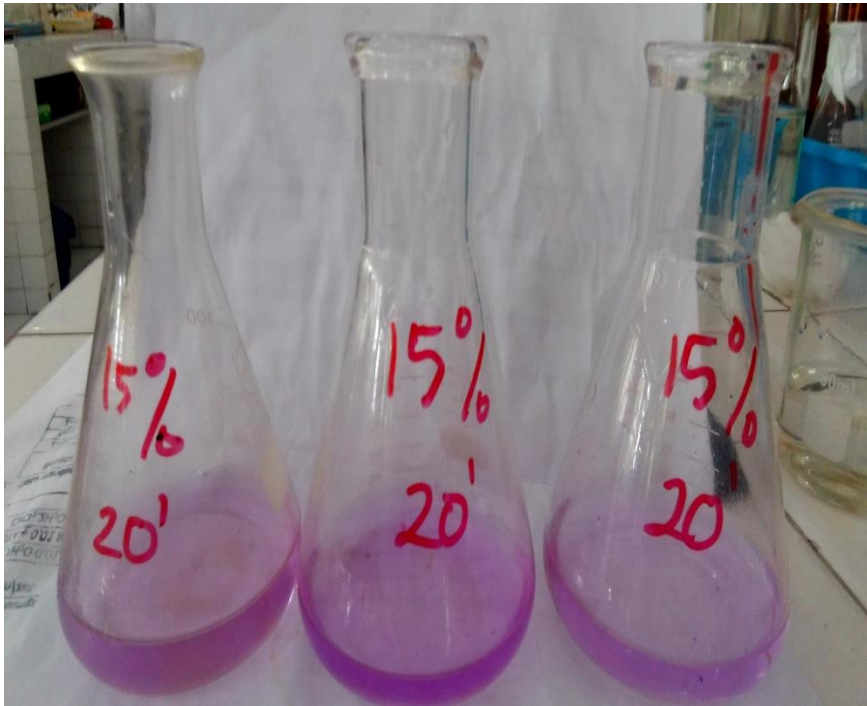
Hasil Akhir Titiasi Zeolit 10% Selama 20 menit.



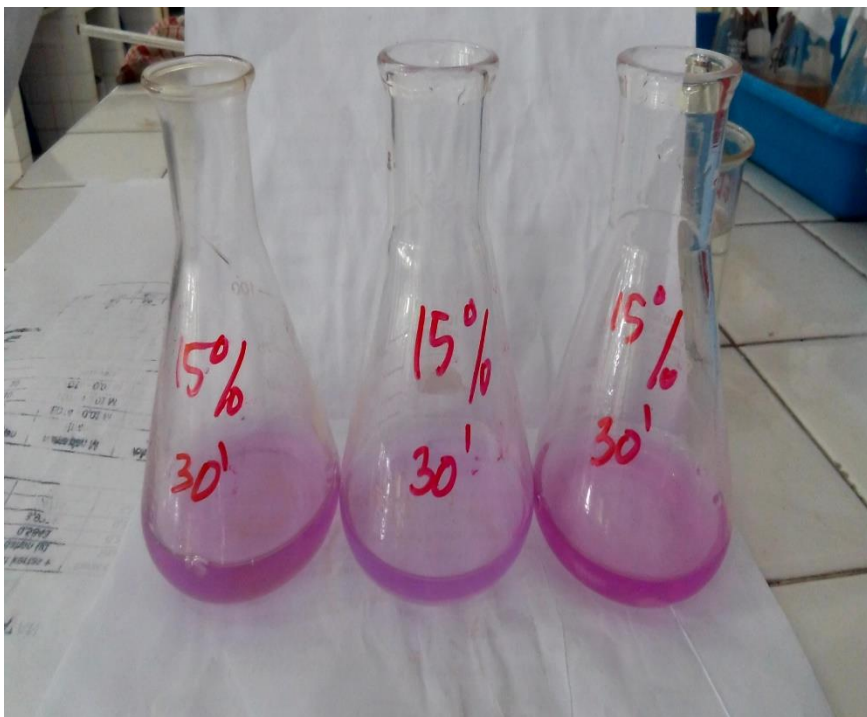
Hasil Akhir Titration Zeolit 10% Selama 30 menit.



Hasil Akhir Titration Zeolit 15% Selama 10 menit.



Hasil Akhir Titrasi Zeolit 15% selama 20 menit.



Hasil Akhir Titrasi Zeolit 15% Selama 30 menit.