

**EFEKTIVITAS ARANG AKTIF, ZEOLIT, DAN BENTONIT
TERHADAP PENURUNAN KADAR Mg^{2+} DAN Mn^{2+}
DALAM TIGA SUMBER AIR**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Jurusan Teknologi Pangan

Oleh :
Sekar Arum
10.30.20051



**JURUSAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2015**

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim
Alhamdullilahirobbil'alamin

Puji dan syukur kepada Allah SWT dan sahabatnya Nabi besar Muhammad SAW, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir tentang Efektivitas Arang, Zeolit dan Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam Tiga Sumber Air. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi satu syarat sidang sarjana strata 1 guna memenuhi kurikulum yang telah ditentukan.

Selama penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta, Sri Wahyuningsih dan Alm. Ir. Yatmoko Kamrani yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang, cinta, serta doa yang tak pernah henti-hentinya untuk penulis.
2. Dra. Hj. Ela Turmala Sutrisno, M.Sc., selaku dosen pembimbing I akademik yang telah banyak memberikan ilmunya sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan tepat waktu.
3. Ir. H. Thomas Gozali, MP., selaku dosen pembimbing II akademik yang telah memberikan arahan dan penjelasan sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan tepat waktu.
4. Kakakku Agni, S.Pt dan Tyas, S.S., yang senantiasa memberikan semangat, doa dan keceriaan.

5. Sahabat-sahabat tercinta yang selalu ada disaat susah maupun senang, serta selalu memberikan semangat tak henti-hentinya dan bantuan yang tak ternilai harganya, Ade Kurniawan, Hendra Faizal, Elis Susanti, Nofya Endah Pratiwi, Windy Wulandari, Oktaviani Siti Harliati, Nabilla Marcianda, Lupita Dwi Purnama Sari, dan Aristhia Fadhila Putri.
6. Teman-teman Teknologi Pangan, khususnya TP 10 terima kasih telah saling berbagi ilmu dan pengalamannya.

Akhir kata saya berharap mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat diterima oleh semua pihak dan dapat terlaksana dengan baik.

Bandung, April 2015

Penulis

INTISARI

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas jenis adsorben terhadap penurunan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air dan menentukan jenis adsorben terbaik yang dapat mengadsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air.

Rancangan perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sumber air yang terpilih dialirkan kedalam beberapa jenis adsorben (arang aktif, bentonit, dan zeolit) dengan berbagai waktu kontak (10, 20, dan 30 menit).

Hasil penelitian pendahuluan analisis kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} terhadap sumber air didapatkan bahwa, sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 512,4 mg/l dan kadar Mn^{2+} sebesar 3,03 mg/l, sumber air dari kawasan Persawahan Rancaekek memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 66 mg/l dan kadar Mn^{2+} sebesar 1,21 mg/l, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 312 mg/l dan kadar Mn^{2+} sebesar 0,21 mg/l. Sumber air terpilih untuk penelitian utama yang memiliki kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme, selain itu kawasan Industri Cimare memiliki jumlah mikroorganisme tertinggi yaitu 583000 sel/ml.

Hasil penelitian utama menunjukkan bahwa waktu terbaik untuk mengadsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} adalah waktu 10 menit dan adsorben terbaik untuk menurunkan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} adalah zeolite dengan persentase penurunan kadar Mg^{2+} sebesar 87,37%, sedangkan persentase penurunan kadar Mn^{2+} sebesar 96,77%. Waktu terbaik untuk menurunkan jumlah mikroorganisme adalah waktu 10 menit dan adsorben terbaik untuk menurunkan jumlah mikroorganisme adalah bentonit dengan persentase penurunan jumlah mikroorganisme sebesar 99,34%.

ABSTRACT

The purpose and goal of this study was to determine the effectiveness of the type of adsorbent to decreased levels of Mg^{2+} and Mn^{2+} in water and determine the best type of adsorbent which can adsorb Mg^{2+} and Mn^{2+} in water.

The design of treatment used in this study were selected springs flowed into some kind of adsorbent (activated charcoal, bentonite and zeolite) with a wide range of contact time (10, 20, and 30 min).

The results of the preliminary study analyzes the levels of Mg^{2+} and Mn^{2+} to the water source was found that, source water from Industrial area Cimareme had higher levels of Mg^{2+} at 512.4 mg / l and the levels of Mn^{2+} amounted to 3.03 mg / l, water resources of the region Rice fields Rancaekek had higher levels of Mg^{2+} at 66 mg / l and Mn^{2+} concentration of 1.21 mg / l, and water resources of the region Settlements Dayeuh Conservative Mg^{2+} levels of 312 mg / l and Mn^{2+} concentration of 0.21 mg / l. The water source was selected for the main study had higher levels of Mg^{2+} and Mn^{2+} is the highest source of water Cimareme Industrial area, besides Cimareme Industrial area has the highest number of microorganisms 583 000 cells / ml.

The results of primary research shows that the best time to adsorb Mg^{2+} and Mn^{2+} is 10 minutes and the adsorbent best to reduce levels of Mg^{2+} and Mn^{2+} is a zeolite with a percentage decrease in the levels of Mg^{2+} amounted to 87.37%, while the percentage decreased levels of Mn^{2+} amounted to 96.77%. The best time to decrease the number of microorganisms is 10 minutes and the best adsorbent to reduce the number of microorganisms is bentonite with the percentage decrease in the number of microorganisms by 99.34%.

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	i
INTISARI	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
LAMPIRAN.....	vii
I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	5
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Kerangka Pemikiran.....	6
1.6. Hipotesis Penelitian	11
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	12
II TINJAUAN UMUM	13
2.1. Air	13
2.2. Adsorpsi dan Adsorben.....	16
2.3. Arang Aktif	18
2.4. Zeolit.....	20
2.5. Bentonit.....	23
2.6. Batu Kerikil.....	25
III BAHAN DAN METODE PENELITIAN	26
3.1. Bahan dan Alat Penelitian.....	26

3.2. Metode Penelitian	26
3.2.1. Penelitian Pendahuluan	27
3.2.2. Penelitian Utama	27
3.2.2.1. Rancangan Perlakuan	27
3.2.2.2. Rancangan Analisis	27
3.2.2.2. Rancangan Respon	30
3.3. Deskripsi Prosedur Penelitian	30
3.3.1. Penelitian Pendahuluan	30
3.3.2. Penelitian Utama	30
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Penelitian Pendahuluan	35
4.1.1. Analisis Kadar Mg^{2+} Terhadap Sumber Air	35
4.1.2. Analisis Kadar Mn^{2+} Terhadap Sumber Air	36
4.1.3. Analisis Mikrobiologi Terhadap Sumber Air	37
4.2. Penelitian Utama	38
4.2.1. Respon Kimia	40
4.2.1.1. Kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam Air	40
4.2.2. Respon Mikrobiologi	50
V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Hasil Pengamatan Adsorpsi.....	28
2. Data Hasil Pengamatan Presentase Penurunan	29
3. Hasil Analisis Kualitatif Mg^{2+} pada Sumber Air	35
4. Hasil Analisis Kuantitatif Mg^{2+} pada Sumber Air	35
5. Hasil Analisis Kualitatif Mn^{2+} pada Sumber Air	36
6. Hasil Analisis Kuantitatif Mn^{2+} pada Sumber Air	36
7. Hasil Analisis Jumlah Mikroorganisme pada Sumber Air	37
8. Hasil Analisis Kadar Mg^{2+} Setelah Adsorpsi.....	41
9. Hasil Analisis Kadar Mn^{2+} Setelah Adsorpsi.....	42
10. Hasil Analisis Jumlah Mikroorganisme Setelah Adsorpsi.....	50

DAFTAR GAMBAR

GambarHalaman

1. Arang Aktif	19
2. Zeolite	21
3. Bentonit.....	24
4. Batu Kerkil.....	25
5. Kurva Hasil Pengamatan Adsorpsi	28
6. Kurva Hasil Pengamatan Presentase Penurunan.....	29
7. Diagram Alir Proses Penelitian Pendahuluan	32
8. Diagram Alir Proses Penelitian Utama	32
9. Susunan Batu Kerikil dan Adsorben Dalam Kolom	33
10. Adsorben (Arang Aktif, Zeolit dan Bentonit).....	33
11. Metode Adsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+}	34
12. Proses Adsorpsi Arang Aktif, Bentonit, dan Zeolit	39
13. Air Hasil Proses Adsorpsi Masing-masing Adsorben.....	39
14. Grafik Kadar Akhir Mg^{2+} Terhadap Waktu Kontak	41
15. Grafik Presentase Penurunan Kadar Akhir Mg^{2+} Terhadap Waktu Kontak	42
16. Grafik Kadar Akhir Mn^{2+} Terhadap Waktu Kontak	43
17. Grafik Presentase Penurunan Kadar Akhir Mn^{2+} Terhadap Waktu Kontak	43
18. Grafik Kadar Jumlah Mikroorganisme Terhadap Waktu Kontak.....	51
19. Grafik Presentase Penurunan Jumlah Akhir Mikroorganisme Terhadap Waktu Kontak.....	51

LAMPIRAN

	Halaman
1. Prosedur Analisis	59
2. Daftar Persyaratan Kualitas Air Minum	64
3. Daftar Persyaratan Kualitas Air Bersih.....	67
4. Penelitian Pendahuluan.....	70
5. Penelitian Utama.....	75
6. Warna Air Hasil Adsorpsi.....	108

I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai : (1) Latar Belakang Penelitian, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Tempat dan Waktu Penelitian.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Air merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan makhluk hidup lainnya dan fungsinya bagi kehidupan tersebut tidak dapat digantikan oleh senyawa lainnya. Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri (mandi), membersihkan ruangan tempat tinggalnya, menyiapkan makanan dan minuman sampai aktivitas-aktivitas lainnya (Achmad, 2004).

Sebagian besar keperluan air sehari-hari berasal dari sumber air tanah dan sungai, air yang berasal dari PAM (air ledeng) juga bahan bakunya berasal dari sungai, oleh karena itu kuantitas dan kualitas sungai sebagai sumber air harus memenuhi persyaratan tertentu. Persyaratan tersebut meliputi persyaratan fisik, kimia dan bakteriologis, ketiga persyaratan tersebut merupakan suatu kesatuan, sehingga apabila ada satu parameter yang tidak memenuhi syarat, maka air tersebut tidak layak untuk digunakan. (Achmad, 2004).

Seiring dengan berkembangnya pembangunan perumahan sampai ke pelosok pedesaan, kebutuhan air menjadi semakin meningkat. Sebenarnya, air bukan barang langka, tetapi memperoleh air layak pakai belum tentu tersedia di berbagai tempat. Misalnya, air yang berasal dari bekas persawahan, air yang berasal dari

buangan industri pabrik, dan air yang berasal dari limbah rumah tangga (Suhana, 2003).

Berbagai macam kegiatan industri dan teknologi yang ada saat ini apabila tidak disertai dengan program pengelolaan limbah yang baik akan memungkinkan terjadinya pencemaran air, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Bahan buangan dan air limbah yang berasal dari kegiatan industri adalah penyebab utama terjadinya pencemaran air (Wardhana, 2004).

Cakupan pelayanan air bersih di Indonesia masih rendah. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) hanya mampu memasok kebutuhan di kota-kota saja dengan kuantitas yang juga masih kecil. Akibatnya, sebagian besar masyarakat yang tidak terjangkau oleh pelayanan air bersih umumnya menggunakan air tanah atau air permukaan untuk keperluan hidupnya sehari-hari. Namun, kedua sumber air ini sering kali hanya dapat memenuhi kebutuhan secara kuantitatif. Tanpa pengolahan, kualitas fisik, kimiawi dan biologis air permukaan dan air tanah di sebagian besar wilayah Indonesia belum memenuhi standar. (Kepmenkes RI No 907/MENKES/SK/VII/2002) sehingga tidak layak untuk diminum (Sudarmono, 2010).

Berdasarkan Kepmenkes RI No 907/MENKES/SK/VII/2002 agar dapat dipergunakan air harus memenuhi kriteria tertentu antara lain tingkat kekeruhan, warna, temperatur, rasa, bau, kandungan nitrat, nitrit, mangan, magnesium, besi, *Escherichia coli* dan sebagainya (Sudarmono, 2010).

Besi atau mangan masuk ke dalam air karena reaksi biologis pada kondisi reduksi atau anaerobik (tanpa oksigen). Jika air yang mengandung besi atau

mangan dibiarkan terkena udara atau oksigen maka reaksi oksidasi besi atau mangan akan timbul dengan lambat dan membentuk endapan atau gumpalan koloid dari oksida besi atau oksida 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 disebabkan karena dapat menyokong tumbuhnya mikroorganisme seperti *crenothrix* dan *clonothrix* yang dapat menyumbat perpipaan serta dapat menimbulkan warna dan bau yang tidak enak. Zat besi dalam air berupa ion Fe^{2+} kemudian besi di bak penampungan air tersebut berinteraksi dengan udara bebas sehingga teroksidasi menjadi ion Fe^{3+} dan berwarna kuning. Pada konsentrasi tinggi zat besi dan mangan dapat menimbulkan rasa atau bau logam pada air minum, oleh karena itu untuk air minum kadar zat besi dan mangan yang diperbolehkan yakni masing-masing 0,03 mg/l dan 0,1 mg/l. Standar kualitas air minum di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No 907 Tahun 2002 menetapkan kadar zat besi di dalam air minum yang diperbolehkan maksimum 0,03 mg/l dan kadar mangan maksimum yang diperbolehkan 0,1 mg/l . Sedangkan standar kualitas air bersih untuk kadar zat besi diperbolehkan maksimum 1,0 mg/l dan kadar mangan maksimum yang diperbolehkan 0,5 mg/l (Hartini, 2012).

Mangan diperlukan oleh berbagai enzim seluler pada tubuh manusia dan hewan seperti *manganese superoxide dismutase* dan *pyruvate carboxylase*, serta mengaktifasi enzim lainnya yaitu: *kinase*, *decarboxylase*, *transferase*, dan *hydrolase*. Di dalam tubuh manusia, mangan dalam jumlah yang kecil tidak

menimbulkan gangguan kesehatan, tetapi dalam 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 syaraf dan menampilkan gejala seperti parkinson. Konsentrasi mangan melebihi ambang batas yaitu 0,5 mg/l dapat menyebabkan air berwarna kemerahan, kuning dan kehitaman, memberi rasa tidak enak pada minuman, menimbulkan noda dalam cucian serta bila teroksidasi akan menimbulkan endapan pada jaringan pipa (Hartini, 2012).

Mangan adalah logam berwarna abu-abu keperakan, merupakan unsur pertama logam golongan VIIB, dengan berat atom 54,94 g/mol, nomor atom 25, berat jenis 7,43 g/cm (Hartini, 2012).

Toksisitas 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. Oleh karena itu, pemakaian air yang berasal dari suatu sumber air, sering ditemukan mangan dalam konsentrasi tinggi (Hartini, 2012).

Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air, yang keberadaannya biasa disebut dengan kesadahan air. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Bagi air rumah tangga tingkat kesadahan yang tinggi mengakibatkan konsumsi sabun lebih

banyak karena sabun menjadi kurang efektif akibat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca atau Mg (Marsidi, 2010).

Bagi air industri unsur Ca atau Mg dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan industri, disamping itu dapat menghambat proses pemanasan. Masalah ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja industri yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerugian. Oleh karena itu persyaratan kesadahan pada air industri sangat diperhatikan. Pada umumnya jumlah kesadahan dalam air industri harus nol, berarti unsur Ca dan Mg dihilangkan sama sekali (Marsidi, 2010).

Kemajuan teknologi kimia menciptakan alat penjernih air sederhana dengan menggunakan media atau adsorben dengan menggunakan arang aktif, zeolit dan bentonit. Hal ini merupakan salah satu upaya dalam mengurangi tingkat kesadahan magnesium dan mangan dalam air tanah.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi masalah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas jenis adsorben (arang aktif, zeolit dan bentonit) terhadap penurunan kadar Mg^{2+} ?
2. Bagaimana efektivitas jenis adsorben (arang aktif, zeolit dan bentonit) terhadap penurunan kadar Mn^{2+} ?
3. Bagaimana hubungan waktu kontak sampel dengan adsorben (arang aktif, zeolit dan bentonit) terhadap penurunan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} ?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas jenis adsorben (arang aktif, zeolit dan bentonit) terhadap penurunan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jenis adsorben terbaik yang dapat mengadsopsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan suatu alternatif teknologi yang murah, sederhana, dan mudah pengoperasiannya untuk menurunkan kandungan Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air.
2. Mendapatkan solusi untuk mengatasi masalah yang dialami oleh masyarakat dalam mencari air bersih.
3. Mengetahui adsorben atau media terbaik yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air.
4. Mengetahui adanya perbedaan kualitas air sebelum dan sesudah perlakuan.

1.5. Kerangka Pemikiran

Menurut Chandra (2007), air tanah merupakan sebagian air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap ke dalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan air (*hardness of water*). Kesadahan pada air ini menyebabkan air mengandung zat-zat mineral dalam konsentrasi tinggi. Zat-zat mineral tersebut, antara lain kalsium, magnesium dan logam berat seperti besi dan mangan. Akibatnya, apabila kita

menggunakan air sadah untuk mencuci, sabun tidak akan berbusa dan bila diendapkan akan terbentuk endapan semacam kerak.

Menurut Suripin (2004), karakteristik fisik yang terpenting yang mempengaruhi kualitas air ditentukan oleh (1) bahan padat keseluruhan, yang terapung maupun yang terlarut, (2) kekeruhan, (3) warna, (4) bau dan rasa, dan (5) temperatur (suhu) air.

Menurut Rahayu (2004), berdasarkan aspek kuantitatif, jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan minum per orang rata-rata sebanyak 2,5 liter/hari, sedangkan secara keseluruhan kebutuhan suatu rumah tangga untuk masyarakat Indonesia diperkirakan sebesar 60 liter hari. Dari segi kualitas, air minum dan air bersih harus memenuhi syarat kesehatan baik secara fisik, kimia, mikrobiologis maupun radioaktif sesuai peraturan pemerintah melalui Dinas Kesehatan maupun lingkungan. Air bersih harus bebas dari mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya, warna, bau dan kekeruhan.

Menurut Hidayanti (2009), pupuk dan pestisida yang digunakan secara berlebihan oleh para petani untuk merawat tanamannya dapat mencemari air. Limbah pestisida mempunyai aktifitas dalam jangka waktu yang lama dan ketika terbawa aliran air keluar dari daerah persawahan dapat mematikan hewan seperti ikan, udang dan hewan air lainnya. Selain itu terdapat kandungan K, Ca dan Mg dalam air sawah akibat pelapukan mineral terus-menerus.

Menurut Hidayanti (2009), beberapa industri menghasilkan limbah organik dan adapula yang menghasilkan limbah anorganik. Limbah organik yang dibuang ke sungai dapat diuraikan oleh mikroorganisme di sepanjang sungai sehingga

semakin hilir sungai kandungan limbahnya semakin menurun. Akan tetapi, limbah anorganik sebaliknya. Pada umumnya limbah industri mengandung limbah B3, yaitu bahan berbahaya dan beracun. Limbah industri yang berbahaya antara lain yang mengandung logam dan cairan asam, seperti merkuri (Hg).

Menurut Permenkes No. 416/Per/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Air Minum dan Air Bersih disebutkan bahwa kadar maksimum Mangan dalam air minum sebesar 0,1 mg/l dan air bersih sebesar 0,5 mg/l. Tingginya kadar mangan pada air sumur dimungkinkan karena adanya gas-gas yang biasa terlarut dalam air yang dapat menyebabkan korosif. Konsentrasi mangan yang lebih dari 0,5 mg/l akan berpengaruh kurang baik terhadap kesehatan dan lingkungan. Logam mangan bersifat toksis terhadap alat pernapasan dan dapat menyebabkan bau dan pada minuman, bila konsentrasinya lebih dari 0,5 mg/l akan menimbulkan noda-noda kecoklatan pada pakaian. Konsentrasi mangan yang lebih besar dari 0,5 mg/l akan menyebabkan rasa aneh pada minuman dan dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

Menurut Sabula (2013), salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan penjernih air adalah arang aktif atau sering disebut karbon aktif. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25 % - 100 % terhadap berat arang aktif. Arang aktif yang biasa digunakan salah satunya adalah arang tempurung kelapa. Selain arang aktif, bahan yang dapat digunakan sebagai bahan penjernih air adalah zeolit alami. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya.

Menurut Masduqi (2004), zeolit adalah suatu jenis mineral yang tersusun dari silika (SiO_4) dan alumina (AlO_4) dengan rongga-rongga di dalamnya yang berisi ion-ion logam, biasanya logam alkali dan alkali tanah, dan molekul air.

Menurut Rafiqah (2012), Bentonit merupakan sejenis tanah liat atau lempung yang terdiri dari SiO_2 dan Al_2O_3 yang merupakan penyusun utama, serta senyawa-senyawa lain seperti CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan K_2O yang mengandung air dan terikat secara kimia. Bentonit mengandung mineral monmorilonit lebih dari 85% dan fragmen sisa terdiri dari campuran dari mineral kwarsa atau kristobalit, feldspar, kalsit, gypsum, dan lain-lain.

Menurut Masduqi (2004), zeolit cukup efektif mengurangi Fe dan Mn dalam air tanah, meskipun kapasitas penurunan untuk Mn lebih baik dari pada Fe, sedangkan kolom zeolit belum bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari karena debitnya masih rendah. Penggunaan arang tempurung kelapa dapat memperbaiki kualitas air sumur secara kimiawi. Penggunaan arang tempurung kelapa menurunkan kadar mangan dan besi paling efektif adalah perlakuan selama 30 menit.

Menurut Kadarusman (1999), bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa yang telah diaktivasi mampu untuk menurunkan kadar besi (Fe), mangan (Mn), dan magnesium (Mg), sedangkan zeolit yang terbentuk dari batu zeolit yang diaktivasi mampu untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn). Proses yang terjadi pada karbon aktif dan zeolit ini adalah adsorpsi, yaitu merupakan proses perpindahan massa. Pada proses tersebut, besi, mangan, dan zat organik

menempel dan mengisi pori-pori karbon aktif dan zeolit yang mengakibatkan terbentuknya lapisan pada butir karbon aktif dan zeolit.

Menurut Marsidi (2001), berdasarkan hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi zeolit yang dilalui air baku, maka semakin besar persentase penurunan kesadahan, dengan kecepatan aliran air baku sebesar 2,55 ml/detik, persentase penurunan kesadahan tertinggi dicapai pada ketebalan 80 cm dan lama pemakaian zeolit (waktu operasi) maksimal 24 jam, yaitu 99,56%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa dengan ketebalan 80 cm dan pengoperasian zeolit dibawah 24 jam, penurunan kesadahan hampir mencapai 100 %. Persentase penurunan kesadahan terkecil terjadi pada ketebalan zeolit 20 cm, dan lama pemakaian zeolit (waktu operasi) 96 jam yaitu 2,94 %.

Menurut Hartono (2004), berdasarkan hasil penelitian dengan laju filtrasi 2 ml/menit, dalam waktu 30 menit konsentrasi Fe dapat diturunkan sekitar 55% sedangkan Mn hanya 40%. Ini menyatakan bahwa kemampuan zeolit menyerap Fe lebih baik dari pada menyerap Mn.

Menurut Kurniawan (2009), berdasarkan hasil pengukuran kadar kesadahan diketahui bahwa kadar magnesium melebihi nilai ambang batas yaitu sebesar 557,14 mg/l. Setelah air sampel disaring melalui kombinasi media filter zeolit dengan arang aktif dengan ketebalan 60 cm, 70 cm, dan 80 cm, didapatkan hasil yang paling efektif pada ketebalan 70 cm yaitu sebesar 94,36%. Efektivitas pengolahan yang paling rendah pada ketebalan media filter 60 cm yaitu sebesar 71,54%. Sedangkan tingkat efektivitas pada ketebalan 80 cm sebesar 92,3%.

Menurut Masduqi (2004), semakin tebal arang makin besar kadar penurunan mangan dan makin lama waktu kontak makin besar juga penurunan kadar mangannya. Selain itu semakin luas permukaan adsorben maka daya serap adsorben semakin besar sehingga kadar logam dalam air semakin kecil.

Menurut Reynold (1982), waktu kontak merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10-15 menit.

Menurut Achmad (2004), semakin lama waktu kontak dapat memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik dan logam dalam air akan turun apabila kontak cukup. Waktu kontak biasanya sekitar 10 – 15 menit.

Menurut Nurhayati (2010), berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada waktu kontak 5 hingga 15 menit terjadi peningkatan jumlah protein terserap. Hal ini karena semakin lama waktu kontak maka interaksi antara protein dan bentonit terjadi dalam jangka waktu yang lebih lama. Namun, pada waktu kontak 20 hingga 60 menit jumlah protein teradsorpsi mengalami penurunan. Hal ini karena kontak yang berlebih menyebabkan bentonit lewat jenuh terhadap protein sehingga dengan penambahan waktu kontak mengakibatkan protein kembali terlepas dari pori-pori bentonit. Berdasarkan analisis statistik menunjukkan bahwa waktu kontak 15 menit merupakan waktu kontak optimum. Bentonit mampu menyerap protein sebesar 86,23%.

Menurut Hardini (2007), dengan menambahkan ketebalan media, dapat meningkatkan kemampuan media dalam menurunkan kandungan Fe, Mn dan KMnO_4 . Hal ini dikarenakan semakin banyak media yang di tambahkan, maka semakin luas permukaan pori-pori yang dapat menampung masuknya Fe, Mn, dan KMnO_4 . Dalam penelitian ini ketebalan media 40 cm memiliki efisiensi penyisihan yang lebih tinggi dibanding ketebalan 25 cm. Diameter yang digunakan untuk media filter karbon aktif adalah 1 mm (20 mesh), sedangkan diameter media filter zeolit adalah 2 mm (10 mesh).

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan perumusan kerangka pemikiran, diperoleh hipotesis diduga bahwa :

1. Adanya hubungan jenis adsorben terhadap penurunan kadar Mg^{2+} dalam air.
2. Adanya hubungan jenis adsorben terhadap penurunan kadar Mn^{2+} dalam air.
3. Dapat diketahui waktu kontak sampel dengan adsorben terbaik untuk menurunkan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} .

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kampus Universitas Pasundan, Laboratorium Penelitian Jl. Setiabudhi No. 193, Bandung. Waktu penelitian dimulai pada bulan November tahun 2014 sampai dengan selesai.

II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai : (1) Air, (2) Adsorpsi dan Adsorben, (3) Arang Aktif (Karbon Aktif), (4) Zeolit, (5) Bentonit, dan (6) Batu Kerikil.

2.1. Air

Air merupakan senyawa kimia yang terdiri dari atom H dan O. Sebuah molekul air terdiri dari satu atom O yang berikatan kovalen dengan dua atom H. Molekul air yang satu dengan molekul air lainnya bergabung dengan satu ikatan hidrogen antara atom H dengan atom O dari molekul air yang lain (Achmad, 2004).

Air adalah zat yang sangat dibutuhkan oleh semua makhluk hidup termasuk manusia, hewan serta tumbuh-tumbuhan. Manfaat air bermacam-macam misalnya untuk diminum, untuk pembawa zat makanan pada tumbuh-tumbuhan, zat pelarut, pembersih dan sebagainya. Oleh karena itu penyediaan air merupakan salah satu kebutuhan utama bagi manusia untuk kelangsungan hidupnya dan menjadi faktor penentu dalam kesehatan dan kesejahteraan manusia (Achmad, 2004).

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segikualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No.492/Menkes/PER/IV/2010).

Sistem penyediaan air bersih harus memenuhi beberapa persyaratan utama. Persyaratan tersebut meliputi persyaratan kualitatif dan persyaratan kuantitatif, sebagai berikut :

1. Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan biologis dan persyaratan radiologis. Syarat-syarat tersebut berdasarkan Permenkes No.492/Menkes/PER/IV/2010 dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut:

a. Syarat-syarat fisik.

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C , dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

b. Syarat-syarat kimia.

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan kimia antara lain adalah : pH, total *solid*, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), serta logam berat.

c. Syarat-syarat bakteriologis dan mikrobiologis.

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan bakteriologis ini ditandai dengan tidak adanya bakteri *Escherichia coli* dalam air.

d. Syarat-syarat radiologis.

Persyaratan radiologis mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitatif (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih (Achmad, 2004).

Tanda-tanda bahwa air tanah sudah tercemar dapat dikenali melalui pengamatan fisik. Beberapa di antaranya seperti dikutip dari *India study channel*, adalah :

1. Warna kekuningan akan muncul jika air tercemar chromium dan materi organik. Jika air berwarna merah kekuningan, itu menandakan adanya cemaran besi. Sementara pengotor berupa lumpur akan memberi warna merah kecoklatan.
2. Kekeruhan juga merupakan tanda bahwa air tanah telah tercemar oleh koloid (bio zat yang lekat seperti getah atau lem). Lumpur, tanah liat dan berbagai mikroorganisme seperti plankton maupun partikel lainnya bisa menyebabkan air berubah menjadi keruh.

3. Polutan berupa mineral akan membuat air tanah memiliki rasa tertentu. Jika terasa pahit, pemicunya bisa berupa besi, aluminium, mangan, sulfat maupun kapur dalam jumlah besar.
4. Air tanah yang rasanya seperti air sabun menunjukkan adanya cemaran alkali. Sumbernya bisa berupa natrium bikarbonat, maupun bahan pencuci yang lain misalnya detergen.
5. Sedangkan rasa payau menunjukkan kandungan garam yang tinggi, sering terjadi di daerah sekitar muara sungai.
6. Bau yang tercium dalam air tanah juga menunjukkan adanya pencemaran. Apapun baunya, itu sudah menunjukkan bahwa air tanah tidak layak untuk dikonsumsi (Admin, 2013).

2.2. Adsorpsi dan Adsorben

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

Definisi lain menyatakan adsorpsi sebagai suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben.

Daya adsorpsi merupakan ukuran kemampuan suatu adsorben menarik sejumlah adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas

permukaan adsorben, konsentrasi keseimbangan zat terlarut atau tekanan adsorpsi gas, suhu pada saat proses berlangsung dan sifat adsorbat atau adsorben itu sendiri. Makin besar luas permukaannya, maka daya adsorpsinya akan makin kuat. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat selektif artinya pada campuran zat hanya satu komponen yang diadsorpsi oleh zat padat tertentu (Sulistiawati, 2008).

Adsorpsi melibatkan proses perpindahan massa dan menghasilkan kesetimbangan distribusi dari satu atau lebih larutan antara fasa cair dan partikel. Fasa penyerap disebut sebagai adsorben. Adsorben ialah zat yang melakukan penyerapan terhadap zat lain (baik cairan maupun gas) pada proses adsorpsi. Umumnya adsorben bersifat spesifik, hanya menyerap zat tertentu. Dalam memilih jenis adsorben pada proses adsorpsi, disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi. Bahan yang banyak digunakan sebagai adsorben adalah karbon aktif dan silika gel (Andi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat 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 dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya.

Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar.

1. *Adsorben polar*

Adsorben polar disebut juga hydrophilic. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit.

2. *Adsorben non polar*

Adsorben non polar disebut juga hydrophobic. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif (Lina, 2010).

2.3. Arang Aktif (Karbon Aktif)

Karbon aktif atau arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Achmad, 2004).

Karbon aktif merupakan senyawa karbon, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 – 3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Karbon aktif terdiri dari berbagai mineral yang dibedakan berdasarkan kemampuan adsorpsi (daya serap) dan karakteristiknya. Sumber bahan dan proses yang berbeda akan menghasilkan kualitas karbon aktif yang

berbeda. Sumber bahan baku karbon aktif beraal dari kayu, batu bara, tempurung kelapa, lignite.



Gambar 1. Arang Aktif (Basri, 2011)

Karbon aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m²/gram. Luas permukaan yang luas disebabkan karbon mempunyai permukaan dalam (*internal surface*) yang berongga, sehingga mempunyai kemampuan menyerap gas dan uap atau zat yang berada didalam suatu larutan. Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya, tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air (Darmayanto, 2009).

Mutu karbon aktif yang dihasilkan dari tempurung kelapa mempunyai daya serap tinggi, karena arang ini berpori-pori dengan diameter yang kecil, sehingga mempunyai permukaan yang luas. Arang aktif dari bahan baku tempurung kelapa memiliki keunggulan dibanding dari bahan lain (kayu, sekam padi) yaitu kemampuannya dalam menyerap warna maupun aroma (Sabula, dkk, 2013).

Cara pembuatan arang aktif batok kelapa adalah sebagai berikut :

1. Siapkan drum bekas yang telah dilubangi bagian bawahnya sebanyak 8 buah lubang.
2. Susunlah tempurung (batok) kelapa ke dalam drum tadi kira-kira $\frac{1}{4}$ bagian.
3. Kemudian arang dibakar sampai menyala.
4. Setelah tempurung (batok) kelapa menyala semua, masukkan kembali tempurung (batok) kelapa $\frac{1}{4}$ bagian lagi dan seterusnya hingga penuh.
5. Setelah terbakar semua, kemudian tutup dengan plat besi yang dilapisi dengan tanah liat (Basri, 2011).

2.4. Zeolit

Zeolit termasuk dalam kelompok mineral yang terjadi dari perubahan batuan gunung api termasuk batuan gunung api berbulir halus yang berkomposisi *riolitik* atau banyak mengandung massa gelas. Sifat-sifat fisik dari mineral ini adalah berbentuk kristal yang indah dan menarik, namun agak lunak dengan warna yang bermacam-macam yaitu warna hijau, kebiru-biruan, putih dan coklat. Zeolit dapat berasal dari alam yaitu dari batuan gunung api dan dapat berupa zeolit buatan yang terbuat dari gel aluminium, natrium aluminat, natrium hidroksida (Achmad, 2004).

Zeolit merupakan kristal berongga yang terbentuk oleh jaringan silika alumina tetrahedral tiga dimensi dan mempunyai struktur yang relative teratur dengan rongga yang didalamnya terisi oleh logam alkali atau alkali tanah sebagai penyambung muatannya. Rongga-rongga tersebut merupakan suatu system saluran yang didalamnya terisi oleh molekul air. Ukuran Kristal zeolit kebanyakan

tidak lebih dari 10 – 15 mikron. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral (AlO_4) dan (SiO_4) yang saling bermuatan (Atikah, 2012.)



Gambar 2. Zeolite (Kurnia, 2013)

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul.

Mineral zeolit terbentuk dari reaksi antara debu vulkanis dan air garam. Disamping itu ada juga beberapa jenis zeolit yang dihasilkan dari *metamorphe* batuan yang terdapat dilaut. Mineral alam zeolit yang merupakan senyawa alumino-silikat dengan struktur sangkar terdapat di Indonesia seperti di Bayah, Banten, Cikalong, Tasikmalaya, Cikembar, Sukabumi, Nanggung, Bogor dan Lampung dalam jumlah besar dengan bentuk hampir murni dan harga murah.

Adapun sifat-sifat zeolit antara lain:

1. Dehidrasi

Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama dan efektif berinteraksi dengan molekul yang diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang terbentuk apabila unit sel kristal tersebut dipanaskan

2. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Apabila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 3000 sampai 4000°C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

3. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini akan bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Penukaran kation dapat menyebabkan perubahan beberapa sifat zeolit seperti stabilitas terhadap panas, sifat adsorpsi dan aktivitas katalis.

4. Katalis

Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori besar dan permukaan yang maksimum.

5. Penyaring atau pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari campuran tertentu, karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam. Volume dan ukuran ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini

menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring. (Darmayanto,2009).

Keunggulan menggunakan zeolit sebagai bahan untuk pelunakan air sadah, antara lain :

1. Mempunyai sistem yang kompak sehingga mudah dioperasikan
2. Dapat dibuat kontinu.
3. Presentasi pengurangan kesadahan relatif besar .
4. Harganya relatif murah dan mudah didapat .

Namun demikian ada juga beberapa kekurangan dalam menggunakan zeolit pada pelunakan air yaitu :

1. Tidak dapat digunakan pada air yang mengandung kekeruhan air lebih dari 10mg/l .
2. Efisiensi zeolit akan berkurang apabila air mengandung unsur-unsur sebagai berikut : minyak, H₂S, mengandung ion Na, Fe dan Mg lebih dari 2 mg/l.
3. Tidak dapat dioperasikan pada air yang mempunyai kesadahan lebih dari 800 mg/l (Darmayanto,2009).

2.5. Bentonit

Menurut Riyanto (1992) komposisi bentonit (monmorilonit) terdiri dari 80,35% SiO₂, 1,3% Al₂O₃, 0,65% Fe₂O₃, 0,69% CaO, dan 0,5% MgO. Sistem kerangka bentonit terbentuk dari polimer anorganik yang tersusun dari Si₂O₃ dan Al₂O₃. Pada keadaan normal ruang-ruang kosong kristal bentonit terisi penuh oleh molekul air akibat proses hidrasi udara sekitar. Apabila molekul air tersebut terurai kemudian air meninggalkan rongga, maka akan memberikan efek luas

permukaan yang spesifik dari bentonit sehingga membangun sifat mampu menyerap terutama terhadap molekul yang berukuran lebih kecil dari ukuran rongga. Karena hal tersebut, bentonit dikatakan mempunyai daya saring molekular. Sifat fisik yang memegang peranan penting sebagai adsorben adalah kapasitas pertukaran ion atau kation, daya serap, luas permukaan, sifat mengikat dan melapis, serta plastisitas (Sulistiawati dkk, 2008).

Bentonit adalah sejenis lempung atau liat (*clay*) dengan komponen mineral yang didominasi oleh mineral montmorillonit yaitu sekitar 85% dengan komponen lainnya merupakan campuran mineral beidelit, saponit, kuarsa atau kristobalit, gypsum, kalsit, kaolinit, dsb sehingga bentonit sering kali disebut montmorillonit (Alimanoy, 2014).

Bentonit memiliki struktur berlapis (*layer structure*) dan berpori. Bentonit memiliki kemampuan mengembang yang disebabkan oleh ruang antar lapis (*interlayer*) yang dimilikinya dan dapat mengakomodasi ion-ion atau molekul terhidrat dengan ukuran tertentu (Alimanoy, 2014).



Gambar 3. Bentonit (Kurnia, 2013)

Kandungan utama dari bentonit adalah montmorillonit. Adanya rongga pada montmorillonit menyebabkan luas permukaannya sangat besar, bahkan luas permukaan spesifik montmorillonit dapat mencapai sekitar 700 – 800 m²/g. Luas

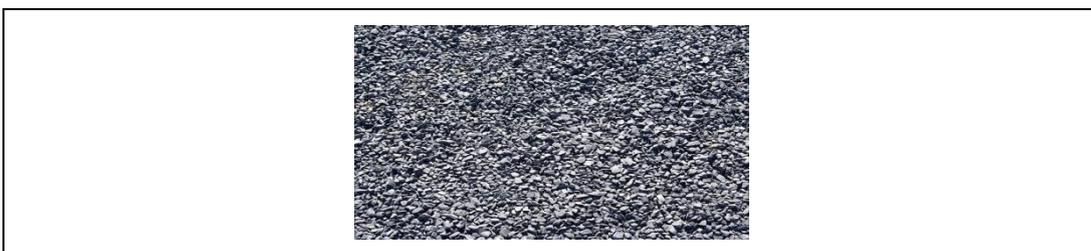
permukaan spesifik ini terbuka pada disperse dalam air, karena kemampuan mengembang yang tinggi menyebabkan montmorillonit dapat menerima ion-ion logam dan senyawa organik. Perluasan kisi bentonit meliputi kemampuan mengembang dan luas permukaan yang besar menyebabkan bentonit dapat dimanfaatkan sebagai adsorben.

Bentonit yang telah mengalami aktivasi akan meningkatkan kemampuan adsorpsinya. Bentonit mempunyai sifat mengadsorpsi karena memiliki kapasitas penukaran ion yang tinggi. Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben (Nurhayati, 2010).

2.6. Batu Kerikil

Kerikil ialah bebatuan kecil, biasanya batu granit yang dipecahkan. Ukuran kerikil yang selalu digunakan ialah antara 2 mm dan 75 mm. Kerikil sering digunakan dalam pembangunan badan jalan, sebagai batu campuran untuk memproduksi bata, dan sebagai bahan untuk penjernih air (Isnaini, 2013).

Fungsi kerikil adalah sebagai celah agar air dapat mengalir melalui lubang bawah, sebagai penyaring material-material yang berukuran besar. Kerikil atau batu kerikil biasanya digunakan sebagai bahan untuk penjernih air sederhana atau tradisional (Hidayat, 2011).



Gambar 5. Batu Kerikil (Hidayat, 2011)

III BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, dan (3) Deskripsi Percobaan.

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 sumber air di Bandung, yaitu kawasan Industri Tekstil Cimareme, kawasan Persawahan Rancaekek, dan kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot.

Bahan yang digunakan dalam analisis adalah arang aktif tempurung kelapa, zeolit, bentonit, batu kerikil, *aquadest*, magnesium, NaOH 10%, H₂SO₄ 4N, KIO₄ bubuk, indikator EBT (*Eriochrome Black Tripotik*), Na-EDTA, dapar salmiak, air steril, dan NA (*Nutrient Agar*).

3.1.2. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah galon 6 liter, kran, dan penyangga galon.

Alat-alat yang digunakan untuk analisis adalah botol semprot, gelas kimia 250 ml, pipet ukur 10 ml, pipet ukur 5 ml, pipet ukur 1 ml, gelas ukur 100 ml, labu takar 100 ml, *filler*, neraca digital, labu erlenmeyer 250 ml, buret, gelas kimia 500 ml, penangas air (*waterbath*), kompor gas, buret, pipet volume 10 ml, SSA (Spektrofotometer Serapan Atom), cawan petri dan inkubator.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan dalam dua tahap yaitu (1) Penelitian Pendahuluan, dan (2) Penelitian Utama.

3.2.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan yaitu, melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap 3 sumber air di Bandung (Industri Tekstil Cimareme, kawasan Persawahan Rancaekek, dan kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot) yang mengandung kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} paling tinggi.

3.2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama ini merupakan kelanjutan dari penelitian pendahuluan yang bertujuan untuk mendapatkan jenis adsorben terbaik dan waktu kontak terbaik dalam mengikat Mg^{2+} dan Mn^{2+} pada sumber air terpilih. Jenis adsorben yang digunakan antara lain arang aktif tempurung kelapa, zeolit dan bentonit.

3.2.2.1. Rancangan Perlakuan

Rancangan ini terdiri dari dua faktor, yaitu faktor jenis adsorben sebagai faktor A yang terdiri dari tiga taraf yaitu : a_1 (arang aktif tempurung kelapa), a_2 (zeolit), a_3 (bentonit) dan waktu kontak sebagai faktor B yang terdiri dari tiga taraf yaitu : b_1 (10 menit), b_2 (20 menit), b_3 (30 menit).

3.2.2.2. Rancangan Analisis

Rancangan analisis yang digunakan yaitu regresi linier dengan ulangan sebanyak dua kali. Model percobaan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut :

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = Variabel terikat (Konsentrasi Awal – Konsentrasi Akhir Mg^{2+} dan Mn^{2+})

x = Variabel bebas (Waktu Kontak Adsorben)

a = Penduga bagi intercept (α)

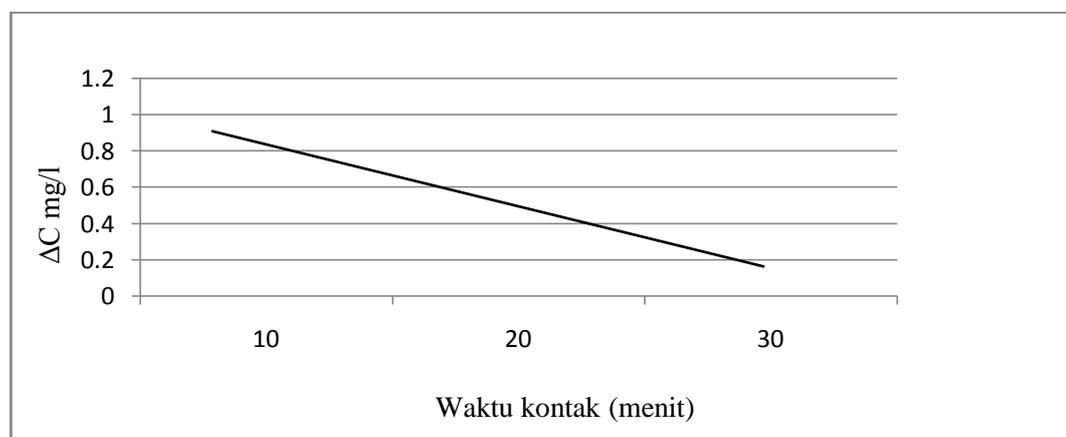
b = Penduga bagi koefisien regresi (β)

Data yang telah didapat dari analisis kemudian dimasukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Data Hasil Pengamatan Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Awal	Kadar Akhir
Arang Aktif	10		
	20		
	30		
Bentonit	10		
	20		
	30		
Zeolit	10		
	20		
	30		

Dari data tersebut kemudian diplotkan ke dalam kurva yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. Kurva Hasil Pengamatan Adsorpsi

Sedangkan untuk Persentase penurunan kadar Mg^{2+} , Mn^{2+} , dan jumlah mikroorganisme menggunakan persamaan regresi linier sebagai berikut :

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = Variabel terikat (Konsentrasi Awal – Konsentrasi Akhir Mg^{2+} dan Mn^{2+})

x = Variabel bebas (Waktu Kontak Adsorben)

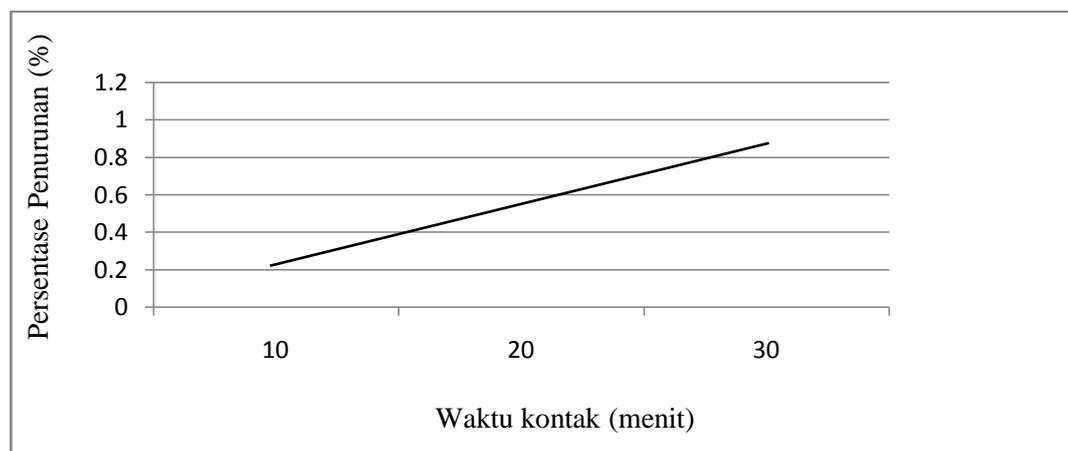
a = Penduga bagi intercept (α)

b = Penduga bagi koefisien regresi (β)

Data yang telah didapat dari analisis kemudian dimasukkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan Persentase Penurunan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Awal	Kadar Akhir	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10			
	20			
	30			
Bentonit	10			
	20			
	30			
Zeolit	10			
	20			
	30			



Gambar 6. Kurva Hasil Pengamatan Persentase Penurunan

3.2.2.3. Rancangan Respon

Rancangan respon penelitian yang dilakukan untuk menentukan optimasi dari perlakuan-perlakuan adalah Kimia dan Mikrobiologi.

1. Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan dalam penelitian utama ini meliputi analisis kadar Mg^{2+} dengan titrasi kompleksometri dan analisis kadar Mn^{2+} dengan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) yang akan dilakukan pada setiap sampel dari masing-masing adsorben.

2. Respon Mikrobiologis

Respon mikrobiologis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis jumlah mikroba dengan metode TPC (*Total Plate Count*).

3.3. Deskripsi Penelitian

3.3.1. Penelitian Pendahuluan

Sumber air yang berasal dari Industri Tekstil Cimareme, kawasan persawahan Rancaekek, dan kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot dianalisis kadar Mg^{2+} dengan menggunakan metode titrasi kompleksometri dan kadar Mn^{2+} dengan menggunakan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom). Dimana hasil yang didapat dengan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} tertinggi akan dipilih untuk penelitian utama.

3.3.2. Penelitian Utama

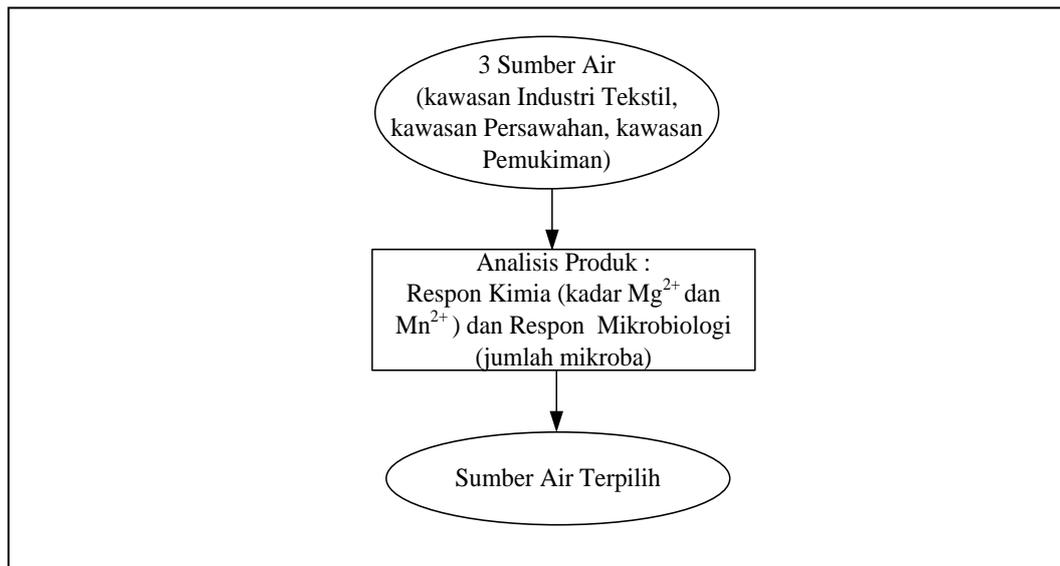
Proses adsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} terhadap sumber air terpilih pada masing-masing adsorben yaitu arang aktif tempurung kelapa, zeolit dan bentonit.

1. Penyusunan Adsorben dan Filter Dalam Kolom

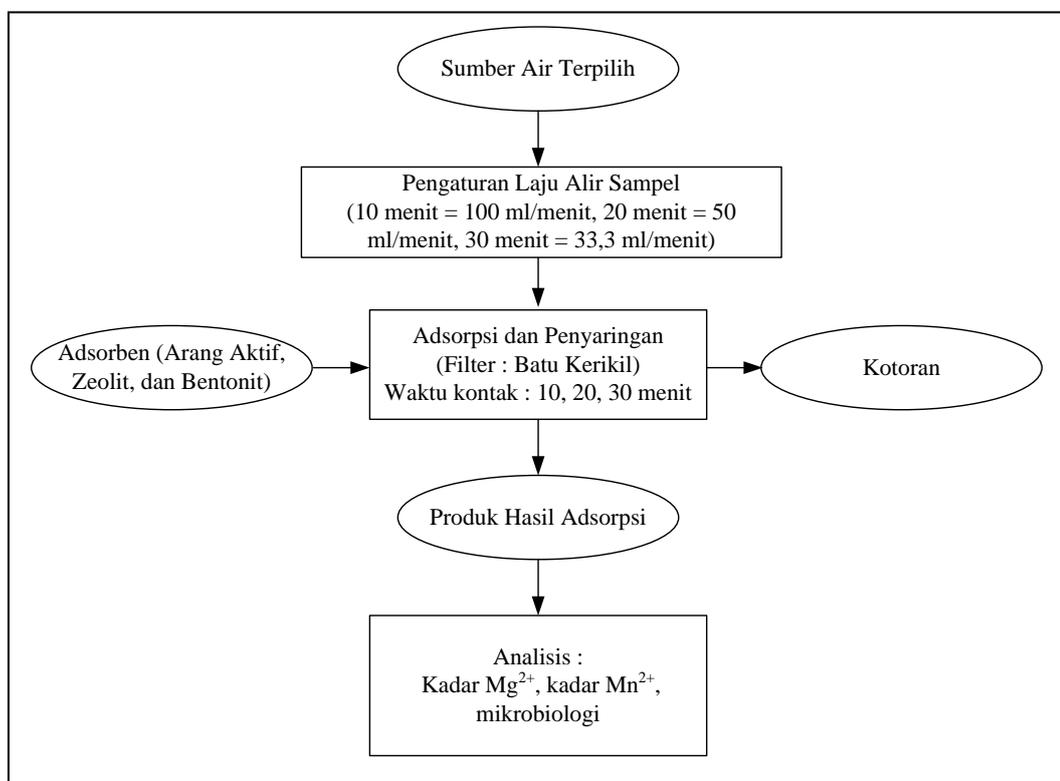
Penyusunan yang dilakukan yaitu filter berupa batu kerikil di taruh di dasar kolom dengan ketebalan 7 cm, kemudian di atas batu kerikil di taruh masing-masing adsorben yaitu arang aktif tempurung kelapa, zeolit dan bentonit dengan ketebalan 14 cm.

2. Proses Adsorpsi

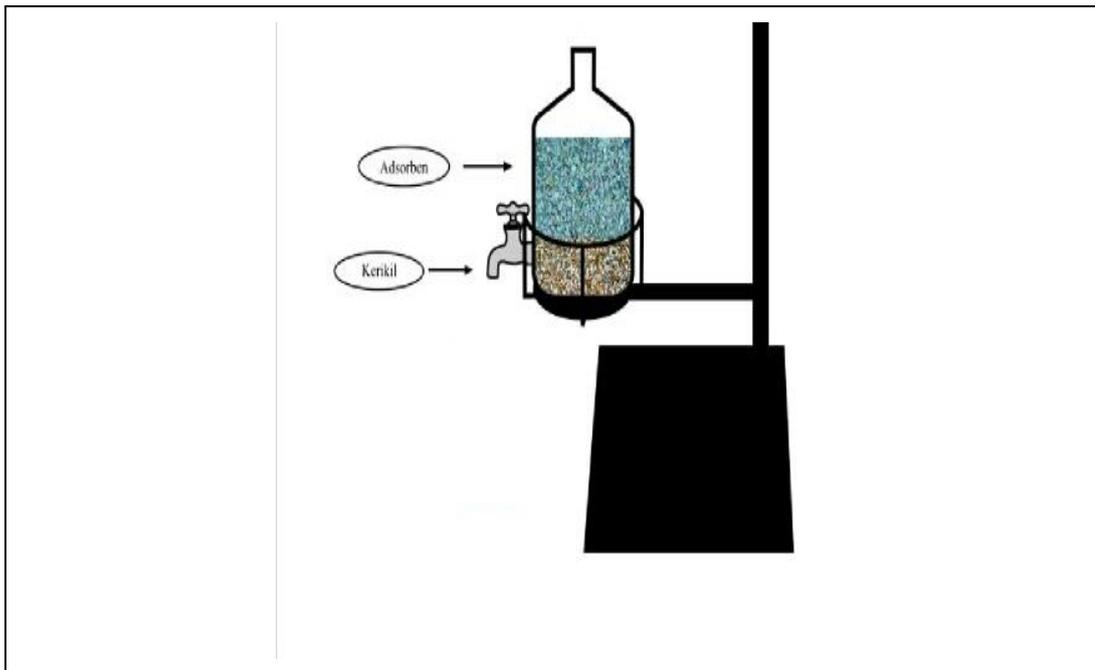
Proses adsorpsi dilakukan dengan cara mengalirkan sampel air terpilih sebanyak 1 liter ke dalam kolom tanpa adsorben dan filter, hal ini bertujuan untuk mengatur laju alir air. Kemudian air dialirkan ke dalam kolom yang telah terisi adsorben dan filter. Hasil adsorpsi dari masing-masing adsorben di tampung dalam gelas kimia yang selanjutnya dilakukan analisis. Masing-masing adsorben dilakukan perlakuan dengan lama kontak selama 10, 20, dan 30 menit.



Gambar 7. Diagram Alir Proses Penelitian Pendahuluan



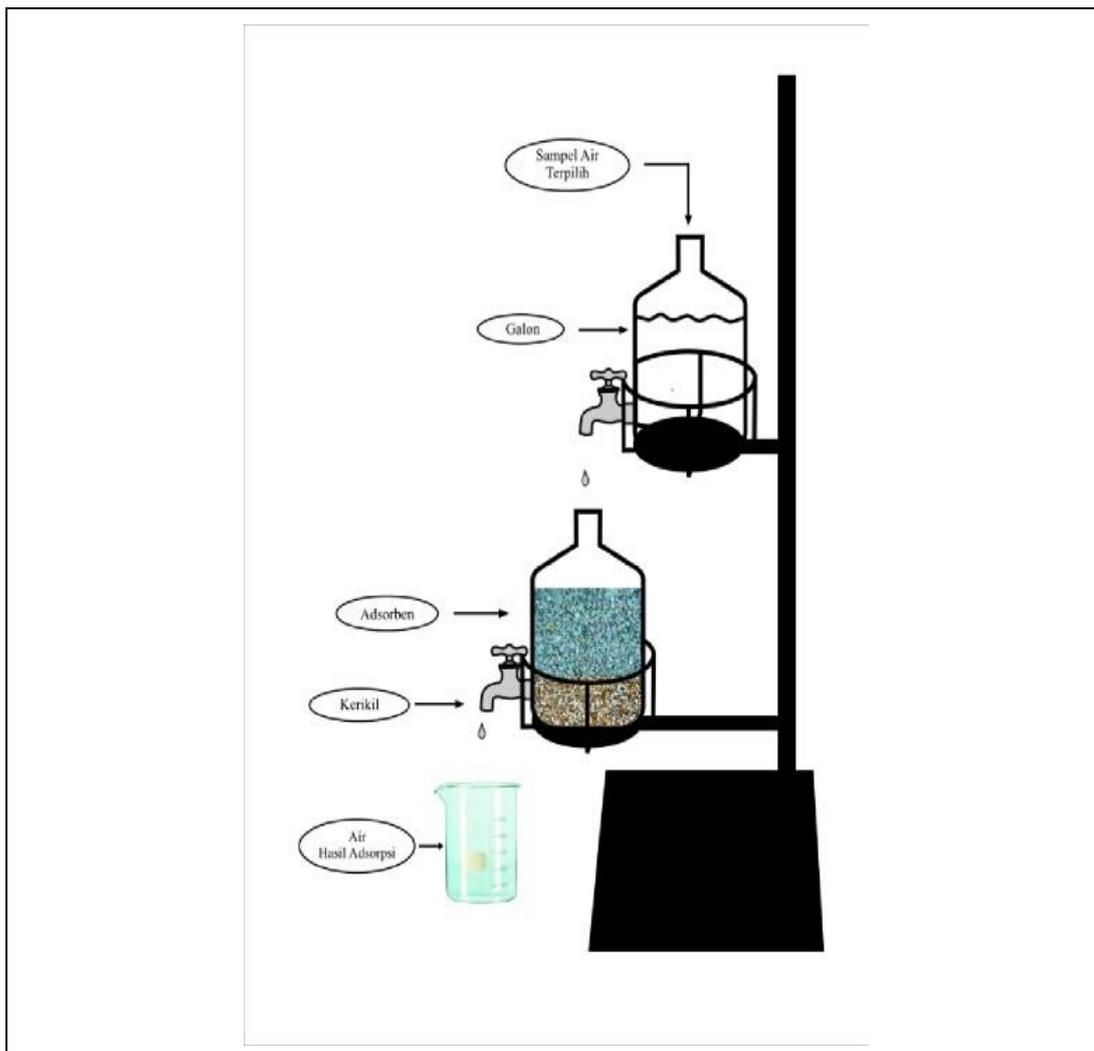
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian Utama



Gambar 9. Susunan Batu Kerikil dan Adsorben Dalam Kolom



Gambar 10. Adsorben (Arang Aktif, Zeolit dan Bentonit)



Gambar 11. Metode Adsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+}

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Penelitian Pendahuluan dan (2) Penelitian Utama.

4.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan sumber air yang mengandung kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} yang paling tinggi, serta dilakukan analisis mikrobiologi. Penelitian pendahuluan ini menggunakan 3 sumber air di Bandung yaitu kawasan Industri Tekstil Cimareme, kawasan Persawahan Rancaekek, dan kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot.

4.1.1. Analisis Kadar Mg^{2+} Terhadap Sumber Air

Penelitian pendahuluan untuk menentukan sumber air yang terpilih yaitu dengan menentukan kadar Mg^{2+} dengan menggunakan titrasi kompleksometri. Hasil analisis Mg^{2+} pada sumber air dapat dilihat pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Analisis Kualitatif Mg^{2+} Pada Sumber Air

Sumber Air	Hasil Pengujian
Kawasan Industri Cimareme	+
Kawasan Persawahan Rancaekek	+
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	+

(+) Terdapat endapan biru

Tabel 4. Hasil Analisis Kuantitatif Mg^{2+} Pada Sumber Air

Sumber Air	Kadar Mg^{2+} (mg/l)
Kawasan Industri Cimareme	512,4
Kawasan Persawahan Rancaekek	66
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	312

Berdasarkan hasil penelitian terhadap Mg^{2+} didapatkan bahwa, ketiga sumber air positif mengandung Mg^{2+} . Sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 512,4 mg/l, sumber air dari kawasan Persawahan

Rancaekek memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 66 mg/l, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 312 mg/l. Sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki kadar Mg^{2+} tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

Standar kualitas air bersih dan air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tanggal 27 Mei 2010, kesadahan maksimum yang diperbolehkan adalah 500 mg/l (sebagai $CaCO_3$). Berdasarkan tabel 3, didapatkan hasil bahwa sumber air pada Kawasan Industri Cimareme mengandung kadar Mg^{2+} melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu lebih dari 500 mg/l.

4.1.2. Analisis Kadar Mn^{2+} Terhadap Sumber Air

Penelitian pendahuluan untuk menentukan sumber air yang terpilih yaitu dengan menentukan kadar Mn^{2+} dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). Hasil analisis Mn^{2+} pada sumber air dapat dilihat pada tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil Analisis Kualitatif Mn^{2+} Pada Sumber Air

Sumber Air	Hasil Pengujian
Kawasan Industri Cimareme	+
Kawasan Persawahan Rancaekek	+
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	+

(+) Warna air berubah menjadi violet

Tabel 6. Hasil Analisis Kuantitatif Kadar Mn^{2+} Pada Sumber Air

Sumber Air	Kadar Mn^{2+} (mg/l)
Kawasan Industri Cimareme	3,03
Kawasan Persawahan Rancaekek	1,21
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	0,21

Berdasarkan hasil penelitian terhadap Mn^{2+} didapatkan bahwa, ketiga sumber air positif mengandung Mn^{2+} . Sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 3,03 mg/l, sumber air dari kawasan Persawahan

Rancaekek memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 1,21 mg/l, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 0,21 mg/l. Sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki kadar Mn^{2+} tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

Standar kualitas air bersih dan air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tanggal 27 Mei 2010, kadar maksimum Mangan (Mn) yang diperbolehkan untuk air bersih adalah 0,5 mg/l, sedangkan untuk air minum kadar maksimum Mangan (Mn) yang diperbolehkan adalah 0,1 mg/l. Berdasarkan tabel 4, didapatkan hasil bahwa sumber air pada Kawasan Industri Cimareme dan Kawasan Persawahan Dayeuh Kolot mengandung kadar Mn^{2+} melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu lebih dari 0,5 mg/l untuk air bersih dan 0,1 mg/l untuk air minum.

4.1.3. Analisis Mikrobiologi Terhadap Sumber Air

Penelitian pendahuluan untuk menentukan sumber air yang terpilih yaitu dengan menentukan jumlah mikroorganisme dengan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*). Hasil analisis mikrobiologi pada sumber air dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Jumlah Mikroorganisme Pada Sumber Air

Sumber Air	Σ Mikroorganisme (sel/ml)	Σ Coliform (sel/ml)
Kawasan Industri Cimareme	583000	0
Kawasan Persawahan Rancaekek	4280	0
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	8840	0

Berdasarkan hasil penelitian terhadap jumlah mikroorganisme didapatkan bahwa, sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki jumlah mikroorganisme sebanyak $5,83 \times 10^5$ sel/ml, sumber air dari kawasan Persawahan Rancaekek memiliki jumlah mikroorganisme sebanyak $4,28 \times 10^3$ sel/ml, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki jumlah mikroorganisme sebesar $8,84 \times 10^3$ sel/ml. Sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki jumlah mikroorganisme tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

Berdasarkan tabel di atas sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki jumlah mikroorganisme lebih banyak dibandingkan kawasan yang lain, hal ini diduga banyaknya industri daerah tersebut mempengaruhi jumlah mikroorganisme.

Standar kualitas air bersih dan air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tanggal 27 Mei 2010, jumlah mikroorganisme maksimum yang diperbolehkan adalah $1,0 \times 10^2$ sel/ml dan jumlah koliform maksimum 0 sel/ml. Berdasarkan tabel 5, didapatkan hasil bahwa Kawasan Industri Cimareme, Kawasan Persawahan Rancaekek, dan Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot mengandung mikroorganisme melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan yaitu lebih dari $1,0 \times 10^2$ sel/ml untuk air bersih dan air minum.

4.2. Penelitian Utama

Penelitian utama yakni penelitian lanjutan dari penelitian pendahuluan yang dilakukan untuk mendapatkan jenis adsorben terbaik dan waktu kontak terbaik

dalam mengikat Mg^{2+} dan Mn^{2+} pada sumber air terpilih. Penelitian utama ini terdiri dari proses adsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam sumber air yang terpilih dari penelitian pendahuluan menggunakan adsorben arang aktif, bentonit dan zeolit.



Gambar 12. Proses Adsorpsi Arang Aktif, Bentonit, dan Zeolit
(baca : dari kiri ke kanan)



Gambar 13. Air Hasil Proses Adsorpsi Masing-masing Adsorben Arang Aktif 10, 20, 30 Menit; Zeolit 10, 20, 30 Menit; Bentonit 10, 20, 30 Menit
(baca : dari kiri ke kanan)

4.2.1. Respon Kimia

4.2.1.1. Kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam Air

Kandungan ion magnesium (Mg^{2+}) yang tinggi merupakan penyebab air bersifat sadah. Air dengan kesadahan yang tinggi dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan tubuh maupun lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan berbagai macam cara untuk mengurangi kesadahan dalam air yang sering disebut dengan pelunakan air. Salah satu cara penulakan air yaitu dengan proses adsorpsi.

Kandungan ion mangan (Mn^{2+}) dalam air sangat tidak diperbolehkan karena dapat berbahaya bagi tubuh apabila dikonsumsi secara terus menerus. Kandungan mangan dalam air dapat menyebabkan air berwarna kemerahan, kuning dan kehitaman, memberi rasa tidak enak pada minuman, menimbulkan noda dalam cucian serta bila teroksidasi akan menimbulkan endapan pada jaringan pipa. Sehingga kandungan mangan dalam air harus diperhatikan. Salah satu cara untuk menurunkan kadar mangan dalam air adalah dengan menggunakan adsorpsi.

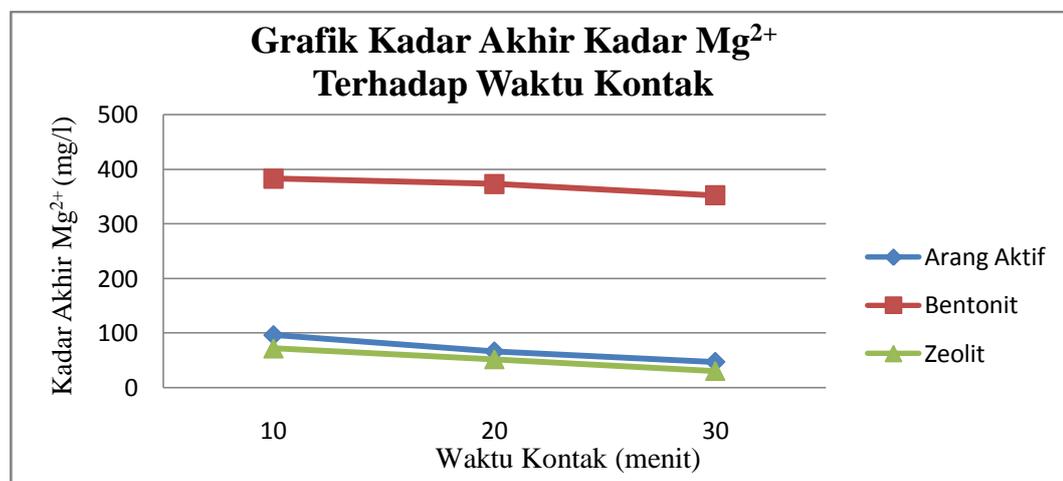
Adsorpsi merupakan suatu fenomena yang berkaitan erat dengan permukaan dimana terlibat interaksi antara molekul-molekul cairan atau gas dengan molekul padatan. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul yang menutupi permukaan tersebut. Molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben (Permana, 2014).

Hasil analisis kadar Mg^{2+} dalam air dari kawasan Industri Cimareme setelah mengalami perlakuan adsorpsi dengan menggunakan adsorben arang aktif, bentonit, dan zeolit dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit serta persentase

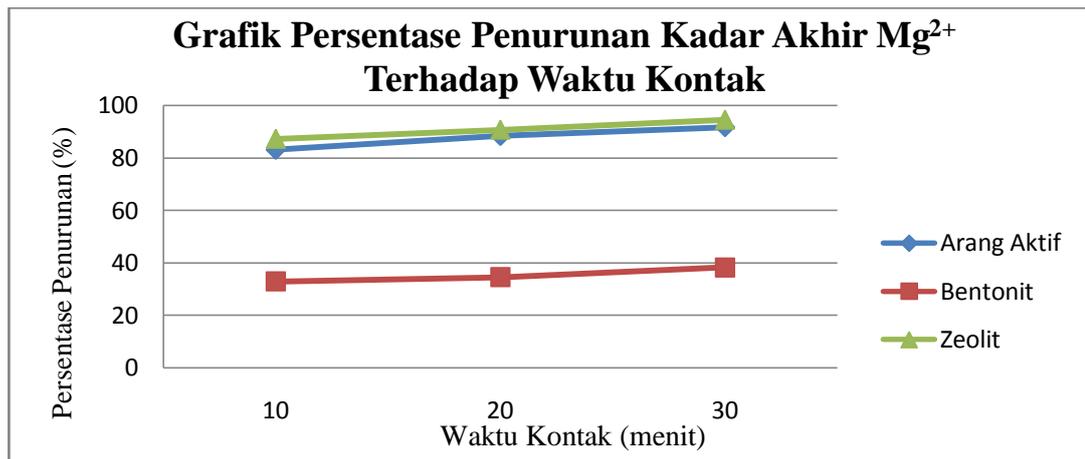
penurunan dari masing-masing adsorben dapat dilihat pada tabel 8 dengan kadar Mg^{2+} awal sebesar 571,2mg/l.

Tabel 8. Hasil Analisis Kadar Mg^{2+} Setelah Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Mg^{2+} Awal (mg/l)	Kadar Mg^{2+} Akhir (mg/l)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	571,2	96	83,19
	20	571,2	66	88,44
	30	571,2	46,8	91,81
Bentonit	10	571,2	382,8	32,98
	20	571,2	373,2	34,66
	30	571,2	352,2	38,34
Zeolit	10	571,2	72	87,39
	20	571,2	52,2	90,86
	30	571,2	30,6	94,64



Gambar 14. Grafik Kadar Akhir Mg^{2+} Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben

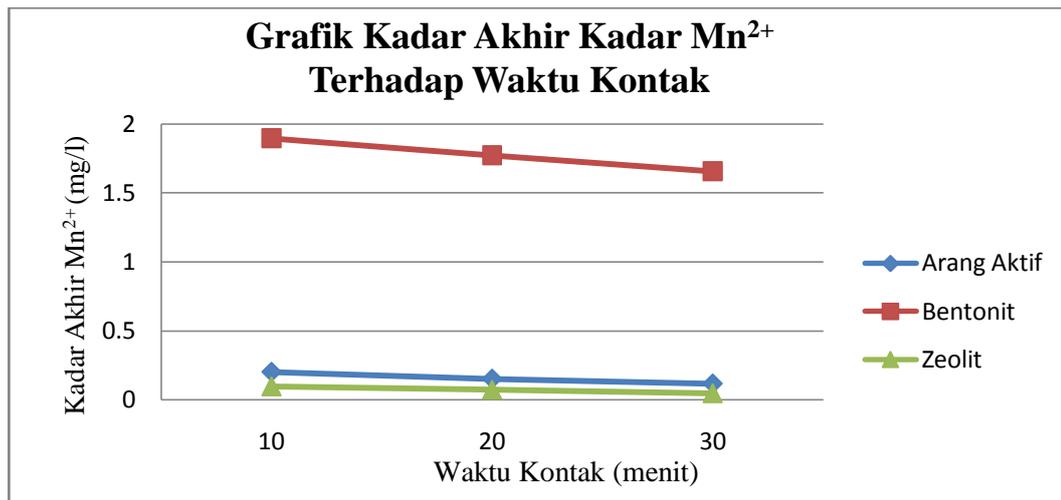


Gambar 15. Grafik Persentase Penurunan Kadar Akhir Mg^{2+} Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben

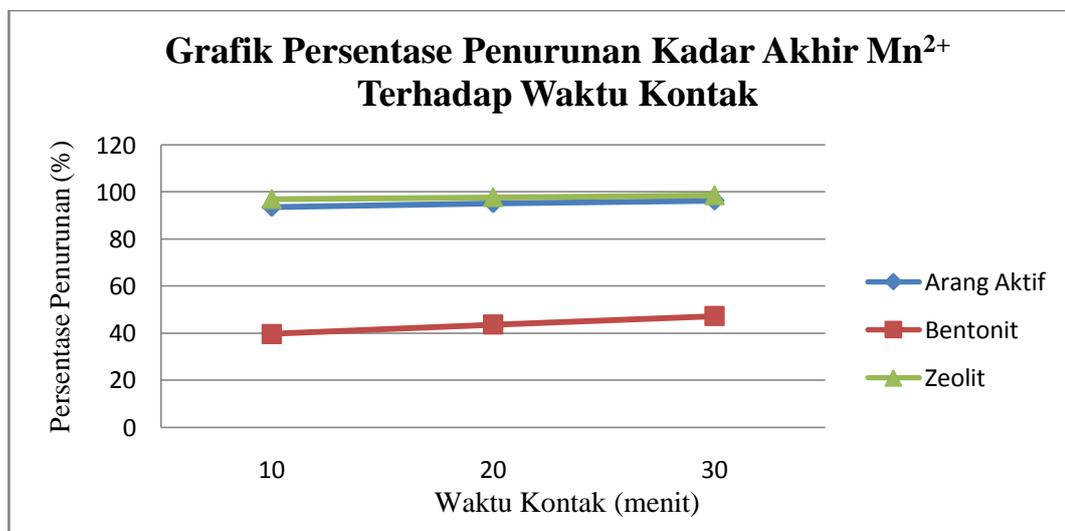
Hasil analisis kadar Mn^{2+} dalam air dari kawasan Industri Cimareme setelah mengalami perlakuan adsorpsi dengan menggunakan adsorben arang aktif, bentonit, dan zeolit dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit serta persentase penurunan dari masing-masing adsorben dapat dilihat pada tabel 9 dengan kadar Mn^{2+} awal sebesar 3,14 mg/l.

Tabel 9. Hasil Analisis Kadar Mn^{2+} Setelah Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Mn^{2+} Awal (mg/l)	Kadar Mn^{2+} Akhir (mg/l)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	3,14	0,2	93,63
	20	3,14	0,15	95,22
	30	3,14	0,115	96,34
Bentonit	10	3,14	1,895	39,65
	20	3,14	1,77	43,63
	30	3,14	1,655	47,29
Zeolit	10	3,14	0,095	96,97
	20	3,14	0,07	97,77
	30	3,14	0,045	98,57



Gambar 16. Grafik Kadar Akhir Mn^{2+} Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben



Gambar 17. Grafik Persentase Penurunan Kadar Akhir Mn^{2+} Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben

Berdasarkan gambar 14, 15, 16, dan 17 menunjukkan adanya korelasi antara waktu kontak terhadap kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} pada arang aktif, bentonit dan zeolit. Semakin lama waktu kontak air dengan adsorben maka semakin tinggi persentase penurunan Mg^{2+} dan Mn^{2+} , artinya semakin lama waktu kontak air dengan adsorben maka semakin banyak kandungan Mg^{2+} dan Mn^{2+} dalam air yang dijerap oleh adsorben. Menurut Masduqi (2004), semakin tebal adsorben semakin

besar kadar penurunan ion logam dan makin lama waktu kontak makin besar juga penurunan kadar logam. Selain itu semakin luas permukaan adsorben maka daya serap adsorben semakin besar sehingga kadar logam dalam air semakin kecil. Hal ini disebabkan adanya proses desorpsi, yaitu lepasnya ion logam yang sudah terikat pada gugus aktif adsorben.

Berdasarkan tabel 8 dan 9 menunjukkan bahwa waktu terbaik untuk mengadsorpsi Mg^{2+} dan Mn^{2+} adalah 10 menit, karena pada adsorben zeolit dengan waktu 10 menit dapat menurunkan kadar Mg^{2+} sebesar 87,39, sedangkan menurunkan kadar Mn^{2+} sebesar 96,97. Hal ini dapat mengefisiensi waktu, efisiensi merupakan penggunaan sumber daya secara minimum guna pencapaian hasil yang optimum.

Zeolit memiliki kemampuan yang lebih baik daripada karbon aktif dan bentonit terhadap ion Mg^{2+} dan Mn^{2+} . Hal ini dapat dilihat dari Persentase penurunan dimana zeolit dapat mengadsorpsi ion Mg^{2+} sebesar 87,39% dalam 10 menit, dalam 20 menit sebesar 90,86%, dan dalam 30 menit 94,64% dengan kadar awal Mg^{2+} sebesar 571,2 mg/l. Sedangkan efisiensi untuk ion Mn^{2+} , zeolit dapat mengadsorpsi sebesar 96,97% dalam waktu 10 menit, 97,77% dalam waktu 20 menit, dan 98,57% dalam waktu 30 menit dengan kadar awal Mn^{2+} sebesar 3,14 mg/l.

Mekanisme kerja besar yang terjadi pada media zeolit adalah pertukaran ion. Penghilangan Fe, Mn, kesadahan dengan pertukaran ion dilaksanakan dengan cara mengalirkan air baku yang mengandung parameter di atas melalui suatu media penukaran ion, sehingga parameter-parameter akan bereaksi dengan media

penukaran ionnya. Zeolit berfungsi sebagai katalis dan pada waktu yang bersamaan dapat mengoksidasi Fe, Mn, kesadahan yang larut dalam air dan menempel pada permukaan zeolitnya (Sabula, 2013).

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

Karena mempunyai struktur kristal dengan daya selektifitas yang tinggi maka zeolit dapat berfungsi sebagai penukar ion. Selain itu zeolit juga mempunyai rongga-rongga dan saluran yang spesifik di dalam struktur kristalnya, sehingga zeolit juga dapat berfungsi sebagai pengadsorpsi

Jika zeolit dalam keadaan jenuh, zeolit dapat diaktifkan kembali atau di regenerasi dengan cara mengalirkan larutan garam dapur (NaCl 10 – 25%) ke dalam kolom zeolit yang telah jenuh tersebut. Pada proses regenerasi ini akan terjadi pertukaran ion Na dari dalam larutan air garam, masuk ke dalam zeolit untuk menggantikan ion kalsium atau magnesium dari dalam zeolit (Marsidi, 2001).

Arang aktif memiliki efisiensi adsorpsi yang cukup tinggi terhadap kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} . Hal ini dapat dilihat dari Persentase penurunan dimana arang aktif dapat mengadsorpsi ion Mg^{2+} sebesar 88,65% dalam 10 menit, dalam 20 menit sebesar 93,28%, dan dalam 30 menit 96,01% dengan kadar awal Mg^{2+} sebesar

571,2 mg/l. Sedangkan efisiensi untuk ion Mn^{2+} , arang aktif dapat mengadsorpsi sebesar 93,63% dalam waktu 10 menit, 95,22% dalam waktu 20 menit, dan 96,34% dalam waktu 30 menit dengan kadar awal Mn^{2+} sebesar 3,14 mg/l.

Arang aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian arang aktif mempunyai daya serap yang dapat menghilangkan partikel-partikel dalam air dan menurunkan tingkat kesadahan. Arang aktif sangat efektif dalam menyerap zat terlarut dalam air baik organik maupun anorganik karena mempunyai luas permukaan yang sangat luas. Arang aktif tempurung kelapa mempunyai daya serap jauh lebih besar daripada arang aktif jenis yang lain. Cara mengaktifkan karbon adalah pemanasan, memakai gas pengoksidasi seperti udara *steam* atau CO_2 dan karbonasi bahan baku dengan memakai *chemical agent*, seperti seng klorida atau *phosphoric acid* (Kurniawan, 2009).

Arang tempurung kelapa berperan sebagai adsorben akan menyerap logam-logam berat dengan penyerapan ion-ion bebas yang ada pada air termasuk mangan dan magnesium sehingga arang tempurung sering digunakan sebagai arang atau karbon aktif. Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta mempunyai kemampuan daya serap (adsorpsi) yang baik. Karbon aktif digunakan sebagai bahan pemucat (penghilang zat warna), penyerap gas, penyerap logam, dsb (Kurniawan, 2009).

Arang tempurung kelapa mengandung karbon yang kemudian berperan sebagai adsorben yang akan menyerap logam-logam berat dengan penyerapan ion-ion bebas yang ada di air termasuk mangan dan magnesium. Proses kerja

penyerapan (adsorpsi) yaitu penyerapan ion-ion bebas di dalam air yang dilakukan oleh adsorben. Arang tempurung kelapa mengandung kadar air, bahan mudah menguap, kadar abu dan karbon. Kandungan karbonnya lebih tinggi dibanding dengan kandungan lainnya. Karbon dapat diperoleh dalam berbagai bentuk yang dikenal dengan nama karbon amorf. Bila batu bara, kayu dan bahan organik lainnya dipanaskan tanpa udara berbagai zat yang menguap mudah dikeluarkan meninggalkan residu dengan karbon yang tinggi. Karena tingginya luas permukaan terhadap volume maka karbon aktif menunjukkan sifat yang kuat terutama kemampuan untuk mengadsorpsi. Adsorpsi merupakan fenomena fisika yang sangat tergantung pada luas permukaan dan volume pori. Struktur pori itu menyebabkan ukuran molekul yang diadsorpsi itu terbatas, sedangkan bila ukuran partikelnya tidak menjadi masalah kuantitas bahan yang diserap dibatasi oleh luas permukaan adsorben (Kurniawan, 2009).

Kelemahan dari penggunaan adsorben arang aktif yaitu tidak dapat langsung digunakan karena akan menghasilkan air yang berwarna hitam pekat, sehingga arang aktif terlebih dahulu harus dibilas untuk mengurangi warna yang dihasilkan dari debu arang aktif. Pembilasan harus dilakukan berulang-ulang dan menggunakan *aquadest* karena jika menggunakan air kran atau air mineral, dikhawatirkan arang aktif akan jenuh terlebih dahulu sebelum proses adsorpsi karena arang aktif sudah mengikat mineral-mineral pada saat pembilasan.

Bentonit memiliki persentase penurunan paling rendah diantara arang aktif dan bentonit terhadap kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} . Hal ini dapat dilihat dari Persentase penurunan dimana bentonit dapat mengadsorpsi ion Mg^{2+} sebesar 45,17% dalam

10 menit, dalam 20 menit sebesar 50,21%, dan dalam 30 menit 54,20% dengan kadar awal Mg^{2+} sebesar 571,2 mg/l. Sedangkan efisiensi untuk ion Mn^{2+} , bentonit dapat mengadsorpsi sebesar 39,65% dalam waktu 10 menit, 43,63% dalam waktu 20 menit, dan 47,29% dalam waktu 30 menit dengan kadar awal Mn^{2+} sebesar 3,14 mg/l.

Bentonit merupakan sejenis tanah liat atau lempung yang terdiri dari SiO_2 dan Al_2O_3 yang merupakan penyusun utama, serta senyawa-senyawa lain seperti CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan K_2O yang mengandung air dan terikat secara kimia. Pada keadaan normal ruang-ruang kosong kristal bentonit terisi penuh oleh molekul air akibat proses hidrasi udara sekitar. Apabila molekul air tersebut terurai kemudian air meninggalkan rongga, maka akan memberikan efek luas permukaan yang spesifik dari bentonit sehingga membangun sifat mampu menyerap terutama terhadap molekul yang berukuran lebih kecil dari ukuran rongga. Karena hal tersebut, bentonit dikatakan mempunyai daya saring molekuler (Sari, 2012).

Sifat daya jerap yang terdapat dalam bentonit terjadi karena adanya ruang pori-pori antar ikatan mineral lempung serta ketidakseimbangan antar muatan listrik dalam ion-ionnya. Daya serap tersebut umumnya berada pada ujung permukaan kristal serta diameter ikatan mineral lempung. Hal ini disebabkan bentonit sebagai bahan penyerap dalam berbagai keperluan baik dalam bentuk basah (suspensi) maupun dalam bentuk kering (serbuk). Luas permukaan bentonit dinyatakan dalam jumlah luas permukaan kristal atau butir kristal bentonit yang berbentuk tepung setiap gram berat (m^2/gram). Semakin besar luas permukaan

maka semakin besar pula zat-zat yang terbawa atau melekat pada bentonit (Pratiwi, 2011).

Berdasarkan gambar 13 di atas menunjukkan bahwa hasil adsorpsi dengan bentonit menghasilkan warna air yang lebih bening diantara adsorben arang aktif dan zeolit. Hal ini disebabkan karena bentonit mempunyai bentuk yang berpori atau berongga yang berfungsi menyerap kotoran dan warna. Akan tetapi jika bentonit yang ditambahkan terlalu banyak maka akan terjadi pemakaian bentonit yang percuma karena air yang dihasilkan hampir sama tingkat kejernihannya dengan penggunaan bentonit yang tidak terlalu banyak. Penggunaan bentonit yang terlalu banyak justru akan menyebabkan: 1) Timbulnya kesulitan dalam penyaringan, sebab bentonit sangat sukar untuk diendapkan dan untuk pengendapannya diperlukan waktu yang cukup lama, 2) menimbulkan masalah pencemaran yang disebabkan oleh limbah padat buangan bentonit bekas adsorben.

Aplikasi dalam bidang pangan untuk penelitian ini yaitu dapat digunakan untuk industri pangan dalam proses *water treatment* yaitu untuk menghilangkan kesadahan dalam air sehingga dapat mengurangi proses korosi terhadap pipa yang digunakan dalam proses produksi. Manfaat lain yang bisa diambil dalam penelitian ini yaitu dapat digunakan untuk industri pengolahan air minum, yaitu dapat mengurangi kandungan-kandungan mineral yang berlebih dalam air sehingga dapat memenuhi syarat standar yang berlaku dan dapat dikonsumsi.

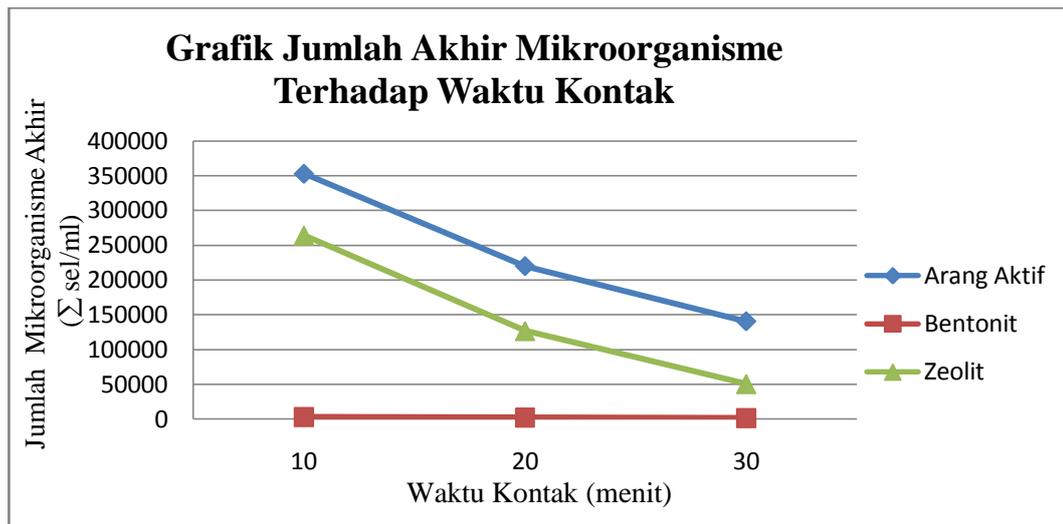
4.2.2. Respon Mikrobiologi

Jumlah mikroorganisme merupakan salah satu parameter utama kualitas air. Air merupakan media tumbuh mikroorganisme, salah satunya adalah mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan.

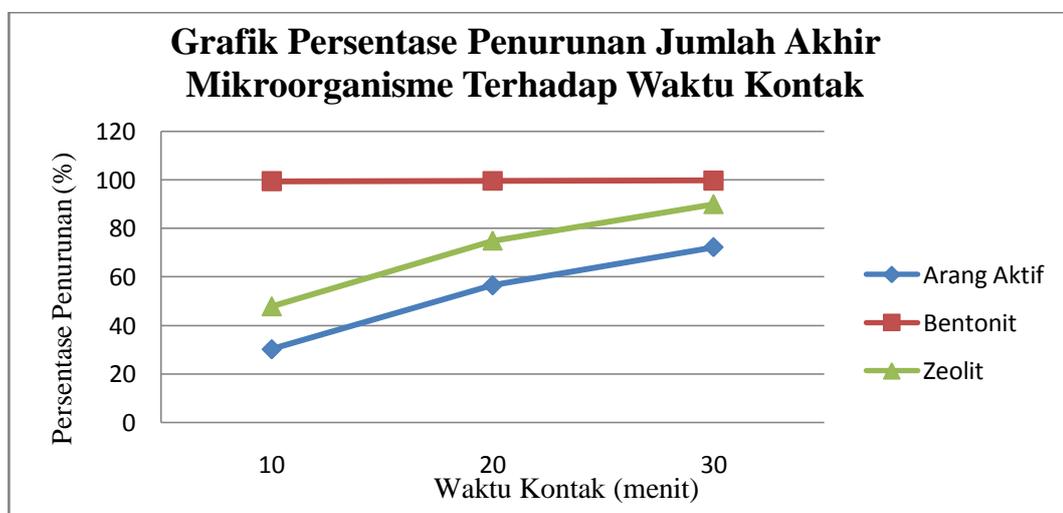
Hasil analisis jumlah mikroorganisme dalam air setelah mengalami perlakuan adsorpsi dengan menggunakan adsorben arang aktif, bentonit, dan zeolit dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit serta Persentase penurunan dari masing-masing adsorben dapat dilihat pada tabel 10 dengan jumlah mikroorganisme awal sebesar $5,06 \times 10^5$ sel/ml.

Tabel 10. Hasil Analisis Jumlah Mikroorganisme Setelah Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Σ Mikroorganisme Awal (sel/ml)	Σ Mikroorganisme Akhir (sel/ml)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	506000	353000	30,24
	20	506000	220000	56,52
	30	506000	140500	72,23
Bentonit	10	506000	3315	99,34
	20	506000	2615	99,48
	30	506000	1720	99,66
Zeolit	10	506000	264000	47,83
	20	506000	127000	74,90
	30	506000	50835	89,95



Gambar 18. Grafik Jumlah Akhir Mikroorganisme Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben



Gambar 19. Grafik Persentase Penurunan Jumlah Akhir Mikroorganisme Terhadap Waktu Kontak Masing-masing Adsorben

Berdasarkan grafik 18 dan 19 menunjukkan bahwa adanya penurunan jumlah mikroorganisme secara signifikan setelah adanya perlakuan adsorpsi dengan menggunakan arang aktif, bentonit dan zeolit.

Zeolit bersifat sebagai adsorben dan penyaring molekul, hal ini dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran

rongganya. Struktur berongga tersebut merupakan akibat perbedaan dari besarnya diameter ruang di antara beberapa mineral. Dengan demikian, luas permukaan kristal zeolit yang besar dapat melekatkan mikroorganisme seperti bakteri (Yanuarta, 2012).

Pori-pori zeolit yang besar menyebabkan spesi yang besar dapat ditampung di pori-pori tersebut, salah satunya dapat berupa sel hidup seperti bakteri. Bakteri berukuran cukup besar, dengan dimensi 1 μm atau lebih, sehingga tidak muat di pori yang kecil. Bakteri membentuk koloni pada material tidak berpori, maka tambahan luas permukaan yang terjadi akibat adanya pori-pori pada zeolit dapat menampung dan membantu perkembangan populasi yang lebih besar. Beberapa bakteri yang dapat teradsorpsi oleh pori-pori zeolit di antaranya yaitu *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Corynebacterium*, *Arthrobacterium*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Methylosinus*, *Methylococcus*, *Methylobacter* dan *Actinomycetes*. Mikroorganisme lainnya termasuk fungi, ragi, alga, ataupun protozoa (Yanuarta, 2012).

Berdasarkan grafik 18 dan 19 menunjukkan bahwa adsorben bentonit secara signifikan dapat menurunkan jumlah mikroorganisme. Penurunan jumlah mikroorganisme diduga *monmorilonit* yang menyusun sebagian besar bentonit termasuk kelompok mineral *smektit* yang memiliki struktur koloidal dengan ukuran partikel sangat kecil sehingga untuk mengidentifikasinya hanya dapat dilakukan dengan analisis difraksi sinar X. Sehingga bakteri akan terperangkap dalam pori bentonit (Aprianto, 2010).

Bentonit mengalami pengembangan karena adanya penggantian *isomorphous* dalam lapisan oktahedral (Mg dan Al) melengkapi suatu kelebihan muatan di ujung kisi. Gaya elektrostatik mengikat lapisan-lapisan permukaan pada pusat unit kristal. Gaya ini sangat kuat untuk mengadakan pertukaran ion dipermukaan unit tetapi tidak menyebabkan unit tersebut saling merapat. Oleh karenanya memungkinkan air untuk masuk keruang diantara lapisan tersebut dimana lapisan-lapisan itu akan memperbesar pemisahan antara unit. Dengan adanya pengembangan, jarak antara unit makin melebar dan kepingannya menjadi serpihan dalam air serta mempunyai permukaan luas dalam zatpensusensi.

V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Kesimpulan dan (2) Saran.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya korelasi antara jenis adsorben dengan waktu kontak (10, 20, 30 menit) terhadap penurunan kadar Mg^{2+} dan Mn^{2+} , yaitu semakin lama waktu kontak air dengan adsorben maka semakin banyak ion Mg^{2+} dan Mn^{2+} yang di adsorpsi.
2. Berdasarkan hasil penelitian utama terhadap kadar Mg^{2+} didapatkan bahwa, persentase penurunan Mg^{2+} pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 83,19%. Persentase penurunan Mg^{2+} pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 32,98%, dan persentase penurunan Mg^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 87,39%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben terbaik untuk mengadsorpsi Mg^{2+} adalah zeolit.
3. Berdasarkan hasil penelitian utama terhadap kadar Mn^{2+} didapatkan bahwa, persentase penurunan Mn^{2+} pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 93,63%. Persentase penurunan Mn^{2+} pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 39,65, dan persentase penurunan Mn^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 96,97. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben terbaik untuk mengadsorpsi Mn^{2+} adalah zeolit.
4. Berdasarkan hasil penelitian utama terhadap kadar mikroorganisme didapatkan bahwa, persentase penurunan mikrrorganisme pada arang aktif

dengan waktu kontak 10 menit sebesar 30,24%. Persentase penurunan mikroorganisme pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 99,34%, dan persentase penurunan mikroorganisme pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 47,83%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben terbaik untuk mengurangi jumlah mikroorganisme adalah bentonit.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disarankan sebagai berikut:

1. Penelitian lebih lanjut diperlukan variasi waktu kontak yang lebih lama dan banyaknya adsorben yang digunakan untuk mengetahui batas kemampuan adsorpsi masing-masing adsorben.
2. Menggunakan macam-macam adsorben atau menggunakan 2 adsorben dalam 1 kolom.
3. Galon sebagai tempat penampung adsorben dan air lebih baik menggunakan kaca hal ini bertujuan untuk tidak terjadi kontaminasi antara ion-ion dalam air dengan galon, selain itu kaca dapat digunakan secara berulang.
4. Bagi masyarakat umum dapat mengupayakan kualitas air secara fisik dan kimia dengan menggunakan adsorben yang berasal dari zeolit atau arang aktif tempurung kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. **Kimia Lingkungan**. Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Achmad. 2004. **Pengaruh Karbon Aktif Kulit Singkong Terhadap Penurunan Kadar Besi dan Mangan Dalam Air**. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Admin. 2013. **Indikator (Tanda) Air Tanah Yang Tercemar**. <http://Indikator.tanda.Air.Tanah.Yang.Tercemar-filter.penyaring.air.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Alimanoy, M. 2014. **Studi Penjernihan Minyak Goreng Bekas dengan Metode Penjerapan Menggunakan Bentonit dan Zeolit**. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Aprianto, S., Tama, A. 2010. **Analisa Deformasi Tanah Lempung Bentonit**. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Atikah, S. 2012. **Penghilangan Warna Zat Warna A20 (Remazol Red R6B) dengan Memanfaatkan Potensi Zeolit dalam Pengolahan Limbah Tekstil**. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Andi, S. 2008. **Adsorpsi dan Adsorben**. Universitas Lampung, Lampung.
- Basri, H. 2011. **Pembuatan Arang Batok Kelapa Secara Sederhana**. <http://a289431artikel.blogspot.com/2012/07/pembuatan-arang-batok-kelapa-secara.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Chandra. 2007. **Pengaruh Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali**. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Darmayanto. 2009. **Penggunaan Serbuk Tulang Ayam Sebagai Penurun Intensitas Warna Air Gambut**. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hardini, I. 2007. **Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Mangan Zeolit dan Karbon Aktif: Studi Kasus Air Sumur Gali Permukiman Desa Banjar Po Sidoarjo**. Institut Teknologi Sepuluh November , Surabaya.
- Hartini, E. 2012. **Jurnal Kesehatan Masyarakat**. Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- Hidayat, A. 2011. **Makalah Kimia Penjernih Air**. <http://tscumum2011.blogspot.com/2012/05/normal-0-false-false-false-en-us-x-none.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Hidayanti, D. 2009. **Macam-macam Sumber Pencemaran Air**. http://id.wordpress.com/?ref=footer_website.htm. Di akses : 6 September 2014.

- Isnaini, S. 2013. **Alat Sederhana Penjernih Air**. <http://showroom-cetak.blogspot.com/2013/11/alat-sederhana-penjernih-air.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Kadariusman, A. 1999. **Manajemen Teknologi dan Pengembangan Model Manajemen Kualitas Sumber Air Minum Sumur Penduduk (Kasus Desa Canguang Wetan Daerah Aliran Sungai Citarum, Dayeuh Kolot Bandung)**. Universitas Padjajaran, Bandung.
- Kurnia. 2013. **Gambar Zeolite dan Bentonit**. <http://zeolitecikembar.blogspot.com/p/product.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Kurniwan, P., Ristiana, N. 2009. **Keefektifan Ketebalam Kombinasi Zeolit dengan Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur di Karangtengan Weru Kabupaten Sukoharjo**. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Lina, C. **Pengertian Adsorpsi dan Adsorben**. <http://carolinapanggabea.Adsorben.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Lestari, M, A. **Analisis Kesadahan Air Drngan Metode Titrasi Kompleksomerti**. <http://analisis-kesadahan-air-dengan-metode-kompleksometri.html>. Di akses : 6 September 2014.
- Marsidi, R. 2010. **Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air**. Pusat Pengkajian dan Pererapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Nurhayati, H. 2010. **Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu**. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Marsidi, R. 2001. **Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air**. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.
- Masduqi, A., Poerwadio, D. 2004. **Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu**. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Permana, Kresna. 2014. **Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Asam Humat dalam Air Gambut dengan Aktivator Asam Fosfat**. Universitas Padjajaran, Jatinangor.
- Pratiwi, D. 2011. **Daya Jerap Adsorben Bentonit Terhadap Limbah Cair**. <http://chemistry-is-easy.html>. Di akses : 8 Maret 2015.
- Rahayu, T. 2004. **Karakteristik Air Sumur Dangkal Di Wilayah Kartasura Dan Upaya Penjernihannya**. Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Rafiqah, C., Sari, A., Sulistiawati, E. 2012. **Dekolorisasi Crude Rice Bran Oil Menggunakan Bentonit**. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Sabula, M., Fiawan, J., Herman, R. Mahubessy, D, R. 2013. **Perbandingan Arang Tempurung Kelapa Dengan Zeolit Alami Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Air Sumur Gali**. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan, Makasar.

- Sari, A., Sulistiawati, E. 2012. **Dekolorisasi *Crude Rice Bran Oil* Menggunakan Bentonit**. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Sudarmono, H. 2010. **Penentuan Setting Level Optimal Media Penjernih Air Terhadap Tingkat Kekeruhan dan Kandungan Fe Dengan Metode Full Factorial dan Principal Component Analysis**. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suhana, A. 2003. **Membuat Alat Penjernih Air**. Pustaka Pembangunan Swadaya Nusa, Jakarta.
- Sulistiawati, E., Sari, A., Chaniago, H, R. 2008. **Dekolorisasi *Crude Rice Bran Oil* Menggunakan Bentonit**. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Sum, T. 2012. **Kebun Binatang adalah Filter Lingkungan**. <http://m.kompasiana.com/post/read/463995/1/kebun-binatang-adalah-filter-lingkungan.htm>. Di akses : 6 September 2014.
- Suripin, M. 2004. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Andi, Yogyakarta.
- Wardhana, A, W. 2004. **Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)**. Andi, Yogyakarta.
- Yanuar, K. 2012. **Signifikansi Penggunaan Zeolit Alam pada Proses Ozonisasi untuk Disinfeksi Hama Bakteri *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* pada Tanaman Padi**. Universitas Indonesia, Jakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN I PROSEDUR ANALISIS

1. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Mangan

1.1. Analisis Kualitatif (Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2002)

- a. Masukkan 2 mL air contoh kedalam tabung reaksi
- b. Tambahkan 2–3 tetes H_2SO_4 N
- c. Tambahkan sedikit KIO_4 padat (bubuk), kemudian panaskan
- d. Jika warna air berubah menjadi violet maka air contoh uji mengandung Mangan.

1.2. Analisis Kuantitatif dengan Spektrofotometri Serapan Atom (AOAC2010)

Metode dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dilakukan terlebih dahulu mengambil 1 ml sampel air lau dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan di tambahkan larutan nitrat 1 ml, kemudian dimasukkan ke dalam alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 279,5 nm.



2. Analisis Jumlah Mikroba dengan TPC (*Total Plate Count*) (AOAC 1995)

1. Sampel (air) di pipet sebanyak 1 ml, kemudian dimasukkan ke dalam air steril ke-1, kemudian dikocok sampai rata, lakukan secara aseptis.
2. Dipipet 1 mL dari air steril ke-1, kemudian dimasukkan ke dalam air steril ke-2, dan dikocok sampai rata, lakukan secara aseptis.
3. Dipipet 1 mL dari air steril ke-2 kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri 10^{-1} , dan dipipet 1 mL dari air steril ke-2 juga kemudian dimasukkan ke dalam air steril ke-3 dan dikocok sampai rata, lakukan secara aseptis.
4. Dipipet 1 mL dari air steril ke-3 kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri 10^{-2} , dan dipipet 1 mL dari air steril ke-3 juga kemudian dimasukkan ke dalam air steril ke-4 dan dikocok sampai rata, lakukan secara aseptis.
5. Dipipet 1 mL dari air steril ke-4 kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri 10^{-3} , lakukan secara aseptis.
6. Dimasukkan NA (*Nutrient Agar*) ke dalam cawan petri 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} sebanyak 9 mL, diaduk hingga rata diatas meja seperti angka 8, setelah itu didiamkan hingga NA (*Nutrient Agar*) tersebut mengeras, lakukan secara aseptis.
7. Disimpan ke-3 cawan petri tersebut ke dalam inkubator 37°C selama 24-48 jam.

Syarat :

- 1) Jika Σ koloni ≤ 30 , ambil yang paling pekat
- 2) Jika $30 < \Sigma$ koloni < 300 maka gunakan rumus :

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

Jika $A \leq 2$, ambil rata-rata

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

- 3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

3. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Magnesium

3.1. Analisis Kualitatif (Balai Penelitian Tanaman Sayuran, 2001)

- a. Memasukkan 2 mL air contoh uji dalam tabung reaksi.
- b. Menambahkan 5 tetes magneson akan timbul warna merah.
- c. Menambahkan 5 tetes NaOH 10% warna merah akan berubah menjadi biru ungu.
- d. Mendidihkan sebentar kemudian mendinginkannya.
- e. Jika timbul endapan biru yang terpisah menunjukkan adanya ion Mg^{2+}

3.2. Analisis Kuantitatif dengan Kompleksometri (AOAC, 2005)

- a. Pembuatan Larutan Baku $ZnSO_4$ 0,01 M : timbang $ZnSO_4$ sebanyak 0,287 gram. Kemudian dilarutkan dengan aquadest dalam labu takar 100 ml sampai homogen.
- b. Pembakuan Na-EDTA 0,05 M : 10 ml $ZnSO_4$ di pipet dengan teliti, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml ditambahkan dengan 5 ml dapar salmiak, 50 ml EBT (Eriochrome Black T) dan aquadest. Setelah itu di titrasi dengan larutan Na-EDTA titik akhir titrasimerah ke ungu.
- c. Penentuan Konsentrasi Sampel : 10 ml sampel di pipet dengan teliti, kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan dengan 5 ml dapar salmiak, 50 ml EBT (Eriochrome Black T) dan aquadest. Setelah itu di titrasi dengan larutan Na-EDTA titik akhir titrasimerah ke ungu.

Cara pembuatan dapar salmiak adalah dengan melarutkan 67,5 g NH_4Cl dalam 650 ml NH_4OH , diencerkan dengan *aquadest* hingga 1000 ml.

Fungsi dari dapar salmiak sebagai larutan *buffer* atau larutan penyangga. Dapar salmiak digunakan untuk mensuasanakan larutan pada range 8 – 11,

bertujuan agar pH larutan stabil dan tidak berubah yang dapat menyebabkan titrasi tidak berjalan dengan efisien dan untuk mempercepat suatu reaksi pengomplekan.

LAMPIRAN II
DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

Daftar persyaratan kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan
RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tanggal 27 Mei 2010.

No .	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
	A. FISIKA			
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1.000	
3.	Kekeruhan	Skala NTU	5	
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu udara ($\pm 3^{\circ}\text{C}$)	
6.	Warna	Skala TCU	15	
	B. Kimia			
	a. Kimia Anorganik			
1.	Air Raksa	mg/l	0,001	
2.	Alumunium	mg/l	0,2	
3.	Arsen	mg/l	0,05	
4.	Barium	mg/l	1,0	
5.	Besi		0,03	
6.	Flourida	mg/l	1,5	
7.	Kadmium	mg/l	0,005	
8.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	
9.	Klorida	mg/l	250	
10.	Kromium, valensi 6	mg/l	0,05	
11.	Mangan	mg/l	0,1	
12.	Natrium	mg/l	200	
13.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	
14.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1,0	Merupakan batas minimum dan maksimum. Khusus air hujan, pH minimum 5,5
15.	Perak	mg/l	0,05	

16.	pH		6,5 – 9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum
17.	Selenium	mg/l	0,01	
18.	Seng	mg/l	5,0	
19.	Sianida	mg/l	0,1	
20.	Sulfat	mg/l	400	
21.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,05	
22.	Tembaga	mg/l	1,0	
23.	Timbal	mg/l	0,05	
	b. Kimia Organik			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/l	0,0007	
2.	Benzene	mg/l	0,01	
3.	Benzo(a)pyrene	mg/l	0,00001	
4.	Chlordane (total isomer)	mg/l	0,003	
5.	Chloroform	mg/l	0,03	
6.	2,4-D	mg/l	0,10	
7.	DDT	mg/l	0,03	
8.	Detergen	mg/l	0,5	
9.	1,2 Dichloroethane	mg/l	0,01	
10.	1,1 Dichloroethane	mg/l	0,0003	
11.	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/l	0,003	
15.	Penthachlorphenol	mg/l	0,01	
16.	Pestisida total	mg/l	0,10	
17.	2.4.6 trichlorophenol	mg/l	0,01	
18.	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10	
	C. Mikrobiologi			
1.	Koliform tinja	Jumlah per 100 ml	0	
2.	Total Koliform	Jumlah per 100 ml	0	

	D. Radioaktivitas			
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/l	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/l	1,0	

Keterangan :

Mg = milligram

Bq = bequerel

TCL = True Color Unit

ml = milliliter

l = liter

NTU = Nephelometric Turbidity Unit

Logam berat merupakan logam berat terlarut

LAMPIRAN III
DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

Daftar persyaratan kualitas air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan
RI No.492/Menkes/PER/IV/2010 Tanggal 27 Mei 2010.

No .	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
	A. FISIKA			
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1.500	
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu udara ($\pm 3^{\circ}\text{C}$)	
6.	Warna	Skala TCU	50	
	B. Kimia			
	a. Kimia Anorganik			
1.	Air Raksa	mg/l	0,001	
2.	Arsen	mg/l	0,05	
3.	Besi	mg/l	1,0	
4.	Flourida	mg/l	1,5	
5.	Kadmium	mg/l	0,005	
6.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	
7.	Klorida	mg/l	600	
8.	Kromium, valensi 6	mg/l	0,05	
9.	Mangan	mg/l	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	
11.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1,0	Merupakan batas minimum dan maksimum. Khusus air hujan, pH minimum 5,5
12.	pH		6,5 – 9,0	Merupakan batas minimum dan maksimum
13.	Selenium	mg/l	0,01	

14.	Seng	mg/l	15	
15.	Sianida	mg/l	0,1	
16.	Sulfat	mg/l	400	
17.	Timbal	mg/l	0,05	
	b. Kimia Organik			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/l	0,0007	
2.	Benzene	mg/l	0,01	
3.	Benzo(a)pyrene	mg/l	0,00001	
4.	Chlordane (total isomer)	mg/l	0,007	
5.	Chloroform	mg/l	0,03	
6.	2,4-D	mg/l	0,10	
7.	DDT	mg/l	0,03	
8.	Detergen	mg/l	0,5	
9.	1,2 Dichloroethane	mg/l	0,01	
10.	1,1 Dichloroethane	mg/l	0,0003	
11.	Heptachlor dan Heptachlor epoxide	mg/l	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/l	0,004	
15.	Penthachlorphenol	mg/l	0,10	
16.	Pestisida total	mg/l	0,01	
17.	2.4.6 trichlorophenol	mg/l	0,10	
18.	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	0,01	
	C. Mikrobiologi			
1.	Koliform tinja	Jumlah per 100 ml	50	Bukan air perpipaan
2.	Total Koliform	Jumlah per 100 ml	10	Air perpipaan
	D. Radioaktivitas			
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/l	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta	Bq/l	1,0	

	Activity)			
--	-----------	--	--	--

Keterangan :

Mg = milligram

Bq = bequerel

TCL = True Color Unit

ml = milliliter

l = liter

NTU = Nephelometric Turbidity Unit

LAMPIRAN IV PENELITIAN PENDAHULUAN

➤ Analisis Kimia

1. Kadar Mg^{2+}

Rumus :

$$\text{Kadar Mg} = \frac{1000 \times V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{Ar Mg}}{V_{\text{sampel}}}$$

Ar Mg = 24 g/mol

V sampel = 10 ml

Tabel Kadar Mg^{2+} pada Sumber Air

Sumber Air	V EDTA 0,05 M (ml)	Kadar Mg^{2+} (mg/l)
Kawasan Industri Cimareme	4,27	512,4
Kawasan Persawahan Rancaekek	0,55	66
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	2,6	312

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mg^{2+} didapatkan bahwa, sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 512,4 mg/l, sumber air dari kawasan Persawahan Rancaekek memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 66 mg/l, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki kadar Mg^{2+} sebesar 312 mg/l. Sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki kadar Mg^{2+} tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

2. Kadar Mn^{2+}

Panjang Gelombang Mn = 279,5

Tabel Kadar Mn^{2+} pada Sumber Air

Sumber Air	Kadar Mn^{2+} (mg/l)
Kawasan Industri Cimareme	3,03
Kawasan Persawahan Rancaekek	1,21
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	0,21

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mn^{2+} didapatkan bahwa, sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 3,03 mg/l, sumber air dari kawasan Persawahan Rancaekek memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 1,21 mg/l, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki kadar Mn^{2+} sebesar 0,21 mg/l. Sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki kadar Mn^{2+} tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

➤ Analisis Mikrobiologi

1. Total Plate Count

Sumber Air	Pengenceran		
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Kawasan Industri Cimareme	2487	1358	583
Kawasan Persawahan Rancaekek	428	230	48
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	884	168	66

$$\text{Rumus } \Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

Syarat :

- 1) Jika $\Sigma \text{ koloni} \leq 30$, ambil yang paling pekat
- 2) Jika $30 < \Sigma \text{ koloni} < 300$ maka gunakan rumus :

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

Jika $A \leq 2$, ambil rata-rata

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

- 3) Jika $\Sigma \text{ koloni} \geq 300$, ambil yang paling encer

Contoh perhitungan :

Sampel air kawasan Persawahan Rancaekek termasuk dalam syarat 2, maka

- 2) Jika $30 < \Sigma \text{ koloni} < 300$ maka gunakan rumus :

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{48 / 10^{-3}}{230 / 10^{-2}} = 2,09$$

$$230 / 10^{-2}$$

$$A = 2,09$$

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{428}{10^{-1}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 4280 \text{ sel/ml}$$

Sumber Air	Σ Mikroorganisme (sel/ml)
Kawasan Industri Cimareme	583000
Kawasan Persawahan Rancaekek	4280
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	8840

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap jumlah mikroorganisme didapatkan bahwa, sumber air dari kawasan Industri Cimareme memiliki jumlah mikroorganisme sebesar 583000 sel/ml, sumber air dari kawasan Persawahan Rancaekek memiliki jumlah mikroorganisme sebesar 4280 sel/ml, dan sumber air dari kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot memiliki jumlah mikroorganisme sebesar 8840 sel/ml.

2. *Escherechia coli*

Presumptive Test

a. Kawasan Industri Cimareme

Tabung	BCPG 10^0		BCPT 10^0		BCPT 10^{-1}		BCPT 10^{-2}	
	A	G	A	G	A	G	A	G
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ			0	0	0	0	0	0

(+) asam (A) = perubahan warna

(+) gas (G) = gelembung pada tabung durham

b. Kawasan Persawahan Rancaekek

Tabung	BCPG 10^0		BCPT 10^0		BCPT 10^{-1}		BCPT 10^{-2}	
	A	G	A	G	A	G	A	G
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ			0	0	0	0	0	0

(+) asam (A) = perubahan warna

(+) gas (G) = gelembung pada tabung durham

c. Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot

Tabung	BCPG 10 ⁰		BCPT 10 ⁰		BCPT 10 ⁻¹		BCPT 10 ⁻²	
	A	G	A	G	A	G	A	G
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ			0	0	0	0	0	0

(+) asam (A) = perubahan warna

(+) gas (G) = gelembung pada tabung durham

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil pengamatan, didapat bahwa sumber air dari kawasan Industri Cimareme, kawasan Persawahan Rancaekek, dan kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot tidak terdapat *Colliform* pada *Presumptive Test* sehingga tidak dilanjutkan ke *Confirmed Test* dan *Completed Test*.

Sumber Air	Σ Mikroorganisme (sel/ml)	Σ <i>Colliform</i> (sel/ml)
Kawasan Industri Cimareme	583000	0
Kawasan Persawahan Rancaekek	4280	0
Kawasan Pemukiman Dayeuh Kolot	8840	0

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil analisis mikroorganisme didapat bahwa sumber air yang terpilih untuk penelitian utama yaitu yang memiliki jumlah mikroorganisme tertinggi adalah sumber air dari kawasan Industri Cimareme.

**LAMPIRAN V
PENELITIAN UTAMA**

➤ Analisis Kimia

1. Kadar Mg^{2+}

Rumus :

$$\text{Kadar Mg} = \frac{1000 \times V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{Ar Mg}}{V_{\text{sampel}}}$$

Ar Mg = 24 g/mol

V sampel = 10 ml

Tabel Konsentrasi Awal Sampel

Sumber Air	V EDTA 0,05 M (ml)			Kadar Mg^{2+} (mg/l)
	1	2	3	
Kawasan Industri Cimareme	4,61	4,85	4,82	571,2

Tabel Hasil Analisis Kadar Mg^{2+} (Ulangan 1 dan Ulangan 2)

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	V EDTA 0,05 M (ml)		Kadar Mg^{2+} (mg/l)
		1	2	
Arang Aktif	10	1	0,6	96
	20	0,65	0,45	66
	30	0,45	0,33	46,8
Bentonit	10	3,25	3,13	382,8
	20	3,2	3,02	373,2
	30	3,07	2,8	352,2
Zeolit	10	0,7	0,5	72
	20	0,55	0,32	52,2
	30	0,3	0,21	30,6

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

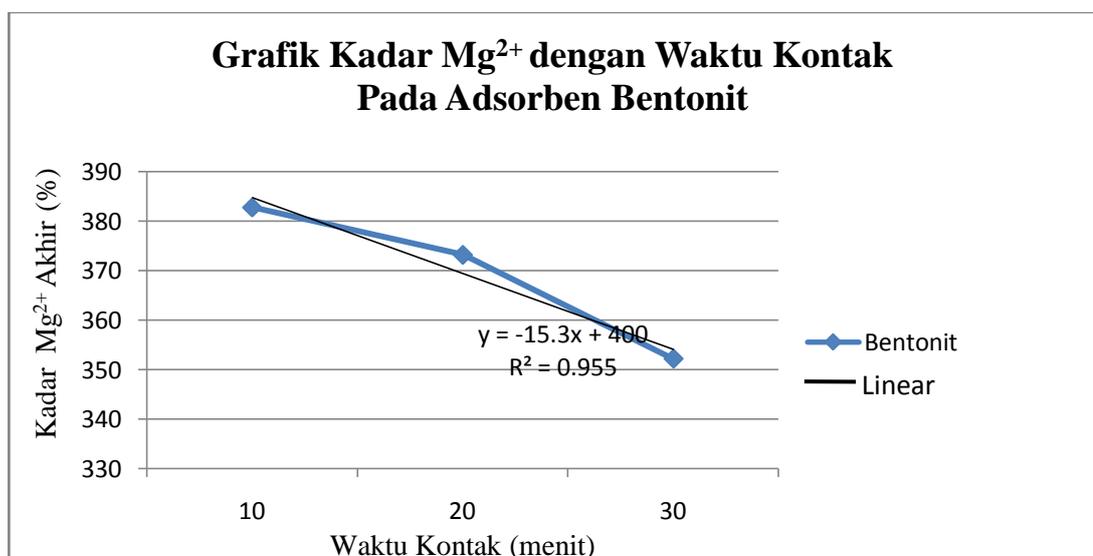
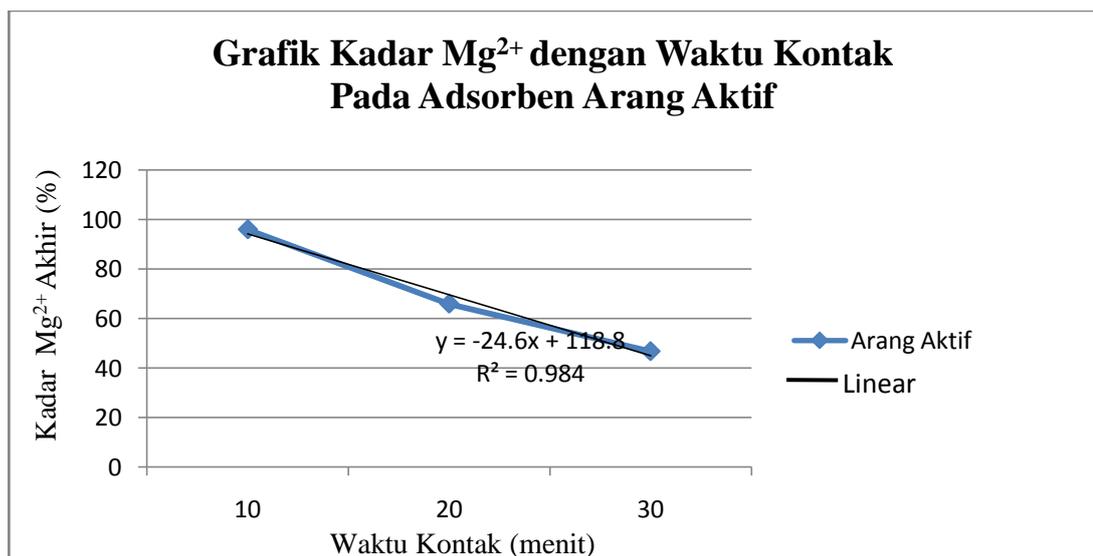
Keterangan :

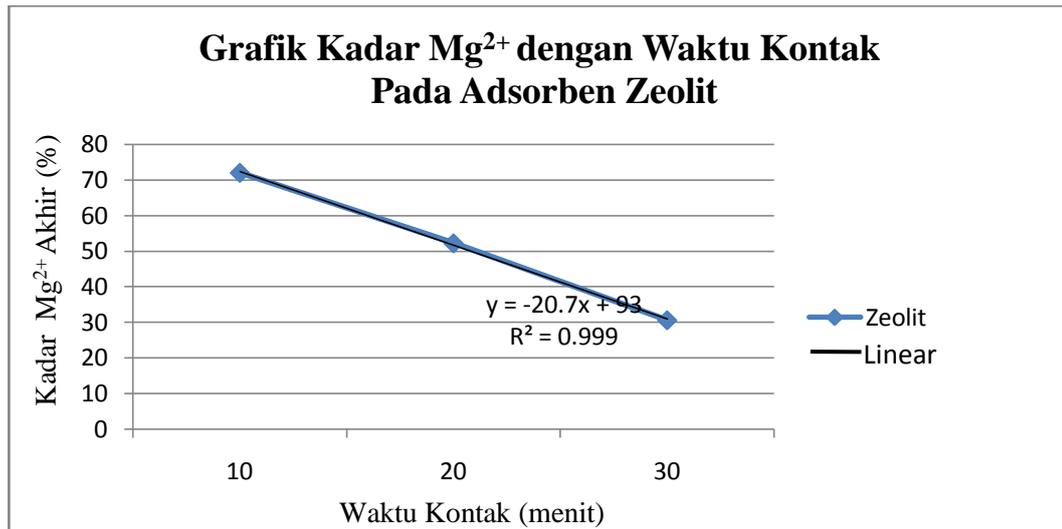
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 571,2mg/l

Tabel Persentase Penurunan (%)

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	83,19
	20	88,44
	30	91,81
Bentonit	10	32,98
	20	34,66
	30	38,34
Zeolit	10	87,39
	20	90,86
	30	94,64

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mg²⁺ didapatkan bahwa, persentase penurunan Mg²⁺ dengan kadar awal sebesar 571,2mg/l pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 83,19%, waktu kontak 20 menit sebesar 88,44%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 91,81%. Persentase penurunan Mg²⁺ pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 32,98%, waktu kontak 20

menit sebesar 34,66%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 38,34%. Persentase penurunan Mg^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 87,39%, waktu kontak 20 menit sebesar 90,861%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 94,64%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

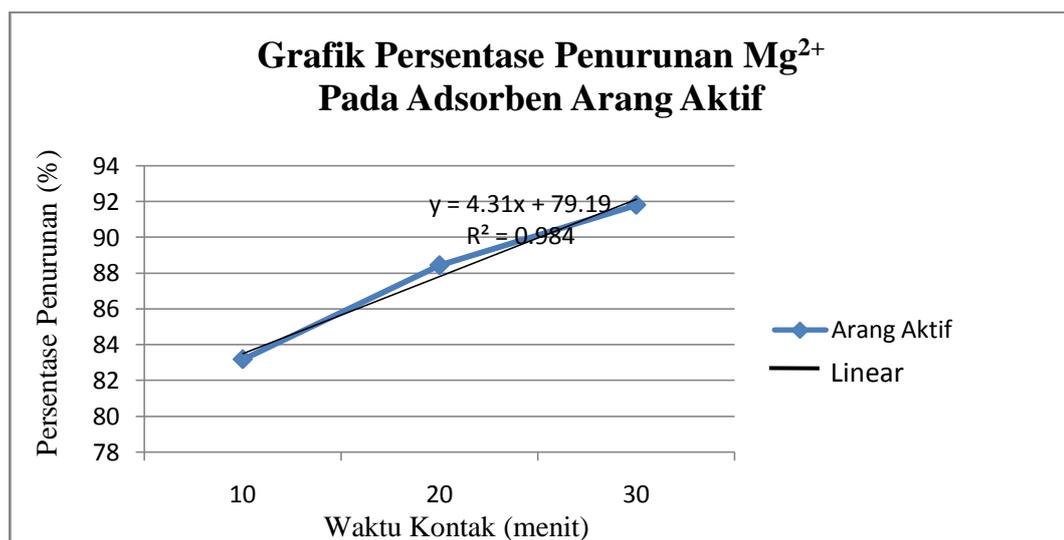
Keterangan :

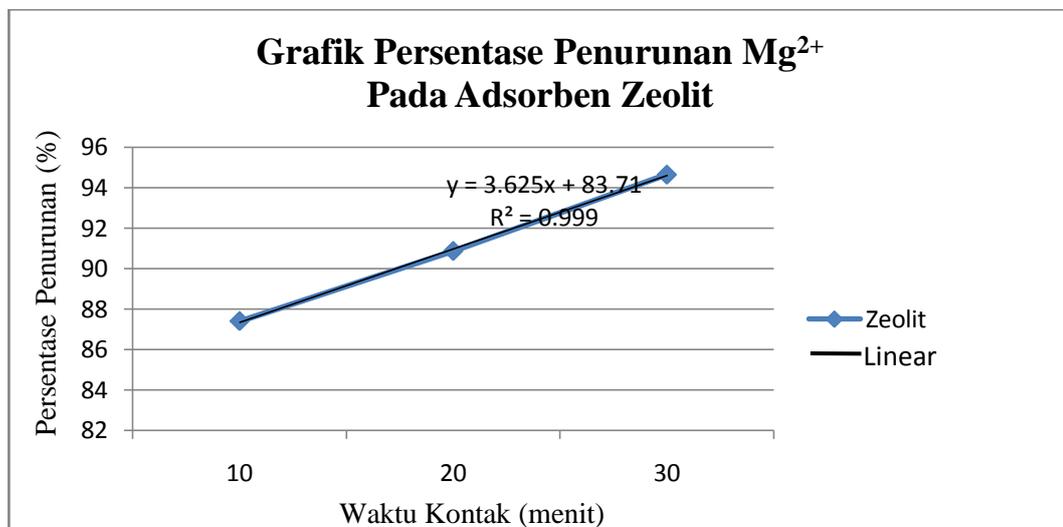
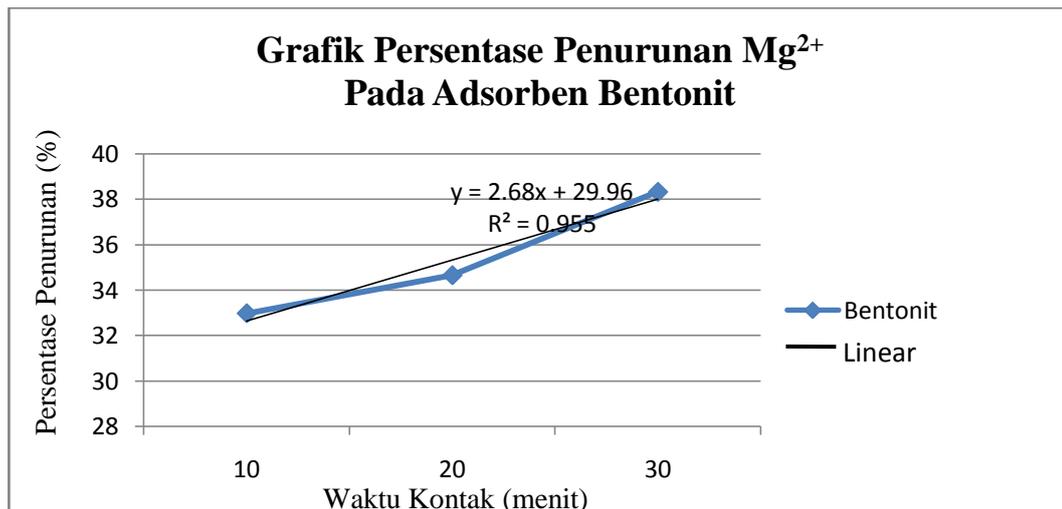
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





Sebagai pemberbandingan proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3 kali berturut-turut untuk mengetahui apakah adanya perbedaan hasil antara adsorpsi yang dilakukan 1x dengan adsorpsi yang dilakukan 3x berturut-turut, dengan data sebagai berikut :

Rumus :

$$\text{Kadar Mg} = \frac{1000 \times V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{Ar Mg}}{V_{\text{sampel}}}$$

Ar Mg = 24 g/mol

V sampel = 10 ml

Tabel Konsentrasi awal sampel

Sumber Air	V EDTA 0,05 M (ml)			Kadar Mg ²⁺ (mg/l)
	1	2	3	
Kawasan Industri Cimareme	4,61	4,85	4,82	571,2

Tabel Hasil Analisis Kadar Mg²⁺

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	V EDTA 0,05 M (ml)	Kadar Mg ²⁺ (mg/l)
Arang Aktif	10	0,54	64,8
	20	0,32	38,4
	30	0,19	22,8
Bentonit	10	2,61	313,2
	20	2,37	284,4
	30	2,18	261,6
Zeolit	10	0,14	16,8
	20	0,1	12
	30	0,1	12

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

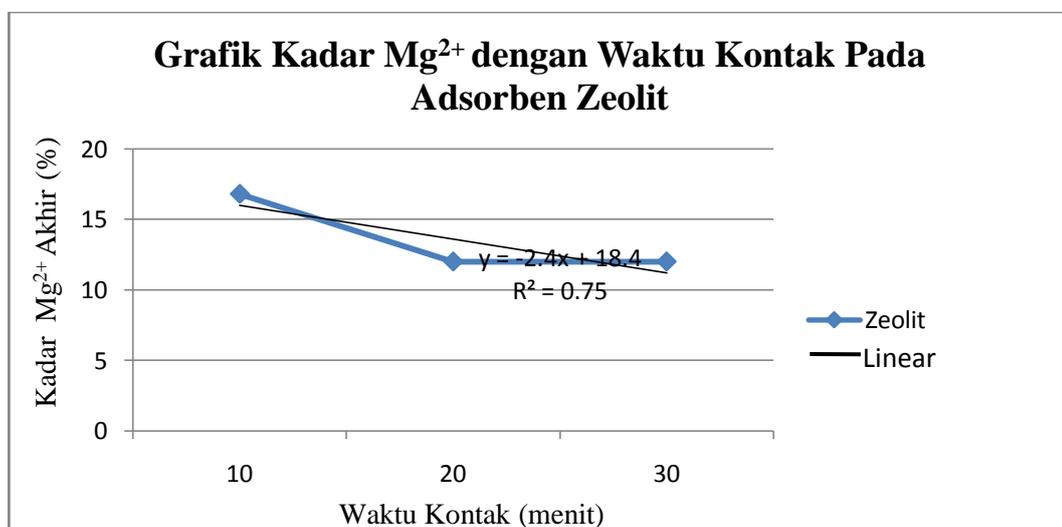
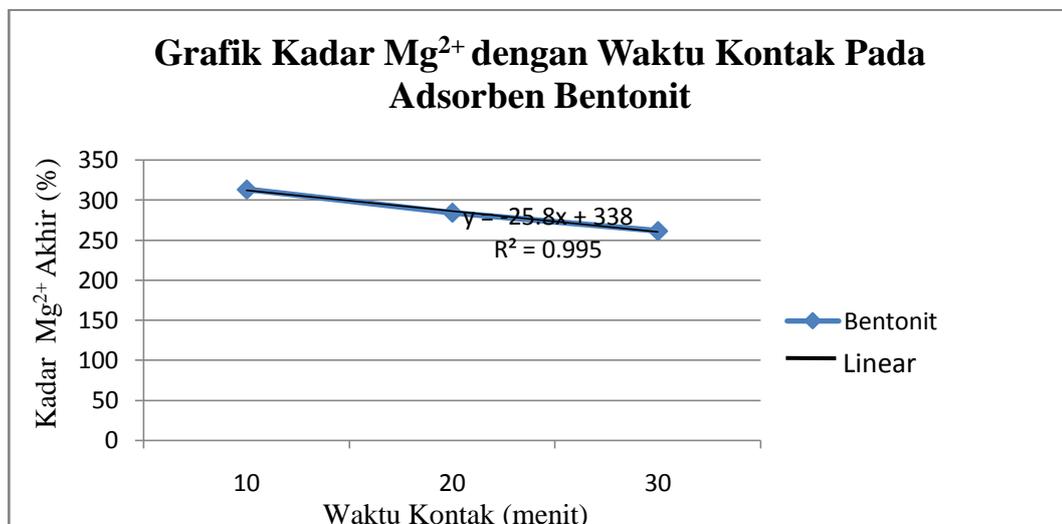
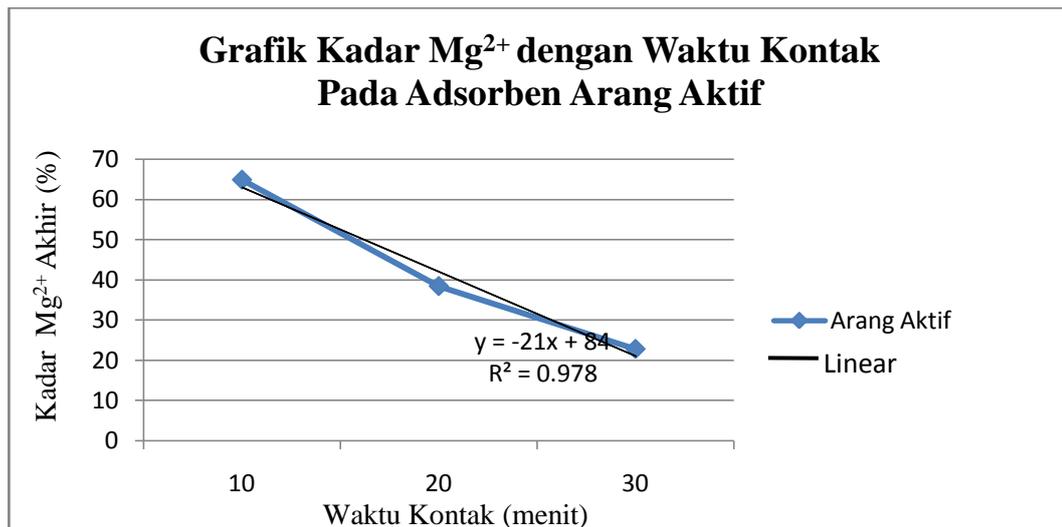
Keterangan :

y = variabel terikat (kadar Mg²⁺ akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)



$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 571,2 mg/l

Tabel Persentase Penurunan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	88,65
	20	93,28
	30	96,01
Bentonit	10	45,17
	20	50,21
	30	54,20
Zeolit	10	97,06
	20	97,9
	30	97,9

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mg^{2+} didapatkan bahwa, persentase penurunan Mg^{2+} dengan kadar awal sebesar 571,2mg/l pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 88,65%, waktu kontak 20 menit sebesar 93,28%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 96,01%. Persentase penurunan Mg^{2+} pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 45,17%, waktu kontak 20 menit sebesar 50,21%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 54,20%. Persentase penurunan Mg^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 97,06%, waktu kontak 20 menit sebesar 97,9%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 97,9%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

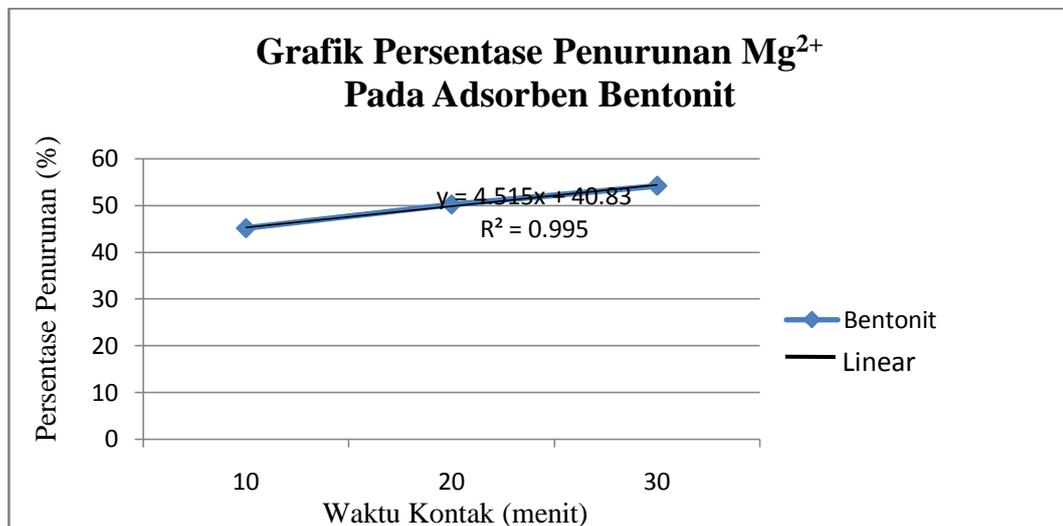
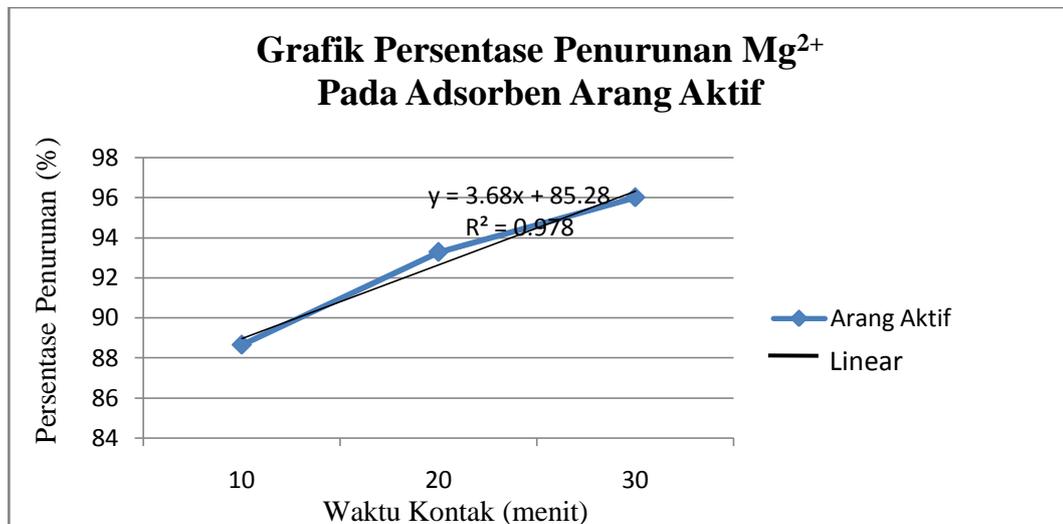
Keterangan :

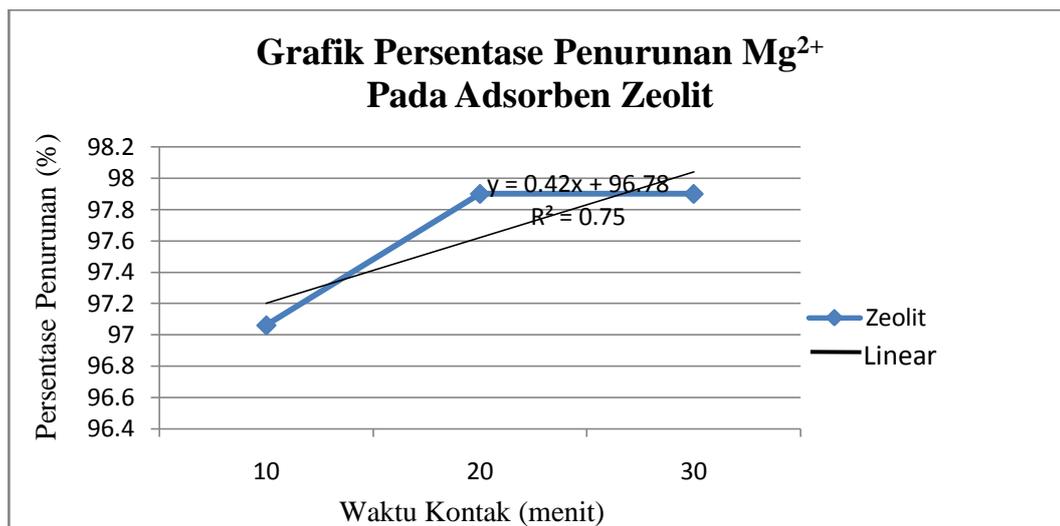
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





Tabel Perbandingan Antara Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi dengan Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi	Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi
Arang Aktif	10	83,19	88,65
	20	88,44	93,28
	30	91,81	96,01
Bentonit	10	32,98	45,17
	20	34,66	50,21
	30	38,34	54,20
Zeolit	10	87,39	97,06
	20	90,86	97,9
	30	94,64	97,9

2. Kadar Mn^{2+}

Panjang Gelombang Mn^{2+} = 279,5 nm

Tabel Konsentrasi Awal Larutan

Sumber Air	Kadar Mn^{2+} (mg/l)			Kadar Mn^{2+} (mg/l)
	1	2	3	
Kawasan Industri Cimareme	2,87	3,24	3,32	3,14

Tabel Hasil Analisis Kadar Mn^{2+} (Ulangan 1 dan Ulangan 2)

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Mn^{2+} (mg/l)		Kadar Mn^{2+} (mg/l)
		1	2	
Arang Aktif	10	0,21	0,19	0,2
	20	0,16	0,14	0,15
	30	0,12	0,11	0,115
Bentonit	10	1,93	1,86	1,895
	20	1,81	1,73	1,77
	30	1,7	1,61	1,655
Zeolit	10	0,10	0,09	0,095
	20	0,08	0,06	0,07
	30	0,05	0,04	0,045

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

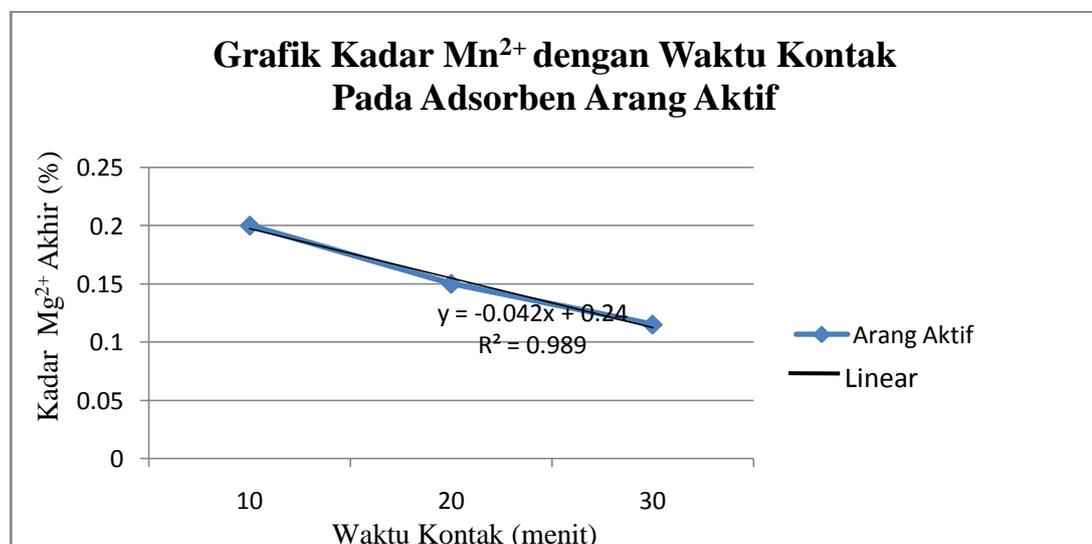
Keterangan :

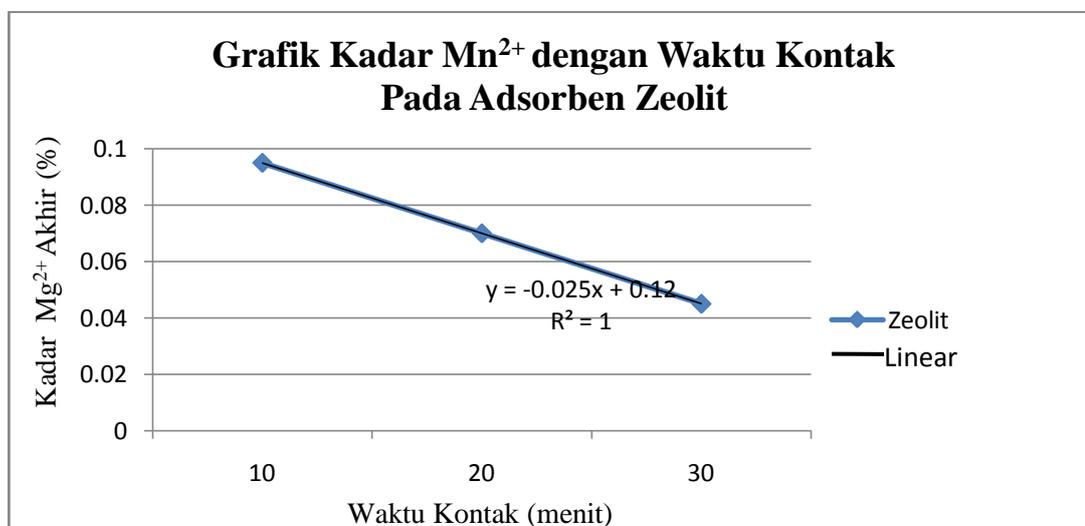
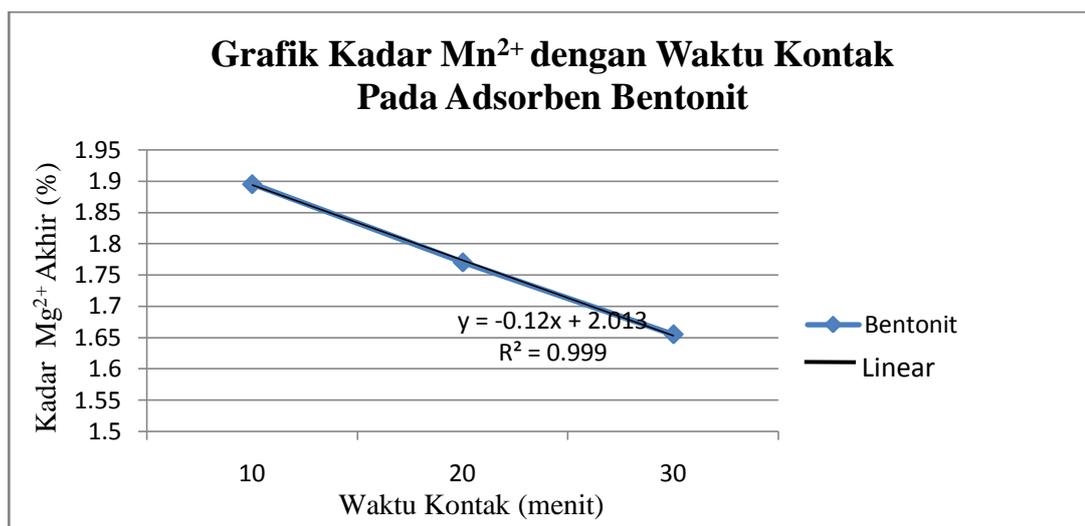
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 3,14 mg/l

Tabel Persentase Penurunan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	93,63
	20	95,22
	30	96,34
Bentonit	10	39,65
	20	43,63
	30	47,29
Zeolit	10	96,97
	20	97,77
	30	98,57

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mn^{2+} didapatkan bahwa, persentase penurunan Mn^{2+} dengan kadar awal sebesar 3,14 mg/l pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 93,63%, waktu kontak 20 menit sebesar 95,22%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 96,34%. Persentase penurunan Mn^{2+} pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 39,65%, waktu kontak 20 menit sebesar 43,63%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 47,29%. Persentase penurunan Mn^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 96,97%, waktu kontak 20 menit sebesar 97,77%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 98,57%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

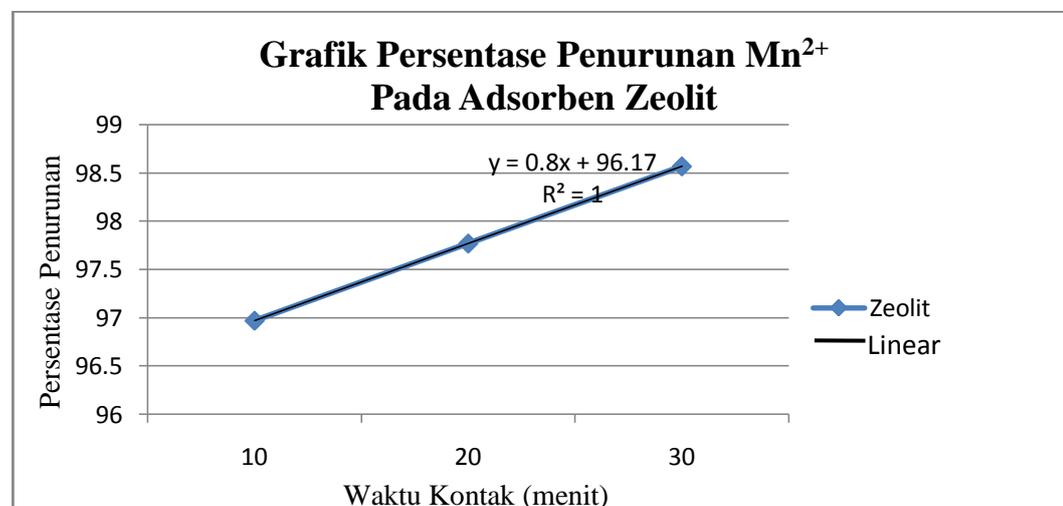
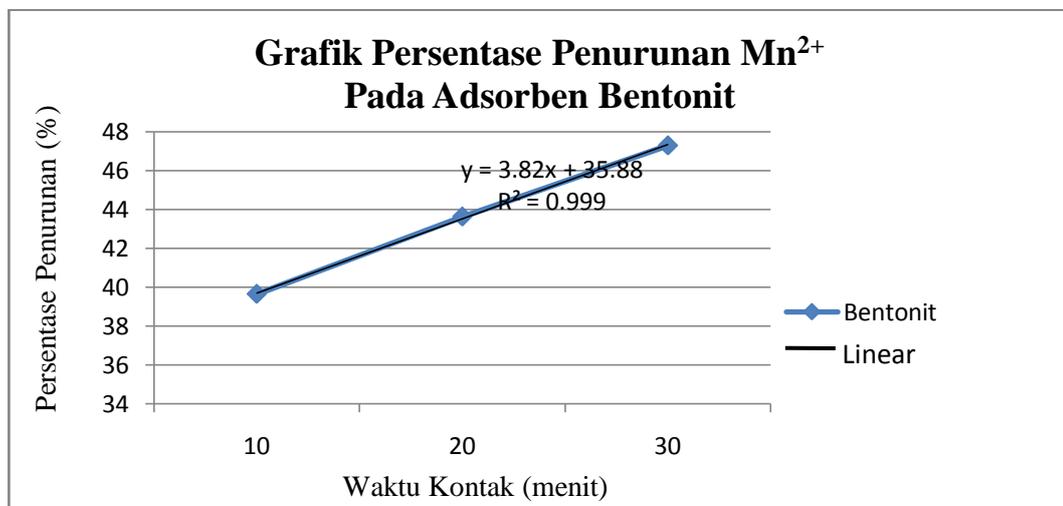
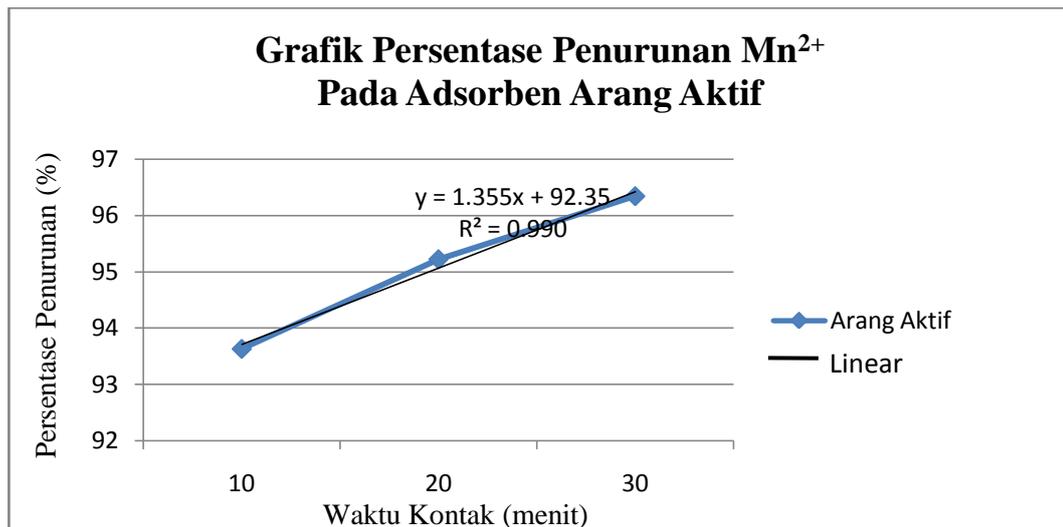
Keterangan :

y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)



Sebagai pemberbandingan proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3 kali berturut-turut untuk mengetahui apakah adanya perbedaan hasil antara adsorpsi yang dilakukan 1x dengan adsorpsi yang dilakukan 3x berturut-turut, dengan data sebagai berikut :

Tabel Konsentrasi Awal Sampel

Sumber Air	Kadar Mn ²⁺ (mg/l)			Kadar Mn ²⁺ (mg/l)
	1	2	3	
Kawasan Industri Cimareme	2,87	3,24	3,32	3,14

Tabel Hasil Analisis Kadar Mn²⁺

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Kadar Mn ²⁺ (mg/l)
Arang Aktif	10	0,14
	20	0,11
	30	0,08
Bentonit	10	1,48
	20	1,21
	30	1,09
Zeolit	10	0,04
	20	0,02
	30	0,01

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

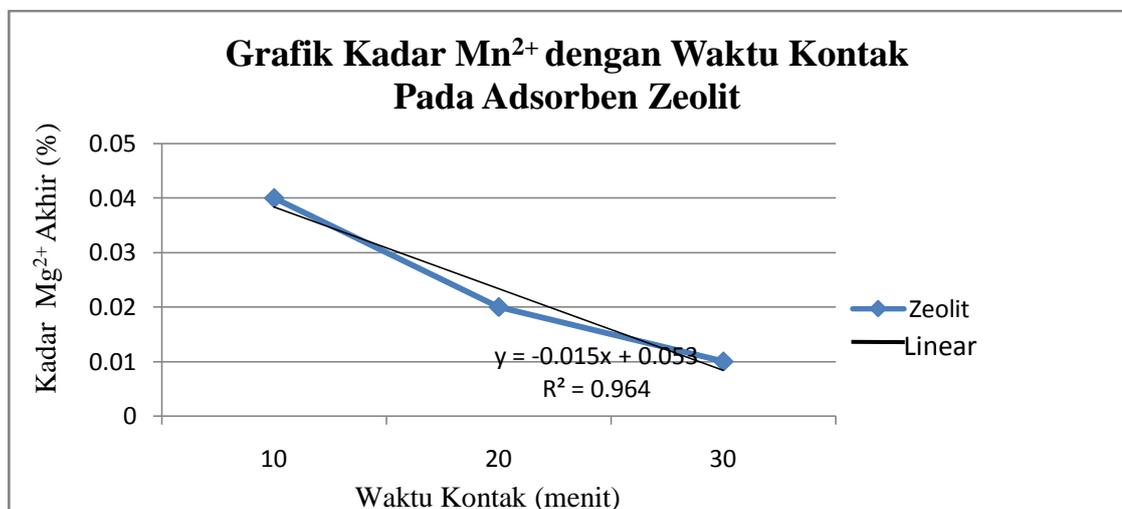
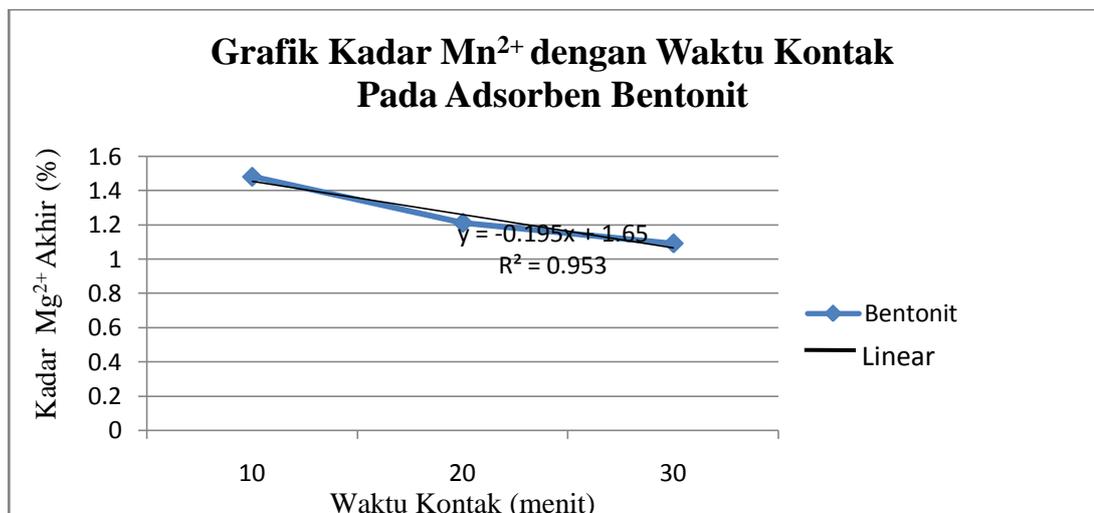
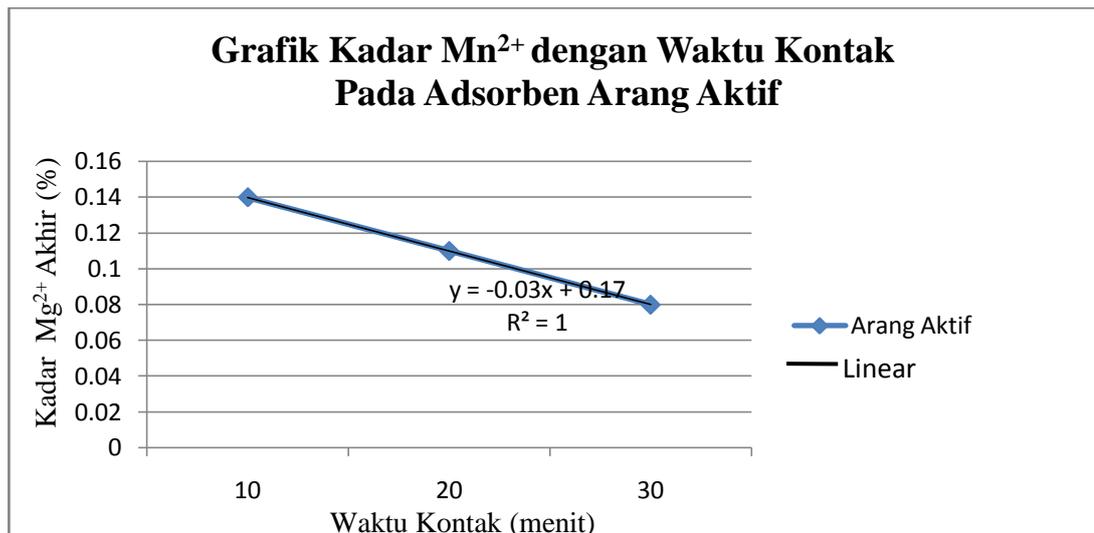
Keterangan :

y = variabel terikat (kadar Mg²⁺ akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)



$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 3,14 mg/l

Tabel Persentase Penurunan (%)

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	95,54
	20	96,5
	30	97,45
Bentonit	10	52,87
	20	61,46
	30	65,29
Zeolit	10	98,73
	20	99,36
	30	99,68

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar Mn^{2+} didapatkan bahwa, persentase penurunan Mn^{2+} dengan kadar awal sebesar 3,14 mg/l pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 95,54%, waktu kontak 20 menit sebesar 96,5%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 97,45%. Persentase penurunan Mn^{2+} pada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 52,87%, waktu kontak 20 menit sebesar 61,46%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 65,29%. Persentase penurunan Mn^{2+} pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebesar 98,73%, waktu kontak 20 menit sebesar 99,36%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 99,68%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

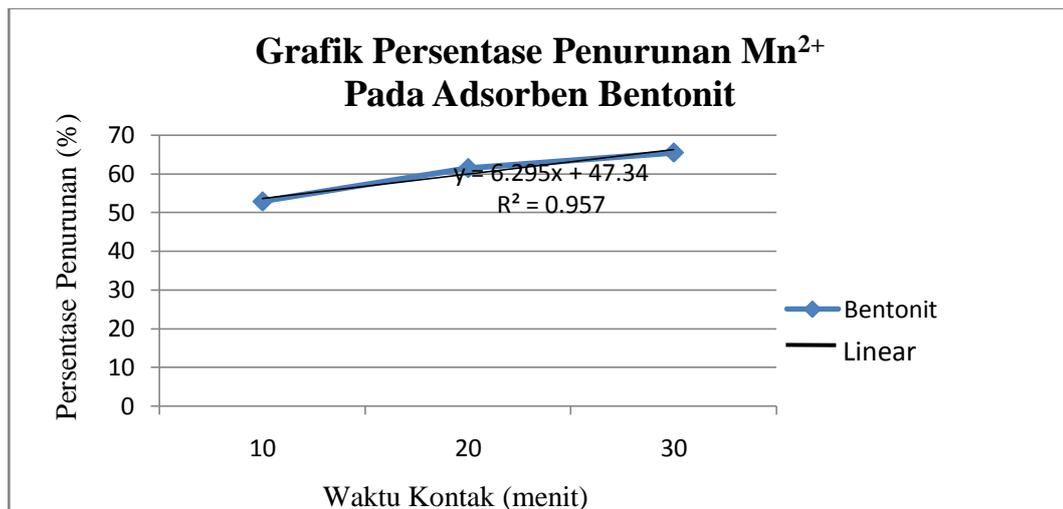
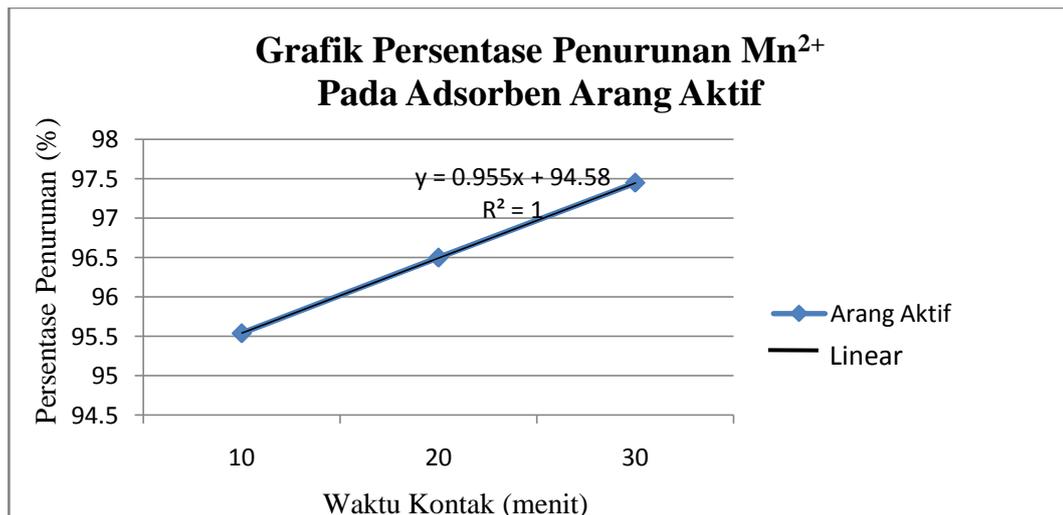
Keterangan :

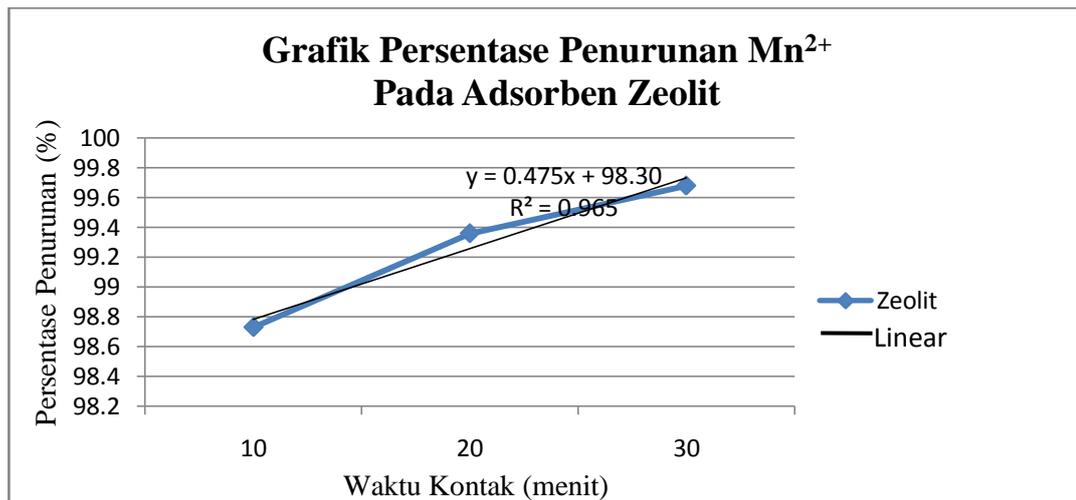
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





Tabel Perbandingan Antara Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi dengan
Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi	Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi
Arang Aktif	10	93,63	95,54
	20	95,22	96,5
	30	96,34	97,45
Bentonit	10	39,65	52,87
	20	43,63	61,46
	30	47,29	65,29
Zeolit	10	96,97	98,73
	20	97,77	99,36
	30	98,57	99,68

➤ Analisis Mikrobiologi

Total Plate Count

Syarat :

- 1) Jika \sum koloni ≤ 30 , ambil yang paling pekat
- 2) Jika $30 < \sum$ koloni < 300 maka gunakan rumus :

$$\sum \text{ sel/ml} = \frac{\sum \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\sum \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

Jika $A \leq 2$, ambil rata-rata

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

Tabel Jumlah Mikroorganisme Sampel

Ulangan	Pengenceran			Σ Mikroorganisme (sel/ml)
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	
1	2692	1879	546	546000
2	2381	1183	459	459000
3	2137	1261	513	513000
\bar{x}				506000

Contoh perhitungan :

Ulangan 1 termasuk dalam syarat 3, maka

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	2692	1879	546
Syarat	3	3	3

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{546}{10^{-3}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 5,46 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

Tabel Hasil Analisis TPC (Ulangan 1 dan Ulangan 2)

Jenis Adsorben	Waktu kontak	1			2		
		Pengenceran					
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Arang Aktif	10	1867	986	380	1596	761	326
	20	1046	653	235	952	403	205
	30	815	372	149	684	301	132
Bentonit	10	312	157	89	342	169	97
	20	282	110	72	241	174	78
	30	157	69	29	187	89	63
Zeolit	10	892	597	287	935	664	241
	20	657	322	153	539	301	127
	30	561	301	98	367	175	79

Tabel Hasil Perhitungan Analisis TPC Berdasarkan Syarat yang ditentukan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Σ Mikroorganisme (sel/ml)		Σ Mikroorganisme (sel/ml)
		1	2	
Arang Aktif	10	380000	326000	353000
	20	235000	205000	220000
	30	149000	132000	140500
Bentonit	10	3210	3420	3315
	20	2820	2410	2615
	30	1570	1870	1720
Zeolit	10	287000	241000	264000
	20	153000	5390	127000
	30	98000	3670	50835

Contoh perhitungan :

- Arang aktif pada waktu kontak 10menit (ulangan 1) termasuk dalam syarat 3

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	1867	986	380
Syarat	3	3	3

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{380}{10^{-3}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 3,8 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

- Bentonit pada waktu kontak 10 menit (ulangan 1) termasuk dalam syarat 2

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	312	157	89
Syarat	3	2	2

2) Jika $30 < \Sigma \text{ koloni} < 300$ maka gunakan rumus :

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

Jika $A \leq 2$, ambil rata-rata

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

Maka,

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terbesar}}{\Sigma \text{ koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

$$= \frac{89 / 10^{-3}}{157 / 10^{-2}} = 5,67$$

$$157 / 10^{-2}$$

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{312}{10^{-1}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 3,12 \times 10^3 \text{ sel/ml}$$

- Zeolit pada waktu kontak 10 menit (ulangan 1) termasuk dalam syarat 3

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	892	597	287
Syarat	3	3	2

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{287}{10^{-3}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 2,87 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

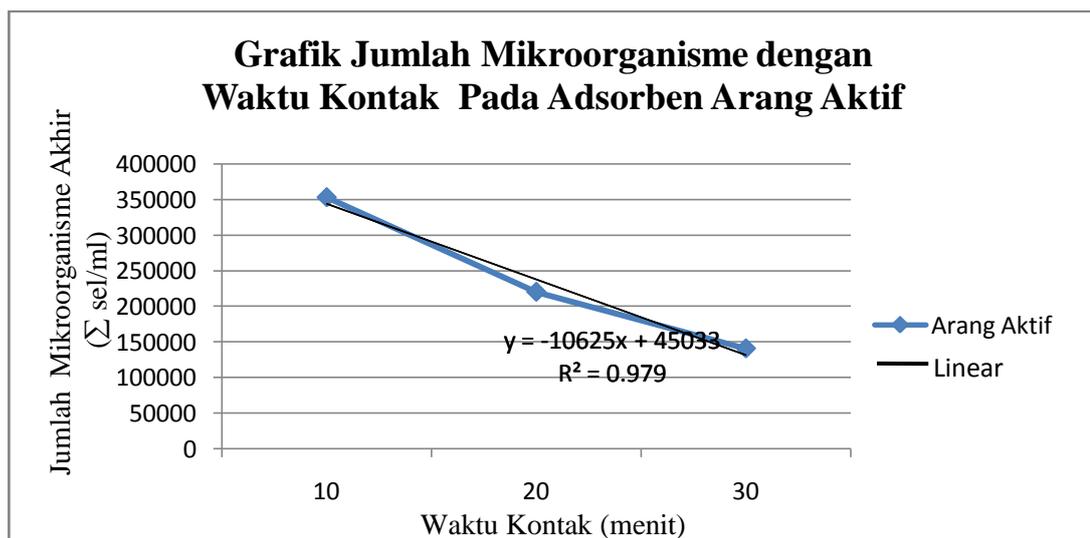
Keterangan :

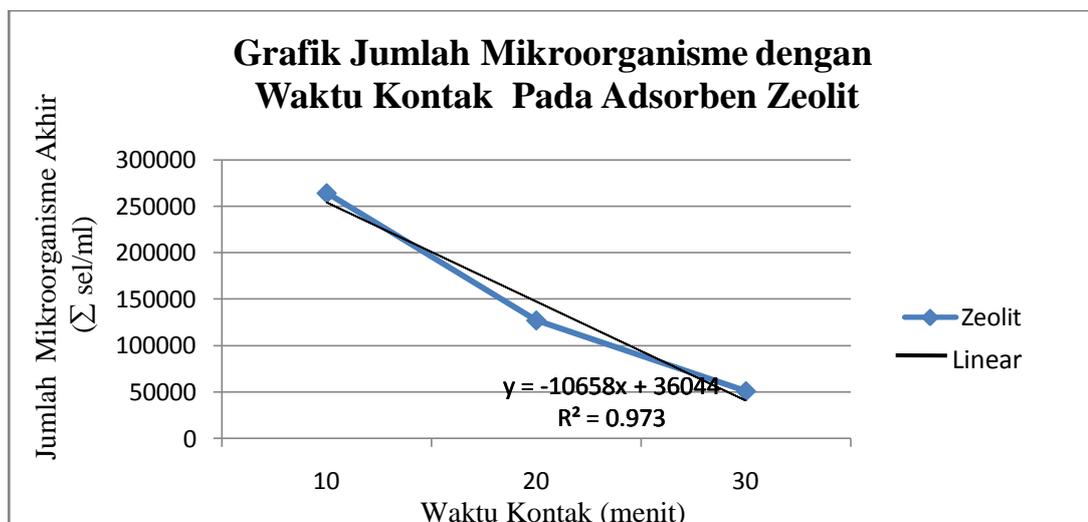
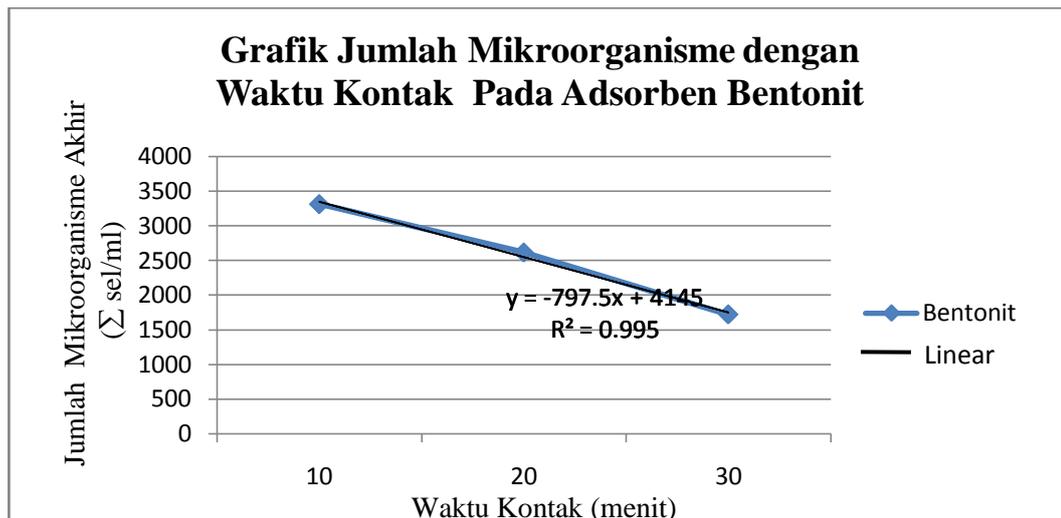
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 506000 sel/ml

Tabel Persentase Penurunan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	30,24
	20	56,52
	30	72,23
Bentonit	10	99,34
	20	99,48
	30	99,66
Zeolit	10	47,83
	20	74,90
	30	89,95

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar mikroorganisme didapatkan bahwa, persentase penurunan mikroorganisme dengan kadar awal sebanyak $5,06 \times 10^5$ sel/ml pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebesar 30,24%, waktu kontak 20 menit sebesar 56,52%, dan waktu kontak 30 menit sebanyak 72,23%. Persentase penurunan mikroorganismepada bentonit dengan waktu kontak 10 menit sebanyak 99,34%, waktu kontak 20 menit sebanyak 99,48%, dan waktu kontak 30 menit sebanyak 99,66%. Persentase penurunan mikroorganismepada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebanyak 47,83%, waktu kontak 20 menit sebanyak 74,90%, dan waktu kontak 30 menit sebesar 89,95%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

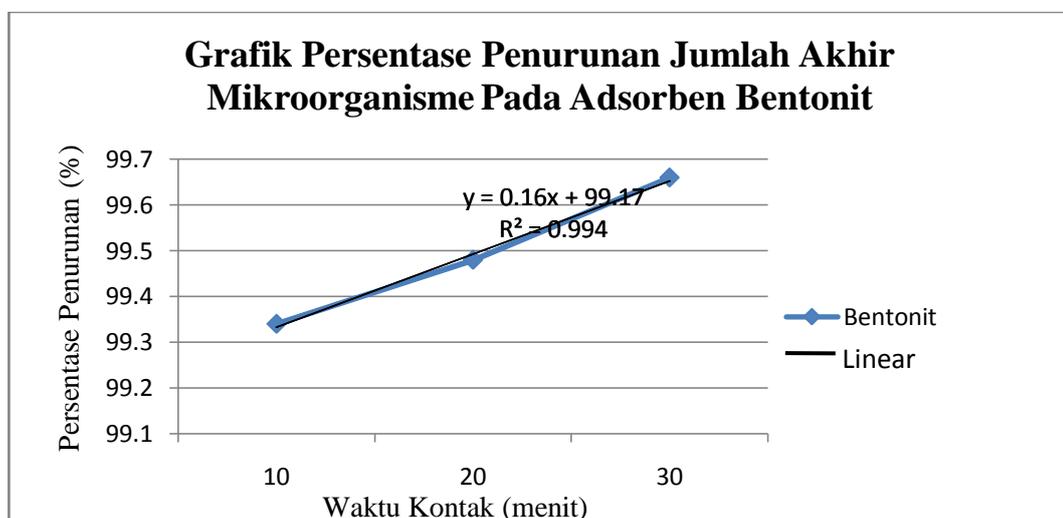
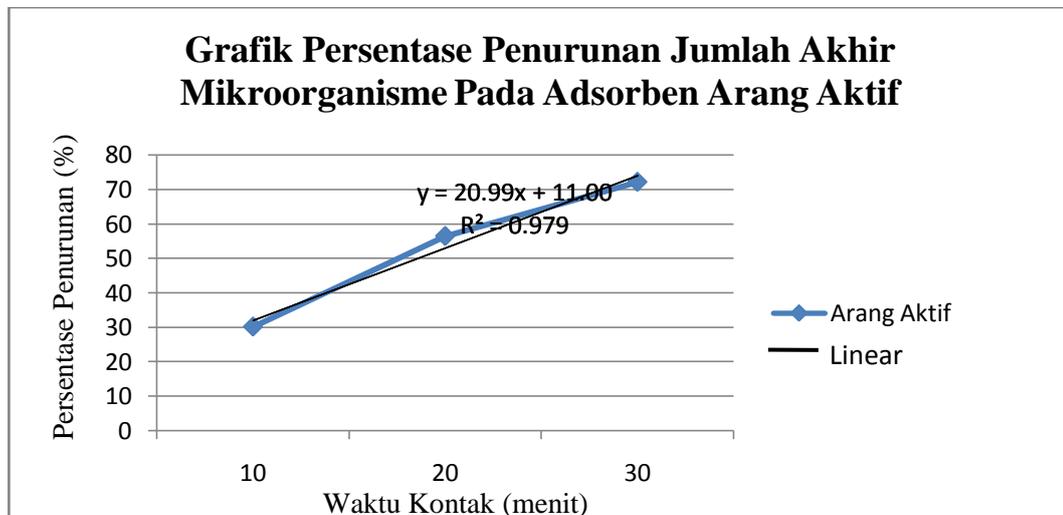
Keterangan :

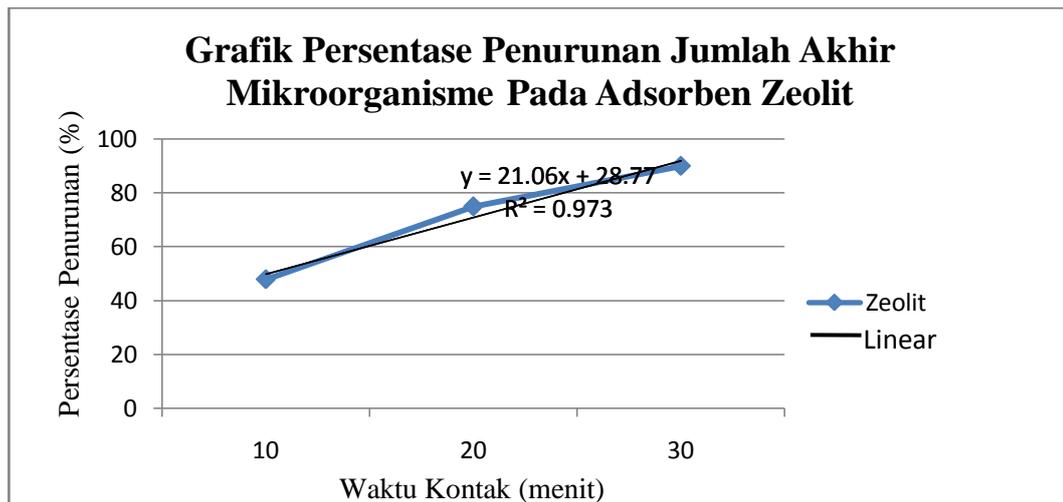
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





Sebagai pemberbandingan proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3 kali berturut-turut untuk mengetahui apakah adanya perbedaan hasil antara adsorpsi yang dilakukan 1x dengan adsorpsi yang dilakukan 3x berturut-turut, dengan data sebagai berikut :

Tabel Jumlah Mikroorganisme Sampel

Ulangan	Pengenceran			Σ Mikroorganisme (sel/ml)
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	
1	2692	1879	546	546000
2	2381	1183	459	459000
3	2137	1261	513	513000
\bar{x}				506000

Contoh perhitungan :

Ulangan 2 termasuk dalam syarat 3, maka

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	2381	1183	459
Syarat	3	3	3

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{459}{10^{-3}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 4,59 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

Tabel Hasil Analisis Kadar Mikroorganisme

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Pengenceran			Σ Mikroorganisme (sel/ml)
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	
Arang Aktif	10	1244	791	286	286000
	20	876	538	164	164000
	30	568	217	113	5680
Bentonit	10	253	138	87	2530
	20	184	98	62	1840
	30	118	71	43	1180
Zeolit	10	613	478	203	203000
	20	418	211	92	4180
	30	324	184	61	3240

Contoh perhitungan :

- Arang aktif pada waktu kontak 10 menit termasuk dalam syarat 3

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	1244	791	286
Syarat	3	3	2

3) Jika Σ koloni ≥ 300 , ambil yang paling encer

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{\Sigma \text{ koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = \frac{286}{10^{-3}}$$

$$\Sigma \text{ sel/ml} = 2,86 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

- Bentonit pada waktu kontak 10 menit termasuk dalam syarat 2

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Σ Mikroorganisme (sel/ml)	253	138	87
Syarat	2	2	2

2) Jika $30 < \sum \text{koloni} < 300$ maka gunakan rumus :

$$\sum \text{sel/ml} = \frac{\sum \text{koloni/pengenceran terbesar}}{\sum \text{koloni/pengenceran terkecil}} = A$$

Jika $A \leq 2$, ambil rata-rata

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

Maka,

$$\begin{aligned} \sum \text{sel/ml} &= \frac{\sum \text{koloni/pengenceran terbesar}}{\sum \text{koloni/pengenceran terkecil}} = A \\ &= \frac{87 / 10^{-3}}{253 / 10^{-1}} = 34,39 \end{aligned}$$

$$253 / 10^{-1}$$

Jika $A > 2$, ambil paling pekat

$$\sum \text{sel/ml} = \frac{\sum \text{koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\sum \text{sel/ml} = \frac{253}{10^{-1}}$$

$$\sum \text{sel/ml} = 2,53 \times 10^3 \text{ sel/ml}$$

- Zeolit pada waktu kontak 10 menit termasuk dalam syarat 3

Pengenceran	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
\sum Mikroorganisme (sel/ml)	613	478	203
Syarat	3	3	2

3) Jika $\sum \text{koloni} \geq 300$, ambil yang paling encer

$$\sum \text{sel/ml} = \frac{\sum \text{koloni}}{\text{Pengenceran}}$$

$$\sum \text{sel/ml} = \frac{203}{10^{-3}}$$

$$\sum \text{sel/ml} = 2,03 \times 10^5 \text{ sel/ml}$$

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

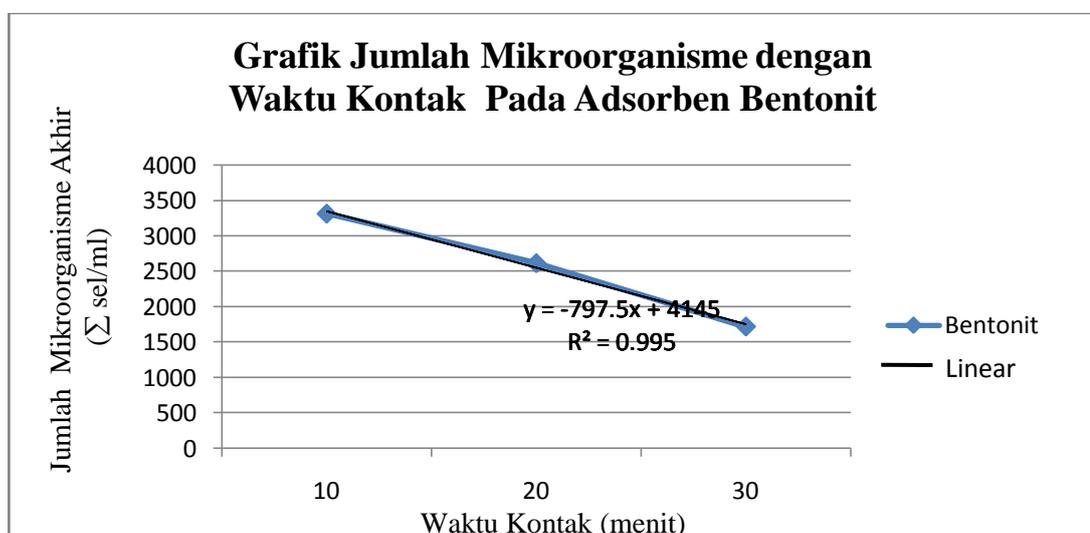
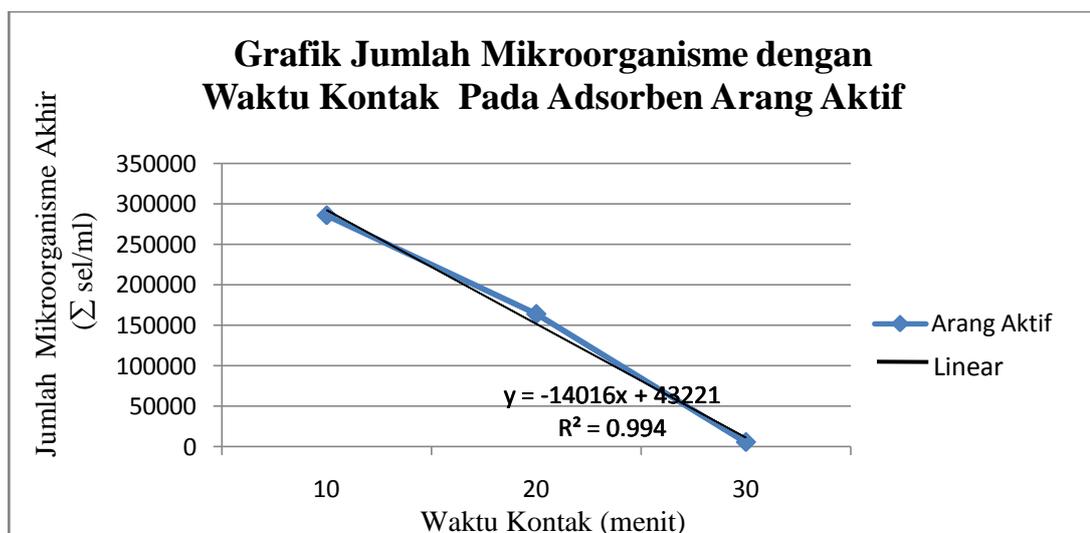
Keterangan :

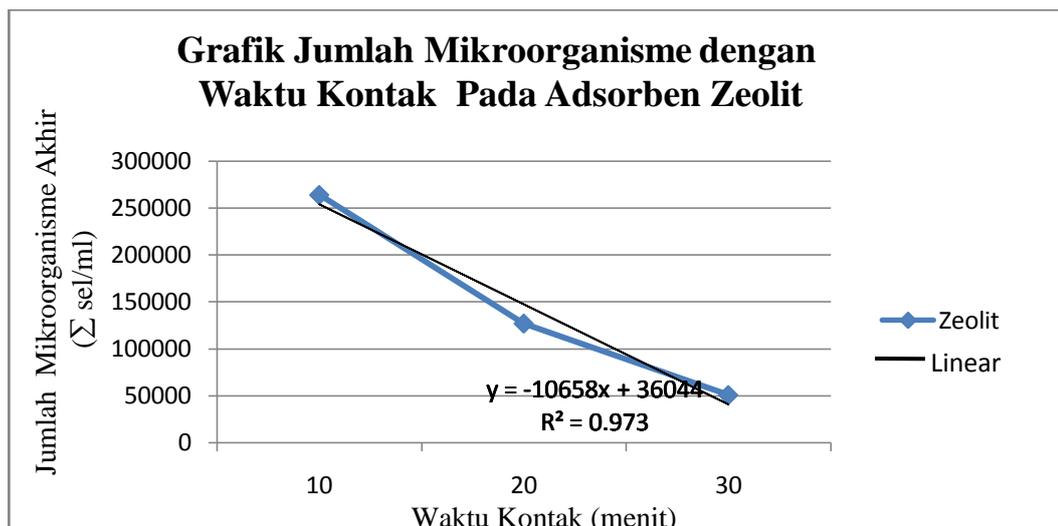
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)





$$\text{Persentase penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal larutan} - \text{konsentrasi akhir larutan}}{\text{konsentrasi awal larutan}} \times 100\%$$

Konsentrasi awal larutan = 506000 sel/ml

Tabel Persentase Penurunan

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%)
Arang Aktif	10	43,48
	20	67,59
	30	98,88
Bentonit	10	99,5
	20	99,64
	30	99,77
Zeolit	10	59,88
	20	99,17
	30	99,36

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian terhadap kadar mikroorganisme didapatkan bahwa, persentase penurunan mikroorganisme dengan kadar awal sebanyak $5,06 \times 10^5$ sel/ml pada arang aktif dengan waktu kontak 10 menit sebanyak 43,48%, waktu kontak 20 menit sebanyak 67,59%, dan waktu kontak 30 menit sebanyak 98,88%. Persentase penurunan mikroorganisme pada bentonit dengan

waktu kontak 10 menit sebanyak 99,5%, waktu kontak 20 menit sebanyak 99,64%, dan waktu kontak 30 menit sebanyak 99,77%. Persentase penurunan mikroorganisme pada zeolit dengan waktu kontak 10 menit sebanyak 59,88%, waktu kontak 20 menit sebanyak 99,17%, dan waktu kontak 30 menit sebanyak 99,36%.

Persamaan Regresi Linier

$$y = a + bx$$

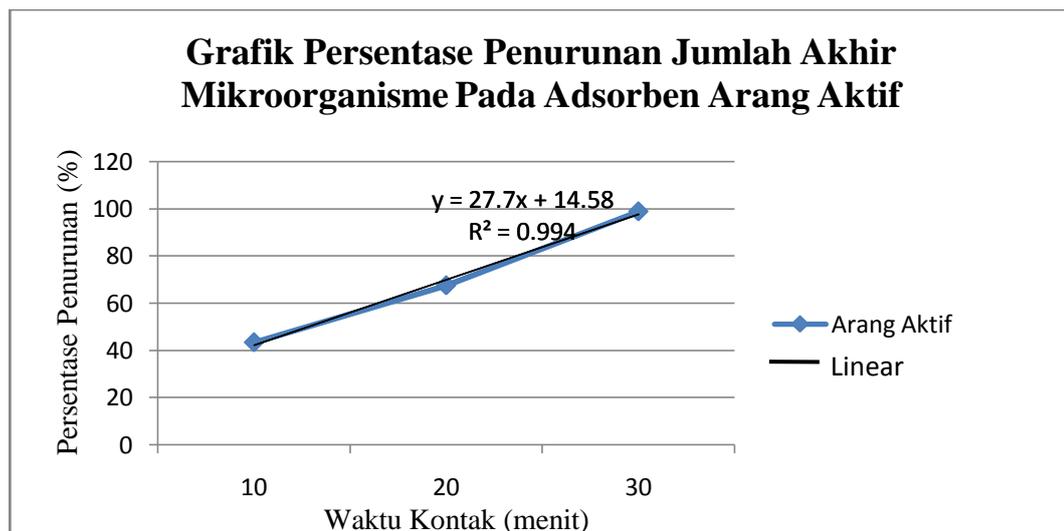
Keterangan :

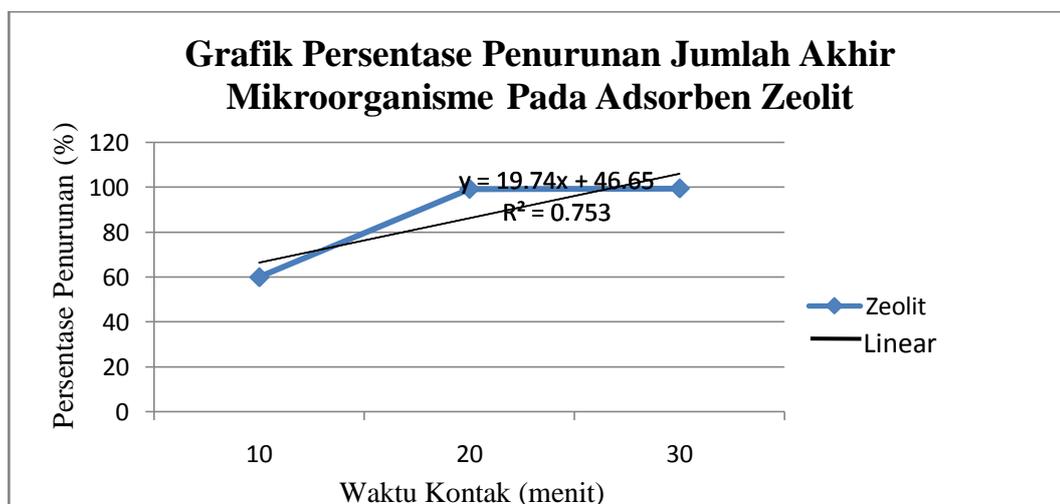
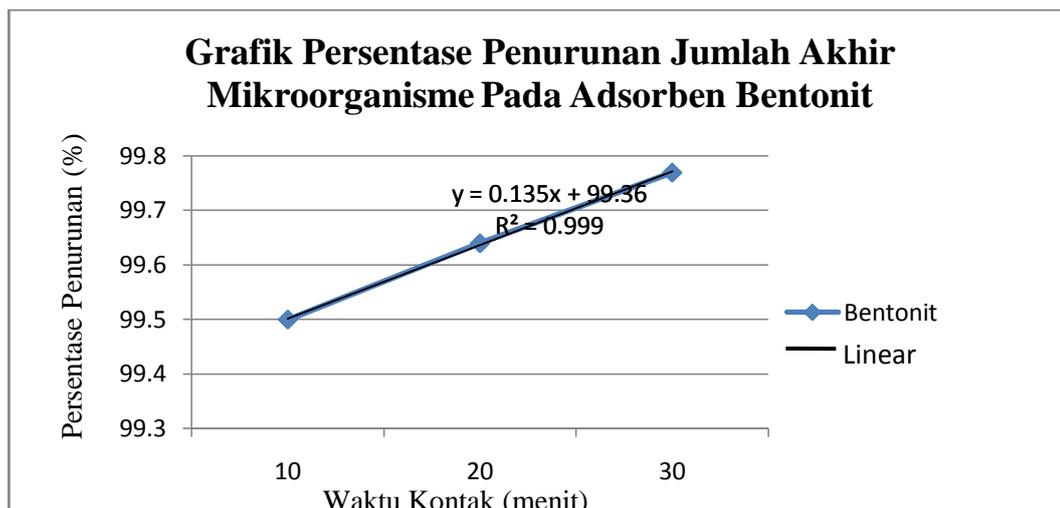
y = variabel terikat (kadar Mg^{2+} akhir)

x = variabel bebas (waktu kontak adsorben)

a = penduga bagi intercept (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)

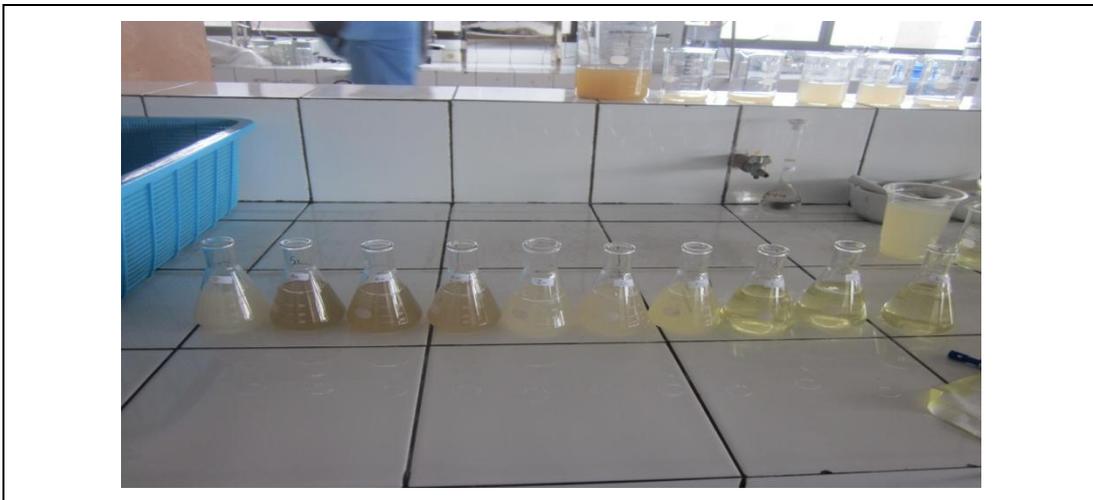




Tabel Perbandingan Antara Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi dengan Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi

Jenis Adsorben	Waktu Kontak (menit)	Persentase Penurunan (%) 1x Adsorpsi	Persentase Penurunan (%) 3x Adsorpsi
Arang Aktif	10	30,24	43,48
	20	56,52	67,59
	30	72,23	98,88
Bentonit	10	99,34	99,5
	20	99,48	99,64
	30	99,66	99,77
Zeolit	10	47,83	59,88
	20	74,90	99,17
	30	89,95	99,36

LAMPIRAN VI
WARNA AIR HASIL ADSORPSI



Hasil Adsorpsi Ulangan 1 Sumber Air Industri Cimareme, Arang Aktif 10, 20, 30 menit; Zeolit 10, 20, 30 menit; Bentonit 10, 20, 30 menit
(baca : dari kiri ke kanan).



Hasil Adsorpsi Ulangan 2 Sumber Air Industri Cimareme, Arang Aktif 10, 20, 30 menit; Zeolit 10, 20, 30 menit; Bentonit 10, 20, 30 menit
(baca : dari kiri ke kanan).



Hasil Adsorpsi Ulangan 3 Sumber Air Industri Cimareme, Arang Aktif 10, 20, 30 menit; Zeolit 10, 20, 30 menit; Bentonit 10, 20, 30 menit (baca : dari kiri ke kanan).