

SKRIPSI

FIDI SETYAWAN

**PENETAPAN DAYA JERAP ZEOLIT ALAM DAERAH MALANG
TERHADAP *Eschericia coli* ATCC 25922 DAN
Staphylococcus aureus ATCC 25923**



**FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2004**

Lembar Pengesahan

**PENETAPAN DAYA JERAP ZEOLIT ALAM DAERAH MALANG
TERHADAP *Eschericia coli* ATCC 25922 DAN
Staphylococcus aureus ATCC 25923**

SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat
Mencapai Gelar Sarjana Farmasi Pada
Fakultas Farmasi Universitas Airlangga
2004**

Oleh :

**Fidi Setyawan
NIM : 059812038**

**Skripsi ini telah disetujui
Tanggal 16 Februari 2004 oleh :**

Pembimbing Utama

Pembimbing Serta

Dr. Isnaeni, MS., Apt.

NIP. 131 125 009

Drs. A. Toto Poernomo, MS.

NIP. 131 755 998

KATA PENGANTAR

Segala puji saya panjatkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya, sehingga saya berhasil menyusun skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi pada Fakultas Farmasi Universitas Airlangga.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada :

1. Almamater Universitas Airlangga khususnya Fakultas Farmasi sebagai tempat menuntut ilmu Farmasi.
2. Que Project sebagai penyelenggara proyek ini.
3. Dr. Isnaeni, Ms., Apt. dan Drs. A. Toto Poernomo, Ms. Selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi saran dan semangat serta dorongan moral yang sangat berharga dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Drs. Moegihardjo, Apt. sebagai koordinator penelitian di bawah payung penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Bahan Baku Obat Diare (Adsorben)”.
5. Prof. Dr. Poerwanto, Apt. dan Dr. Tutuk Budiati, Ms., Apt. Selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan untuk selesainya skripsi ini.
6. Bapak Dekan Fakultas Farmasi Universitas Airlangga, Kepala Laboratorium Preskripsi-Formulasi dan Laboratorium Mikrobiologi Farmasi yang telah memberikan fasilitas yang mendukung kelancaran penelitian ini.
7. Semua karyawan Laboratorium Preskripsi-Formulasi, dan Laboratorium Mikrobiologi Farmasi yang banyak membantu kelancaran pelaksanaan penelitian ini.
8. Bapak, Ibu, Dek Fajar, Dek Fitria dan Dek Farid tercinta yang telah memberikan dorongan moril maupun materiil, sehingga penyusunan skripsi dapat diselesaikan.
9. Keluarga di Surabaya: Bapak Karsoyo, Bulek Kusnul Khotimah, Sasmadu, Anggita, Risma dan Dek Sakina “Mrinthik” Ichsanti yang telah memberi kehangatan keluarga selama menempuh studi di Perguruan Tinggi.
10. Sweet_honey yang membawa keceriaan dan hari-hari penuh tawa, terima kasih karena mencintaiku kemarin, hari ini dan selamanya, semangatmu membuat segalanya jadi mungkin.

11. Sahabat-sahabat terbaikku : Arie Ika, Tri Sundari, Deddy, Adam Balung, Bakti dan semua rekan angkatan 1998, terima kasih atas semua dukungan dan motivasinya, semoga persahabatan kita tetap abadi. I Love U All !!!!
12. Rekan-rekan satu proyek skripsi di Laboratorium Preskripsi-Formulasi : Dian Wahyu, Era, Priyadi, Agustina, Irma dan Herawati, kebersamaan dan semua suka duka perjuangan yang pernah kita jalani bareng akan selalu kuingat dan kujadikan kenangan yang tak terlupakan.
13. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang turut membantu dan mendorong dalam pelaksanaan penelitian ini.
Dengan penelitian ini saya berharap dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu kefarmasian khususnya dalam usaha penggalian potensi bahan alam yang melimpah di Indonesia.

Surabaya, Januari 2004

Penyusun

ABSTRACT

**PENETAPAN DAYA JERAP ZEOLIT ALAM DAERAH MALANG
TERHADAP *Eschericia coli* ATCC 25922 DAN
Staphylococcus aureus ATCC 25923**

Zeolite material is available so much in Indonesia because most area in Indonesia are volcanic mountain, which is source of Zeolite minerals. According to the geologist's research, there has been found 47 location of zeolites mining in Indonesia, the three are in East Java is Sumbermanjing-Wetan, Kedung Banteng village and Sumber Agung village in South Malang and Slaung Ponorogo, approximately have million tons stocks.

Natural zeolite is used as adsorbent for contaminant, as fertilizer in agriculture, adsorp heavy metal in the soil, in medical as source of toothpaste, teeth resin, to vanish breathes melt, burn handling, in life environment as prevention stuff or reduce environment pollution (adsorp air pollutant, adsorp waste of radioactive), to care lake, river and pond, in industrial as a paper filling material, adsorbe ink, as detergent's compiler, catalist, vegetables dryer, fruits, to pure natural gas and the others. The principle the use of Zeolite in medical, cattle raising, agriculture, industrial and life environment because of adsorption capacity that is had by zeolite.

Based on the statement above, the use of zeolite because of the big enough relatively of adsorption capacity and state use in cattle raising and medical. So that need the development of the use of zeolite as new adsorbent raw material. This research is pointed apart to isolate and identify zeolite mineral, is to evaluate whether zeolite mining material in South Malang fill the drug raw material regulation that is adsorption capacity of *Escheria coli* and *Staphylococcus aureus* compared with Attapulgit and Kaolin

The result show that zeolite mining rockk South Malang, Malang 3 and 4 contains kinds of Mordenite. Compare with Attapulgit and Kaolinum that contains Palygorskite as kind of natural zeolite. The adsorption capacity to *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* is not show the difference with Attapulgit and Kaolinum.

From this research, suggested the formulation of zeolite Malang 3 and Malang 4 in solid dosage forms (tablet, capsule) as diarrhoea drug.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RINGKASAN.....	v
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Hipotesis	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan Tentang adsorpsi.....	6
2.1.1. Adsorben	7
2.1.2. Adsorbat	7
2.2. Tinjauan Tentang Zeolit.....	7
2.2.1. Pengolahan Zeolit Alam.....	12
2.2.2. Penggunaan Zeolit Alam.....	13
2.3. Tinjauan Tentang Atapulgit.....	13
2.4. Tinjauan Tentang Kaolin.....	14

2.5. Tinjauan Tentang Diare	15
2.5.1. Tinjauan Tentang Diare Akut	15
2.5.2. Tinjauan Tentang Diare Kronik.....	16
2.6. Tinjauan Tentang Infeksi oleh Mikroba.....	16
2.6.1. Tinjauan Tentang Sumber Mikroba.....	17
2.6.2. Uji daya Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Mikroba.....	18
 BAB III. KERANGKA KONSEPTUAL	19
 BAB IV. BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN.....	23
4.1. Bahan	23
4.2. Alat	23
4.3. Penyiapan dan Perlakuan Sampel.....	24
4.4. Uji Daya Jerap Terhadap Mikroba.....	25
4.4.1. Pembuatan Media.....	25
4.4.2. Pembuatan Dapar Fosfat	25
4.4.3. Penyiapan Inokulum Bakteri Uji	26
4.4.4. Penentuan Angka Mikroba	26
4.5. Rancangan Penelitian.....	26
 BAB V. HASIL PENELITIAN	28
5.1. Kandungan Batuan Zeolit Alam.....	28
5.2. Penentuan Daya Jerap Zeolit Alam.....	28
5.3. Analisa Statistik	31

BAB VI. PEMBAHASAN.....	33
6.1. Pengambilan dan Identifikasi Sampel	33
6.2. Aktivasi Zeolit Alam.....	34
6.3. Daya Jerap Zeolit Alam.....	34
BAB VIII. KESIMPULAN DAN SARAN	36
DAFTAR PUSTAKA.....	37
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Unit Pembangun Primer Zeolit	12
Gambar 2. Kerangka Konseptual	22
Gambar 3. Alur Penyiapan sampel Zeolit Alam.....	25
Gambar 4. Alur Penentuan Daya Jerap zeolit Malang 3 dan Malang 4 terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i>	27

DAFTAR TABEL

TABEL	halaman
5.1. Kandungan Batuan Zeolit Alam Malang 3 dan Malang 4.....	28
5.2. Hasil pengamatan daya jerap zeolit Malang 3 terhadap <i>Escherichia coli</i>	29
5.3. Hasil pengamatan daya jerap zeolit Malang 4 terhadap <i>Escherichia coli</i>	29
5.4. Hasil pengamatan daya jerap Kaolin terhadap <i>Escherichia coli</i>	29
5.5. Hasil pengamatan daya jerap zeolit Malang 3 terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	30
5.6. Hasil pengamatan daya jerap zeolit Malang 4 terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	30
5.7. Hasil pengamatan daya jerap atapulgit terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	30
5.8. Ringkasan analisis anova rancangan factorial zeolit malang 3, Malang 4 dan kaolin terhadap <i>Escherichia coli</i>	31
5.8. Ringkasan analisis anova rancangan factorial zeolit malang 3, Malang 4 dan atapulgit terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	
Peta Pengambilan Sampel Zeolit Alam.....	39
Lampiran 2	
Difraktogram Zeolit Malang 3.....	40
Lampiran 3	
Difraktogram Zeolit Malang 4	41
Lampiran 4	
Difraktogram Zeolit Atapulgit.....	42
Lampiran 5	
Hasil Perhitungan Anava Faktorial AxB (3X3) daya jerap zeolit Malang 3, Malang 4 dan Atapulgit terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	44
Lampiran 6	
Hasil Perhitungan Anava Faktorial AxB (3X3) daya jerap zeolit Malang 3, Malang 4 dan Atapulgit terhadap <i>Eschericia coli</i>	46
Lampiran 7	
Hasil Perhitungan T-test dua sample bebas antar waktu pengocokan terhadap daya jerap zeolit Malang 3, Malang 4 dan Atapulgit terhadap <i>Staphylococcus aureus</i>	48
Lampiran 8	
Hasil Perhitungan T-test dua sample bebas antar waktu pengocokan terhadap daya jerap zeolit Malang 3, Malang 4 dan Kaolin terhadap <i>Eschericia coli</i>	49
Lampiran 9	
Foto Pertumbuhan Koloni <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Gangguan saluran pencernaan kerap terjadi pada manusia, di antaranya adalah diare. Diare adalah buang air besar dengan jumlah tinja yang lebih banyak dari biasanya (normal 100-200 mL per jam tinja), dengan tinja berbentuk cairan atau setengah cair (setengah padat), dapat pula disertai frekuensi defekasi yang meningkat. Menurut WHO (1980), diare adalah buang air besar encer atau cair lebih dari tiga kali sehari. Diare dibagi dua berdasarkan mula dan lamanya, yaitu diare akut dan diare kronik. (Mansjoer Arif et al, 1999)

Diare akut adalah diare yang terjadi secara mendadak dan berlangsung singkat. Infeksi merupakan penyebab utama diare akut, baik oleh bakteri, parasit maupun virus. Dalam penelitian di RS Persahabatan, Jakarta Timur (1993 – 1994) yang dilakukan terhadap 123 pasien dewasa yang diare akut diperoleh hasil isolasi *Escherichia coli* (38,29%), *Vibrio Cholerae* Ogawa (18,29%) dan *Aeromonas sp.* (14,29%) sebagai tiga penyebab utama (Mansjoer Arif et al, 1999).

Diare akibat infeksi terutama ditularkan secara fekal oral. Hal ini disebabkan oleh masukan makanan atau minuman yang terkontaminasi tinja ditambah dengan ekskresi yang buruk, makanan yang tidak matang dan makanan yang disajikan tanpa dimasak. Faktor penentu terjadinya diare akut adalah kemampuan pertahanan tubuh terhadap mikroorganisme, daya penetrasi yang merusak sel mukosa, kemampuan memproduksi toksin yang mempengaruhi sekresi cairan usus serta daya lekat kuman. Kuman-kuman tersebut membentuk koloni-koloni yang dapat menginduksi diare (Mansjoer Arif et al, 1999).

Proses terjadinya diare kronik dipengaruhi oleh dua hal pokok, yaitu konsistensi *feces* dan motilitas usus. Gangguan proses mekanik dan enzimatik, disertai gangguan mukosa, akan mempengaruhi pertukaran air dan elektrolit, sehingga mempengaruhi konsistensi *feces* yang terbentuk. Peristaltik saluran cerna yang teratur akan mengakibatkan proses cerna secara enzimatik berjalan baik.

Peningkatan motilitas berakibat terganggunya proses cerna secara enzimatik yang mempengaruhi pola defekasi (Mansjoer Arif et al, 1999).

Salah satu bentuk pengobatan diare adalah pemberian adsorben. Penggunaan adsorben sebagai obat hanya dapat dilakukan untuk tindakan pertolongan pertama pada diare dengan mekanisme mengeraskan tinja dan mengadsorpsi zat toksik. Prinsip kerja adsorben adalah mengadsorpsi zat toksik (toksin) dan menghambat (menjerap) pertumbuhan koloni-koloni kuman yang terdapat disaluran pencernaan (Ganiswara S.G., 1995).

Karbon aktif (norit) merupakan salah satu adsorben yang dikenal luas di masyarakat, berasal dari batang tumbuh-tumbuhan yang diaktifkan dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi. Karbon aktif mempunyai spektrum kerja yang luas dan masa kerja yang cepat sehingga berguna pada keadaan darurat untuk mengobati keracunan (Dep Kes RI, 1995).

Selain karbon aktif, sekarang banyak digunakan atapulgit sebagai adsorben. atapulgit adalah magnesium aluminium silikat alam yang dimurnikan, merupakan bahan baku obat untuk pengobatan diare, dan masih merupakan komoditi impor. Sediaan antidiare berbahan baku atapulgit mengandung atapulgit aktif 600 mg sampai 700 mg. Pada sediaan yang lain atapulgit sering dikombinasi dengan pektin. Kaolin adalah aluminium silikat hidrat alam yang telah dimurnikan dengan pencucian, merupakan penjerap terutama untuk diare. Sedangkan antidiare berbahan baku kaolin mengandung kaolin 550 sampai 986 mg. Martin Barr melaporkan bahwa atapulgit teraktivasi terbukti merupakan adsorben yang paling unggul dibanding kaolin dan *hallosyte* dalam mengadsorpsi *Staphylococcus aureus*. Kaolin ditemukan mempunyai daya adsorpsi terhadap *Escherichia coli* (Barr, Martin, 1957). Smith melaporkan bahwa campuran kaolin-aluminium hidroksida dapat mengadsorpsi *Escherichia coli* (Barr, Martin, 1957).

Sedangkan adsorben yang memiliki struktur kristal yang mirip dengan zeolit adalah atapulgit. Magnesium aluminium silikat atau atapulgit adalah salah satu jenis dari zeolit alam (Arifin M., 1990). Telah diketahui bahwa terdapat lebih dari 40 jenis zeolit alam dan umumnya mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga tersebut diisi oleh air dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu (Sutarti, Mursi, 1994).

Zeolit alam adalah mineral senyawa aluminosilikat terhidrasi dengan kation-kation alkali dan alkali tanah yang memiliki struktur tiga dimensi dan mikroporous, atau memiliki lorong-lorong yang dapat diisi oleh kation-kation dan molekul air (Mansjoer Arif et al, 1999). Sifat dehidrasi zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam rongga utama, dan akan efektif berinteraksi dengan molekul yang akan diadsorbsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang terbentuk (Sutarti, Mursi, 1994).

Pada penelitian terdahulu zeolit alam Indonesia (modernit dan klinoptilolit) umumnya dimanfaatkan sebagai adsorben dari limbah industri dan lingkungan, penyaring molekuler, penukar ion, penjerap bahan dan katalisator (Harjanto, S., 1980).

Kain yang dibuat dari campuran nilon-6 dan poli etilen tereftalat dengan perbandingan 1 : 2, diproses bersama-sama untuk menghasilkan serat kain. Serat dibuat dari campuran sejenis tetapi ditambah dengan 1,5% Zeolit yang mengandung 70% Cu dan 3% Ag. Kedua serat ini kemudian dipintal bersama-sama menghasilkan kain yang mempunyai sifat antibakteri. Bahan ini dapat digunakan untuk membersihkan lensa dan jendela sehingga mencegah terjadinya jamur yang merugikan (Ando, Satoshi, et al, 1987)

Paten lain dari Jepang mengetengahkan mikrobisida dari zeolit melalui pertukaran kation zeolit dengan kation lain yang bersifat antimikroba seperti; Ag^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} , Hg^{++} , Sn^{++} , Pb^{++} , Bi^{++} , Cd^{++} , Cr^{++} , Ti^{++} . Hasilnya dapat menghambat pertumbuhan mikroba *Aspergillus niger*, *Candida albicans* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Yamamoto, Tatsua; et al, 1988).

Indonesia memiliki potensi zeolit alam yang besar, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Menurut penyelidikan para ahli geologi telah ditemukan 47 lokasi tambang zeolit galian industri yang terdapat di wilayah Indonesia, tiga diantaranya terdapat di Jawa Timur, yaitu : desa Sumberagung dan desa Kedungbanteng, kecamatan Sumbermanjing, kabupaten Malang ; Slaung, Ponorogo, yang masing-masing diperkirakan memiliki cadangan jutaan ton. Dari ketiga lokasi dipilih dua lokasi di desa Kedungbanteng, Kecamatan

Sumbermanjing, Kodya Malang sebagai tempat pengambilan sampel. Lokasi terletak dilereng perbukitan dengan ketinggian 100-400 m diatas permukaan air laut. Pemilihan sampel didasarkan atas kenampakan fisik, warna serta kekerasan sampel. Zeolit Malang 3 memiliki tekstur warna coklat dan zeolit Malang 4 memiliki tekstur warna putih kehijauan. Zeolit yang berwarna putih kehijauan lebih keras dibandingkan yang berwarna coklat. (Sutarti, Mursi, 1994).

Zeolit alam di Indonesia digunakan sejak tahun 1973, pada berbagai keperluan industri, pertanian dan peternakan. Penggunaan zeolit dalam bidang industri antara lain untuk bahan bangunan dan ornamen, sebagai bahan agregat ringan, bahan pengembang dan pengisi makanan, bahan pasta gigi, sebagai mineral penunjuk eksplorasi, bahan pencegah dan pemulih pencemaran lingkungan, pemurni gas alam dan minyak bumi (Harjanto, S., 1980).

Mengingat besarnya sumber daya alam zeolit di Indonesia dan sifat-sifat khusus zeolit yang dapat mengadsorpsi maka zeolit alam yang selama ini penggunaannya masih terbatas di sektor pertanian, perikanan, dan peternakan, berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan baku obat pengganti atapulgit yaitu sebagai adsorben (Harjanto, S., 1980).

Berdasar atas data tersebut diatas, dalam tugas akhir ini ingin diteliti efektivitas zeolit sebagai adsorben dalam dunia kefarmasian. Masalah yang akan diteliti adalah seberapa besar daya jerap zeolit alam daerah Malang terhadap pertumbuhan koloni *Escherichia coli* ATCC 25922 yang mewakili Bakteri Gram Negatif dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 yang mewakili Bakteri Gram Positif, dimana bakteri tersebut merupakan flora normal saluran pencernaan yang dapat menyebabkan diare (David T. Smith, et all, 1984).

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 mempunyai daya jerap atau adsorpsi terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
2. Apakah zeolit alam Malang 3, Malang 4 dan Atapulgit mempunyai kemampuan menyerap atau adsorpsi yang sama terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

3. Apakah zeolit alam Malang 3, Malang 4 dan Kaolin mempunyai daya jerap atau adsorpsi yang sama terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan daya jerap zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
2. Untuk membandingkan daya jerap zeolit alam Malang 3, Malang 4 dan atapulgit terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
3. Untuk membandingkan daya jerap zeolit alam Malang 3, Malang 4 dan kaolinterhadap *Escherichia coli* ATCC 25922.

1.4. Hipotesis

1. Zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 menjerap pertumbuhan koloni *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
2. Tidak terdapat perbedaan bermakna daya jerap Zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dibandingkan atapulgit.
3. Tidak terdapat perbedaan bermakna daya jerap Zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dibandingkan kaolin.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat mengawali langkah pemanfaatan zeolit alam daerah Malang sebagai obat antidiare berdasarkan daya jerapnya terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Sebagai adsorben alternatif pengganti atapulgit dan kaolin, meningkatkan nilai tambah zeolit alam dari bahan tambang menjadi bahan baku obat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Tentang Adsorpsi

Ikatan molekul di permukaan baik larutan maupun zat padat umumnya dalam keadaan tidak seimbang, sehingga permukaan zat tersebut mempunyai kecenderungan menjadi jenuh atau stabil dengan cara menarik atau mengikat zat lain yang kontak atau bersinggungan dengan permukaan tersebut. Fenomena perubahan konsentrasi yang terdapat di permukaan inilah yang disebut dengan istilah adsorpsi (Martin A. W., 1960).

Adsorpsi dapat terjadi pada bermacam-macam antar fasa seperti : antar fasa gas-padat, larutan-padat, gas-larutan dan lain sebagainya. Selanjutnya berdasar dari ikatan/hubungan antara adsorben dan adsorbat. dikenal dua macam adsorpsi, yaitu (Arthur W., Adanson, 1980) .

1. Adsorpsi fisika, terjadi antara molekul-molekul zat terikat pada permukaan zat lain karena adanya gaya-gaya fisik. Ciri-ciri dari adsorpsi fisik adalah : Panas yang dibutuhkan untuk terjadinya ikatan relatif kecil sekali, kurang dari 10 kkal/mol, Umumnya ikatan tersebut dapat balik (reversibel), adsorpsi terjadi pada suhu di bawah titik didih adsorbatnya, ikatan yang terjadi disebabkan karena adanya ikatan *Van der Waals* dan umumnya jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan bertambah dengan naiknya tekanan dari adsorbat tersebut.
2. Adsorpsi kimia, terjadi antara molekul-molekul dari kedua fasa, disebabkan karena ikatan kimia, baik ikatan ionik, kovalen maupun kedua-duanya. Ciri-ciri dari adsorpsi kimia adalah : Panas yang dibutuhkan untuk terjadinya ikatan tersebut umumnya besar, yaitu lebih dari 20 kkal/mol, tidak reversibel, adsorpsi dapat terjadi pada suhu yang tinggi, ikatan yang terjadi disebabkan karena adanya ikatan kimia, umumnya jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan berkurang dengan naiknya tekanan dari adsorbat tersebut.

Umumnya adsorpsi merupakan kombinasi dari adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Pada suhu yang tetap, banyaknya adsorbat yang teradsorpsi akan bertambah dengan bertambahnya zat adsorben. Hubungan antara banyaknya

adsorbat yang diadsorpsi (x) dan konsentrasi adsorben (c) pada suhu yang sama dinyatakan sebagai adsorpsi isoteris (Castellan, Gilbert W., 1983)

2.1.1. Adsorben

Adsorben adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan untuk menyerap zat lain, sedang daya jerapnya tergantung banyak faktor, antara lain : (Anita Isabella, 1993)

- a. Sumber adsorben, yang dapat menentukan kualitas adsorben tersebut.
- b. Proses pengolahan terjadinya adsorben sangat mempengaruhi daya jerapnya.
- c. Besar kecilnya ukuran partikel sangat menentukan luasnya permukaan dan secara langsung akan menentukan jumlah zat yang dijerap.

2.1.2. Adsorbat

Adsorbat adalah suatu zat yang mengalami penyerapan. Besarnya penyerapan yang dialami tergantung jenis adsorbat, misalnya : bobot atom, viskositas/ kekentalan, suhu kritis, elektrolit atau bukan elektrolit. (Anita Isabella, 1993).

2.2. Tinjauan Tentang Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata “zein” (bahasa Yunani) yang berarti membusuk dan “lithos” yang berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat zeolit yang akan membusuk bila dipanaskan pada 100-350° C (Anita Isabella, 1993).

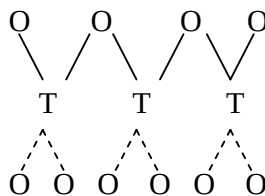
Berdasarkan prosesnya pembentukannya zeolit dapat digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu : zeolit alam, zeolit sintetis (Harjanto, S., 1980).

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) batuan vulkanik, sedangkan zeolit sintesis direkayasa oleh manusia secara proses kimia. Deposit zeolit alam dapat ditemukan dalam lubang lava dan batuan sedimen yang berasal dari material vulkanik (Harjanto, S., 1980).

Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi, dan mempunyai pori-pori atau ruang-ruang yang dapat diisi oleh kation lain, ataupun molekul air tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara *reversible* (Anita Isabella, 1993)

Jika Si sebagai atom pusat, muatan listrik akan netral, tetapi jika beberapa atom Si yang mempunyai valensi empat diganti dengan alumina yang bervalensi tiga, akan menimbulkan muatan negatif di dalam strukturnya. Muatan negatif ini akan dinetralkan oleh logam alkali atau alkali tanah (Anita Isabella, 1993).

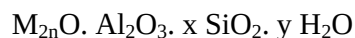
Unit pembangun primer yang merupakan susunan tetrahedral TO_4 , dimana $\text{T}=\text{Si}$ atau Al , yang dibangun oleh atom oksigen yang mengelilingi pusat atom Si atau atom Al membentuk suatu rantai. Setiap atom oksigen terbagi pada dua tetrahedral.



Gambar 1.

Unit Pembangun Primer

sehingga rumus empiris zeolit menjadi :



M = kation alkali atau alkali tanah.

n = valensi logam alkali.

x dan y = bilangan bulat positif.

Logam M dikenal sebagai kation penukar, sedang Si dan Al dikenal sebagai kation struktural. Jadi zeolit terdiri dari tiga komponen, yaitu : kation yang dipertukarkan; kerangka aluminosilikat; dan fase air. Ikatan ion Al-Si-O membentuk struktur kristal, sedangkan logam alkali merupakan sumber kation yang mudah dipertukarkan (Martin A. W., 1960).

Sifat zeolit meliputi (Harjanto, S., 1980).

1. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit akan berpengaruh terhadap sifat adsorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan.

2. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada di sekitar kation. Bila kristal zeolit dipanaskan pada suhu 200 – 400 , maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa mineral zeolit mampu menyerap gas sebanyak 30% dari berat kering.

Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya. Meskipun ada dua molekul atau lebih melintas, hanya sebuah saja yang dapat lolos karena adanya pengaruh kutub antara molekul zeolit dengan zat tersebut. Molekul yang tidak

jenuh atau mempunyai kutub akan lebih mudah lolos dari pada yang tidak berkutub atau yang jenuh.

3. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung pada ukuran dan muatan maupun jenis zeolit. Pada zeolit yang mengandung air, kationnya dapat bergerak dan dapat digantikan oleh kation lain. Sifat inilah yang mendukung zeolit sehingga berfungsi sebagai penukar ion.

4. Katalisator

Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang maksimum. Akan tetapi sifat ini sangat jarang dijumpai pada zeolit alam. Mekanisme yang terjadi adalah pemutusan ikatan atom dan diikuti oleh rekonstruksi ikatan baru.

5. Penyaring/pemisah

Zeolit dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu karena mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang bermacam-macam (berkisar antara $2 \text{ \AA} - 8 \text{ \AA}$, tergantung dari jenis zeolit). Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal ini menjadi dasar kemampuan zeolit untuk bertindak sebagai penyaring molekul. Molekul yang berukuran lebih kecil dapat melintas sedangkan molekul yang berukuran lebih besar dari ruang hampa akan tertahan atau ditolak. Zeolit mampu memisahkan campuran uap atau cairan berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas dari molekul yang disaring.

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi zeolit : ⁽⁸⁾.

1. Jenis adsorbat

- a. Ukuran molekul adsorbat

Rongga tempat terjadinya adsorpsi dapat dicapai melewati ukuran yang sesuai, sehingga molekul-molekul yang bisa diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameter molekulnya sama atau lebih kecil dari diameter pori.

- b. Kepolaran dari adsorbat

Molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi dari pada yang kurang polar apabila diameter molekulnya sebanding. Molekul-molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang lebih dulu diadsorpsi.

2. Luas permukaan zeolit

Jumlah molekul adsorbat akan bertambah dengan bertambahnya luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben semakin besar jumlah adsorbat yang diadsorpsi dan sebaliknya semakin kecil luas permukaan adsorben maka semakin kecil jumlah adsorbat yang diadsorpsi.

3. Temperatur

Proses adsorpsi adalah proses eksotermis yang berarti jumlah senyawa yang akan diadsorpsi akan bertambah dengan pengurangan suhu berdasarkan prinsip *Le Chatelier*.

4. Tekanan

Jumlah adsorbat yang mampu diserap oleh adsorben sangat bergantung pada tekanan adsorbat. Semakin besar tekanan adsorbat semakin banyak adsorbat yang dapat diserap oleh adsorben.

5. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni mengandung unsure-unsur pengotor yang lebih rendah sehingga daya adsorpsinya lebih baik.

2.2.1. Pengolahan Zeolit alam

Zeolit yang diperoleh dari lokasi penambangan dapat digunakan untuk berbagai keperluan, akan tetapi daya jerap, daya tukar ion, maupun daya katalis dari zeolit tersebut belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan tinggi diperlukan perlakuan (pengolahan) lebih lanjut (Sutarti, Mursi, 1994).

Pengolahan zeolit alam dilakukan melalui 2 tahap yaitu pengecilan ukuran partikel, dan aktivasi (Sutarti, Mursi, 1994).

1. Pengecilan ukuran partikel

Dilakukan melalui beberapa tingkatan yaitu mulai dari pemecahan (*crushing*) sampai dengan penggerusan (*grinding*). Tujuan tahap ini adalah untuk memperoleh ukuran partikel tertentu.

Tingkatan dan peralatan yang digunakan dalam tahap pengecilan ukuran partikel adalah:

* Peremukan : *Crusher* dan *screen*, Ukuran produk 3 cm

* Penggerusan : *Hammermill*, ukuran partikel hingga 100 mesh

Bahan masukan berupa bongkahan zeolit yang berasal dari tambang dengan ukuran ± 15 cm.

2. Aktivasi

Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dalam mineral zeolit. Aktivasi dapat

dilakukan dengan cara pemanasan dalam oven biasa pada suhu 200-400° C selama 2-3 jam. Cara ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah

2.2.2. Penggunaan Zeolit alam

Zeolit terdiri dari dua jenis yaitu zeolit sintetis dan zeolit alam. Pada pembuatan mineral zeolit sintetis memerlukan biaya yang cukup mahal, sehingga penggunaannya terbatas pada industri-industri tertentu yang menghasilkan barang yang mahal. Zeolit alam ditemukan dalam lubang-lubang lava dan batuan sedimen yang berasal dari material vulkanik. Telah ditemukan lebih dari 40 jenis zeolit alam yang merupakan bahan tambang mineral, beberapa diantaranya terdapat dalam jumlah banyak dan diketahui memiliki arti ekonomis.

zeolit alam pada umumnya digunakan pada bidang peternakan sebagai penggemukan, penyerap kontaminan, pada bidang pertanian sebagai pupuk, penyerap logam berat dalam tanah, pada bidang kedokteran/ kesehatan sebagai bahan tapal gigi, resin gigi, penghilang bau nafas, penanganan luka bakar, pada bidang lingkungan hidup sebagai bahan pencegah atau mengurangi pencemaran lingkungan (penyerap polutan udara, penyerap limbah radio aktif), untuk pemeliharaan air danau, sungai dan kolam, pada bidang industri, sebagai bahan pengisi kertas, penyerap tinta, sebagai penyusun detergen, katalisator, pengering sayuran, buah-buahan, pemurni gas alam dan lain sebagainya. Pada prinsipnya penggunaan zeolit dalam bidang kesehatan, peternakan, pertanian, industri dan bidang lingkungan hidup karena sifat daya adsorpsi atau daya jerap yang dimiliki zeolit (Sutarti, Mursi, 1994).

2.3. Tinjauan Tentang Atapulgit

Atapulgit adalah mineral magnesium aluminium silikat terhidrasi dari kelompok palygorskit. Istilah atapulgit pertama kali digunakan oleh De Lapparent, seorang profesor dari *Philadelphia College of Pharmacy and Science*, di tahun 1935 untuk mineral tanah liat yang didapat dari Attapulgis, Georgia; Quincy, Florida; dan Mormoiron, Perancis.

Struktur atapulgit adalah $(\text{OH}_2)_4 (\text{OH})_2 \text{Mg}_5 \text{Si}_8 \text{O}_{20} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Struktur ini disusun dari rantai seperti amfibola dimana setiap rantai berikatan melalui oksigen di setiap ujungnya menuju empat rantai tetangga.

Atapulgit merupakan bahan yang memiliki fungsi sebagai adsorben dan juga absorben, dimana fungsinya akan dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas tertentu. Mineral atapulgit yang sudah diberi perlakuan panas ini yang disebut dengan atapulgit teraktivasi (Anita Isabella, 1993)

Martin Barr (1957) melaporkan bahwa atapulgit teraktivasi terbukti merupakan adsorben yang paling unggul dibanding kaolin dan hallosyte dalam mengadsorpsi *Staphylococcus aureus* ⁽⁶⁾. Sediaan antidiare atapulgit mengandung atapulgit aktif 600 mg sampai 700 mg. Pada sediaan yang lain atapulgit sering dikombinasikan dengan pectin (Barr, Martin, 1957)

2.4. Tinjauan Tentang Kaolin

Kaolin adalah aluminium silikat hidrat alam yang telah dimurnikan dengan pencucian, merupakan penjerap terutama untuk diare. Sedangkan antidiare kaolin mengandung kaolin 550 sampai 986 mg. Sediaan kaolin sering dikombinasikan dengan pectin. Kaolin ditemukan mempunyai daya adsorpsi terhadap *Escherichia coli* (Martin and Cook 1961). Sediaan kaolin umumnya berupa suspensi dengan konsentrasi kaolin 130 mg/ml sampai 200 mg/ml (American Pharmaceutical Association, 1990). Walker (1921) menyatakan bahwa penggunaan kaolin dalam pengobatan infeksi saluran pencernaan berhubungan erat dengan mengadsorpsi bakteri. Eisher (1924) melaporkan bahwa *vibrio cholera* dapat diadsorpsi dengan kaolin, tapi *bacillus thyposa* tidak dapat diadsorpsi. Smith (1937) melaporkan bahwa campuran kaolin-aluminium hidroksida dapat mengadsorpsi *Escherichia coli* (Martin and Cook 1961).

2.5. Tinjauan Tentang Diare

Diare adalah buang air besar dengan jumlah tinja yang lebih banyak dari biasanya (normal 100-200 mL per jam tinja), dengan tinja berbentuk cairan atau setengah cair (setengah padat), dapat pula disertai frekuensi defekasi yang meningkat. Menurut WHO (1980), diare adalah buang air besar encer atau cair lebih dari tiga kali sehari. Diare dibagi dua berdasarkan mula dan lamanya, yaitu diare akut dan diare kronik (Mansjoer Arif et al, 1999)

2.5.1. Tinjauan Tentang Diare Akut

Diare akut adalah diare yang terjadi secara mendadak dan berlangsung singkat. Infeksi merupakan penyebab utama diare akut, baik oleh bakteri, parasit maupun virus.

Diare akibat infeksi terutama ditularkan secara fekal oral. Hal ini disebabkan oleh masukan makanan atau minuman yang terkontaminasi tinja ditambah dengan ekskresi yang buruk, makanan yang tidak matang dan makanan yang disajikan tanpa dimasak. Faktor penentu terjadinya diare akut adalah kemampuan pertahanan tubuh terhadap mikroorganisme, daya penetrasi yang merusak sel mukosa, kemampuan memproduksi toksin yang mempengaruhi sekresi cairan usus serta daya lekat kuman. Kuman-kuman tersebut membentuk koloni-koloni yang dapat menginduksi diare (Mansjoer Arif et al, 1999)

Patogenesis diare yang disebabkan infeksi bakteri terbagi dua yaitu

1. Bakteri noninvasif (enterotoksigenik)

Toksin yang diproduksi bakteri akan terikat pada mukosa usus halus, namun tidak merusak mukosa tetapi meningkatkan kadar siklik AMP didalam sel, menyebabkan sekresi aktif anion klorida ke dalam lumen usus halus yang diikuti air, ion karbonat, kation kalium dan natrium. Bakteri yang termasuk golongan ini adalah *Vibrio cholerae*, *Enterotoksigenik Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* dan *Staphylococcus aureus*.

2. Bakteri enteroinvasif.

Toksin yang diproduksi bakteri akan menyebabkan kerusakan dinding usus berupa nekrosis dan ulserasi, dan bersifat sekretorik ekdudatif. Cairan diare dapat bercampur lendir dan darah. Bakteri yang termasuk golongan ini adalah *Enteroinvasive Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi B*, *Clostridium Perfringens* tipe C dan *Shigella*.

2.5.2. Tinjauan Tentang Diare Kronik

Proses terjadinya diare kronik dipengaruhi dua hal pokok, yaitu konsistensi *feces* dan motilitas usus. Gangguan proses mekanik dan enzimatis, disertai gangguan mukosa, akan mempengaruhi pertukaran air dan elektrolit, sehingga mempengaruhi konsistensi *feces* yang terbentuk. Peristaltik saluran cerna yang teratur akan mengakibatkan proses cerna secara enzimatis berjalan baik. Peningkatan motilitas berakibat terganggunya proses cerna secara enzimatis yang mempengaruhi pola defekasi (Mansjoer Arif et al, 1999)

Diare kronik dibagi tiga, yaitu : diare osmotik, terjadi karena adanya faktor malabsorpsi akibat adanya gangguan absorpsi karbohidrat, lemak dan protein; diare sekretorik, terjadi karena terdapat gangguan transpor akibat adanya perbedaan osmotik intralumen dengan mukosa yang besar sehingga terjadi penarikan cairan dan elektrolit ke dalam lumen usus dalam jumlah besar; diare inflamasi, diare dengan kerusakan dan kematian enterosit disertai peradangan dan feses berdarah, kelompok ini paling sering ditemukan (Mansjoer Arif et al, 1999)

2.6. Tinjauan Tentang Infeksi Mikroba

Ditemukannya koliform dalam air atau susu diterima sebagai bukti kontaminasi tinja. kontaminasi bakteri pada tinja ditambah dengan ekskresi yang buruk, makanan yang tidak matang dan makanan yang disajikan tanpa dimasak merupakan penyebab utama terjadinya infeksi pada diare. Faktor lain adalah kemampuan pertahanan tubuh terhadap bakteri itu sendiri. Bakteri tersebut

membentuk koloni-koloni yang dapat menginduksi diare (Mansjoer Arif et al, 1999)

2.6.1. Tinjauan Tentang Sumber Mikroba

Sumber kontaminasi yang potensial berasal dari makanan atau minuman yang terkontaminasi tinja, makanan yang tidak matang, makanan yang disajikan tanpa dimasak dan factor lingkungan. Bakteri yang sering menyebabkan kontaminasi adalah *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Mansjoer Arif et al, 1999)

Escherichia coli (David T. Smith, et al, 1984)

Bakteri ini berbentuk batang pendek tetapi besar, lebar 0,4-0,7 μm dan panjang 1-4 μm . Dalam kultur yang masih baru mempunyai bentuk yang coccoid dan berflagel pendek untuk bergerak. Dalam kultur yang sudah lama basil menjadi panjang dan berbentuk filamen. Bakteri ini tidak berspora tetapi pada bagian kecil terlihat berkapsul dan merupakan bakteri Gram negatif.

Escherichia coli bersifat aerobik dan fakultatif anaerobic, tumbuh cepat dalam 24 jam pada semua media pada suhu 20-40 C, dapat hidup dalam media yang mengandung garam anorganik, garam ammonium dan dektrose. Pada lempeng agar, permukaan koloni terlihat dalam waktu 12-24 jam, sebesar 2-3mm dalam waktu 48 jam. Koloni pendek, cembung, lunak, licin dan tidak berwarna.

Morfologi koloni pada media Mac Conkey Agar (MCA) membentuk koloni merah bata yang dikelilingi daerah terdiri dari endapan merah empedu. Pada pewarnaan Gram berbentuk batang atau batang bulat.

Biasanya gejala diare terjadi secara tiba-tiba dan jarang muntah. Infeksi hebat terjadi pada bayi baru lahir. Pada orang dewasa, “Diare musafir” biasanya sembuh sendiri dalam 1-3 hari ⁽¹⁾.

Staphylococcus aureus (David T. Smith, et al, 1984).

Staphylococcus aureus tumbuh pada media ekstrak daging pada suhu 37 C dengan suhu optimal 35 C. Bakteri ini banyak tumbuh pada kondisi aerobik dan fakultatif anaerobic. Pada lempeng agar nutrisi, koloni yang tumbuh biasanya berdiameter 1-2 mm, cembung, gelap, berkilau pada seluruh tepinya dan lembut, warna koloni kuning emas tetapi warna ini dapat berubah menjadi gelap atau lebih intensif.

Staphylococcus aureus tumbuh dalam daging, hasil susu, roti dan menghasilkan enterotoksin. Gejala diare tiba-tiba, muntah hebat sampai 24 jam. Terjadi pada orang yang makan makanan yang sama. Penyembuhan dapat dilakukan dengan pemberian cairan dan elektrolit (Mansjoer Arif et al, 1999)

2.6.2 Uji Daya Adsorpsi Zeolit Alam Terhadap Mikroba.

Penentuan daya adsorpsi terhadap mikroba dimaksudkan untuk mengetahui efek daya jerap zeolit terhadap pertumbuhan koloni *Escherichia coli* ATCC25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Metode umum yang dapat digunakan yaitu penetapan dengan perhitungan koloni mikroba.

Metode perhitungan koloni mikroba didasarkan dari pertumbuhan koloni mikroba pada media pertumbuhan dalam cawan petri yang masing-masing sudah ditambah supernatan bakteri –zeolit dan bakteri atapulgit dengan beberapa variasi pengocokan tertentu serta yang lain sebagai blanko, sehingga dapat diketahui pertumbuhan koloni mikroba dengan cara menghitung jumlah koloni dengan alat yang sesuai.

BAB III

KERANGKA KONSEPTUAL

Dehidrasi zeolit adalah reversible dan tidak terjadi perubahan bentuk . Sifat reversible dehidrasi ini menarik perhatian para peneliti untuk mempelajari kemungkinan adsorpsi molekul lain selain air oleh zeolit. Pada hasil penelitian terdahulu telah diketahui zeolit terhidrasi dapat mengadsorpsi berbagai cairan seperti, alkohol, benzen dan kloroform serta dapat mengadsorpsi gas seperti hidrogen sulfida, ammonia (Sutarti, Mursi, 1994). Selain itu zeolit memiliki muatan listrik pada permukaan maupun dalam rongganya menyebabkan kemungkinan berperan sebagai penukar ion dan katalis.

Zeolit terdiri dari dua jenis yaitu zeolit sintetis dan zeolit alam. Pada pembuatan mineral zeolit sintetis memerlukan biaya yang cukup mahal, sehingga penggunaannya terbatas pada industri-industri tertentu yang menghasilkan barang yang mahal. Zeolit alam ditemukan dalam lubang-lubang lava dan batuan sedimen yang berasal dari material vulkanik. Zeolit alam dibedakan menjadi dua kelompok yaitu zeolit yang berada diantara celah batuan atau diantara lapisan batuan dan zeolit yang berupa batuan yang masing-masing terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit yang berbeda (Arifin M., 1990). Telah ditemukan lebih dari 40 jenis zeolit alam yang merupakan bahan tambang mineral, beberapa diantaranya terdapat dalam jumlah banyak dan diketahui memiliki arti ekonomis. Zeolit alam pada umumnya digunakan pada bidang peternakan sebagai penggemukan, penyerap kontaminan, pada bidang pertanian sebagai pupuk, penyerap logam berat dalam tanah, pada bidang kedokteran/kesehatan sebagai bahan tapal gigi, resin gigi, penghilang bau nafas, penanganan luka bakar, pada bidang lingkungan hidup sebagai bahan pencegah atau mengurangi pencemaran lingkungan (penyerap polutan udara, penyerap limbah radio aktif), untuk pemeliharaan air danau, sungai dan kolam , pada bidang industri, sebagai bahan pengisi kertas, penyerap tinta, sebagai penyusun detergen, katalisator, pengering sayuran, buah-buahan, pemurni gas alam dan lain sebagainya. Indonesia merupakan sumber tambang mineral

zeolit, karena sebagian besar wilayah Indonesia merupakan gunung api atau rempah-rempah gunung api yang merupakan sumber mineral zeolit. Menurut penelitian para ahli geologi telah ditemukan 47 lokasi tambang zeolit di Indonesia, tiga diantaranya terdapat di Jawa Timur yaitu : di kecamatan Sumbermanjing-wetan dusun Kedung banteng dan dusun Sumber agung di daerah Malang selatan serta daerah Slaung Ponorogo, yang diperkirakan memiliki cadangan jutaan ton (Arifin M., 1990).

Dari 40 jenis mineral zeolit , hanya sebagian saja yang diketahui terdapat dalam batuan sedimen. Identifikasi mineral zeolit dapat dilakukan di lapangan secara sepintas, karena mineral- mineral zeolit berkrystal sangat halus dan kenampakkannya menyerupai endapan diatomit, bentonit dan felspar berbutir halus. Beberapa jenis mineral zeolit mempunyai sifat optik dan komposisi kimia yang hampir mirip, sehingga perbedaan dengan berdasar analisis kimia dan mikroskop polarisasi sangat sulit. Identifikasi hanya mungkin dilakukan dengan menggunakan difraktometer sinar X, mikroskop elektron, dan analisis termal (*Differential Thermal Analysis*) (Arifin M., 1990).

Pada tahap awal penelitian ini, setelah diidentifikasi dengan difraksi sinar-X batuan tambang zeolit Malang selatan diketahui mengandung zeolit jenis Mordenit ($\text{Na}_8 (\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{90}). 24\text{H}_2\text{O}$), Quartz (SiO_2), Na-Al-Silikat Hidrat ($\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$) dan Ca-Al-Silikat Hidrat ($\text{CaAl}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}.7\text{H}_2\text{O}$). Sedangkan attapulgit yang telah digunakan sebagai bahan obat mengandung zeolit jenis Palygorskit $\text{Mg}_5(\text{SiAl})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2.8\text{H}_2\text{O}$, Quartz (SiO_2) dan Ca-Al-Silikat Hidrat ($\text{CaAl}_2\text{Si}_{10}\text{O}_{24}.7\text{H}_2\text{O}$).

Pada penelitian terdahulu zeolit alam Indonesia (modernit dan klinoptilolit) umumnya dimanfaatkan sebagai adsorben limbah industri dan lingkungan, penyaring molekuler, penukar ion, penjerap bahan dan katalisator. Zeolit alam Indonesia mengandung modernit yang merupakan jenis mineral zeolit berdaya jerap tinggi dengan jumlah ruang kosong 28 (Interval nilai 18-47) (Harjanto, S., 1980)

Paten lain dari Jepang mengetengahkan mikrobisida dari zeolit melalui pertukaran kation zeolit dengan kation lain yang bersifat antimikroba seperti; Ag^{++} , Cu^{++} , Zn^{++} , Hg^{++} , Sn^{++} , Pb^{++} , Bi^{++} , Cd^{++} , Cr^{++} , Ti^{++} . Hasilnya dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus niger*, *Candida albicans* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Yamamoto, Tatsua; et al, 1988).

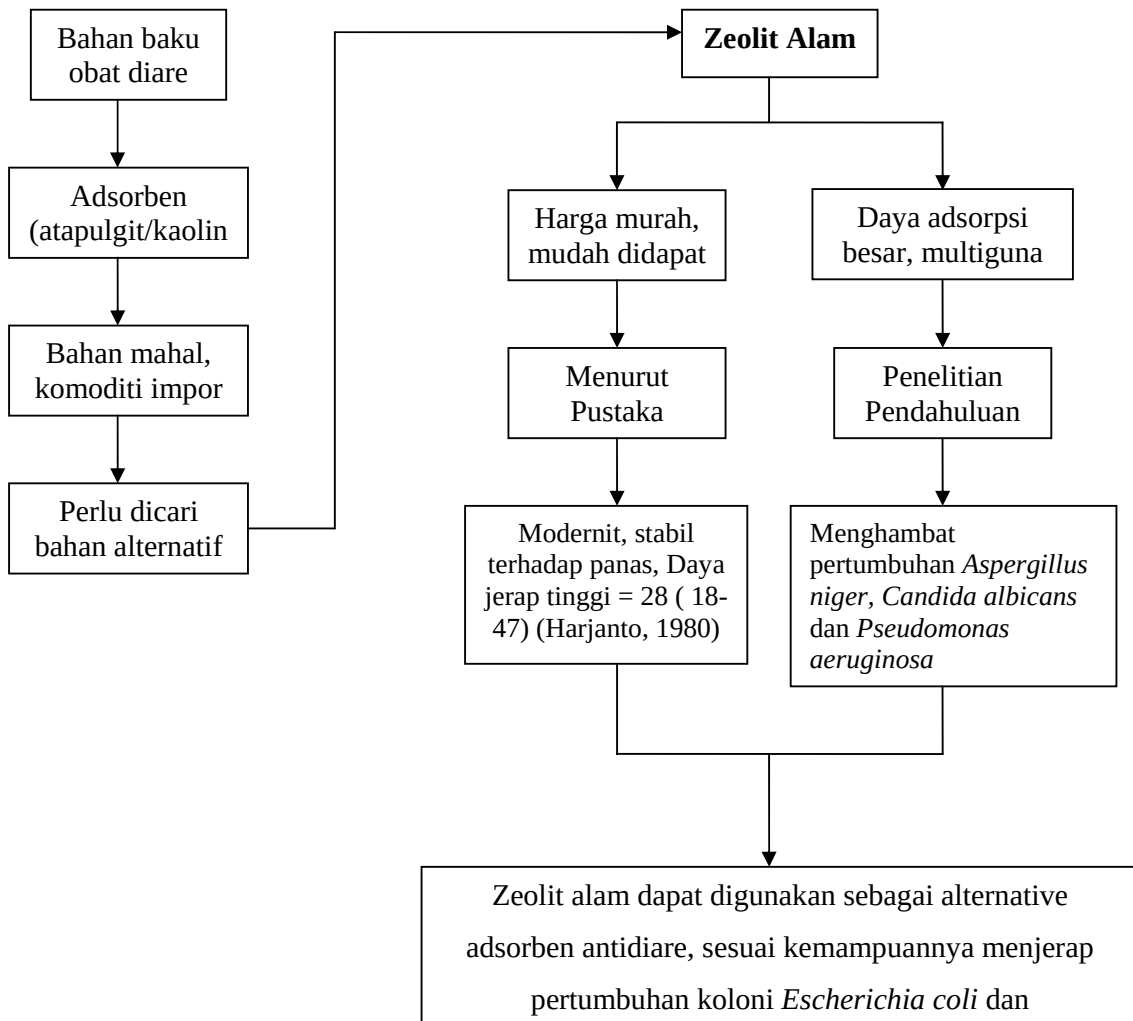
Berdasarkan penggunaan zeolit alam pada berbagai bidang tersebut diatas, maka pada penelitian ini ingin diketahui kemungkinan penggunaan zeolit alam sebagai bahan baku obat, sebagai adsorben pada kasus keracunan logam berat dan mikroba khususnya pada penyakit diare. Oleh karena itu perlu diteliti tentang kemampuan daya jerap zeolit alam terhadap zat warna biru metilen dan alkaloida seperti yang dipersyaratkan dalam Farmakope Indonesia IV, juga terhadap mikroba khususnya mikroba patogen penyebab diare (Dep Kes RI, 1995).

Penggunaan adsorben sebagai bahan obat didasarkan pada kemampuan daya jerapnya terhadap toxin, mikroba dan logam berat sebagai contoh logam timbal (Pb) dan Arsen. Kemampuan daya jerap terhadap toxin dan mikroba menjadi salah satu syarat pengobatan diare dengan adsorben. Penggunaan adsorben sebagai obat hanya dapat dilakukan untuk tindakan pertolongan pertama pada diare dengan mekanisme mengeraskan tinja dan mengadsorbsi zat toksik. Prinsip kerja adsorben adalah mengadsorbsi zat toksik (toksin) dan menghambat (menjerap) pertumbuhan koloni-koloni kuman yang terdapat di saluran pencernaan (Ganiswara S.G., 1995).

Carbo adsorbens merupakan salah satu adsorben yang dikenal luas di masyarakat. Penggunaan Carbo adsorbens sebagai bahan obat menjadi terbatas karena dosisnya yang relatif cukup besar (1500 mg/ pemakaian). Selain carbo adsorbens yang dalam perdagangan lebih dikenal dengan nama Norit, sekarang banyak digunakan atapulgit (dosis 600 – 750 mg/ pemakaian) dan kaolin (dosis 500 – 900 mg/pemakaian). Namun kedua adsorben tersebut merupakan komoditi impor dan relative mahal.

Dalam penelitian ini, diharapkan zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 memiliki daya jerap terhadap pertumbuhan koloni *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25922, sehingga membuka peluang untuk

diteliti kemanfaatannya sebagai adsorben. Apabila zeolit terbukti memenuhi salah satu persyaratan sebagai adsorben dalam bidang kesehatan (bahan obat/ sediaan obat), maka akan diperoleh adsorben baru pengganti atapulgit dan kaolin yang berarti akan meningkatkan nilai ekonomi bahan tambang zeolit di daerah Malang selatan dan diharapkan dapat meningkatkan laju pertumbuhan ekonomi penduduk di sekitar daerah tersebut.



Gambar 2. Kerangka Konseptual

BAB IV

BAHAN, ALAT DAN METODE PENELITIAN

4.1. Bahan-bahan

- *Eschericia coli* ATCC 25922
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923
- Media MCA (*Mac Conkey Agar Medium*)
- *Nutrien Agar Medium*
- Sampel zeolit alam
- Atapulgit
- Kaolin
- Air suling
- NaCl 0,9 % steril
- Etanol p.a
- Kalium dihidrogen fosfat p.a
- NaOH p.a

4.2. Alat-alat

- X-Ray Diffractometer *Philips XRA 465*
- Spektrofotometer UV-Vis *Shimadzu UV-160 A*
- Difraktometer sinar-X
- Mikropipet
- Pengayak mesh 100
- Neraca analitik
- Sentrifugator
- Oven
- Vortex
- Laminer Air Flow Cabinet (LAFC)
- PH-meter
- Otoklaf

- Mikroskop
- Roller Mill *Erweka Apparatebau GmbH*

4.3. Penyiapan dan Perlakuan Sampel

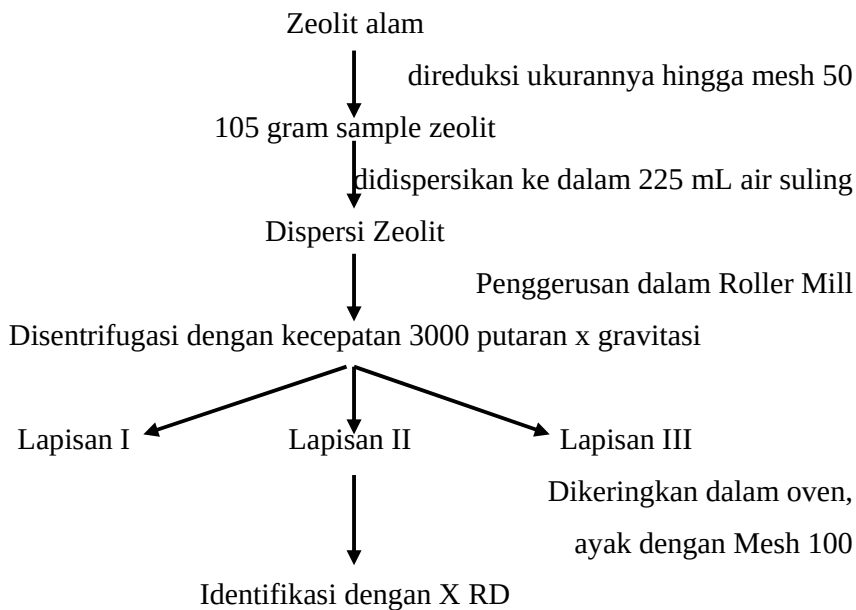
Sampel zeolit diambil dari dua lokasi tambang yang berjarak sekitar 10 km di desa Kedung Banteng, Kecamatan Sumber Manjing, Kota Madya Malang . Lokasi tambang di lereng bukit, sekitar 15-50 M dari puncak bukit, pada ketinggian 100-400 M dari permukaan air laut.

Pengambilan sample zeolit dilakukan dengan penggalian, pemecahan, pemilihan, dan pengangkutan ke lokasi penelitian, selanjutnya dilakukan pengecilan bongkahan sampel zeolit, penghancuran dan penggerusan. Serbuk sampel zeolit diayak dengan mesh 50 .

Sampel zeolit yang diperoleh ditimbang lebih kurang 105,0 gram, kemudian dicampur dengan 225,0 mL air suling didalam mortir. Campuran tersebut digerus dalam Roller Mill, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 x gravitasi selama 20 menit, endapan akan terdiri dari tiga lapisan yaitu : lapisan pertama berupa lempung , lapisan kedua berupa zeolit dan lapisan ketiga berupa kuarsa. Diambil lapisan kedua atau bagian tengah yang berwarna putih , kemudian dikeringkan dan diayak dengan mesh 100. Jumlah zeolit pada lapisan kedua antara 30 – 40 mg dari 105 gram sampel (Sutarti, Mursi, 1994).

Zeolit alam yang dapat diaktivasi dengan cara dipanaskan pada suhu 250°C pada oven selama 120 menit. Dilakukan identifikasi zeolit alam yang telah diaktifkan tersebut dengan Difraktometer Sinar-X (Arifin M., 1990).

Ditimbang zeolit aktif 600,0 miligram, dimasukkan dalam tabung reaksi, disterilkan selama 2 jam pada suhu 180 °C (James E. F. R., et al., 1989).



Gambar 3. Alur Penyiapan Sampel Zeolit Alam

4.4. Uji Daya Jerap Terhadap Mikroba

4.4.1. Pembuatan Media

Semua komponen media larut air dilarutkan dalam air suling, jika perlu dipanaskan hingga larut sempurna dan ditambahkan larutan asam klorida atau natrium hidroksida secukupnya hingga diperoleh media dengan pH yang diinginkan (pH ditetapkan pada suhu 25 ± 2 °C).

4.4.2. Pembuatan Dapar Fosfat

Pembuatan dapar fosfat pH 6,8 dilakukan dengan melarutkan 50 g Kalium dihidrogen fosfat 0,2 M dalam 22,4 mL Natrium hidroksida 0,2 N dan diencerkan dengan air hingga 200 mL. Larutan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 2-8 °C. Sebelum digunakan, larutan disterilkan 121 °C selama 15 menit (Dep Kes RI, 1995).

4.4.3. Penyiapan Inokulum Bakteri Uji

Satu ose biakan yang berasal dari kultur persediaan digesekkan pada media agar miring, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 18-20 jam. Ke dalam tabung ditambahkan 5 mL NaCl 0,9%, kemudian disuspensikan dan dikocok dalam vortex selama 15 menit. Sebanyak 2 mL suspensi diencerkan dengan larutan NaCl 0,9% sampai diperoleh transmittan 25%, bila diukur dengan spektrofotometer pada 580 nm dan dengan larutan NaCl sebagai blanko (Dep Kes RI, 1995).

4.4.3. Penentuan Angka Mikroba

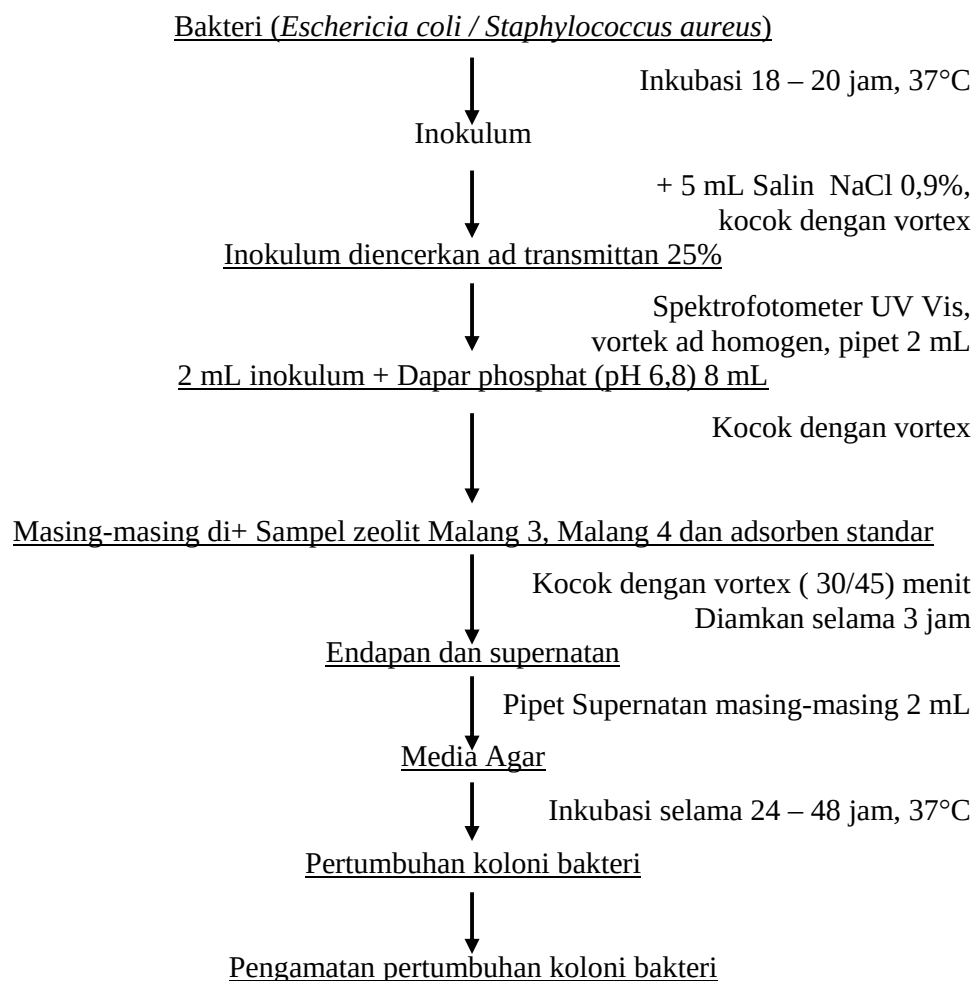
Disiapkan empat tabung A,B,C dan D. tabung A digunakan sebagai kontrol, tabung B berisi 600 mg sample zeolit alam daerah Malang 3, tabung C berisi 600 mg sample zeolit alam daerah Malang 4 dan tabung D berisi 600 mg atapulgit sebagai standar pengukuran daya jerap terhadap *Staphylococcus aureus* ⁽⁶⁾. Percobaan juga dilakukan masing-masing dengan berat sampel 300 miligram dan 900 miligram. Pengukuran daya jerap terhadap *Escherichia coli* digunakan kaolin sebagai standar dengan perlakuan yang sama seperti atapulgit (American Pharmaceutical Association, 1990)

Dari inokulum bakteri diambil 2 mL untuk tiap-tiap tabung yang berisi 8 mL campuran zeolit dan dapar fosfat pH $6,8 \pm 0,1$. Campuran dikocok dalam vortex selama 30 menit, lalu didiamkan selama 3 jam. Dengan perlakuan sama dilakukan pengocokan dengan vortex selama 45 menit. Supernatan sebanyak 2 mL ditanam dalam media agar, diratakan dengan pengaduk steril dan diinkubasi pada 36 ± 2 °C selama 24 – 48 jam. Pertumbuhan koloni mikroba dihitung dengan *colony counter* (Barr, Martin, 1957).

4.5. Rancangan Penelitian

Setelah didapat data Jumlah koloni *Escherichia coli* dan jumlah koloni *Staphylococcus aureus* pada cawan petri A, B, C dan D, dilakukan analisis data dengan uji *anova factorial design* AxB (3X3) untuk mengetahui daya jerap

sample zeolit alam daerah Malang 3 dan Malang 4 terhadap koloni *Escherichia coli* dibandingkan dengan kaolin. Juga dilakukan uji yang sama untuk mengetahui daya jerap sampel zeolit alam Daerah Malang 3 dan Malang 4 terhadap koloni *Staphylococcus aureus* dibandingkan dengan dengan atapulgit. Untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang bermakna antara penjerapan bakteri antara waktu pengocokan 30 menit dan 45 menit, dilakukan uji T-test dua sampel bebas



Gambar 4. Alur Penentuan Daya Jerap Zeolit Malang 3 dan Malang 4 terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

BAB V

HASIL PENELITIAN

5.1. Kandungan Batuan Zeolit Alam

Identifikasi zeolit alam yang telah diaktifkan dengan Difraktometer Sinar-X. Difraktogram sinar-X sampel zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3. Dengan membandingkan puncak – puncak spesifik pola difraksi sinar-X sampel zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 dan data puncak yang terdapat pada data base, maka diketahui jenis zeolit dan rumus molekulnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan batuan zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 mengandung modernit. Seperti tertera pada Tabel 1

Tabel 5.1.

Kandungan batuan zeolit alam Malang 3 dan Malang 4

No.	Sampel	Kandungan	Rumus Molekul
1.	Malang 3	Modernit	$(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{K}_2) \text{Al}_2 \text{Si}_{10} \text{O}_{24} \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$
		Quartz, low	SiO_2
		Albite, disordered	$\text{KNa}_2 \text{Ca}_2 (\text{Si}_{29} \text{Al}_{17}) \text{O}_{72} \cdot 24 \text{H}_2 \text{O}$
		Sodium Phenylmercaptomethyl p	$\text{C}_{16} \text{H}_{17} \text{N}_2 \text{NaO}_4 \text{S}_2$
2.	Malang 4	Modernit	$(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{K}_2) \text{Al}_2 \text{Si}_{10} \text{O}_{24} \cdot 7 \text{H}_2 \text{O}$
		Quartz, syn	SiO_2
		Sodium Alumunium Silicate Hydra	$\text{Na}_2 \text{O}_2 - \text{Al}_2 \text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2 \text{O}$

(Harjanto, S., 1980)

5.2 Penentuan Daya Jerap Zeolit Alam

Dengan membandingkan daya jerap zeolit alam terhadap adsorban standar pada *eschericia coli* dan *staphylococcus aureus*, maka daya jerap zeolit alam dapat diukur secara kuantitatif.

Adsorben standar untuk *Eschericia coli* digunakan adsorban standar kaolin, sedangkan untuk *Staphylococcus aureus* digunakan adsorban standar atapulgit .

a. *Escherichia coli* ATCC 25922**Tabel 5.2.**

Hasil pengamatan daya jerap Zeolit Malang 3 terhadap
Escherichia coli ATCC 25922

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (Zeolit Malang 3)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	75	78	66	73	43	45	39	42,33	31	29	35	31,67
45	82	88	81	83,67	44	49	45	46	34	35	34	34,33

Tabel 5.3.

Hasil pengamatan daya jerap Zeolit Malang 4 terhadap
Escherichia coli ATCC 25922

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (Zeolit Malang 4)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	82	79	74	78,33	36	42	39	39	26	31	24	27
45	88	89	92	89,67	38	48	43	43	29	32	30	30,33

Tabel 5.4.

Hasil pengamatan daya jerap Kaolin terhadap
Escherichia coli ATCC 25922

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (Kaolin)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	35	42	44	40,33	13	19	17	16,3	9	10	8	9
45	44	46	47	45,67	16	19	20	18,33	11	9	10	10

b. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923**Tabel 5.5.**

Hasil pengamatan daya jerap Zeolit Malang 3 terhadap
Staphylococcus aureus ATCC 25923

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (Zeolit Malang 3)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	88	92	78	86	23	27	26	25,33	20	18	22	20
45	90	86	98	91,33	25	31	22	26	25	33	23	27

Tabel 5.6.

Hasil pengamatan daya jerap Zeolit Malang 4 terhadap
Staphylococcus aureus ATCC 25923

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (Zeolit Malang 4)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	79	75	80	78	21	24	28	24,33	18	15	16	16,33
45	83	90	86	86,33	29	30	24	27,67	26	27	25	26

Tabel 5.7.

Hasil pengamatan daya jerap atapulgit terhadap
Staphylococcus aureus ATCC 25923

Waktu kocok (Menit)	Jumlah Koloni <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (Atapulgit)											
	Berat Sampel 300 mg				Berat Sampel 600 mg				Berat Sampel 900 mg			
	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata	Replikasi			Rerata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
30	65	54	58	59	15	18	24	19	10	11	10	10,33
45	72	78	69	73	27	30	31	29,33	18	20	17	18,33

5.3. Analisa Statistik

Untuk mengetahui daya jerap zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 yang diaktivasi secara pemanasan terhadap *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dan untuk mengetahui adanya perbedaan secara bermakna maka dihitung dengan menggunakan uji statistik ANOVA factorial axb (3x3).

a. ANOVA factorial axb (3x3)

Dari data daya jerap sampel zeolit dan kaolin terhadap *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* dilakukan uji statistik seperti yang tertera pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 5.8.

Ringkasan Analisis anova rancangan faktorial Zeolit Malang 3,
Zeolit Malang 4 dan Kaolin terhadap *Eschericia coli*

SK	Db	JK	KT	F hitung	F Tabel (0.05)
Perlakuan	8	33655.454	4206.932	192.519	
ADSORBEN (A)	2	10763.979	5381.989	246.292	3.20432
BERAT (B)	2	22007.434	11003.717	503.555	3.20432
ADSORBEN * BERAT (A x B)	4	884.041	221.010	10.114	2.57874
Galat	45	983.342	21.852		
Percobaan Total	53	34638.796			

Tabel 5.9.

Ringkasan Analisis anova rancangan faktorial Zeolit Malang 3,
Zeolit Malang 3 dan Atapulgit terhadap *Staphylococcus aureus*

SK	db	JK	KT	F	F table ($\alpha=0.05$)
Perlakuan	8	43509.569	5438.696	131.022	
ADS_SA	2	1397.340	698.670	16.831	3.20432
BERATSA	2	41297.332	20648.666	497.439	3.20432
ADS_SA * BERATSA	4	814.896	203.724	4.908	2.57874
Error	45	1867.947	41.510		
Perlakuan Total	53	45377.515			

BAB VI

PEMBAHASAN

Zeolit adalah salah satu bahan galian alam yang karena sifatnya seperti : dehidrasi, adsorpsi, penukar ion, katalis, dan penyaring/pemisah, bisa digunakan sebagai bahan adsorben yang nantinya diharapkan bisa digunakan sebagai bahan baku obat yaitu sebagai adsorben.

Isolasi sampel zeolit alam yang diperoleh dari lokasi penambangan bias langsung digunakan untuk berbagai keperluan, akan tetapi daya jerap, daya tukar ion, maupun daya katalis dari zeolit tersebut belum maksimal. Untuk memperoleh zeolit dengan kemampuan yang lebih maksimal diperlukan perlakuan (pengolahan) lebih lanjut. Pengolahan zeolit alam dilakukan melalui 2 tahap yaitu pengecilan ukuran partikel dan aktivasi.

6.1. Pengambilan dan Identifikasi Sampel Zeolit

Isolasi sampel zeolit alam bertujuan untuk memurnikan / memisahkan sample zeolit alam dari campuran bahan yang lainnya seperti lempung, kuarsa dll. Walaupun tidak bias didapatkan zeolit alam murni akan tetapi diharapkan bias mengurangi jumlah campuran dari zeolit alam tersebut, sehingga diharapkan daya jerap zeolit alam tersebut meningkat.

Sampel zeolit alam yang diperoleh ukuran partikelnya direduksi hingga ukuran 50 mesh. Sampel zeolit yang diperoleh ditimbang lebih kurang 105,0 gram, kemudian dicampur dengan 225,0 mL air suling didalam mortil, kemudian dihaluskan dengan roller mill. Campuran tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit, endapan akan terdiri dari tiga lapisan yaitu : lapisan pertama berupa lempung , lapisan kedua berupa zeolit dan lapisan ketiga berupa kuarsa. Diambil lapisan kedua atau bagian tengah yang berwarna putih , kemudian dikeringkan dan diayak dengan mesh 100. Jumlah zeolit pada lapisan kedua antara 30 – 40 mg dari 105 gram sampel ^(7,8,9).

Zeolit alam yang didapat diaktivasi dengan cara dipanaskan pada suhu 250° C pada oven selama 120 menit. Dilakukan identifikasi zeolit alam yang telah diaktifkan tersebut dengan Difraktometer Sinar-X. Difraktogram sinar-X dari sampel zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 3. Dengan membandingkan puncak – puncak spesifik pola difraksi sinar-X sampel zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 dan data puncak yang terdapat pada data base, maka diketahui jenis zeolit dan rumus molekulnya. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan batuan zeolit Malang 3 dan zeolit Malang 4 mengandung modernit. Seperti tertera pada tabel 1.

6.2 Aktivasi Zeolit Alam

Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dalam mineral zeolit. Aktivasi dapat dilakukan dengan cara pemanasan dalam oven biasa pada suhu 200-400°C selama 2-3 jam. Cara ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan pori-pori bertambah

6.3. Daya Jerap Zeolit Alam

Untuk mengetahui daya jerap zeolit alam Malang 3 dan Malang 4 yang diaktivasi secara pemanasan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dan untuk mengetahui adanya perbedaan secara bermakna maka dihitung dengan menggunakan uji statistik ANOVA factorial axb (3x3).

Dari tabel diatas dapat diketahui harga F hitung untuk adsorben (A) = 246.292 > F tabel = 3.20432 pada $\alpha = 0.05$, berarti ada pengaruh adsorben terhadap daya jerap dari zeolit alam Malang 3, Malang 4 dan kaolin standar yang diaktivasi secara pemanasan. F hitung untuk adsorban*adsorbat (A x B) = 10.114 > F tabel = 2.57874 pada $\alpha = 0.05$, berarti ada interaksi antara adsorban dan adsorbat berpengaruh terhadap daya jerap zeolit. Karena daya jerap adsorben = 2 (> 1) maka uji dilanjutkan dengan uji HSD menurut Tukey untuk mengetahui adsorban mana yang berbeda bermakna. Hasil uji HSD seperti tertera pada

lampiran menunjukkan bahwa zeolit alam Malang 3 dan 4 tidak berbeda secara bermakna, tetapi keduanya berbeda secara bermakna terhadap kaolin.

Hasil ini mungkin disebabkan karena *Eschericia coli* paling efektif diserap oleh kaolin ^(5,6), sehingga timbul perbedaan bermakna bila dibandingkan terhadap zeolit alam. Sedangkan daya jerap *Eschericia coli* pada zeolit alam Malang 3 dibandingkan zeolit alam Malang 4 tidak berbeda bermakna karena kedua zeolit alam tersebut memiliki kemampuan yang setara dalam menyerap bakteri E.coli. Hasil yang sama diperoleh bila digunakan standar atapugit untuk menjerap *Staphylococcus aureus*.

Untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang bermakna antara penjerapan bakteri antara waktu pengocokan 30 menit dan 45 menit, dilakukan uji T-test dua sampel bebas (Lampiran VII dan VIII). Dari hasil perhitungan, baik pengujian terhadap bakteri *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara kedua waktu pengocokkan tersebut. Terbukti dengan hasil t hitung untuk penjerapan *Eschericia coli* yang semuanya lebih kecil dari hasil nilai t-tabel pada $\alpha = 0.05 \%$. Hasil yang sama diperoleh untuk penjerapan *Staphylococcus aureus*.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasar data yang diperoleh, disimpulkan :

1. Zeolit alam Malang (3 dan 4) memiliki daya jerap yang baik terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
2. Daya jerap zeolit alam Malang (3 dan 4) yang diaktivasi dengan cara pemanasan lebih kecil dibandingkan dengan atapulgit terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.
3. Daya jerap zeolit alam Malang (3 dan 4) yang diaktivasi dengan cara pemanasan lebih kecil dibandingkan dengan kaolin terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922.

SARAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disarankan agar dilakukan Penelitian lebih lanjut tentang :

1. Uji daya jerap sampel zeolit Malang 3 dan sampel zeolit Malang 4 terhadap bakteri lainnya.
2. Uji daya jerap sampel zeolit Malang 3 dan sampel zeolit Malang 4 diaktivasi dengan cara kimia terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923.

DAFTAR PUSTAKA

- Mansjoer Arif et al, 1999, **Kapita Selekta Kedokteran**, Edisi Tiga, Media Aesculapius, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, p. 500 – 509.
- Ganiswara S.G., 1995, **Farmakologi dan Terapi**, Edisi Empat, Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, hal 515, 803.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995, **Farmakope Indonesia, Edisi IV**, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta, hal 118-119, 847 – 853, 1061 – 1064.
- Barr, Martin, 1957, **The adsoption of Bacteria by Activated Attapulгите, Halloysite and kaolin, Adsoption Studies on Clays II**, Volume XLVI, No.8 , Journal of The American Pharmaceutical association, p. 490 – 492.
- Martin and Cook (1961), **Remington's Practice of Pharmacy**, twelftyh Edition, Mack Publishing Company, Easton Pensylvania. P. 327.
- Arifin M., 1990, **Zeolit Alam : Potensi, Teknologi, Kegunaan dan Prospeknya di Indonesia**, Proyek Pengembangan Pusat Informasi Mineral, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung.
- Sutarti, Mursi, 1994, **Zeolit : Tinjauan Literatur**, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, Jakarta.
- Harjanto, S., 1980, **Endapan Zeolit : Jenis, Komposisi, Sifat Fisik, Cara Terbentuk dan Penggunaannya**, Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, Direktorat Sumberdaya Mineral, Jakarta.
- Ando, Satoshi; Dono, Akira; Hagiwara, Zenji, **Fiber Material for an antibacterial Fiber Article, a process for the production there of and said article**, Eure, Pot, Appl, EP. 275, 047, 08 January 1987, 9 pp.
- Murata, Taro; Uedo, Hideo, Muragami, Shogo, Japan Kokai Tokyo Koho, JP 0394, 723; 08 september 1989, 5 pp.
- Yamamoto, Tatsua; et all; **Microbicidal Silver Aluminosilicates**, Japan Kokai, Tokyo Koho. JP. 01, 283, 204; 09 May 1988, 11 p.
- David T. Smith, et all, (1984), **Zinnsser's Textbook of Bakteriology**, Edisi 9, New York, Apleton Century Crofts, Inc. p. 296-0298, 308.

- Barrow, G. M., 1961, **Physical Chemistry**, Mc Graw-Hill Book Co, New York, p 513-548, 618-640.
- Martin A. W., 1960, **Physical Pharmacy**, Physical Chemical Principles in Pharmaceutical Science, Lea & Febiger , Philadelphia, p 559.
- Castellan, Gilbert W., 1983, **Physical Chemistry**, Third Edition, The Benjamin/Cumming Publishing Company Inc., Menlopark, California, p. 426-432.
- Arthur W., Adanson, 1980, **Physical Chemistry of surface**, Fifth Edition, A. W. Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons Inc., New York-Chicester-Brisbane-Toronto-Singapore, p. 421-449.
- Alberty, R. A., Silbery, R. J., 1992, **Physical Chemistry**, First Edition, John Wiley & Sons Inc., New York-Chicester-Brisbane-Toronto-Singapore, p 827-834.
- Anita Isabella, 1993, **Penggunaan Zeolit Bayah untuk Pengolahan Air Buangan Pabrik Tekstil**, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, Bandung, hal 1-18.
- American Pharmaceutical Association, (1990), **Hand Book of Non prescription Drugs**, 9 Edition, Washington DC, p. 330-0332.
- James E. F. R., et al., 1989, **Martindale, The Extra Pharmacopeia**, Twenty-Ninth Edition, The Pharmaceutical Press, London, p. 518, 843, 857, 1583.

LAMPIRAN V

Hasil Perhitungan secara statistik ANOVA factorial AXB (3X3) dengan menggunakan SPSS 10.05 daya jerap zeolit alam Malang 3, zeolit Malang 4 dan Atapulgit yang di aktivasi secara pemanasan terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25922

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PERKOLSA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	43509.569 ^a	8	5438.696	131.022	.000
Intercept	97215.616	1	97215.616	2341.985	.000
ADS_SA	1397.340	2	698.670	16.831	.000
BERATSA	41297.332	2	20648.666	497.439	.000
ADS_SA * BERATSA	814.896	4	203.724	4.908	.002
Error	1867.947	45	41.510		
Total	142593.131	54			
Corrected Total	45377.515	53			

a. R Squared = .959 (Adjusted R Squared = .952)

Post Hoc Tests

ADS_SA

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PERKOLSA

Tukey HSD

(I) ADS_SA	(J) ADS_SA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Attapulgit	Zeolit3	-12.0233*	2.1476	.000	-17.2283	-6.8183
	Zeolit4	-8.8444*	2.1476	.000	-14.0494	-3.6395
Zeolit3	Attapulgit	12.0233*	2.1476	.000	6.8183	17.2283
	Zeolit4	3.1789	2.1476	.310	-2.0261	8.3839
Zeolit4	Attapulgit	8.8444*	2.1476	.000	3.6395	14.0494
	Zeolit3	-3.1789	2.1476	.310	-8.3839	2.0261

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

PERKOLSA

Tukey HSD^{a,b}

BERATSA	N	Subset		
		1	2	3
900.00	18	19.8783	26.0339	81.3772
600.00	18			
300.00	18			
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 41.510.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

BERATSA

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PERKOLSA

Tukey HSD

(I) BERATSA	(J) BERATSA	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
300.00	600.00	55.3433*	2.1476	.000	50.1383	60.5483
	900.00	61.4989*	2.1476	.000	56.2939	66.7039
600.00	300.00	-55.3433*	2.1476	.000	-60.5483	-50.1383
	900.00	6.1556*	2.1476	.017	.9506	11.3605
900.00	300.00	-61.4989*	2.1476	.000	-66.7039	-56.2939
	600.00	-6.1556*	2.1476	.017	-11.3605	-.9506

Based on observed means.

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

LAMPIRAN VI

Hasil Perhitungan secara statistik ANOVA factorial AXB (3X3) dengan menggunakan SPSS 10.05 daya jerap zeolit alam Malang 3, zeolit Malang 4 dan Kaolin yang di aktivasi secara pemanasan terhadap *Eschericia coli* ATCC 25922

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PERS_KOL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	33655.454 ^a	8	4206.932	192.519	.000
Intercept	107508.320	1	107508.320	4919.828	.000
ADSORBEN	10763.979	2	5381.989	246.292	.000
BERAT	22007.434	2	11003.717	503.555	.000
ADSORBEN * BERAT	884.041	4	221.010	10.114	.000
Error	983.342	45	21.852		
Total	142147.117	54			
Corrected Total	34638.796	53			

a. R Squared = .972 (Adjusted R Squared = .967)

Post Hoc Tests ADSORBEN

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PERS_KOL

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
		Lower Bound				Upper Bound	
Tukey HSD	Kaolin	Zeolit3	-30.2833*	1.5582	.000	-34.0598	-26.5068
		Zeolit4	-29.6050*	1.5582	.000	-33.3815	-25.8285
	Zeolit3	Kaolin	30.2833*	1.5582	.000	26.5068	34.0598
		Zeolit4	.6783	1.5582	.901	-3.0982	4.4548
	Zeolit4	Kaolin	29.6050*	1.5582	.000	25.8285	33.3815
		Zeolit3	-.6783	1.5582	.901	-4.4548	3.0982
LSD	Kaolin	Zeolit3	-30.2833*	1.5582	.000	-33.4217	-27.1449
		Zeolit4	-29.6050*	1.5582	.000	-32.7434	-26.4666
	Zeolit3	Kaolin	30.2833*	1.5582	.000	27.1449	33.4217
		Zeolit4	.6783	1.5582	.665	-2.4601	3.8167
	Zeolit4	Kaolin	29.6050*	1.5582	.000	26.4666	32.7434
		Zeolit3	-.6783	1.5582	.665	-3.8167	2.4601

Based on observed means.

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

Homogeneous Subsets

PERS_KOL

ADSORBEN	N	Subset	
		1	2
Tukey HSD ^{a, b} Kaolin	18	24.6567	
Zeolit4	18		54.2617
Zeolit3	18		54.9400
Sig.		1.000	.901

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 21.852.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

BERAT

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PERS_KOL

	(I) BERAT	(J) BERAT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	300.00	600.00	36.1667*	1.5582	.000	32.3902	39.9432
		900.00	47.2883*	1.5582	.000	43.5118	51.0648
	600.00	300.00	-36.1667*	1.5582	.000	-39.9432	-32.3902
		900.00	11.1217*	1.5582	.000	7.3452	14.8982
	900.00	300.00	-47.2883*	1.5582	.000	-51.0648	-43.5118
LSD		600.00	-11.1217*	1.5582	.000	-14.8982	-7.3452
	300.00	600.00	36.1667*	1.5582	.000	33.0283	39.3051
		900.00	47.2883*	1.5582	.000	44.1499	50.4267
	600.00	300.00	-36.1667*	1.5582	.000	-39.3051	-33.0283
		900.00	11.1217*	1.5582	.000	7.9833	14.2601
	900.00	300.00	-47.2883*	1.5582	.000	-50.4267	-44.1499
		600.00	-11.1217*	1.5582	.000	-14.2601	-7.9833

Based on observed means.

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

LAMPIRAN VII

Hasil Perhitungan secara statistik T-test dua sample bebas antar waktu pengocokan dengan menggunakan SPSS 10.05 terhadap daya jerap zeolit alam Malang 3 dan zeolit Malang 4 yang di aktivasi secara pemanasan terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

T-Test Perbandingan Antar Waktu Pengocokan *Staphylococcus aureus*

Group Statistics

WAKTU_SA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ATTAPGT	30.00	9	34.0544	26.0229	8.6743
	45.00	9	36.8933	22.9966	7.6655
ZEO3_SA	30.00	9	50.8400	37.8120	12.6040
	45.00	9	44.1544	30.3455	10.1152
ZEO4_SA	30.00	9	45.8267	34.0095	11.3365
	45.00	9	42.8100	27.3762	9.1254

Independent Samples Test

			Attapulgit		ZEOLit Malang 3		ZEOLit Malang 4	
			Equal variances assumed	Equal variances not assumed	Equal variances assumed	Equal variances not assumed	Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	F		.326		.936		1.018	
t-test for Equality of Means	Sig.		.576		.348		.328	
	T		-.245	-.245	.414	.414	.207	.207
	Df		16	15.762	16	15.284	16	15.302
	Sig. (2-tailed)		.809	.809	.685	.685	.838	.839
	Beda rerata		-2.8389	-2.8389	6.6856	6.6856	3.0167	3.0167
	SD		11.5760	11.5760	16.1610	16.1610	14.5530	14.5530
	Selang Kepercayaan 95%	Batas Bawah	-27.3789	-27.4092	-27.5742	-27.7051	-27.8342	-27.9490
		Batas Atas	21.7012	21.7314	40.9453	41.0763	33.8676	33.9824

LAMPIRAN VIII

Hasil Perhitungan secara statistik T-test dua sample bebas antar waktu pengocokan dengan menggunakan SPSS 10.05 terhadap daya jerap zeolit alam Malang 3 dan zeolit Malang 4 yang di aktivasi secara pemanasan terhadap *Eschericia coli* ATCC 25922

T-Test Perbandingan Antar Waktu Pengocokan *Eschericia coli*

Group Statistics

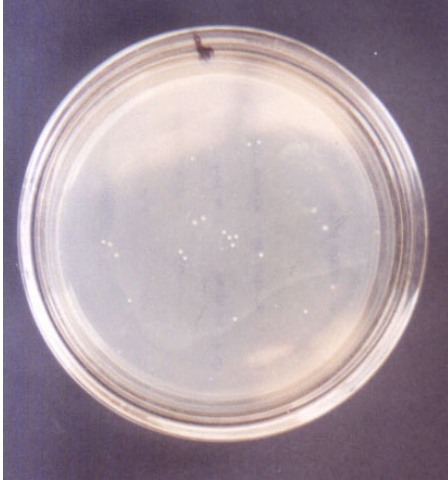
WAKTU		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
KAOLIN	30.00	9	25.6522	17.0116	5.6705
	45.00	9	23.6611	15.7074	5.2358
ZEO3	30.00	9	57.4122	22.0173	7.3391
	45.00	9	52.4678	22.0647	7.3549
ZEO4	30.00	9	56.3567	27.4385	9.1462
	45.00	9	52.1667	26.4178	8.8059

Independent Samples Test

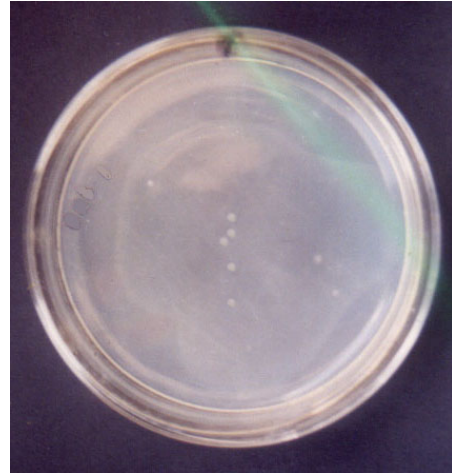
		KAOLIN		ZEO3		ZEO4		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	Equal variances assumed	Equal variances not assumed	Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F		.092		.001		.044	
t-test for Equality of Means	Sig.		.765		.974		.837	
	t		.258	.258	.476	.476	.330	.330
	df		16	15.899	16	16.000	16	15.977
	Sig. (2-tailed)		.800	.800	.641	.641	.746	.746
	Beda Rerata		1.9911	1.9911	4.9444	4.9444	4.1900	4.1900
	Selang Kepercayaan 95%		7.7181	7.7181	10.3902	10.3902	12.6963	12.6963
	Selang Kepercayaan 95%	Batas bawah		-14.3705	-14.3789	-17.0818	-17.0819	-22.7250
	Batas atas		18.3527	18.3611	26.9707	26.9707	31.1050	31.1081

LAMPIRAN IX

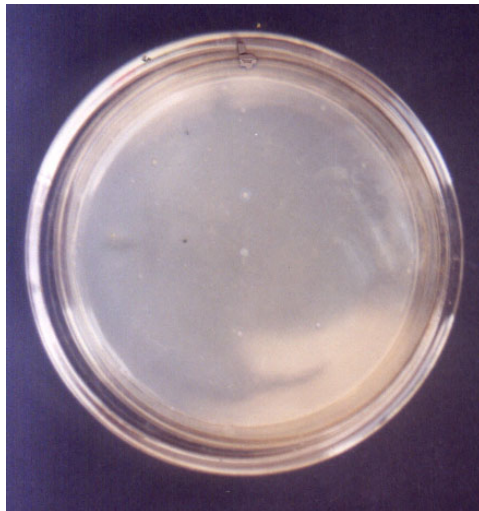
Foto Pertumbuhan Koloni Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923



Pertumbuhan Koloni *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 pada media nutrient agar (Blanko)



Pertumbuhan Koloni *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 pada media nutrient agar (Malang 3)



Pertumbuhan Koloni *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 pada media nutrient agar (Malang 4)



Pertumbuhan Koloni *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 pada media nutrient agar (Atapulgit)