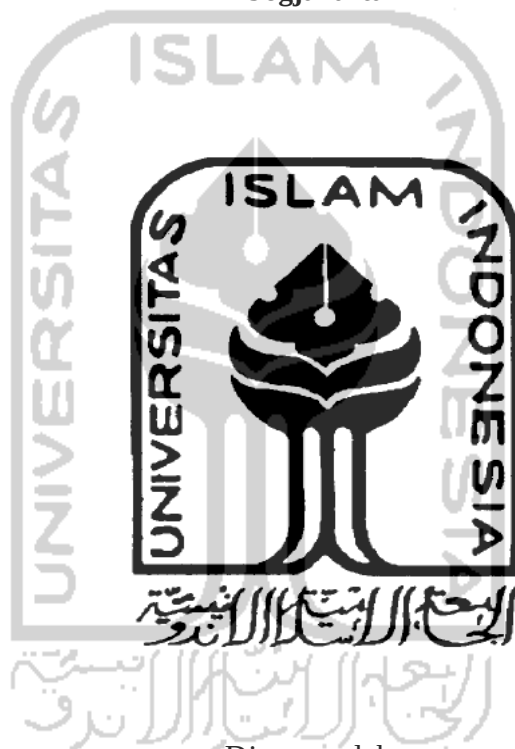


**PREPARASI ZnO/CTMA/HEKTORIT SEBAGAI BAHAN
ANTIBAKTERI *Escherichia coli* (*E.coli*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



Disusun oleh :

**FEBI INDAH FAJARWATI
No. Mhs : 08612007**

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2012**

**PREPARASI ZnO/CTMA/HEKTORIT SEBAGAI BAHAN
ANTIBAKTERI *Escherichia coli* (*E.coli*)**

Oleh:

**FEBI INDAH FAJARWATI
No. Mhs. : 08 612 007**

**Telah dipertahankan di hadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia**

Tanggal : 05 April 2012

Dewan Penguji

1. Dr. Is Fatimah, M.Si.
2. Tatang Shabur Julianto, M.Si.
3. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.
4. Dwiwarso Rubiyanto, M.Si.

Tanda tangan

.....
.....
.....
.....

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia**

Yandi Syukri, S.Si., M.Si., Apt.

Halaman Persembahan:

Karya kecilku ini merupakan bukti cinta kasihku kepada orang-orang terdekat di hatiku. Semoga dengan do'a-do'a mereka apa yang menjadi keinginan dan harapan ku akan segera menjadi kenyataan, karena langkah ku ini bukanlah akhir,,,,,,,,, tapi awal dari semua mimpi-mimpi ku.

Dengan rasa cinta dan kasih sayang, ku persembahkan karya kecil ini kepada:

Bapak Suparno dan Ibu Subirah yang dengan ikhlas sepenuh hati membesarkan, mendidik dan membimbingku serta tak henti-hentinya selalu mendo'akan, mendukung, dan memotivasiku sehingga aku dapat menyelesaikan study ini. Semoga kelak aku dapat membahagiakan ibu dan bapak.

Motto:

Maka apabila engkau telah menyelesaikan (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).

QS. Asy-Syarh-7

If you want something you've never had, you must be willing to do something you've never done.

Thomas Jefferson

Thanks Too:

- ♥ Terimakasih terbesar dalam hidupku selalu kuhaturkan kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan Rahmat Hidayah-Nya serta kebahagiaan dan kemudahan dalam hidupku Beserta Rasullulah Muhammad SAW sebagai panutan hidup.
- ♥ Saudara ku **Dwi Septi Ambarwati** atas dukungan, semangat dan nasehatnya selama Febi di Jogja, dan Mas **Nanang** makasii atas dukungannya.
- ♥ Ponakan-ponakan ku (**Elza**, **Sierra**, **Luthfi**), kelucuan n' kepolosan kalian semua adalah pelipur lara buat tante. Semoga kalian bisa menjadi anak-anak yang pintar n' menjadi anak yang berbakti kepada orangtua.
- ♥ **Keluarga besar ku** yang selalu memberi dukungan n' semangat.
- ♥ Bang **Ellyas** atas semua dukungan, bantuan, semangat n' waktunya yang selalu ada untuk Ve. Ayoo...Kejar deadlinenya, ☺ Pasti Qta bisa jadi anak kebanggaan Kedua Orangtua Qta.
- ♥ Guru-guruku dan dosen-dosen Qmia-UII (**Pak riyanto**, **Pak tatang**, **Pak Arso**, **Pak Prof harjono**, **Bu Is**, n' **Bu Noor**) atas segala bimbingan n' nasehatnya selama Febi menempuh study.
- ♥ Teman-teman Qmia'08:
 - ♥ **Gita**, udah jadi teman curhat Ve selama ini n' semua bantuanmu. Kapan ya Qta bisa curhat-curhat lagi,,Hiks....
 - ♥ **Imam**, yang udah bantuin Ve di awal-awal penelitian.
 - ♥ **Heni**, semoga Qta selalu kompak ya.. n' semangat, akhirnya Qta bisa lulus bareng ☺
 - ♥ **Damara**, Nuwun yo Dam wis sering ngewangi aku, Ojo sibuk bisnis ae inget ro kewajibanmu dadi mahasiswa, OK Daap!! Heehee
 - ♥ **Cissi n'Rifa**, kalian teman-teman baik Ve. Semangatt ya Plend.. semoga kalian bisa cepat lulus ☺
- ♥ Sepupu-sepupu ku (**Mba upik**, Mba didin, **Dek dyah**, **Mochtar**) kalian selalu memberi suasana ceria yang ga bikin bosan. Yukk.. kapan-kapan jalan bareng lagi..
- ♥ Teman-teman Qmia '07 (**Mas asep**, **Mas rufi**, **Mba Risma**) '09, '10 (**Mas Rendy**), n' '11 atas diskusinya, dukungan n' semangat yang kalian berikan.
- ♥ Almamater Biruku tercinta.
- ♥ **N' Semua temen-temen Ve yang ga bisa disebutin satu persatu makasii ya tas semua bantuannya.**

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah, segala puja, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas semua Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul ***“Preparasi ZnO/CTMA/Hektorit Sebagai Bahan Antibakteri Eschericia coli (E.coli)”***. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammd SAW, keluarga, sahabat, serta para pengikut beliau hingg akhir zaman.

Penulisan skripsi ini tak lepas dari bantuan berbagai pihak dan oleh karena itu pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing dan memberi arahan serta informasi yang berguna. Ucapan terima kasih tersebut penulis tujuikan kepada:

1. Bapak Yandi Syukri, S.Si.,M.Si., Apt., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Riyanto, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dr. Is Fatimah, M.Si., selaku dosen pembimbing I atas inspirasi, semangat, dukungan dan kesabarannya mengarahkan dan membimbing penulis selama melakukan penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. BapakTatang Shabur Julianto, M.Si., selaku dosen pembimbing II atas masukan, motivasi dan bimbingannya hingga terselesainya penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D dan Bapak Dwiarso Rubiyanto, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksinya pada skripsi ini.

6. DP2M-DIKTI melalui UBER-HKI dengan kontrak No.13/HKI/Dit.Litabmas/VI/2011, Desember 2011 atas bantuan dana untuk penelitian ini.
7. Bapak Suparno dan Ibu Subirah yang tak hentinya selalu mendoakan, mendukung dan memberi semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Staf Laboratorium Penelitian Kimia, Jurusan Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
9. Kepala, staf dan karyawan Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
10. Staf Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
11. Para staf akademik dan karyawan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia atas semua bantuannya.
12. Teman-teman Ilmu Kimia'08 yang telah membantu, mendoakan dan memberi semangat kepada penulis.
13. Dan semua pihak yang telah membantu, yang tak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sadar bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari para pembaca demi kesempurnaan tulisan ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalammu'alaikum Wr.Wb.

Jogjakarta, April 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah	5
1.3 Tujuan penelitian	6
1.4 Manfaat penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III DASAR TEORI	12
3.1 Material lempung	12
3.2 Hektorit	13
3.3 Fotokatalis	14
3.4 Mekanisme fotokatalis desinfektan	16

3.5 Seng oksida (ZnO)	18
3.6 Bakteri	20
3.7 <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)	22
3.8 Karakterisasi ZnO/CTMA/Hektorit	24
3.8.1 Metode <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
3.8.2 Metode Isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET)	27
3.8.3 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)- <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (EDX)/SEM-EDX	30
3.8.4 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	33
3.8.4.1 Prinsip Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	34
3.9 Aplikasi material lempung sebagai bahan antibakteri <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)	37
BAB IV METODE PENELITIAN	39
4.1 Alat yang digunakan	39
4.2 Bahan yang digunakan	39
4.3 Cara kerja	40
4.3.1 Pembuatan hektorit terinterkalasi CTMA (CTMA/Hektorit)	40
4.3.2 Pembuatan larutan prekursor	40
4.3.3 Pembuatan ZnO/CTMA/Hektorit	41
4.3.4 Uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)	42

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	47
5.1 Hektorit terinterkalasi CTMA (CTMA/Hektorit)	48
5.2 Preparasi larutan prekursor	48
5.3 Preparasi ZnO/CTMA/Hektorit	49
5.4 Karakterisasi	50
5.4.1 Karakterisasi metode <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	50
5.4.2 Karakterisasi metode Isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET)	53
5.4.3 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)- <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> (EDX)/SEM-EDX	57
5.4.4 Karakterisasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	59
5.5 Uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri <i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN74	
6.1 Kesimpulan	74
6.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
Lampiran	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kandungan bakteri Coli di dalam air berdasarkan WHO (1968)	22
Tabel 2.	Jenis-jenis gas pembakar pada SSA	36
Tabel 3.	Variasi perlakuan larutan kultur <i>E.coli</i> 10 ³ cfu/mL terhadap aktivitas antibakteri hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode <i>Feable Cell Count</i>	43
Tabel 4.	Variasi perlakuan larutan kultur <i>E.coli</i> 10 ³ cfu/mL terhadap aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode MPN <i>Quanti-Tray</i>	44
Tabel 5.	Variasi perlakuan larutan sampel <i>septic tank</i> terhadap aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode MPN tabung fermentasi	45
Tabel 6.	Data hasil analisis BET	55
Tabel 7.	Data hasil analisis unsur ZnO/CTMA/Hektorit	58
Tabel 8.	Data hasil absorbansi larutan standar Zn	60
Tabel 9.	Data hasil nilai <i>Eschericia coli</i>	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema pembentukkan lempung terpillar	8
Gambar 2.	Struktur lempung smektit	14
Gambar 3.	Struktur heksagonal <i>wulsi</i> (a) dan Struktur kubik <i>zinc blende</i> (b)	18
Gambar 4.	Struktur sel bakteri	21
Gambar 5.	<i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)	23
Gambar 6.	Spektrofotometer difraksi sinar-X	25
Gambar 7.	Instrumen SEM	31
Gambar 8.	Skema alat instrumen SSA	35
Gambar 9.	Struktur CTMA-Br	40
Gambar 10.	Pola difraktogram XRD hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit	51
Gambar 11.	Skema peningkatan Δd_{001}	52
Gambar 12.	Isotherm adsorpsi-desorpsi gas N ₂ oleh Hektorit sintetik (a) dan ZnO/CTMA/Hektorit (b)	54
Gambar 13.	Pola serapan gas N ₂ hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit	56
Gambar 14.	Hasil SEM-EDX hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit	57
Gambar 15.	Hasil fotoscan <i>Escherichia coli</i>	65
Gambar 16.	Grafik perbandingan aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan Hektorit sintetik	66

Gambar 17.	Grafik pengaruh sinar UV dan jumlah ZnO/CTMA/Hektorit terhadap aktivitas antibakteri <i>E.coli</i>	67
Gambar 18.	Hasil penyinaran sampel dengan UV 365 nm	69
Gambar 19.	Grafik aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit terhadap larutan sampel	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan kadar Zn dalam ZnO/CTMA/Hektorit	80
Lampiran 2.	Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	81
Lampiran 3.	Hasil analisis BET	87
Lampiran 4.	Hasil SEM-EDX	91
Lampiran 5.	Hasil uji metode <i>Feable Cell Count</i>	93
Lampiran 6.	Hasil uji metode MPN <i>Quanti-Tray</i> larutan kultur <i>E.coli</i>	101
Lampiran 7.	Hasil uji metode MPN tabung fermentasi sampel <i>septic tank</i>	102



PREPARASI ZnO/CTMA/HEKTORIT SEBAGAI BAHAN ANTIBAKTERI *Escherichia coli* (*E.coli*)

Oleh:

FEBI INDAH FAJARWATI
No. Mhs. : 08 612 007

INTISARI

Telah dilakukan preparasi dan uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri *E.coli*. Penelitian ZnO/CTMA/Hektorit dimulai dengan mendispersikan larutan prekursor yang mengandung Zn ke dalam suspensi hektorit. Karakterisasi fisik pada ZnO/CTMA/Hektorit dilakukan dengan metode BET, XRD, SEM-EDX dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode desinfektan fotokatalitik. Bahan yang diujikan adalah ZnO/CTMA/Hektorit dan hektorit sintetik dengan jumlah yang divariasikan. Perbandingan aktivitas bahan sebagai antibakteri dilakukan dengan kontak sinar UV C dan tanpa kontak sinar UV C.

Diperoleh hasil bahwa analisis dengan XRD ZnO/CTMA/Hektorit menunjukkan pergeseran puncak ke kiri dengan puncak yang melebar pada difaktrogram. Analisis BET dari ZnO/CTMA/Hektorit menunjukkan peningkatan luas permukaan sebesar 210,48 m²/g dari hektorit sintetik sebesar 91,057 m²/g. Analisis dengan SEM-EDX menunjukkan terjadinya perubahan morfologi dengan terembannya oksida logam ZnO dalam hektorit sebesar 17,92%. Analisis dengan SSA menunjukan kandungan Zn dalam ZnO/CTMA/Hektorit sebesar 0,02825%. Pada uji aktivitas antibakteri, ZnO/CTMA/Hektorit menunjukkan dengan jumlah 0,03 g dan waktu kontak sinar UV C selama 3 menit telah efektif sebagai antibakteri pada larutan kultur *E.coli* 10³ cfu/mL, sedangkan untuk jumlah 0,025 g dan waktu kontak sinar UV C selama 1 jam telah efektif sebagai antibakteri pada larutan *septic tank*.

Kata kunci : ZnO/CTMA/Hektorit, XRD, BET, SEM-EDX, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), antibakteri.

PREPARATION ZnO/CTMA/HEKTORIT AS AN ANTIBACTERIAL MATERIAL AGAINST *Escherichia coli* (*E.coli*)

By:

FEBI INDAH FAJARWATI

No.Mhs. : 08 612 007

ABSTRACT

The preparation and activity test of ZnO/CTMA/Hectorite as antibacterial towards *E.coli* has been conducted. The preparation of ZnO/CTMA/Hectorite was initiated by dispersing the precursor solution containing Zn in hectorite suspension. Physico-chemical characterization of the ZnO/CTMA/Hectorite was using BET method, XRD, SEM-EDX and Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The antibacterial activity test was conducted by photo catalyst disinfectant method. The substance experiment was ZnO/CTMA/Hectorite and synthetic hectorite with varied quantity. The ratio substance activity as an antibacterial was contact with radiation of UV C and not contact with radiation of UV C.

The analyzed XRD ZnO/CTMA/Hectorite point out there shift peak to the left with a wide peak at difactrogram. BET analysis of ZnO/CTMA/Hectorite showed an increased surface area of 210.48 m²/g than 91,057 m²/g synthetic hectorite. SEM-EDX analysis the occurrence of morphological changes caretaker of culture with zink oxide in hectorite of 17,92%. Analysis SSA the content of Zn in ZnO/CTMA/Hectorite of 0.02825%.At activity test an antibacterial,ZnO/CTMA/Hectorite showed quantity 0,03 g and contact time of UV C for 3 minutes was effective as an antibacterial on *E.coli* 10³ cfu/mL solution, while for quantity 0.025 and contact time of UV C for 1 hour was effective as an antibacterial on septic tank solution.

Key words: *ZnO/CTMA/Hectorite, X-ray diffraction, BET, SEM-EDX, atomic absorption spectrophotometer, antibacterial.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepanjang sejarah penemuan material-material baru yang digunakan untuk membuat bangunan, mesin, dan peralatan dalam kehidupan sehari-hari telah menimbulkan perubahan yang sangat besar dalam kegiatan manusia. Ilmu dan teknologi modern dengan ilmu kimia memainkan peran utama memberikan jalan untuk memodifikasi sifat-sifat material untuk menghasilkan aplikasi-aplikasi khusus dan untuk mensintesis serta mengolah material baru yang dirancang sejak awal agar memiliki sifat tertentu (Oxtoby dkk., 2003).

Material lempung merupakan material yang relatif banyak dijumpai di seluruh wilayah Indonesia. Material ini secara morfologi memiliki warna kecoklatan, mudah dibentuk dalam keadaan basah, serta mengeras dalam keadaan kering, bila lempung dimasukan dalam air maka akan meresap air dan bila diraba akan terasa licin. Dalam kehidupan sehari-hari lempung sering digunakan dalam produksi bahan baku bangunan yaitu batu bata dan genteng. Salah satu klasifikasi lempung adalah smektit, yaitu mineral lempung yang mempunyai daya pengembang (*swelling*) yang tinggi. Salah satu jenis lempung yang termasuk di dalamnya yaitu hektorit.

Hektorit merupakan mineral tanah liat putih yang lembut, hektorit pertama kali dikenalkan pada tahun 1941 yang diberi nama dari sebuah kejadian di Amerika Serikat dekat Hector (di San Bernardino County, California).

Hektorit terbentuk dari bentonit sebagai produk perubahan klinoptilolit dari abu vulkanik dan tuf dengan kandungan kaca yang tinggi. Mineral hektorit banyak digunakan dalam pembuatan kosmetik, selain itu hektorit memiliki kegunaan dalam bidang kimia dan aplikasi industri lainnya, dan merupakan sumber mineral logam litium halus (Anonim, 2011).

Penggunaan dan pemanfaat lempung yang tidak termodifikasi kurang luas sehingga banyak dilakukan studi untuk memodifikasi lempung tersebut seperti aktivasi lempung atau pemiliran lempung dengan berbagai senyawa organik, senyawa kompleks dan oksida-oksida logam (Ma'rufah, 2006). Perkembangan teknologi dalam bidang material sekarang ini berkembang pesat, khususnya kelompok nanomaterial. Realisasi nanomaterial memerlukan pendekatan nanoteknologi. Nanoteknologi didefinisikan sebagai paduan dan aplikasi ide, dari sains dan rekayasa ke pemahaman dan produksi alat dan material baru.

Salah satu aplikasinya dari nanoteknologi adalah pengembangan sintesis oksida logam semikonduktor dalam skala nanometer sehingga aktivitas dan efisiensinya meningkat (Fatimah, 2011). TiO_2 dan ZnO adalah dua oksida logam semikonduktor yang populer digunakan dalam pembuatan bahan antibakteri. Sama seperti semikonduktor lainnya, aktivitas kedua oksida logam tersebut dapat ditingkatkan melalui pengembangan pada suatu pengembangan yang stabil dan memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi sehingga efektivitasnya meningkat. Lempung adalah sejenis material anorganik yang memiliki keunggulan seperti luas permukaan yang tinggi. Salah satu jenis lempung adalah smektit. Lempung jenis smektit ditandai dengan alumina oktahedral dan silika tetrahedral dengan

rasio 2:1. Substitusi Al^{3+} dengan Mg^{2+} pada lapis oktahedral akan membentuk muatan negatif yang kemudian dinetralkan oleh kation-kation terhidrasi yang terserap pada lapis intermellar. Kation-kation terhidrasi tersebut dalam larutan dapat dengan mudah diganti oleh kation-kation lain seperti Al, Ti, Zr, Zn, Cr atau logam-logam transisi (Fatimah, dkk., 2009, Wijaya, dkk., 2002). Umumnya lempung berbentuk mikrokristal atau serbuk dan mudah dimodifikasi dengan memasukkan senyawa organik interkalan serta oksida logam. Lempung sering digunakan sebagai pendukung untuk katalis, sebagai zat pengisi dalam cat, dan sebagai wahana penukar ion (Oxtoby, dkk., 2003).

Lempung juga dapat dimodifikasi menjadi bahan antimikroba baik itu sebagai bahan antibakteri maupun sebagai antifungi, dengan cara mempertukarkan kation-kationnya dengan kation-kation logam yang bersifat antimikroba, seperti: Cu, Ag, Zn, atau Hg (Gazra dkk., 2000). Fungsi dari bahan antibakteri adalah untuk membunuh bakteri-bakteri dan menghambat timbulnya bakteri yang dapat merugikan kesehatan manusia. Beberapa bakteri yang banyak terdapat pada lingkungan khususnya lingkungan air adalah *Escherichia coli* (*E.coli*). *Escherichia coli* sebagai salah satu jenis bakteri coliform, pada keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat tinggal di dalam blader (*crystitis*), pelvis (*pyelitis*), ginjal, hati, dan sangat mengkhawatirkan. Juga bakteri tersebut menyebabkan diare, septimia, peritonitis, meningitis, dan infeksi-infeksi lainnya (Suriawiria, 2003).

Desinfeksi bakteri *E.coli* dapat dilakukan melalui teknik fotokatalis. Teknologi fotokatalis merupakan teknologi terintegrasi yang melibatkan reaksi

kimia yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Salah satu katalis yang umum digunakan adalah titania atau titanium dioksida (TiO_2), yang tidak bersifat racun sehingga aman dan ramah lingkungan. Katalis ini dapat dilapiskan di berbagai media, di antaranya kaca, keramik, dan polimer (plastik). Fotokatalis titania dapat membunuh bakteri dan mendegradasi (menghancurkan) senyawa organik dengan sifatnya yang radikal. Reaksi fotokatalis tersebut juga dapat membuat suatu media memiliki kemampuan *self-cleaning* (swa-bersih), di mana ia dapat membentuk lapisan air yang sangat tipis pada permukaan, sehingga kotoran tidak dapat menempel pada permukaan.

Beberapa metode sintesis lapis antibakteri dikembangkan antara lain menggunakan bahan kimia senyawa organik yang aktif antibakteri serta pengembangan lapis tipis semikonduktor fotokatalis yang dapat bekerja sebagai antibakteri. Selama ini penelitian tentang penggunaan TiO_2 sebagai bahan desinfeksi atau bahan antibakteri sering digunakan karena oksida logam tersebut bersifat semikonduktor sebagai fotokatalis, tidak beracun dan memiliki stabilitas termal yang tinggi. Pada beberapa penelitian semikonduktor yang sering digunakan dalam reaksi fotokatalis adalah oksida logam TiO_2 . Selain titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO) juga memiliki kemampuan fotokatalis oleh karena sifat semikonduktornya. Seng oksida (ZnO) secara luas digunakan sebagai aditif pada berbagai bahan dan produk termasuk plastik, keramik, kaca, dan lain-lain. ZnO juga digunakan sebagai agen antibakteri dan untuk alasan itu ZnO ditambahkan ke dalam berbagai bahan termasuk bahan katun. Seng oksida secara luas digunakan untuk mengobati berbagai kondisi kulit lainnya (Wulandari,

2010). Namun demikian salah satu kelemahan seng oksida (ZnO) adalah sifat korosifnya. Untuk menghindari kelemahan tersebut diperlukan immobilisasi ke dalam suatu padatan pendukung. Mineral lempung dapat dimodifikasi dengan penambahan suatu senyawa alkil amonium yang dikenal dengan *organoclay*, salah satu alkil amonium yang mempunyai fungsi antibakteri yaitu *Cetyltrimethyl ammonium-Bromide* (CTMA-Br) yang berada dalam bentuk garam. Dalam hal ini, material hektorit merupakan salah satu jenis lempung golongan smektit yang memiliki karakteristik luas permukaan yang baik dapat digunakan sebagai bahan antibakteri dengan modifikasinya menggunakan senyawa alkil amonium dan oksida logam. Dengan bertambahnya informasi baru tentang bahan antibakteri yang berasal dari material lempung atau zeolit dapat membantu manusia untuk lebih mengembangkan modifikasi lebih lanjut antibakteri dan desinfektan yang lain dengan berbahan dasar dari material lempung.

Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini bertujuan untuk melakukan preparasi kombinasi CTMA dan ZnO serta lempung hektorit membentuk ZnO/CTMA/Hektorit dan mengetahui karakteristik fisikokimianya. Kajian dilanjutkan dengan pengujian material ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri *E. coli*.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini diperoleh suatu rumusan masalah tentang bagaimana karakter fisikokimia dari ZnO/CTMA/Hektorit dan dapatkah ZnO/CTMA/Hektorit diaplikasikan sebagai bahan *E.coli*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakter fisikokimiawi dari ZnO/CTMA/Hektorit.
2. Mengetahui aktivitas dari ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri *E. coli*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi tentang riset bahan antibakteri yang berbahan dasar mineral lempung, sehingga pemanfaatan lempung semakin berkembang dengan adanya aplikasi-aplikasi yang luas tentang material lempung.



BAB II

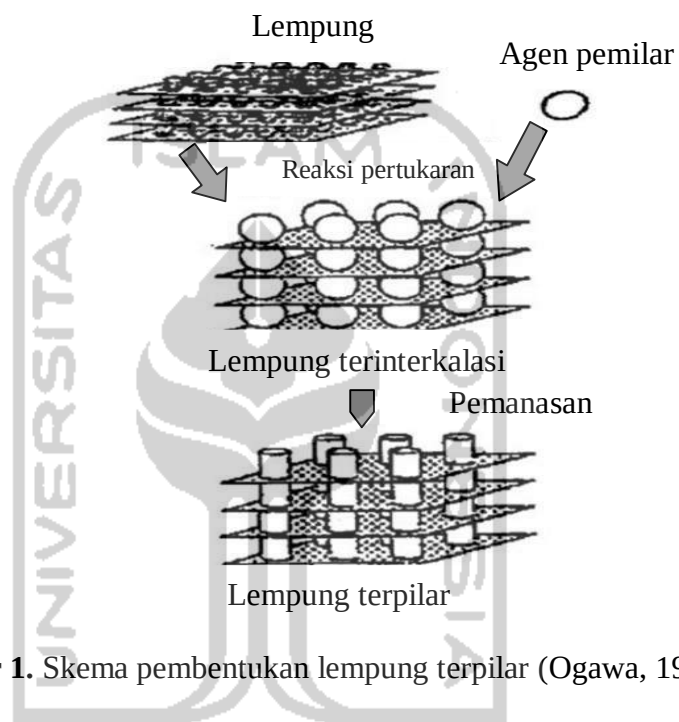
TINJAUAN PUSTAKA

Hektorit adalah mineral lempung putih yang lembut dan halus serta termasuk katagori lempung smektit. Hektorit termasuk dalam kelompok smektit trioktahedral yang kaya atom Li, Struktur molekul dari hektorit yaitu $\text{Na}_{0.33}[\text{Mg}_{2.67}\text{Li}_{0.33}]\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_2$. Smektit adalah mineral lempung yang mempunyai daya pengembang (*swelling*) yang tinggi. Smektit mempunyai struktur berlapis yang terdiri dari lembaran oktahedral (O) yang diapit oleh lembaran tetrahedral (T) (Setiawan, 2008).

Penelitian lempung kembali marak setelah keberhasilan Briendley pada tahun 1970an mensintesis lempung yang diberi penyangga oksida-oksida logam yang dinamakan *pillared clay*. Pemiliran lempung merupakan proses yang memungkinkan merubah struktur lempung yang tak tahan secara termal menjadi struktur yang stabil dan berpori. Dalam proses ini terbentuk partikel oksida kuat yang berperan sebagai pilar/penyangga yang mencegah terjadinya kerusakan, meskipun digunakan sebagai katalis *cracking* (Vaughan dan Lussier, 1979).

Pada proses pilarisasi akan terjadi suatu kombinasi yang tepat antara lempung dan spesies pemilar. Lempung terpillar dapat disintesis melalui pertukaran kation (antara kation pada lempung dengan kation pada larutan prekursor). Pengertian larutan prekursor adalah larutan yang mengandung kation hidroksi berukuran besar. Kation ini selanjutnya akan masuk pada ruang antarlapis lempung, dan apabila lempung mengalami pemanasan akan terjadi dehidrasi dan dehidroksilasi kation logam polihidroksi membentuk klaster oksida

logam yang stabil yang kemudian berperan sebagai pilar antarlapis lempung. Pilar inilah yang membuat lapisan silikat tetap terpisah dan meningkatkan jarak antarlapis dari molekul dua dimensi ini. Pada proses dehidrasi dan dehidroksilasi ini juga terjadi migrasi H menuju lapisan silikat sehingga membentuk situs asam Bronsted (Ma'rufah, 2006).



Gambar 1. Skema pembentukan lempung terpillar (Ogawa, 1992)

Bila dibandingkan dengan lempung yang tidak terpillar, lempung terpillar mempunyai mikroporositas yang permanen, luas area yang lebih besar, stabilitas panas yang lebih baik (Huston dkk., 1999). Menurut Ma'rufah (2006) Lempung terpillar (*pillared clay*) merupakan material yang memiliki porositas yang permanen, karena adanya senyawa kimia yang berperan sebagai tiang penyangga/pemilar pada ruang antarlapis lempung yang disebut sebagai molekul penyangga. Tujuan dari proses pemilaran ini adalah untuk membentuk mikroporositas di dalam sistem.

Bahan antibakteri merupakan salah satu dari aplikasi nanokomposit. Komposit merupakan bahan yang terdiri dari dua atau lebih komponen penyusun yang menyatu menjadi satu bahan. Sifat bahan yang menyatu dalam komposit dapat diuji dan diperiksa secara terpisah seperti lempung terpillar, zeolit terinklusi bahan fotokatalis.

Antibakteri adalah zat yang dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan mematikan [bakteri](#) dengan cara mengganggu [metabolisme mikroba](#) yang merugikan. Mikroorganisme dapat membahayakan karena kemampuan menginfeksi dan menimbulkan [penyakit](#) serta merusak bahan pangan. Proses suatu material dapat digunakan sebagai bahan antibakteri yaitu dengan ditambahkan suatu fotokatalis yang memiliki sifat semikonduktor. Prinsip dari antibakteri adalah dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada suatu bahan yang dilapisinya.

Beberapa oksida logam fotokatalis seperti TiO_2 , ZnO , MnO_3 , CeO_2 , ZrO_2 , WO_3 , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ dan SnO_2 serta kalkogenida seperti ZnS , CdS , CdSe , WS_2 dan MoS_2 adalah fotokatalis yang banyak digunakan dalam reaksi-reaksi fotoreduksi dan fotooksidasi senyawa organik (Fatimah, 2011). Diantara beberapa oksida logam fotokatalis, ZnO merupakan salah satu logam semikonduktor yang memiliki beberapa sifat menguntungkan yaitu transparansi yang baik, [mobilitas elektron](#) yang tinggi, lebar [celah pita](#), suhu kamar yang kuat, memiliki [indeks bias](#) tinggi, konduktivitas panas yang tinggi, dan bersifat antibakteri.

Menurut Wulandari (2010) ZnO juga digunakan sebagai agen antibakteri dan untuk alasan itu ZnO ditambahkan ke dalam berbagai bahan termasuk bahan

katun, karet, makanan kemasan dan lain-lain. Seng oksida secara luas digunakan untuk mengobati berbagai kondisi kulit lainnya, produk-produk seperti bedak bayi dan krim untuk mengobati ruam popok, losio krim, shampoo anti-ketombe, dan salep antiseptik.

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan aplikasi mineral lempung dengan menggunakan teknologi fotokatalis yaitu Sukwina (2006) telah melakukan penelitian tentang penggunaan fotokatalis TiO_2 -Zeolit sebagai desinfeksi bakteri *E.coli*, hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel yang disinari oleh sinar matahari tanpa penambahan TiO_2 -Zeolit dapat menurunkan bakteri sebesar 76,9%. Penambahan TiO_2 -Zeolit pada sampel tersebut dan disinari dengan sinar matahari menunjukkan penurunan 76,7%. Dan pada sampel yang disinari oleh sinar UV menunjukkan penurunan 85% hingga mencapai 99%. Hal ini menunjukkan bahwa adanya aktivitas desinfeksi dari fotokatalis TiO_2 -Zeolit yang dibuktikan dengan penurunan yang signifikan dari jumlah bakteri *E.coli*.

Ma'rufah (2006) telah melakukan penelitian tentang $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ -montmorillonit menunjukkan untuk $\text{Cu-Al}_2\text{O}_3$ -montmorillonit konsentrasi 10, 20, 30 mg/mL belum efektif membunuh bakteri, untuk konsentrasi 50 mg/mL efektif sebagai antibakteri setelah kontak 10 menit, sedangkan konsentrasi 60 mg/mL efektif sebagai antibakteri setelah waktu kontak 5 menit. Untuk larutan Cu konsentrasi 0,69% efektif sebagai antibakteri setelah waktu kontak 5 menit. Penambahan secara serbuk dan supernatan ternyata tidak memberikan hasil yang jauh berbeda. Dari hasil analisis spektroskopi serapan atom diperoleh hasil rata-

rata pelepasan Cu pada penambahan serbuk 1,64% dan penambahan supernatan 0,45%.

Penelitian serupa dilakukan oleh Setiawan (2006), tentang sintesis MnO_2 -ZLM (*Zeolite Like Material*) dari abu layang dan aplikasinya pada desinfeksi fotokatalitik bakteri *E.coli* menunjukkan bahwa peningkatan jumlah pori baru MnO_2 -ZLM (*Zeolite Like Material*) ditunjukkan oleh volume total pori yang meningkat dari 4,275 mL/gr pada abu layang menjadi 41,39 mL/gr. Aktivitas fotokatalis MnO_2 -ZLM dalam desinfeksi secara fotokatalitik bakteri *E.coli* menunjukkan kemampuan yang baik dengan adanya penurunan yang signifikan dari jumlah bakteri *E.coli* lebih dari 1898/100mL menjadi 139/100mL atau mencapai 93%.

Interaksi dari berbagai logam dengan beberapa jenis pengemban akan menentukan morfologi dan ukuran partikel. Hal inilah yang kemudian akan menentukan sifat elektronik permukaan dan *nature* dari interaksi reaktan dengan situs aktif katalis. Situs aktif suatu oksida logam pada katalis heterogen berada pada permukaan. Katalis heterogen yang efektif umumnya disebabkan oleh luas permukaan situs aktif yang tinggi yang terekspos pada medium reaksi. Salah satu cara untuk memaksimalkan permukaan aktif katalis adalah membuatnya berada dalam bentuk serbuk halus (Fatimah, 2011).

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Mineral Lempung

Mineral merupakan sumber daya alam yang proses pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun dan sifat utamanya tidak terbarukan. Mineral dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri/produk (Sukandarrumidi, 2009). Lempung (*clay*) merupakan mineral yang dihasilkan melalui peristiwa pelapukan mineral primer oleh air dan panas. Komposisinya dapat sangat bervariasi sebagai akibat penggantian satu unsur dengan unsur lain. Umumnya lempung berbentuk mikrokristal atau serbuk dan biasanya terhidrasi. Lempung sering digunakan sebagai pendukung katalis, sebagai zat pengisi dalam cat, dan sebagai wahana penukar ion. Lempung mudah mengabsorpsi air dan mengembang digunakan sebagai pelumas dan penutup lubang bor dalam pengeboran minyak bumi (Oxtoby dkk, 2003).

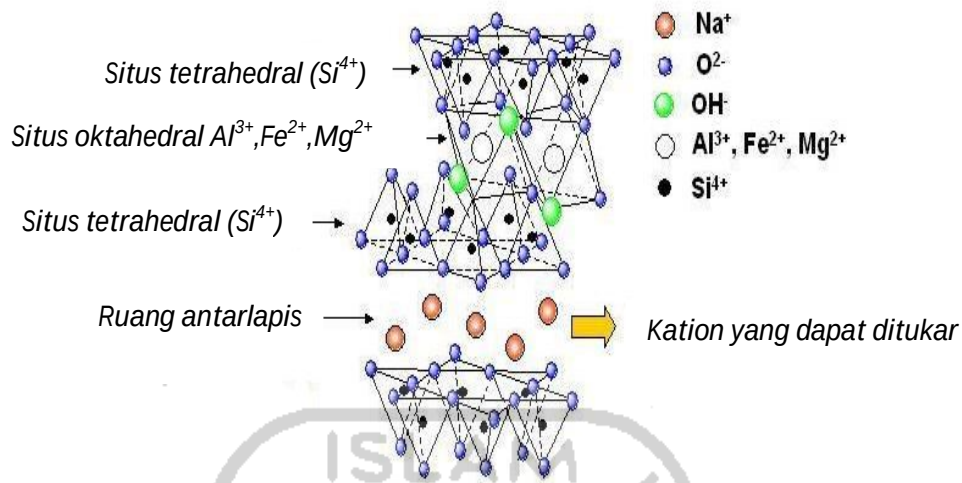
Secara ilmiah tanah lempung merupakan *silicate clay* atau *silica*, karena sebagian besar kandungan tanah lempung merupakan silika. Tanah lempung umumnya memiliki kandungan kuarsa yang melimpah, sedangkan feldspar dan mika dalam jumlah yang relatif sedikit. Tanah lempung memiliki ukuran partikel $< 2 \mu\text{m}$, memiliki muatan elektrik pada permukaan, bersifat plastis saat basah, cenderung terflokulasi, serta mampu membentuk suspensi koloid saat didispersikan dalam air (Setiawan, 2008).

Asal muasal lempung yang berasal dari talk dan mika membuka jalan untuk memahami struktur lempung. Lempung sebetulnya merupakan istilah ukuran butir yang lebih kecil dari 1/256 mm (menurut ukuran Wentworth). Apabila butir-butir tersebut sudah kompak kemudian disebut batu lempung (Sukandarrumidi, 2009).

3.2 Hektorit

Hektorit adalah mineral tanah liat putih yang lembut dan halus serta termasuk katagori lempung smektit. Hektorit termasuk dalam kelompok smektit trioktahedral yang kaya atom Li. Struktur molekul dari hektorit yaitu $\text{Na}_{0.33}[\text{Mg}_{2.67}\text{Li}_{0.33}]\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_2$. Hektorit banyak digunakan dalam pembuatan kosmetik dan memiliki kegunaan dalam kimia serta industri lainnya (Anonim, 2011).

Smektit adalah mineral lempung yang mempunyai daya pengembang (*swelling*) yang tinggi. Smektit mempunyai struktur berlapis yang terdiri dari lembaran oktahedral (O) yang diapit oleh lembaran tetrahedral (T). Antara lapisan TOT yang satu dengan lapisan TOT yang lainnya memiliki ikatan yang lemah. Molekul air maupun molekul lainnya dapat mengisi ruang tersebut, sehingga smektit dapat mengalami ekspansi. Rumus umum smektit yang diajukan oleh Ross dan Hendricks (1945) adalah $\text{X}_{0.33}\text{Y}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, dengan X adalah kation *interlayer* (Ca atau Na) dan Y adalah kation Al^{3+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} atau Li^{2+} .



Gambar 2. Struktur lempung smektit.

3.3 Fotokatalis

Katalis atau pada beberapa tahun yang lalu disebut sebagai katalisator adalah zat atau spesies yang digunakan untuk mempercepat suatu reaksi. Dua penemuan yang dipandang penting dalam pengembangan teknologi katalis adalah penemuan reaksi hidrogenasi katalitik oleh Paul Sabatier dan sintesis ammonia oleh Fritz Haber. Keduanya dikembangkan berdasarkan prinsip kesetimbangan kimia yang dikembangkan oleh Jacobus van't Hoff dan persamaan Arrhenius oleh Svante Arrhenius. Pada aplikasinya, menggunakan suatu katalisator memberikan keuntungan berlipat untuk industri.

Secara prinsip, katalisator dapat meningkatkan laju sebuah reaksi melalui penurunan energi pengaktifan reaksi. Melalui penurunan energi pengaktifan (E_a) reaktan dapat melampaui dengan lebih mudah keadaan pembentukan intermediat atau keadaan transisi untuk pembentukan produk. Secara distribusi Maxwell, reaksi terkatalisis memiliki energi kinetik ambang lebih rendah dibandingkan

dengan keadaan tidak terkatalisis sehingga energi molekul reaktan lebih mudah melampauinya.

Pada saat ini, teknologi katalis dikembangkan pada beberapa aspek, antara lain sintesis, karakterisasi serta optimasi katalis pada dunia industri. Secara mendasar katalis dapat dibedakan menurut fasanya, jenis reaksinya serta macam-macam mekanisme spesifiknya. Menurut fasanya, katalis dapat dibagi menjadi dua jenis:

1. Katalis Homogen : yakni katalis yang memiliki fasa sama dengan reaktan yang dikatalisisnya.
2. Katalis Heterogen : yakni katalis yang memiliki fasa berbeda dengan reaktan yang dikatalis (Fatimah, 2011).

Katalis yang bekerja dengan bantuan foton atau sinar disebut dengan reaksi fotokatalis. Fotokatalis banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah organik melalui teknologi fotooksidasi yakni oksidasi dengan bantuan fotokatalis. Teknologi fotooksida senyawa organik saat ini banyak dikembangkan dengan beberapa alasan antara lain prosesnya relatif murah karena dapat memanfaatkan sinar matahari, relatif aman karena oksidasi menghasilkan CO_2 dan H_2O serta mineralisasi senyawa organik yang dapat dilepaskan langsung ke lingkungan serta tidak memerlukan regenerasi dalam waktu yang lama. Fotooksidasi senyawa organik adalah proses oksidasi senyawa organik dengan bantuan suatu fotokatalis yang bekerja ketika dikenai suatu foton atau sumber cahaya. Teknik ini dikembangkan berdasarkan pada prinsip fotoelektrik suatu material semikonduktor yang bersifat fotokatalis. Jika seberkas foton dikenakan pada

permukaan material fotokatalis, struktur elektronik material akan mengalami perubahan dimana elektron pada pita valensi akan mengalami eksitasi ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* bermuatan positif. Jika *hole* berinteraksi dengan solven, akan dihasilkan radikal yang berenergi tinggi dan dapat mengoksidasi senyawa organik target.

3.4 Mekanisme Fotokatalis Desinfektan

Fotokatalis merupakan metode yang unik untuk diterapkan pada proses desinfeksi fotokatalitik. Keberhasilan proses tersebut tergantung pada aktivitas fotokatalis yang digunakan. Metode desinfeksi fotokatalitik tidak hanya mampu membunuh dan merusak jaringan sel bakteri, akan tetapi juga mampu mendegradasi senyawa toksik yang dikeluarkan oleh sel yang telah mati (Setiawan, 2006).

Dengan kemampuan desinfeksi fotokatalitik dan fotodegradasi sekaligus, metode ini merupakan metode yang sangat efektif digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran secara komprehensif, khususnya dalam pencemaran air. Pencemaran air yang di akibatkan oleh adanya bakteri dapat menyebabkan kerugian bagi kesehatan manusia, misal pencemaran oleh bakteri *E.coli* yang dapat menyebabkan penyakit saluran pencernaan (disentri, korela, diare, tipes). Keberhasilan suatu proses fotokatalitik ditentukan oleh beberapa faktor meliputi tipe, bentuk dan pra perlakuan semikonduktor, jenis sumber radiasi dan intensitas radiasi, konsentrasi reaktan dan temperatur, pH suspensi serta konsentrasi katalis.

Salah satu cara peningkatan aktivitas katalitik adalah dengan memodifikasi oksida logam dengan mendispersikan oksida logam tersebut ke dalam suatu pengemban (*host material*). Tujuan pendispersian ZnO ke dalam material hektorit adalah untuk menghasilkan distribusi logam yang baik, meningkatkan luas permukaan spesifik, meningkatkan stabilitas termal dan waktu hidup suatu katalis, sehingga dapat meningkatkan aktivitas katalitiknya.

Situs aktif dari suatu katalis heterogen terletak pada permukaannya, sehingga jika tidak dilakukan dispersi pada suatu pengemban (*host material*) pada suhu yang tinggi partikel logam dapat mengalami sintering (pengumpulan) yang dapat menurunkan luas permukaan, sehingga efek aktifitas katalitiknya mengalami penurunan drastis. Pendispersian ZnO pada suatu pengemban akan diperoleh distribusi logam yang baik dan secara signifikan mampu mencegah terjadinya sintering logam katalis.

Proses fotokatalis meliputi tahap-tahap kimiawi yang menghasilkan senyawa reaktif yang dapat mengakibatkan kerusakan fatal pada mikroorganisme. Senyawa reaktif yang dimaksud adalah hidrosil radikal, hidrogen peroksida, superoksida, yang dihasilkan oleh elektron pada pita valensi (VB) saat mengalami eksitasi ke pita konduksi (CB) dan meninggalkan lubang (*hole*) yang bermuatan positif. Oksigen reaktif atau *reactive oxygen spesies* (ROS) tersebut berfungsi sebagai agen yang mampu merusak berbagai macam sel maupun struktur dan fungsi virus.

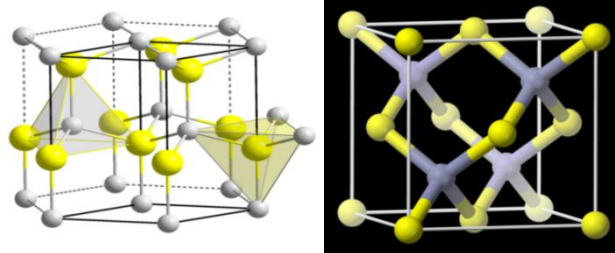
Kontak antara bakteri dan permukaan fotokatalis memungkinkan adanya transfer elektron maupun *hole* menuju organisme atau salah satu komponen sel

dalam bakteri. Jika ukuran partikel fotokatalis cukup kecil, maka partikel tersebut dapat masuk ke dalam sel dan proses katalitik terjadi di dalamnya. Radiasi sinar UV merupakan faktor esensial dalam sistem fotokatalitik, karena reaksi fotokimia baru dapat terjadi secara langsung apabila ada radiasi sinar UV. Radiasi sinar UV inilah yang akan menghasilkan senyawa oksigen aktif (*reactive oxygen species*) (Setiawan, 2006).

3.5 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida adalah sebuah senyawa anorganik dengan formula ZnO dan massa molar 81,408 g/mol. Seng oksida dikenal sebagai seng putih atau sebagai mineral *zincite*. Seng oksida akan terurai menjadi uap seng dan oksigen pada sekitar 1975°C, yang mencerminkan stabilitas yang cukup besar.

Seng oksida mengkristal dalam tiga bentuk: heksagonal *wulsite*, kubik *zincblende*, dan kubik *rocksalt* (jarang diamati). Struktur *wulsite* merupakan struktur yang paling stabil pada kondisi ambien dan yang paling umum. Bentuk *zincblende* dapat distabilkan dengan menumbuhkan ZnO pada substrat dengan struktur kisi kubik. Struktur *rocksalt* (NaCl-type) hanya dapat diamati pada tekanan yang relatif tinggi sekitar 10 GPa.

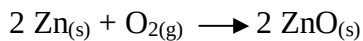


(a)

(b)

Gambar 3. Struktur heksagonal *wulsite* (a) dan struktur kubik *zincblende* (b)

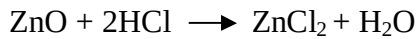
Seng oksida dapat diperoleh dari pembakaran seng di udara atau dekomposisi termal dari seng karbonat menurut persamaan reaksi berikut ini:



Seng oksida berupa padatan putih dan mempunyai struktur intan dengan jaringan ikatan kovalen. Dalam kristalnya, setiap atom seng dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam geometri tetrahedron, dan demikian juga setiap atom oksigen dikelilingi oleh empat atom seng dalam geometri tetrahedron. Tidak seperti oksida logam putih lain, seng oksida menunjukkan perubahan warna menjadi kuning pada pemanasan dan kembali menjadi putih pada pendinginan. Perubahan warna seperti ini yang terjadi oleh karena perbedaan temperatur, dikenal sebagai sifat termokromik. Perubahan warna seng oksida tersebut karena pada pemanasan beberapa atom oksigen hilang dari kisi kristalnya sehingga meninggalkan kisi kristal dalam keadaan kelebihan muatan negatif dan ini dapat menghasilkan warna yang berbeda, kelebihan muatan negatif (elektron) dapat dipindahkan via kisi kristal dengan perbedaan potensial. Jadi, oksida seng ini bersifat semikonduktor. Pada pendinginan, atom-atom oksigen yang keluar dari kisi kristal pada pemanasan tersebut kembali lagi pada posisi semula sehingga diperoleh warna semula.

Seng oksida merupakan senyawa seng yang paling penting. Senyawa ini digunakan sebagai pigmen putih, sebagai filter dalam karet, dan sebagai komponen dalam berbagai *glazes*, *enamels* dan antiseptik kombinasi dengan kromium (III) oksida digunakan sebagai katalisator dalam pabrik pembuatan

metanol (Sugiyarto dan Suyanti, 2010). Seng oksida merupakan oksida amfoter. Seng Oksida hampir tidak larut dalam air, alkohol, tetapi larut dalam asam, misal asam klorida, dengan reaksi sebagai berikut :



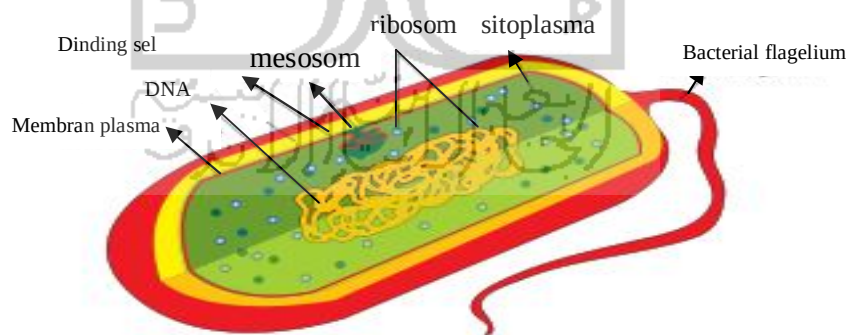
Seng secara luas digunakan sebagai aditif keberbagai bahan dan produk termasuk plastik, keramik, kaca, semen, karet, pelumas, cat, salep, lem, pigmen, makanan (sumber gizi Zn) dan baterai ZnO juga merupakan aditif penting pada karet ban mobil. ZnO aditif juga melindungi karet dari jamur dan sinar UV. Seng oksida digunakan untuk bahan beton manufaktur. Penambahan ZnO dapat meningkatkan waktu pemrosesan dan resestensi beton terhadap air. ZnO juga digunakan sebagai agen antibakteri dan untuk alasan itu ZnO ditambahkan kedalam berbagai bahan termasuk bahan katun, karet, makanan kemasan dan lain-lain. Seng oksida secara luas digunakan untuk mengobati berbagai kondisi kulit lainnya, produk-produk seperti bedak bayi untuk mengobati ruam popok, losio krim, shampo anti-ketombe, dan salep antiseptik (Wulandari, 2010).

3.6 Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme yang tersebar di seluruh permukaan bumi serta dapat hidup pada berbagai kondisi lingkungan, ditemukan di atmosfer sampai ketinggian empat mil dari permukaan bumi, hidup di bawah permukaan laut, terdapat di dalam sumber air panas bertemperatur 75 °C, dan dapat pula hidup pada daerah sangat dingin. Bakteri memiliki komposisi kimia dan proses biokimia yang sangat kompleks, sama kompleksnya dengan sel dari mahluk

tingkat tinggi. Bakteri memiliki peranan yang besar bagi kehidupan manusia, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Salah satu contoh bakteri yang menguntungkan yaitu *Lactobacillus bulgaris* yang berperan dalam proses pembuatan yoghurt, sedangkan salah satu contoh bakteri yang merugikan yaitu *Vibrio cholerae* yang menyebabkan penyakit kolera (Ma'rufah, 2006).

Keberadaan bakteri pertama kali ditemukan oleh [Antony Van Leeuwenhoek](#) pada 1674 dengan menggunakan [mikroskop](#) buatannya sendiri. Istilah *bacterium* diperkenalkan di kemudian hari oleh [Ehrenberg](#) pada tahun 1828, diambil dari kata [Yunani](#) *bakterion* yang memiliki arti "batang-batang kecil". Perkembangan pengetahuan tentang bakteri berkembang setelah serangkaian percobaan oleh [Louis Pasteur](#), yang melahirkan cabang ilmu [mikrobiologi](#). [Bakteriologi](#) adalah cabang mikrobiologi yang mempelajari biologi bakteri.



Gambar 4. Struktur sel bakteri

Bakteri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu [gram](#) positif dan gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel. Bakteri gram positif memiliki dinding sel yang tersusun dari lapisan [peptidoglikan](#) yang tebal dan

[asam teikoat](#). Sementara bakteri gram negatif memiliki lapisan luar dari [lipopolisakarida](#): terdiri dari membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis dan terletak pada periplasma (di antara lapisan luar dan membran sitoplasma).

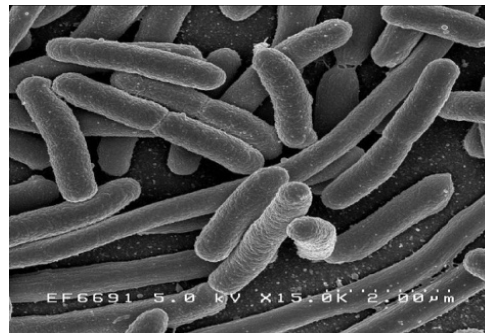
3.7 *Escherichia coli* (*E.coli*)

Bakteri *Escherichia coli* (*E.coli*) adalah salah satu bakteri golongan Coli yang digunakan sebagai parameter mikrobiologi kualitas air. Menurut ketentuan WHO dan APHA, kualitas air ditentukan oleh kehadiran dan jumlah Coli di dalamnya, yaitu untuk air minum dan untuk air lainnya (Tabel 1) (Suriawiria, 2003).

Tabel 1. Kandungan bakteri Coli di dalam air berdasarkan WHO (1968).

Air untuk	Jumlah maksimum yang diperkenankan per 100 mL
Rekreasi	1000
Kolam renang	200
Minum	1

Escherichia coli merupakan golongan bakteri gram negatif, yaitu bakteri yang memiliki lapisan luar dari [lipopolisakarida](#): terdiri dari membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis dan terletak pada periplasma (di antara lapisan luar dan membran sitoplasma). Pada beberapa penelitian menyatakan bahwa *E.coli* merupakan penyebab tertinggi kematian pada bayi yang disebabkan oleh penyakit diare (Bryne, dkk., 2010; Suriawiria, 2003).



Gambar 5. *Escherichia coli*

Klasifikasi Ilmiah *E.coli* :

Superdomain : Phylogenetica

Filum : Proteobacteria

Kelas : Gamma Proteobacteria

Ordo : Enterobacteriales

Famili : Enterobacteriaceae

Genus : *Escherichia*

Spesie : *E.coli*

Escherichia coli merupakan mikroba konvensional dan patogen yang penting hidup dalam saluran pencernaan makanan manusia dan hewan berdarah panas. Bakteri ini telah diketahui menunjukkan resisten terhadap antibiotik serta dapat disebarkan melalui feses manusia ataupun hewan pada lingkungan. Melihat dampak yang dihasilkan oleh bakteri *E.coli*, salah satu alternatif pemecah masalah dari dampak tersebut yaitu dengan melakukan penelitian tentang bahan atau alat antibakteri yang dapat menghambat serta membunuh timbulnya bakteri tersebut. Dengan hal ini maka akan dilakukan suatu penelitian berdasarkan teknologi fotokatalis tentang pemanfaatan mineral lempung hektorit yang diberi pengemban logam oksida yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan antibakteri *E.coli*.

3.8 Karakterisasi ZnO/CTMA/Hektorit

Karakterisasi ini bertujuan untuk menentukan beberapa sifat fisik material seperti luas permukaan spesifik, rerata jejari pori, volume total pori, distribusi ukuran pori. Penentuan sifat fisik yang lain seperti *basal spacing* d_{001} yang diidentifikasi dengan menggunakan metode difraksi sinar-X, dan SEM-EDX serta Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

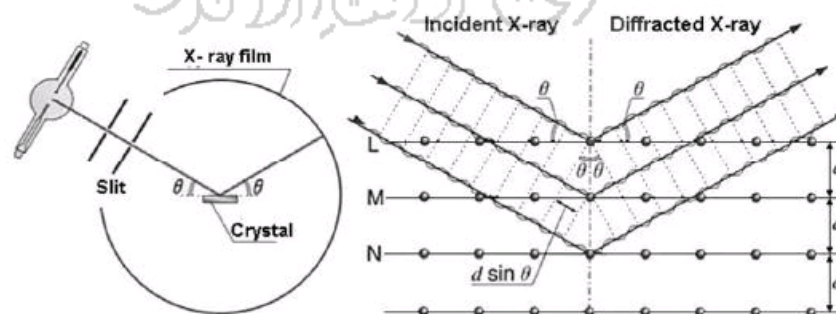
3.8.1 Metode *X-Ray Diffraction* (XRD)

Spektroskopi difraksi sinar-X (*X-Ray Diffraction*/XRD) merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta mendapatkan ukuran partikel.

Difraksi sinar-X merupakan alat analisis utama dalam identifikasi zat atau material padatan seperti zeolit maupun lempung. Sinar-X adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang relatif pendek yaitu antara 0,5-2,5 Å. Ordenya relatif sama dengan jarak antar bidang atom dalam kristal. Dasar penggunaan metode difraksi sinar-X dalam karakterisasi lempung adalah susunan sistematika atom-atom atau ion-ion dalam bidang kristal. Hampir setiap spesies mineral dicirikan oleh susunan atom yang spesifik, yang menciptakan bidang atom penciri yang dapat memantulkan sinar-X. Laue adalah orang pertama yang menemukan bahwa sinar-X dapat dipantulkan oleh atom-atom bidang kristal yang menghasilkan pola-pola khas sewaktu direkam (Ma'rufah, 2006).

Sinar-X akan menunjukkan gejala difraksi jika jatuh pada benda yang jarak antar bidangnya kira-kira sama dengan panjang gelombang (λ), jatuh mengenai kristal dengan sudut θ pada bidang-bidang kristal. Jika suatu berkas sinar-X mengenai bidang kristal dari suatu mineral, maka sinar-X tersebut akan dipancarkan oleh atom-atom dalam bidang kristal. Untuk memperoleh suatu difraksi, harus terjadi penguatan pada sinar-X yang terpancarkan tersebut pada suatu arah tertentu. Penguatan pada sinar-X yang terpancarkan menjadi kuantitatif hanya jika hukum Bragg terpenuhi. Pada tahun 1913 William Henry Bragg dan William Lawrence Bragg mengembangkan cara yang mudah untuk memahami dan memprediksikan fenomena difraksi dari kristal (Sugiarto, 2006).

Prinsip dari *X-ray Diffractometer* (XRD) adalah difraksi gelombang sinar-X yang mengalami *scattering* setelah bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur kristal. Dari analisa pola difraksi dapat ditentukan parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi fasa kristalin (Riyanto, 2009).



Gambar 6. Spektrofotometer difraksi sinar-X

Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg,

$$n\lambda = 2d \sin \theta, \text{ dimana } n=1,2,\dots$$

Dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut sinar datang dengan bidang normal dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan. Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut.

Sampel mineral lempung yang berupa bubuk dengan ukuran partikel tertentu diisikan ke dalam rongga sampel (*specimen holder*) kemudian dibuat difraktogramnya. Pola difraksi yang diperoleh berupa hubungan sudut 2θ dengan intensitas karakteristik untuk setiap kristal. Intensitas tidak hanya sebanding dengan konsentrasi namun juga oleh kesempurnaan bidang kristal dan kerapatan atom-atom penyusun kristal (Jenkins dkk., 1995).

Keuntungan utama penggunaan difraksi sinar-X dalam karakterisasi material adalah kemampuan penetrasinya, sebab sinar-X memiliki energi sangat tinggi akibat panjang gelombangnya yang pendek. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,5-0,2 mikron. Sinar ini dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi.

Metode difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui struktur dari lapisan tipis yang terbentuk. Sampel diletakkan pada sampel holder difraktometer sinar-X. Proses difraksi berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara sudut difraksi 2θ dengan intensitas sinar-X yang dipantulkan. Teknik difraksi sinar-X juga digunakan untuk menentukan ukuran kristal, regangan, kisi, komposisi kimia, dan keadaan lain yang mempunyai orde yang sama.

3.8.2 Metode Isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET)

Pada dasarnya permukaan nyata padatan tidaklah memiliki bentuk yang sempurna dan teratur, hampir selalu ada retakan dan celah yang akan memberikan sumbangan pada luas permukaan padatan. Jika adsorben yang berupa padatan berpori mengadsorpsi adsorbat, maka proses adsorpsi akan terjadi dipermukaan luar dan didalam pori. Teknik karakteristik dengan metode adsorpsi gas dapat memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik, volume total pori, distribusi ukuran pori dan isotherm adsorpsi (Lowell dan Shields, 1984).

Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan luas permukaan suatu material telah dikembangkan oleh Brunauer, Emmett, Teller (BET). Metode ini bertujuan untuk menjelaskan fisik [adsorpsi](#) dari [gas](#) [molekul](#) pada [padat](#) [permukaan](#) dan berfungsi sebagai dasar untuk teknik analisis penting untuk pengukuran luas permukaan spesifik dari suatu material, metode ini dikenal dengan sebutan metode BET. Konsep teori ini adalah perluasan dari [teori Langmuir](#), yang merupakan teori untuk [monolayer](#) molekul adsorpsi, untuk adsorpsi multilayer yakni bahwa lapisan monolayer pada isotherm Langmuir dapat berperan sebagai permukaan adsorben sehingga terjadi beberapa lapis

adsorbat. Salah satu asumsi dasar adsorpsi Langmuir isotherm adalah adsorpsi berlangsung pada tekanan rendah. Dengan kondisi tersebut, molekul gas akan memiliki energi panas tinggi dan kecepatan tinggi yang akan meninggalkan permukaan. Pada kondisi tekanan tinggi dan suhu rendah, energi panas berkurang dan molekul gas semakin banyak akan tersedia per satuan luas permukaan. Akibatnya, adsorpsi multilayer dapat terjadi. Pembentukan multilayer dijelaskan oleh teori BET. Persamaan BET diberikan sebagai berikut:

$$V_{\text{total}} = \frac{V_{\text{mono}} C \left(\frac{P}{P_0} \right)}{\left(1 - \frac{P}{P_0} \right) \left(1 + C \left(\frac{P}{P_0} \right) - \frac{P}{P_0} \right)}$$

Bentuk lain dari persamaan tersebut adalah:

$$\frac{P}{V_{\text{total}}(P - P_0)} = \frac{1}{V_{\text{mono}} C} + \frac{C - 1}{V_{\text{mono}} C} \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

P dan P_0 adalah [keseimbangan](#) dan [tekanan saturasi](#) dari adsorbates pada suhu adsorpsi, V adalah kuantitas gas yang teradsorpsi (misalnya, dalam satuan volume), dan V_{mono} adalah [monolayer](#) kuantitas gas yang teradsorpsi BET, C adalah konstanta BET.

Metode adsorpsi gas N_2 dan aplikasinya isotherm BET telah dikenal luas untuk mengidentifikasi porositas material, termasuk didalamnya lempung dan zeolit. Hal penting yang dapat diketahui dari analisis material padatan menggunakan metode serapan gas N_2 adalah pola adsorpsi-desorpsi dan evaluasi distribusi ukuran pori serta luas permukaan spesifik material.

Berdasarkan isotherm adsorpsi, dapat ditentukan luas permukaan spesifik, volume total pori dan rerata jejari pori. Luas permukaan spesifik dapat ditentukan berdasarkan beberapa metode. Dua metode populer yang banyak digunakan yakni: Brunauer-Emmett-Teller (BET) dan metode Langmuir. Evaluasi luas permukaan spesifik menggunakan metode BET dan metode Langmuir didasarkan pada kapasitas pembentukan monolayer. Banyaknya gas teradsorpsi pada monolayer merepresentasikan luas permukaan yang dimiliki oleh material, dimana besarnya luas tampang lintang molekul teradsorpsi dikalikan kapasitas adsorpsi monolayer akan memberikan luas permukaan (misal untuk adsorbat luas tampang lintang $N_2 = 0.162 \text{ nm}^2$).

Pada range monolayer, hubungan antara jumlah molekul gas teradsorpsi dengan tekanan relatif dinyatakan dalam persamaan:

$$\frac{1}{W \left[\left(\frac{P_0}{P} \right) - 1 \right]} = \frac{1}{W_m \cdot C} + \frac{(C-1)}{W_m \cdot C} \cdot \frac{P}{P_0}$$

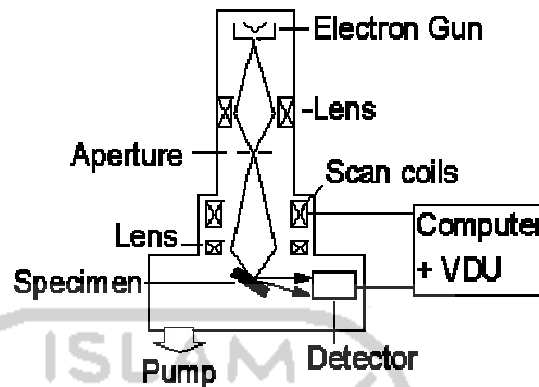
Dengan W adalah berat gas yang teradsorpsi pada tekanan relative p/p^0 (g) dan W_m adalah berat gas yang teradsorpsi pada lapis tunggal (g). C merupakan konstanta BET. P/P_0 adalah tekanan uap jenuh adsorpsi (mmHg) dan P adalah tekanan gas (mmHg). Persamaan BET menyatakan hubungan linear antara $1/W [(P_0/P)-1]$ lawan (P/P_0) . Pada adsorpsi isotherm ini, tekanan relatif (P/P_0) yang berlaku menurut teori BET dibatasi pada rentang 0.05-0,35. Metode BET digunakan secara luas untuk perhitungan [luas permukaan](#) dari [padatan](#) dengan adsorpsi fisik molekul gas.

Asumsi menurut teori BET bahwa permukaan padatan tidak akan tertutupi secara sempurna selama tekanan uap jenuh (P_o) belum tercapai. Jika adsorpsi mengikuti teori BET maka kurva antara $1/W [(P_o/P)-1]$ lawan (P/P_o) akan menghasilkan garis lurus, untuk keperluan ini digunakan adsorbat gas N_2 dan adsorpsi berlangsung pada temperatur 77 K. Pada adsorpsi isotherm ini, tekanan relatif (P/P_o) yang berlaku menurut teori BET dibatasi pada rentang 0.05-0,35. Dalam aplikasinya menggunakan N_2 (sebagai adsorbat) dengan densitas fasa cair pada tekanan 1 atm dan temperatur 77 K dan harga $\sigma = 16,2 \text{ \AA}^2/\text{molekul}$. (Baksh dkk.,1992 ; Huston dkk.,1998 ; Ocelli dkk., 2000).

3.8.3 Scanning Electron Microscope (SEM)-Energi Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX)/SEM-EDX

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Analisis SEM bermanfaat untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) benda padat. Berkas sinar elektron dihasilkan dari filamen yang dipanaskan, disebut *electron gun* (Gunawan dan Azhari, 1979). *Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan instrumen unggul dan mudah digunakan, dibandingkan dengan instrumen lain, SEM mampu mendeteksi berbagai sinyal dari spesimen serta dapat digunakan untuk menganalisis skala mikro. Sinyal-sinyal yang dihasilkan SEM dapat digunakan untuk mempelajari permukaan suatu padatan yang memberi informasi morfologi dan topologi tentang permukaan padatan yang dibutuhkan untuk memahami sifat permukaan. Karakterisasi SEM memiliki kemampuan dalam hal topografi, yakni

kemampuan SEM dalam mengobservasi permukaan yang menggambarkan tekstur dan sifat material.



Gambar 7. Instrumen SEM

Cara kerja SEM adalah gelombang elektron yang dipancarkan *electron gun* terkondensasi di lensa kondensor dan terfokus sebagai titik yang jelas oleh lensa objektif. *Scanning coil* yang diberi energi menyediakan medan magnetik bagi sinar elektron. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan menghasilkan elektron sekunder dan kemudian dikumpulkan oleh detektor sekunder atau detektor *backscatter*. Gambar yang dihasilkan terdiri dari ribuan titik berbagai intensitas di permukaan *Cathode Ray Tube* (CRT) sebagai topografi Gambar (Kroschwitz, 1990).

Energy Dispersive X-Ray Spektroskopi (EDX) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk analisis elemen atau karakterisasi kimia dari sampel. Interaksi dari sebuah berkas elektron dengan target sampel menghasilkan berbagai emisi termasuk sinar-X. Teknik ini digunakan bersamaan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Detektor energi pemancar digunakan untuk memisahkan karakteristik sinar-X unsur yang berbeda menjadi sebuah

spektrum energi dan perangkat lunak sistem EDX digunakan untuk menganalisis spektrum energi untuk menentukan kelimpahan unsur-unsur tertentu.

Pada saat berkas elektron dari SEM dipindai dipermukaan sampel, maka akan menghasilkan fluoresensi sinar-X dari atom-atom dalam jalurnya. Energi dari setiap foton sinar-X adalah karakteristik dari elemen yang menghasilkannya. Sistem mikro EDX mengumpulkan sinar-X, macam dan plot mereka dengan energinya dan secara otomatis mengidentifikasi dan menandai unsur-unsur yang bertanggung jawab atas puncak dalam distribusi energi ini. Energi dari sinar-X akan bervariasi, tergantung pada elemen dari yang dianalisis. Detektor akan mengukur kelimpahan relatif sinar-X yang dipancarkan versus energinya sehingga suatu elemen akan menghasilkan karakteristik dan pola puncak yang berbeda-beda.

Detektor yang digunakan dalam EDX adalah detektor silikon atau litium. Detektor ini harus dioperasikan pada suhu nitrogen cair. Pada saat detektor disinari dengan sinar-X maka akan menghasilkan fotoelektron dalam tubuh Si. Fotoelektron ini bergerak melalui Si dan menghasilkan pasangan elektron-lubang. Elektron dan lubang tertarik pada ujung detektor yang berlawanan dengan bantuan medan listrik yang kuat. Energi yang dihasilkan tergantung pada jumlah pasangan elektron-lubang yang dibuat, yang tergantung pada energi sinar-X yang masuk. Dengan demikian, akan menghasilkan spektrum sinar-X yang dapat memberikan informasi mengenai komposisi unsur yang dianalisis.

Morfologi permukaan padatan dapat dikarakterisasi dengan menggunakan SEM. Sampel yang akan dianalisis ditempatkan dalam ruang sampel di bawah kondisi vakum dan dianalisis dengan SEM. Sampel ditembak dengan

menggunakan senapan elektron dengan filamen tungsten dan perekaman video akan merekam gambar dengan perbesaran tertentu. EDX akan menggunakan sinar-X untuk mengidentifikasi pada permukaan spesimen uji yang diamati, EDX juga menentukan jumlah relatif dari adanya unsur-unsur yang terdeteksi pada daerah yang diamati. Semua data yang diperoleh dari EDX dianalisis berdasarkan garis emisi dari unsur-unsur yang tercatat pada difraktogram. Garis-garis ini kemudian disebut Tabel Periodik dari Sistem Analitik Sinar-X link yang digunakan untuk identifikasi unsur (Wulandari.2010).

3.8.4 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Metode analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah salah satu metode analisis kimia yang dilakukan berdasarkan pada pengukuran besaran sifat-sifat fisik yang timbul atau berubah akibat adanya interaksi materi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi radiasi, energi kimia dan energi listrik.

Fenomena mengenai serapan atom, pertama-tama dikemukakan oleh Wallaston pada tahun 1802, yang telah mengamati adanya penyerapan (absorpsi) spektrum sinar matahari berupa pita-pita (*band*) yang gelap. Pita-pita ini letaknya pada garis D dari spektrum sinar natrium diungkapkan oleh seorang ahli yang lain yaitu Brewster yang mengatakan bahwa hal tersebut terjadi karena adanya penyerapan sinar matahari oleh uap-uap natrium yang berada pada lapisan luar atmosfernya. Keterangan pertama tentang kemungkinan pemanfaatan spektra atom untuk analisis, pertama kali diterangkan oleh Kirchoff dan Bunsen pada tahun

1860, yang mengadakan serangkaian percobaan dengan lampu natrium, yaitu cahaya dari lampu natrium difokuskan melalui sebuah spektroskop dan terciptalah garis-garis kuning yang merupakan spektrum emisinya.

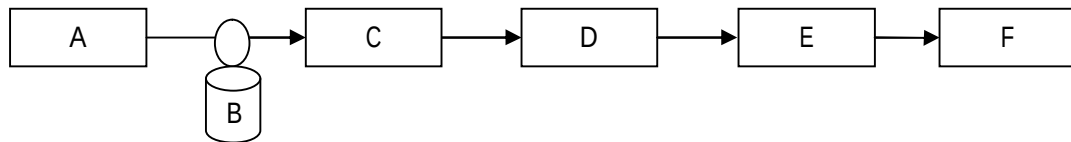
Setiap metode analisis mempunyai kemampuan dan kelemahannya masing-masing untuk dipergunakan. Dimana kemampuan dan kelemahannya dapat diketahui dari kepekaan, selektivitas, ketelitian, ketepatan ulangan (*reproducibility*) serta faktor penggangguannya (Riyanto, 2009).

3.8.4.1 Prinsip Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Prinsip analisis dengan SSA adalah interaksi antara energi radiasi dengan atom unsur yang dianalisis. SSA banyak digunakan untuk analisis unsur. Atom suatu unsur akan menyerap energi dan terjadi eksitasi atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan sebagian atau seluruh tenaga eksitasinya dalam bentuk radiasi.

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diadsorpsi oleh atom dalam nyala. Adsorpsi ini mengikuti

hukum Lambert Beer, yakni absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala.



Gambar 8. Skema alat instrumen SSA.

Keterangan: A= Lampu katoda berongga E=Amplifier

B= Nyala F= Rekorder

C= Monokromator D= Detektor

A. Lampu katoda berongga

Suatu sumber cahaya dalam spektrofotometer serapan atom, yang dipilih karena garis pancaran unsur katoda lebih sempit daripada garis adsorpsi padanannya dalam nyala dan tanur. Lampu katoda yang digunakan mempunyai katoda pemancar yang terbuat dari unsur yang sama. (Khophar.2003).

B. Nyala

Nyala yang digunakan pada SSA harus mampu memberikan suhu $>2000^{\circ}\text{K}$. Untuk mencapai suhu yang setinggi ini biasanya digunakan gas pembakar dalam suatu gas pengoksida (oksidan) seperti udara dan nitrogen oksida (N_2O).

Tabel 2. Jenis-jenis gas pembakar pada SSA.

Gas pembakar	Gas oksidan	Temperatur (°K)
Asetilena	Udara	2400 – 2700
Asetilena	Dinitrogen oksida	2900 – 3100
Asetilena	Oksigen	3300 – 3400
Hidrogen	Udara	2300 – 2400
Hidrogen	Oksigen	2800 – 3000
Sianeon	Oksigen	4800

C. Monokromator

Fungsi monokromator adalah untuk mengisolir salah sebuah resonansi dari sekian banyak spektrum yang dihasilkan oleh *Hollow Cathoda Lamp*. Peralatan yang digunakan terdiri cermin, lensa, filter, prisma dan/atau grating.

D. Detektor

Detektor pada SSA tergantung pada jenis monokromatornya. Detektor yang banyak digunakan adalah dari jenis fotomultipikator (*photomultiplier*).

E. Amplifier

Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima dari detektor sebelum sampai ke rekorder

F. Rekorder

Rekorder pada instrumen SSA berfungsi untuk mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk digital, yaitu dengan satuan absorbansi. Syarat dari detektor dalam tenaga listrik akan diubah oleh rekorder dalam nilai bacaan serapan atom (Walsh, 1995).

3.9 Aplikasi Material Lempung Sebagai Antibakteri *Eschericia coli* (*E.coli*)

Penelitian tentang kemampuan material lempung sebagai bahan antibakteri dan antifungi marak dilakukan akhir-akhir ini serta mendapat perhatian yang cukup baik, dikarenakan kemampuan bahan ini yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba, dengan cara mempertukarkan kation-kationnya dengan kation-kation logam yang bersifat antimikroba. Aplikasi dari bahan material sebagai antibakteri memiliki potensial yang baik bagi lingkungan, seperti dalam bidang industri, peralatan rumah tangga dan fasilitas publik.

Antibakteri dengan material lempung merupakan aplikasi dari imobilisasi kation ke dalam antarlapis silikat lempung, contohnya Cu, Zn, Ag yang digunakan sebagai pengemban. Umumnya pengembanan dilakukan pada lempung, zeolit, karbon aktif, dan alumina silikat. Sebelumnya agen antibakteri sudah marak dilakukan dengan menggunakan agen antibakteri organik. Agen antibakteri organik telah banyak digunakan meskipun memiliki beberapa kelemahan yakni, titik didih dan titik leleh yang rendah, kecenderungan untuk terdekomposisi dan relatif toksik (Ma'rufah, 2006). Dibandingkan dengan agen antibakteri organik, agen antibakteri anorganik ini memiliki beberapa kelebihan yakni, masa aktif yang cukup lama, kestabilan kimia, ketahanan terhadap termal, aman digunakan, efektif menghambat pertumbuhan mikroba dan mudah disintesis dan diproses (Hudkk., 2000).

Proses suatu material dapat digunakan sebagai bahan antibakteri yaitu dengan ditambahkan suatu fotokatalis yang memiliki sifat semikonduktor. Teknik ini dikembangkan berdasarkan pada prinsip fotoelektrik suatu material

semikonduktor yang bersifat fotokatalis. Semikonduktor yang bersifat fotokatalis ini diterapkan pada proses desinfektan fotoelektrik. Metode desinfeksi fotokatalitik tidak hanya mampu membunuh dan merusak jaringan sel bakteri, akan tetapi juga mampu mendegradasi senyawa toksik yang dikeluarkan oleh sel yang telah mati (Setiawan, 2006).

Dengan kemampuan desinfeksi fotokatalitik dan fotodegradasi sekaligus, metode ini merupakan metode yang sangat efektif digunakan untuk mengatasi masalah pencemaran secara komprehensif, khususnya dalam pencemaran air. Pencemaran air yang di akibatkan oleh adanya bakteri atau virus dapat menyebabkan kerugian bagi kesehatan manusia. misal menyebabkan penyakit saluran pencernaan (disentri, korela, diare, tipes). Keberhasilan suatu proses fotokatalitik ditentukan oleh beberapa faktor meliputi tipe, bentuk dan pra perlakuan semikonduktor, jenis sumber radiasi dan intensitas radiasi, konsentrasi reaktan dan temperatur, pH suspensi serta konsentrasi katalis.

BAB IV

METODE PENELITIAN

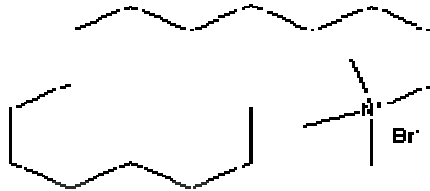
4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat-alat kaca, neraca analitik, reaktor fotokatalis, Spektrofotometer *X-Ray Diffraction* (XRD) Shimadzu 6000, *Surface Area Analyzer* (SAA) Quantachrome NovaWin2, *Scanning Electron Microscope* (SEM)-*Energy Dispersive Microscope* (EDX)/(SEM-EDX) Seiko, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Perkin Elmer PC5100, *Quanti-Tray* Sealer Model 2x, *Quanti-Tray* Merk Iddex, *Colony counter* Merk Scan 500, *germicide lamp Philips* 256 nm (UV C), pengaduk magnet, cawan porselin, oven, *searing*, jarum penanam/ose, cawan petri, inkubator 37°C, lampu spiritus, kulkas, pH meter Hanna.

4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi lempung hektorit yang berasal dari Rockwood International, London UK, larutan *Cetyltrimethyl ammonium bromide* (CTMA-Br) (Merck) selanjutnya disebut dengan CTMA, struktur CTMA-Br dapat dilihat pada Gambar 9. Zn-Sulfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Merck), larutan isopropanol (Merck), Barium Nitrat ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$), Lactosa Broth (LB) (Merck), Brilliant Green Lactosa Broth (BGLB) (Merck), Larutan kultur bakteri *E.coli* konsentrasi 10^3 cfu/mL, media PCA (*Plate Count Agar*) (Merk. Oxoid), Media nutrisi Colilert-18 (Merk. Iddex), HNO_3 pekat (Merck), HCl pekat

(Merck), aquades, alkohol 70% (Merck), kertas saring whatman 42 (Merck), kapas, dan sampel larutan *septic tank*.



Gambar 9. Struktur CTMA-Br

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Pembuatan hektorit terinterkalasi CTMA (CTMA/Hektorit)

Dibuat suspensi dengan melarutkan serbuk lempung hektorit yang berasal dari Rockwood International, London UK sebanyak 10 gram ditambah dengan 2 liter aquades kemudian suspensi ini diaduk menggunakan pengaduk magnet. Selanjutnya suspensi yang terbentuk ditambahkan secara perlahan larutan CTMA-Br sebanyak 36 mL (sehingga dicapai perbandingan mol sebesar 0,05 mmol/100 gram) kemudian larutan suspensi diaduk kembali dengan pengaduk magnet. Hasil suspensi yang diperoleh dari proses interkalasi ini disebut CTMA/Hektorit yang akan digunakan sebagai bahan awal pembuatan ZnO/CTMA/Hektorit.

4.3.2 Pembuatan Larutan Prekursor

Larutan prekursor dibuat dengan mencampur Zn-Sulfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 1,32 g (Perbandingan Zn terhadap hektorit yang akan diimbangkan

adalah 3%) ke dalam larutan isopropanol : air dengan perbandingan 1:1 sebanyak 50 mL. Penambahan larutan isopropanol digunakan untuk dapat berinteraksi dengan CTMA yang memiliki sifat non polar. Selanjutnya larutan prekursor diaduk dengan cepat sampai transparan menggunakan pengaduk magnet selama 1 jam.

4.3.3 Pembuatan ZnO/CTMA/Hektorit

Pembuatan ZnO/CTMA/Hektorit dilakukan dengan menambahkan larutan prekursor yang telah dibuat ke dalam larutan suspensi CTMA/Hektorit. Penambahan larutan prekursor dilakukan secara perlahan sampai habis kemudian diaduk kembali selama 24 jam. Larutan preparasi kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman 42 dan endapan yang dihasilkan dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Pencucian dihentikan jika pH endapan dan filtrat sudah netral yang ditunjukkan dengan nilai konduktivitasnya kurang dari $0,1\mu\text{S}$ yang diukur menggunakan pH meter serta larutan filtrat tidak membentuk endapan BaSO_4 ketika larutan filtrat ditambah dengan larutan Barium Nitrat $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Endapan yang diperoleh kemudian dioven selama 24 jam dengan suhu 75°C dan selanjutnya endapan di microwave selama 10 menit. Hasil preparasi ini disebut dengan serbuk ZnO/CTMA/Hektorit yang kemudian di analisis menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Surface Area Analyzer (SAA), Scanning Electron Microscope (SEM)-Energy Dispersive Microscope (EDX)/(SEM-EDX) dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

4.3.4 Uji Aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit Sebagai Bahan Antibakteri *Escherichia coli* (*E.coli*)

Uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri secara fotokatalis dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *Most Probable Number* (MPN) dan *Feable Cell Count*. Pengujian dilakukan dengan variabel jumlah bahan hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit untuk membandingkan kemampuan bahan sebagai antibakteri. Selain perbandingan jumlah bahan dilakukan juga perbandingan terhadap aktivitas bahan dengan bantuan sinar UV C dan tanpa penyinaran sinar UV C (gelap). Frekuensi sinar ultraviolet yang memiliki efektivitas dalam proses penghancuran mikroba yaitu antara 280 nm – 200 nm yang termasuk ke dalam frekuensi sinar UV C. Dalam pengujian ini frekuensi yang digunakan untuk aktivitas katalis yaitu sebesar 256 nm.

Pengujian aktivitas bahan ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri diawali dengan menggunakan metode *Feable Cell Count*. Variabel bahan di variasikan jumlahnya mulai 0,01; 0,02 dan 0,03 g. Pada metode *Feable Cell Count*, larutan kultur bakteri *E.coli* dengan konsentrasi 10^3 cfu/mL digunakan sebagai model uji untuk aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit yang spesifik terhadap *E.coli* sebelum diaplikasikan langsung ke dalam sampel. Pada pengujian ini, bahan yang digunakan yaitu hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit. Selain dilakukan variabel bahan, dilakukan pula perbandingan terhadap aktivitas bahan dengan bantuan sinar UV C dan tanpa penyinaran UV C (gelap) masing-masing dikontakkan selama 3 menit.

Tabel 3. Variasi perlakuan larutan kultur *E.coli* 10^3 cfu/mL terhadap aktivitas antibakteri hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode *Feable Cell Count*.

Urutan	Model uji (50mL)	Perlakuan
A	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	-
B	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Disinari UV C
C	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah hektorit sintetik 0,02 g
D	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah hektorit sintetik 0,02 g + UV C
E	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,02 g
F	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,01 g + UV C
G	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,02 g + UV C
H	Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,03 g + UV C

Masing-masing larutan dicampur dengan media PCA (*Plate Count Agar*) sekitar 20 mL kemudian di masukkan ke dalam cawan petri. Campuran model uji dengan media PCA selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada temperatur 37°C dan pertumbuhan bakteri diamati dengan cara dihitung melalui *colony counter*.

Metode kedua yang digunakan untuk uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri dilakukan dengan metode MPN *Quanti-Tray*. Pada metode ini sampel yang digunakan yaitu larutan kultur *E.coli* 10^3 cfu/mL sebagai model uji. Bahan ZnO/CTMA/Hektorit sebanyak 0,05 g dikontakkan dengan model uji dan untuk mengetahui aktivitas dari ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri dilakukan perbandingan antara bahan yang disinari UV C dan bahan tanpa penyinaran UV C masing-masing dikontakkan selama 30 menit.

Tabel 4. Variasi perlakuan larutan kultur *E.coli* 10^3 cfu/mL terhadap aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode MPN *Quanti-Tray*.

Model uji (100 mL)	Perlakuan
Lar. Kultur <i>E.coli</i>	-
Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Disinari UV C
Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,05 g
Lar. Kultur <i>E.coli</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,05 g + UV C

Masing-masing larutan dicampur nutrisi Colilert-18 dan digojog hingga homogen. Campuran larutan kemudian dimasukkan dalam plat *Quanti-Tray* dan dipres dengan *Quanti-Tray Sealer*, selanjutnya diinkubasi pada temperatur 37°C selama 24 jam dan pertumbuhan bakteri diamati.

Pengujian metode ini didasarkan pada jumlah *E.coli* yang hidup dalam model uji. Untuk mengetahui ada tidaknya bakteri *E.coli* dilakukan identifikasi dengan penyinaran sinar UV yang memiliki panjang gelombang 365 nm. Apabila model uji disinari UV memantulkan warna biru maka dalam larutan model uji mengandung bakteri *E.coli*. Sedangkan pada saat penyinaran larutan model uji memantulkan warna kuning maka larutan model uji tidak mengandung bakteri *E.coli*.

Pengujian aktivitas bahan ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri *E.coli* selanjutnya diaplikasikan langsung ke dalam sampel. Sampel yang digunakan yaitu larutan *septic tank* yang sudah diencerkan sebanyak 10 kali. Pengenceran dilakukan untuk menyetarakan konsentrasi sampel dengan larutan model uji. Metode yang digunakan pada aplikasi ini adalah metode MPN tabung fermentasi. Sampel larutan *septic tank* dikontakkan dengan bahan ZnO/CTMA/Hektorit yang jumlahnya divariasikan kemudian untuk mengetahui

aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri dilakukan perbandingan antara bahan yang disinari UV C dan tanpa penyinaran UV C masing-masing dikontakkan selama 1 jam.

Tabel 5. Variasi perlakuan larutan sampel *septic tank* terhadap aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan metode MPN tabung fermentasi.

Sampel (100 mL)	Perlakuan
Larutan <i>septic tank</i>	-
Larutan <i>septic tank</i>	Disinari UV C
Larutan <i>septic tank</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,1 g + UV C
Larutan <i>septic tank</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,05 g + UV C
Larutan <i>septic tank</i>	Ditambah ZnO/CTMA/hektorit 0,025 g + UV C

Masing-masing campuran larutan kemudian diinkubasi pada temperatur 37°C selama 2 kali 24 jam untuk proses pendugaan. Selanjutnya untuk uji penegasan campuran larutan dari hasil inkubasi ditambah dengan media BGLB dan diinkubasi kembali pada temperatur 42°C selama 2 kali 24 jam.

Secara umum, analisis metode MPN tabung banyak dibagi menjadi dua langkah yaitu tes pendugaan dan tes penegasan. Tes pendugaan dilakukan dengan membuat 10 mL sampel dalam 10 mL LB (*Lactosa Broth*), 1 mL sampel dalam 5 mL LB dan 0,1 mL sampel dalam 5 mL LB. Masing- masing dibuat tiga tabung kemudian diinkubasi pada temperatur 37°C selama 48 jam. Pada proses inkubasi ini akan menunjukkan ada tidaknya bakteri coliform. Jenis bakteri ini berbentuk bulat, gram negatif, tidak berspora serta menfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas apabila di inkubasi pada temperatur 35-37 °C. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa apabila terdapat bakteri coliform pada

sampel air maka sampel air tersebut sudah tercemar oleh feses. Genus yang termasuk dalam kelompok bakteri coliform antara lain *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Eschericia*, *Klebsiella*, *Serratia*. Hasil positif larutan sampel mengandung coliform ditunjukkan dengan pembentukan gelembung gas dalam tabung durham yang ditanam dalam tabung reaksi.

Setelah dilakukan tes pendugaan untuk mengetahui pasti adanya bakteri *E.coli* dalam larutan sampel dilakukan tes penegasan dengan penambahan media BGLB (*Briliant Green Lactosa Broth*). Masing-masing tabung ditambah media BGLB dengan cara mencelupkan jarum ose ke dalam media BGLB kemudian ditambahkan dalam tabung yang positif mengandung bakteri coliform. *Eschericia coli* merupakan anggota coliform yang dapat dibedakan dari bakteri coliform lain karena kemampuannya memfermentasikan laktosa pada temperatur 42°C. Tabung yang sudah dicampur dengan media BGLB selanjutnya diinkubasi pada temperatur 42 °C selama 48 jam dan pertumbuhan bakteri diamati.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan proses interkalasi oksida logam ZnO ke antarlapis silikat lempung hektorit dengan penambahan senyawa alkil amonium yang hasilnya disebut dengan ZnO/CTMA/Hektorit. Lempung hektorit yang digunakan berasal dari Rockwood International, London, UK. Lempung hektorit yang telah dimodifikasi ini kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer XRD, BET, SEM-EDX, dan SSA.

Pada bab ini akan dibahas mengenai jalannya penelitian ini dan hasil yang diperoleh, yaitu : (1) proses interkalasi lempung hektorit CTMA, larutan prekursor, preparasi ZnO/CTMA/Hektorit dan karakterisasinya dengan metode analisis difraksi sinar X untuk mengetahui perubahan *basal spacing* d_{001} yang terjadi dan untuk mengetahui kristalinitas dari lempung hektorit, analisis BET untuk menentukan luas permukaan spesifik, volume total pori, dan distribusi ukuran pori, analisis SEM-EDX digunakan untuk mengetahui morfologi dan unsur-unsur yang terdapat dalam lempung hektorit, dan analisis dengan SSA untuk mengetahui kandungan oksida logam ZnO dalam lempung hektorit yang termodifikasi. (2) Aplikasi dari ZnO teremban dalam hektorit untuk bahan antibakteri *E.coli* dengan bantuan sinar UV (256 nm). Metode yang digunakan untuk uji ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri dilakukan dengan metode jumlah bakteri yang hidup (*Feable cell count*) dan metode *Most Probable Number* (MPN).

5.1 Hektorit terinterkalasi CTMA

Hektorit terinterkalasi CTMA dilakukan dengan melarutkan serbuk lempung hektorit sebanyak 10 gram ditambah dengan 2 liter aquades kemudian suspensi ini diaduk menggunakan pengaduk stirer. Pengadukan ini dilakukan untuk menghomogenkan hektorit dengan aquades sehingga lempung hektorit mengembang. Selanjutnya suspensi yang terbentuk ditambahkan secara perlahan larutan CTMA-Br sebanyak 36 mL (sehingga dicapai perbandingan mol sebesar 0,05 mmol/100gram) kemudian larutan suspensi diaduk kembali dengan pengaduk stirer. Penambahan CTMA-Br dilakukan untuk membuka secara perlahan celah antarlapis dari hektorit sehingga oksida logam Zn akan lebih mudah masuk ke dalam antarlapis silikat lempung hektorit. Hasil suspensi yang diperoleh dari proses interkalasi ini akan digunakan sebagai bahan awal pembuatan ZnO/CTMA/Hektorit.

5.2 Preparasi larutan prekursor

Preparasi larutan prekursor yaitu pembuatan larutan Zn yang akan dipakai sebagai penukar kation. Larutan ini dibuat dengan melarutkan Zn-Sulfat ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 1,32 g (Perbandingan Zn terhadap hektorit yang akan diimbangkan adalah 3%) ke dalam larutan isopropanol : air dengan perbandingan 1:1 sebanyak 50 mL. Isopropanol digunakan sebagai pelarut karena isopropanol dapat berikatan dengan CTMA-Br yang memiliki sifat non polar. Selanjutnya larutan prekursor diaduk dengan cepat sampai transparan menggunakan pengaduk magnet selama 1 jam hingga larutan homogen. Hasil yang diperoleh proses preparasi ini disebut dengan larutan prekursor.

5.3 Preparasi ZnO/CTMA/Hektorit

ZnO/CTMA/Hektorit dipreparasi dengan prinsip pertukaran ion melalui proses pemiliran. Larutan hektorit/CTMA dicampur dengan larutan prekursor kemudian diaduk selama 24 jam. Pengadukan berfungsi untuk mengembangkan lapisan hektorit dengan Zn pada larutan prekursor. Pada proses ini akan terjadi pertukaran kation-kation (seperti Na^+ , Mg^{2+} , K^+ dan lain-lain). Pertukaran kation ini dapat terjadi karena ikatan-ikatan kation yang ada dalam lempung hektorit lemah sehingga dapat dengan mudah kation-kation tersebut ditukar dengan ion Zn. Kation Zn memiliki ukuran yang besar sehingga dari proses ini diperoleh bahan yang memiliki luas permukaan yang besar dan jarak antarlapis yang lebih besar dibanding dengan hektorit yang belum terpilarkan. Setelah terjadi proses pemiliran selanjutnya campuran bahan disaring dan dilakukan pencucian sampai pH netral dengan aquades. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan ion-ion pengotor dan membersihkan ruang antarlapis lempung. Hasil pencucian selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan temperatur 75°C dan pengeringan dilanjutkan dengan microwave selama 10 menit. Pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kandungan air yang masih terjerap dalam antarlapis lempung dan pori-pori akan lebih terbuka sehingga logam pemilar (ZnO) dapat menempati posisi yang stabil sebagai pengemban yang baik. Untuk mengetahui banyaknya oksida logam ZnO yang teremban ke dalam antarlapis hektorit setelah proses pemiliran dilakukan karakterisasi dan analisis bahan ZnO/CTMA/Hektorit dengan instrumen XRD, BET, SSA dan SEM-EDX.

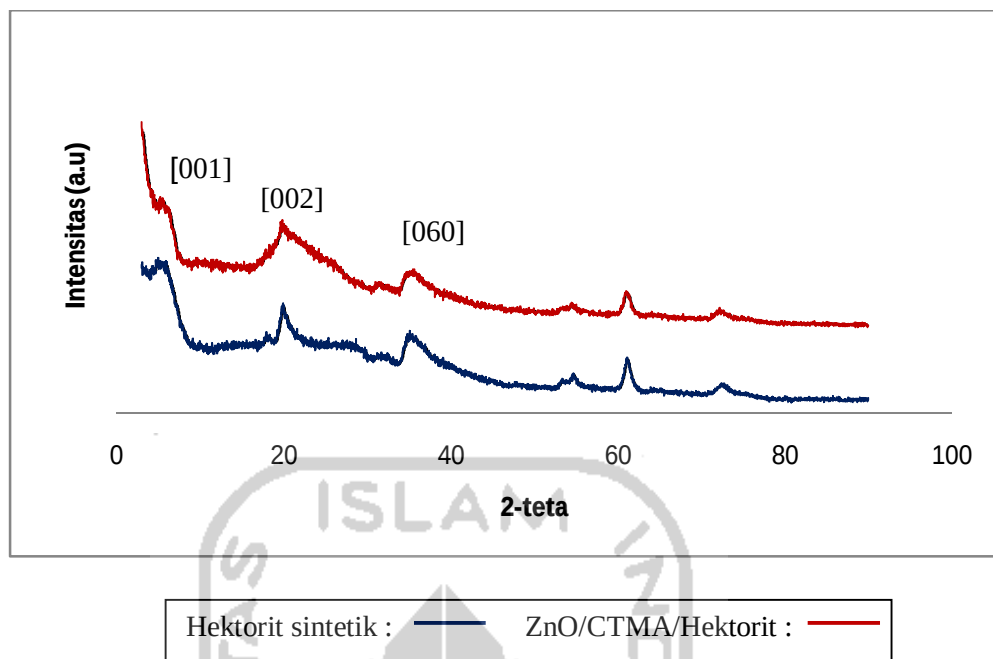
5.4 Karakterisasi

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui apakah ZnO telah teremban pada lempung hektorit. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD), metode BET dengan instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dan SEM-EDX.

5.4.1 Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi awal yang dilakukan yaitu pada hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Prinsip dari instrumen ini XRD adalah adanya interaksi radiasi gelombang elektromagnetik dengan materi. Interaksi yang terjadi dapat berupa refleksi atau difraksi. Radiasi yang digunakan adalah radiasi sinar X, jika sinar-X ini mengenai bidang kisi kristal maka akan memberikan refleksi yang hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk difraktogram. Hasil yang dapat diamati berupa perubahan *basal spacing* dan kristalinitas material lempung.

Terembannya ZnO dalam hektorit dapat diamati dengan mengamati ada atau tidaknya pergeseran puncak pada 2θ (*basal spacing*). *Basal spacing* perlu diketahui agar dapat menentukan peningkatan jarak antar lapis silikat lempung pada saat terbentuknya pemiliran. Pola difraktogram dari hektorit sintetik dengan ZnO/CTMA/Hektorit disajikan pada Gambar 10.

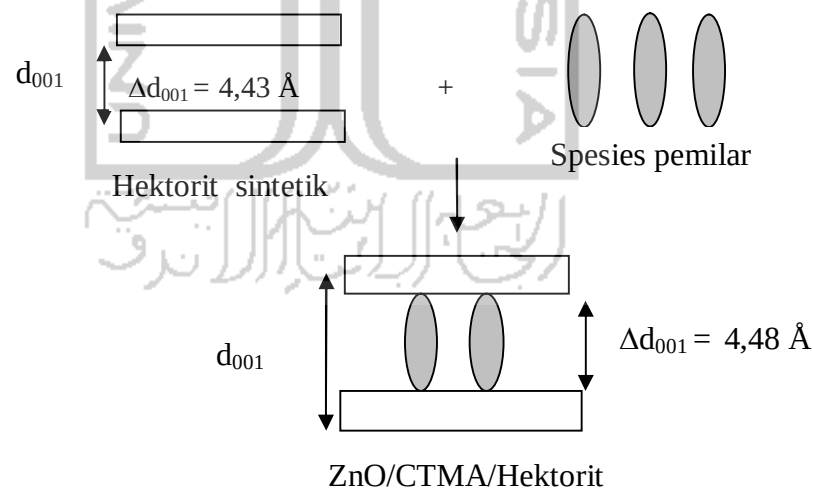


Gambar 10. Pola difraktogram XRD Hektorit sintetis dan ZnO/CTMA/Hektorit.

Dari hasil difraktogram pada Gambar 10. Dapat dilihat adanya perbedaan *basal spacing* antara hektorit sintetis dengan ZnO/CTMA/Hektorit. Berdasarkan difraktogram diatas, hektorit sintetis memiliki puncak tajam pada $2\theta = 20,0295^\circ$ (d_{001} : 4,43 Å), dan $2\theta = 61,1205^\circ$ (d_{001} : 1,52 Å) yang merupakan daerah karakteristik dari hektorit. Puncak lain dari karakteristik hektorit sintetis ditunjukkan pada $2\theta = 6,0216^\circ$; $2\theta = 35,46^\circ$ dan $2\theta = 36,14^\circ$. Pada $2\theta = 20,0295^\circ$ merupakan intensitas yang paling besar, ini menunjukkan penyusunan utama dari kristal hektorit. Difraktogram dari hektorit menunjukkan puncak intensitas yang ramping (puncak lancip) namun tidak tajam, hal ini menunjukkan bahwa kristalinitas hektorit cukup tinggi.

Setelah dibandingkan dengan hektorit sintetis difraktogram ZnO/CTMA/Hektorit mengalami kenaikan *basal spacing* ke arah kiri dengan

puncak yang melebar. Secara teoritis, jika pilarisasi mampu menaikkan jarak antarlapis silikat lempung maka akan terjadi pergeseran puncak khas yang menunjukkan *basal spacing* d_{001} ke arah kiri. Pergeseran ke kiri ini disebabkan oleh meningkatnya *basal spacing* d_{001} , hal ini terjadi karena kemampuan *swelling* lempung hektorit yang tinggi pada proses interkalasi. Lapisan-lapisan silikat pada hektorit dapat terbuka dengan lebar ketika kation-kation yang ada tertukar oleh spesies pemilar yang ukurannya lebih besar (Cool dan Vansant, 1998). Puncak ZnO/CTMA/Hektorit ditunjukkan pada $2\theta = 19,7800$ (d_{001} : 4,48 Å) dan $2\theta = 61,0786$ (d_{001} : 1,52 Å). Peningkatan *basal spacing* ini dapat dilihat pada difraktogram dimana ZnO/CTMA/Hektorit memiliki d_{001} : 4,48 Å sedangkan pada hektorit sintetik sebesar d_{001} : 4,43 Å. Hal ini berarti terjadi peningkatan jarak antarlapis silikat hektorit sebesar d_{001} : 0,06 Å (0,55 mm).



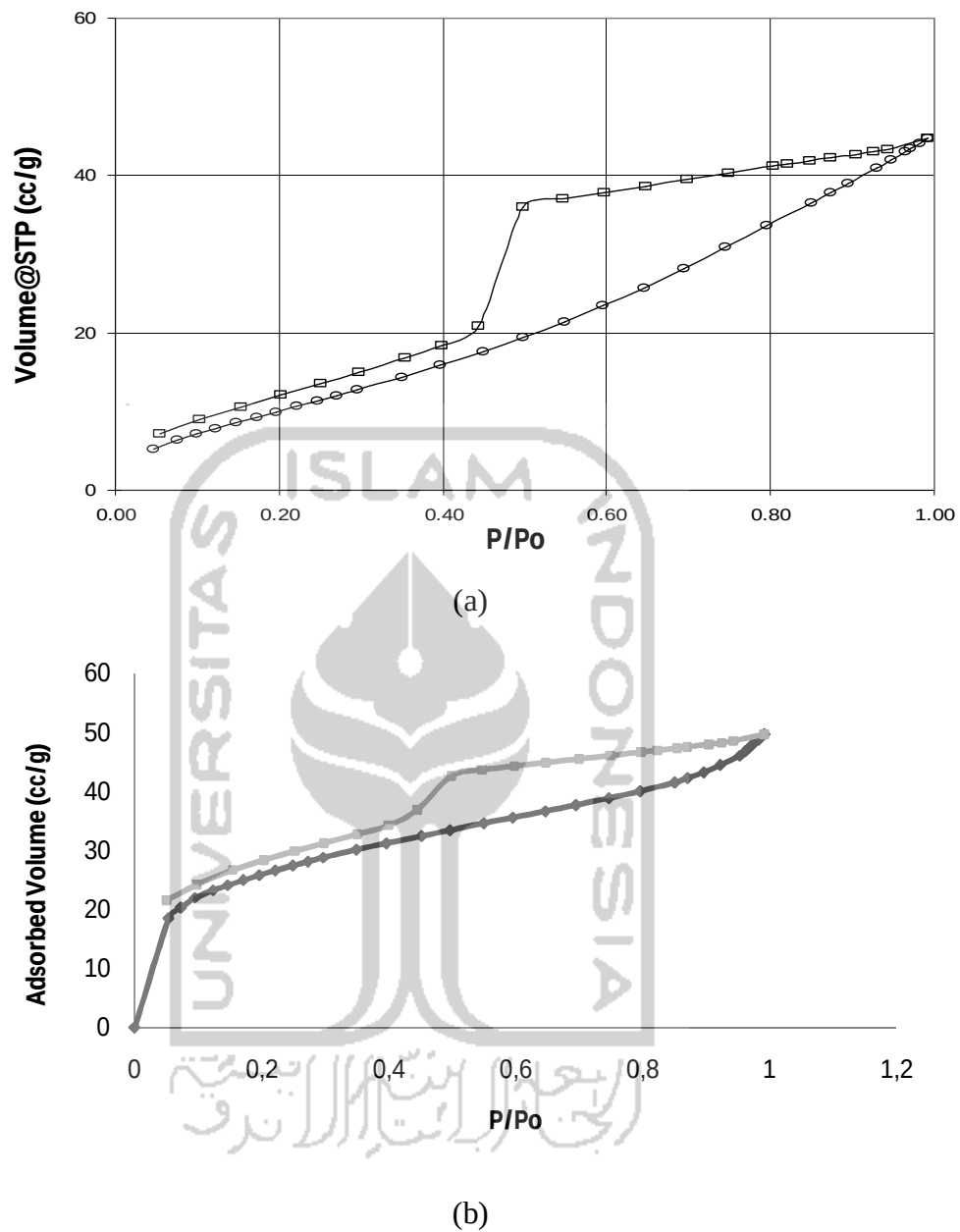
Gambar 11. Skema peningkatan Δd_{001} (diadopsi dari Ma'rufah, 2006).

Peningkatan jarak antarlapis ini disebabkan oleh proses pilarisasi oksida logam ZnO ke dalam antarlapis silikat hektorit yang berfungsi sebagai pengikat

antarlapis silikat lempung hektorit. Pada difraktogram ZnO/CTMA/Hektorit $2\theta = 19,7800$ merupakan puncak yang paling besar dengan bentuk yang tidak tajam dan melebar namun pada puncak ZnO/CTMA/Hektorit masih terlihat puncak khas dari hektorit. Hal ini terjadi kemungkinan karena distribusi pilar ZnO yang tidak merata dan ketidak teraturan atom-atom dalam ruang antarlapis. Pola difraksi yang sama juga dihasilkan pada penelitian sintesis ZnO-montmorilonit dengan larutan pemilar ZnCl_2 yang dipilarkan pada montmorilonit. Terjadi pelebaran difraktogram pada ZnO-montmorilonit. Hal ini terjadi karena kemungkinan refleksi kristal yang rendah atau terjadi delimanasi struktur antar lapis yang menyebabkan terbentuknya struktur rumah kartu (*house of card*) sehingga akan menyulitkan dalam menentukan harga *basal spacing* (Wulandari, 2010).

5.3.2 Karakterisasi metode Isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET)

Setelah dilakukan pemiliran secara teoritis maka akan terjadi perubahan secara fisika seperti luas permukaan dan volume total pori pada padatan material, untuk mengetahui perubahan tersebut maka dilakukan karakterisasi menggunakan metode BET dimana prinsip analisis dari metode ini yaitu adanya adsorpsi gas (adsorbat) ke dalam adsorben berupa padatan berpori. Jumlah gas yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi pada permukaan padatan kemudian ditentukan dari volume gas yang teradsorpsi pada tekanan yang berbeda dengan temperatur yang konstan. Penyerapan gas oleh material dimana semakin banyak gas yang terjerap maka luas permukaan material tersebut akan semakin luas.



Gambar 12. Isotherm adsorpsi-desorpsi gas N_2 oleh Hektorit sintetis (a) dan ZnO/CTMA/Hektorit (b)

Pada Gambar 12, pola adsorpsi-desorpsi menunjukkan bahwa ZnO/CTMA/Hektorit mempunyai kemampuan adsorpsi gas N_2 lebih besar daripada hektorit sintetis. Hal ini dapat menunjukkan bahwa volume total pori dari ZnO/CTMA/Hektorit lebih tinggi daripada hektorit sintetis dengan kemampuan adsorpsinya. Dari data adsorpsi yang diperoleh, nilai luas permukaan

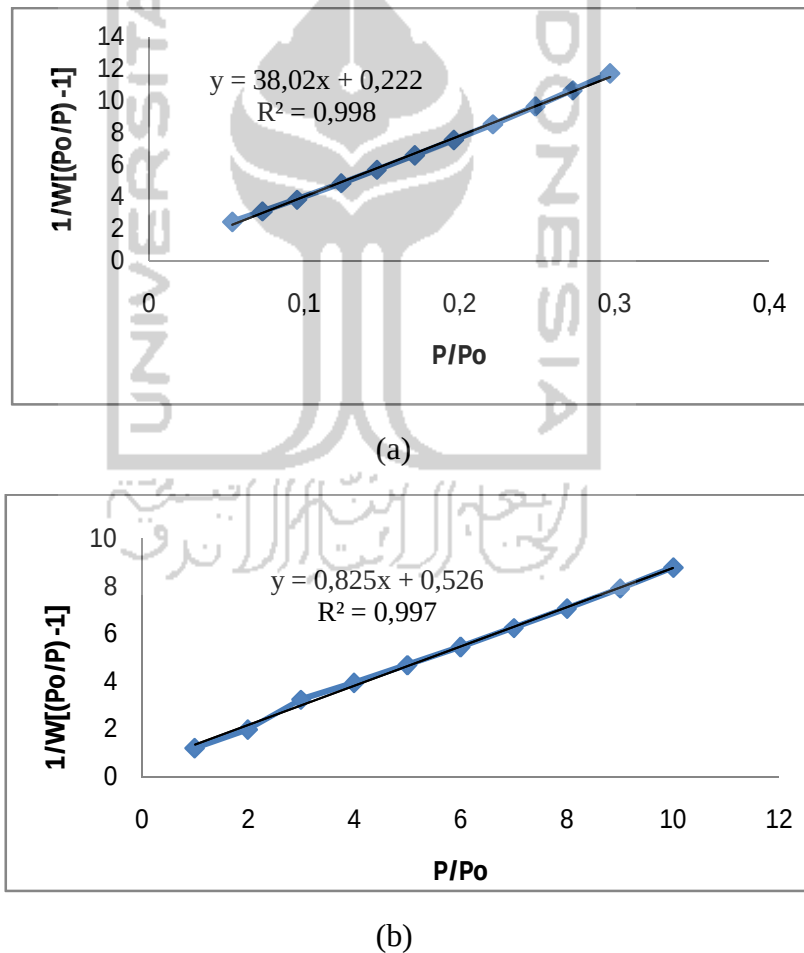
dan volume total pori dari ZnO/CTMA/Hektorit dan hektorit sintetik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil analisis BET

Sampel	Luas permukaan total (m²/g)	Volume total pori (cc/g)
Hektorit sintetik	91,057	0,07689
ZnO/CTMA/Hektorit	210,48	0.0367

Berdasarkan data pada Tabel 6. Proses pengembanan oksida logam (ZnO) dalam lempung hektorit menyebabkan terjadi perubahan luas permukaan dan volume total pori antara hektorit sintetik dengan ZnO/CTMA/Hektorit. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa luas permukaan total dari ZnO/CTMA/Hektorit lebih besar daripada luas permukaan total hektorit sintetik. Peningkatan luas permukaan total ini disebabkan adanya pilarisasi ZnO ke dalam antarlapis hektorit. Sedangkan untuk hasil analisis volume total pori, ZnO/CTMA/Hektorit mempunyai volume total pori yang lebih kecil bila dibandingkan dengan volume total pori hektorit sintetik. Penurunan volume total pori pada ZnO/CTMA/Hektorit kemungkinan terjadi karena proses pengembanan ZnO kedalam antarlapis hektorit tidak merata sehingga ZnO menutupi lubang pori-pori material hektorit yang menyebabkan pori-pori pada ZnO/CTMA/Hektorit mengecil. Semakin kecil volume total pori padatan maka luas permukaan total padatan tersebut akan semakin kecil. Namun, dari hasil analisis menunjukkan luas permukaan total ZnO/CTMA/Hektorit lebih besar bila dibandingkan dengan luas permukaan total hektorit sintetik. Hal ini kemungkinan terjadi karena permukaan ZnO yang menutupi material ZnO/CTMA/Hektorit ikut terukur sehingga hasil

luas permukaan total ZnO/CTMA/Hektorit yang diperoleh besar. Berdasarkan isotherm adsorpsi, luas permukaan spesifik dapat ditentukan menggunakan metode BET didasarkan pada kapasitas pembentukan monolayer yang ditunjukkan pada Gambar 12. Banyaknya jumlah gas N₂ yang teradsorpsi pada monolayer mempresentasikan luas permukaan yang dimiliki oleh material. Pola serapan gas N₂ yang teradsorpsi sangat mempengaruhi luas permukaan spesifik dan volume total pori pada material. Semakin banyak gas N₂ yang teradsorpsi oleh padatan maka luas permukaan spesifik padatan tersebut akan semakin luas.

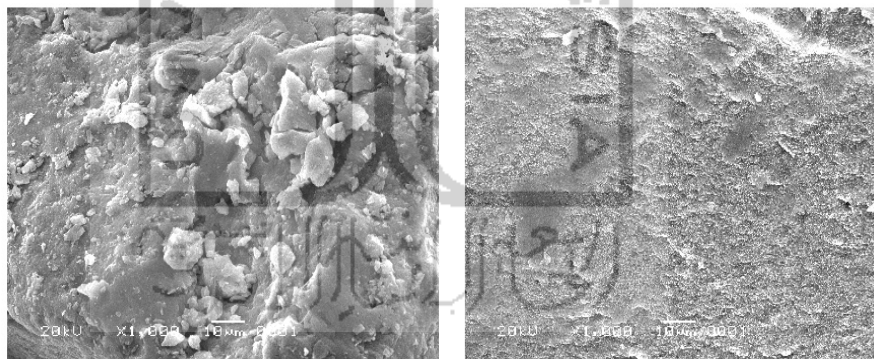


Gambar 13. Pola serapan gas N₂ oleh hektorit sintetik (a) dan ZnO/CTMA/Hektorit (b).

Metode BET merupakan metode adsorpsi yang terjadi secara adsorpsi fisika (fisisorpsi). Untuk mengetahui terjadinya adsorpsi maka dapat dilihat grafik pada Gambar 13. Pada gambar terlihat hubungan linear antara $1/W [(P_0/P)-1]$ dengan (P/P_0) mendekati $r \sim 1$. Kedua nilai koefisien yang dihasilkan menunjukkan bahwa adsorpsi mengikuti teori BET maka kurva antara $1/W [(P_0/P)-1]$ lawan (P/P_0) akan menghasilkan garis lurus dari hasil koefisien korelasinya (r).

5.4.3 Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM)-*Energi Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX)/SEM-EDX

Morfologi permukaan dari suatu material padatan dapat ditentukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Berdasarkan analisis menggunakan SEM, diperoleh morfologi pada padatan hektorit sintetik dan ZnO/CTMA/Hektorit dengan menggunakan perbesaran 1000 kali.



(a) Hektorit sintetik

(b) ZnO/CTMA/Hektorit

Gambar 14. Hasil SEM-EDAX dari hektorit sintetik (a) dan ZnO/CTMA/Hektorit (b)

Berdasarkan hasil gambar morfologi yang diperoleh, terlihat perubahan permukaan struktur hektorit sintetik yang menunjukkan adanya struktur kasar tak beraturan dari lapisan material. Sedangkan pada permukaan ZnO/CTMA/Hektorit yang dianalisis dengan perbesaran yang sama dihasilkan bentuk struktur halus dan

terdapat gumpalan-gumpalan putih yang diduga sebagai oksida logam yang menempel di antarlapis hektorit.

Dengan adanya proses pemiliran menunjukkan adanya perubahan struktur dan heterogenitas permukaan yang terjadi akibat pembentukan oksida logam dalam antarlapis hektorit. Perubahan ini dipengaruhi oleh metode preparasi, proses interkalasi, pengeringan dan lain-lain. Proses pengeringan dapat mempengaruhi antarlapis hektorit yang dapat membuka ruang antarlapis sehingga oksida logam dapat menempati tempat yang ideal. Hasil analisis unsur dari terembannya ZnO ke dalam antarlapis hektorit disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data hasil analisis unsur ZnO/CTMA/Hektorit

Unsur	ZnO/CTMA/Hektorit	Hektorit sintetik
	Massa % $^{b/b}$	Massa % $^{b/b}$
O	42,07	37,84
Na K	1,41	2,75
Mg K	13,94	19,90
Al K	0,25	0,19
Si K	24,40	39,32
Zn K	17,92	-

Berdasarkan data hasil analisis dengan menggunakan EDX (*Energi Dispersive X-ray Spectroscopy*), komponen utama dari hektorit adalah silikat (Si), magnesium (Mg). Hal ini menunjukkan hektorit merupakan golongan dari smektit dengan adanya kandungan silikat yang lebih banyak dari magnesium. Sedangkan jumlah natrium yang lebih sedikit dibandingkan dengan magnesium menunjukan bahwa yang digunakan dalam proses pilarisasi adalah Na-hektorit. Dimana Na-hektorit lebih mudah mengembang dengan dilepasnya kation Na. Dari hasil

analisis terlihat ZnO telah teremban dalam antarlapis silikat hektorit dengan adanya kandungan ZnO dalam hektorit sebesar 17,92%.

5.4.4 Karakterisasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Karakterisasi dengan SSA dilakukan untuk mengetahui kandungan oksida logam ZnO yang terdapat dalam material ZnO/CTMA/Hektorit. Prinsip dari metode ini adalah sumber sinar yang ditembakkan ke sampel akan mengakibatkan timbulnya energi emisi yang memiliki panjang gelombang tertentu. Absorbansi pada panjang gelombang ini yang kemudian ditampilkan dalam sistem pembacaan. Pada analisis ini sampel yang digunakan harus dalam bentuk cairan, sehingga sampel material ZnO/CTMA/Hektorit harus diubah dalam bentuk larutan dengan cara destruksi. Metode destruksi digunakan untuk mempermudah proses deteksi suatu unsur atau logam dalam material. Destruksi terbagi menjadi dua, yaitu pengeringan (*dry ashing*) dan pengabuan basah (*wet digestion*). Pemilihan destruksi dilakukan tergantung pada sifat zat organik dalam bahan, sifat zat antara yang ada dalam bahan, mineral yang akan dianalisa serta sensitivitas yang digunakan.

Proses destruksi yang dilakukan pada material ZnO/CTMA/Hektorit dilakukan dengan destruksi pengabuan basah yang menggunakan pelarut asam HNO_3 dan HCl , gabungan kedua asam ini dikenal dengan air rajah. Penambahan HNO_3 bertujuan sebagai pelarut zat organik dalam bahan dan HCl berfungsi sebagai pelarut dari ZnO. Destruksi dilakukan dengan melarutkan 0,1 gr ZnO/CTMA/Hektorit kedalam larutan HNO_3 dan HCl perbandingan 1:3 dengan jumlah 8 mL. Hasil destruksi dianalisis dengan SSA yang menghasilkan nilai

absorbansi selanjutnya nilai absorbansi dibandingkan dengan larutan standar Zn sebagai acuan. Hasil Absorbansi larutan Standar Zn dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data hasil absorbansi larutan standar Zn

Larutan Standar (ppm)	Absorbansi
0,5	0,0739
1	0,1893
2	0,2931
3	0,3953
5	0,5740

Berdasarkan data nilai absorbansi dari larutan standar Zn yang ditunjukkan pada Tabel 8. Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi untuk larutan standar Zn dengan hubungan antara konsentrasi (mg/L) versus absorbansi, sehingga diperoleh persamaan regresinya yaitu $y = 0,1062x + 0,0608$.

Dari hasil kurva kalibrasi yang dibuat berdasarkan hukum Lambert Beer dimana hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi berbanding lurus, semakin besar konsentrasinya maka absorbansinya juga semakin besar. Untuk menentukan kadar Zn dalam material ZnO/CTMA/Hektorit dilakukan perhitungan dengan persamaan $y = ax + b$ dimana : y adalah absorbansi sampel; a adalah intersep dan b adalah slope.

Hasil perhitungan (Lampiran.1) kadar Zn dalam material ZnO/CTMA/Hektorit diperoleh sebesar 0,02825% per 1 g material. Kadar yang dihasilkan jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar Zn yang teremban dalam material pada proses preparasi yaitu sebesar 3%. Hal ini terjadi karena pada proses destruksi pelarut mengalami pendidihan sehingga kemungkinan kandungan

Zn dalam material ikut teruapkan dalam proses tersebut dan hasilnya kandungan Zn yang terdeteksi sangat kecil.

5.5 Uji Aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit Sebagai Bahan Antibakteri *Escherichia coli* (*E.coli*)

Uji antibakteri yang dilakukan berdasarkan pada proses fotokatalis oksida logam yang terdapat dalam bahan dengan bantuan sinar UV C yang memiliki panjang gelombang 256 nm. Fotokatalis merupakan suatu reaksi dimana katalis bekerja dengan bantuan cahaya. Fotokatalis yang digunakan pada penelitian ini adalah oksida logam Zn yang diembankan ke dalam antarlapis silikat lempung hektorit. Hasil pengembanan ini disebut sebagai bahan antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit.

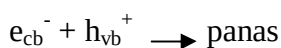
Seng oksida dapat digunakan sebagai fotokatalis karena merupakan semikonduktor yang mempunyai energi *band gap* sehingga mampu mengabsorpsi radiasi elektromagnetik pada daerah ultraviolet (Wulandari, 2010). Fotokatalis banyak digunakan untuk proses fotodegradasi dalam pengolahan limbah berupa senyawa organik melalui teknik fotooksidasi, yaitu oksidasi dengan bantuan fotokatalis. Selain digunakan dalam fotodegradasi limbah organik, fotokatalis juga banyak digunakan sebagai bahan antibakteri. Antibakteri adalah zat yang dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Bakteri adalah mikroorganisme yang dapat membahayakan karena kemampuan menginfeksi dan menimbulkan penyakit serta merusak bahan pangan, salah satu bakteri yang berbahaya bagi kesehatan yaitu *Escherichia coli* (*E.coli*). Pencemaran bakteri

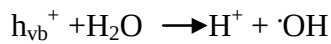
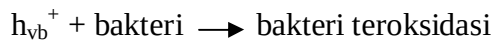
E.coli dapat menyebabkan penyakit saluran pencernaan, seperti disentri, korela, diare dan tipes.

Prinsip dari antibakteri adalah dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada suatu bahan yang terlapisnya. Fotokatalis antibakteri digunakan berdasarkan metode fotoelektrik, keberhasilan dari metode ini tergantung pada fotokatalis yang digunakan. Metode desinfeksi fotokatalitik tidak hanya mampu membunuh dan merusak jaringan sel bakteri, akan tetapi juga mampu mendegradasi senyawa toksik yang dikeluarkan oleh sel yang telah mati (Setiawan, 2006).

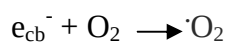
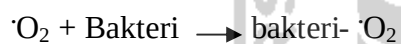
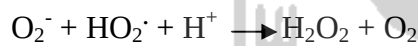
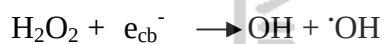
Pada mekanisme desinfektan fotokatalis ZnO dengan adanya sinar UV akan terjadi proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam oksida (ZnO) yang dikenai oleh sinar UV. Apabila ZnO dikenai cahaya dengan energi foton ($h\nu$) yang sama atau lebih besar dari energi celah pita maka elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi yang mengakibatkan terjadi lubang (*hole*) pada pita valensi. Pita valensi yang kehilangan elektron akan bermuatan positif ($h\nu^+$) dan pita konduksi bermuatan negatif (e_{cb}^-) karena kelebihan elektron akibat donor dari pita valensi. Lubang positif pada pita valensi dan elektron bermuatan negatif pada pita konduksi dapat berkombinasi dengan membebaskan energi panas.

Reaksi mekanisme desinfektan yang terjadi menurut Banerjee dkk., (2006), Daneshvar dkk., (2006) dan Modirshahla dkk., (2009) sebagai berikut:





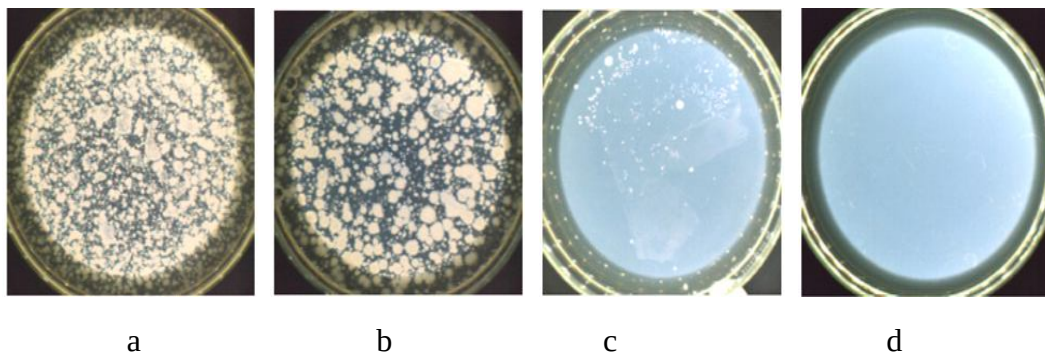
Elektron yang tereksitasi dari pita valensi dapat kembali lagi dan mereduksi O_2 pada permukaan katalis dan dapat mereduksi molekul organik menjadi anion superoksida. Radikal ini, dengan adanya senyawa organik (bakteri) dapat membentuk peroksida organik atau hidrogen peroksida. Reaksi yang dihasilkan sebagai berikut:



ZnO/CTMA/Hektorit yang dibuat melalui pengembunan logam Zn ke dalam lempung hektorit dengan prinsip pertukaran ion kemudian diuji aktivitasnya sebagai bahan antibakteri *E.coli* dengan metode desinfektan fotokatalitik dengan bantuan sinar UV C. Frekuensi yang digunakan dalam pengujian ini sebesar 256 nm. Pengujian dilakukan dengan perbandingan aktivitas bahan hektorit sintetis dengan ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri. Metode ini didasarkan pada asumsi jumlah bahan yang digunakan dengan lamanya waktu kontak sinar UV C untuk membunuh bakteri. Bahan dinyatakan memiliki sifat sebagai antibakteri apabila dengan jumlah bahan dan waktu kontak sinar UV C yang seminimal mungkin dapat membunuh bakteri.

Pengujian terhadap aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri dilakukan dengan menggunakan suatu model uji yaitu larutan kultur *E.coli* dengan konsentrasi 10^3 cfu/mL. Metode yang digunakan untuk uji aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri *E.coli* dilakukan dengan dua metode, yaitu metode MPN (*Most Probable Number*) dan *Feable Cell Count*. Pengujian ini dilakukan untuk aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit secara spesifik terhadap bakteri *E.coli* sebelum diaplikasikan langsung ke dalam larutan sampel, yaitu larutan *septic tank*. Sedangkan pengujian ZnO/CTMA/Hektorit sebagai antibakteri *E.coli* terhadap larutan sampel dilakukan dengan metode MPN tabung fermentasi.

Pengujian terhadap model uji diawali dengan metode *Feable Cell Count*. Prinsip dari metode ini yaitu dengan menghitung jumlah koloni bakteri dalam cawan petri dengan bantuan alat *colony counter* sehingga jumlah bakteri dapat terdeteksi dengan tepat. Pada metode ini bahan yang digunakan terdiri dari hektorit sintetik dengan ZnO/CTMA/Hektorit. Kontak bahan terhadap larutan model uji divariasikan dengan jumlah 0,01; 0,02 dan 0,03 g kemudian dilakukan perbandingan aktivitas bahan menggunakan sinar UV C dan tanpa penyinaran UV C masing-masing dikontakkan selama 3 menit. Hasil fotoscan dari metode *Feable Cell Count* dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil fotoscan *Eschericia coli*

Keterangan: a. Lar. Model uji murni

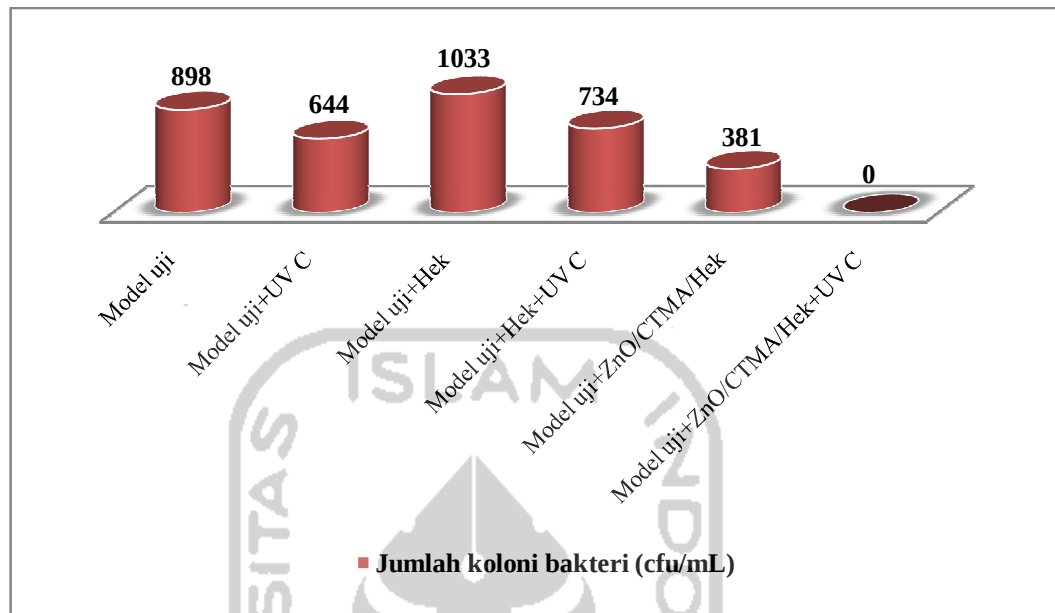
b. Lar. Model uji+ Hektorit + UV C

c. Lar. Model uji+ ZnO/CTMA/Hektorit

d. Lar. Model uji+ ZnO/CTMA/Hektorit + UV C

Berdasarkan pada Gambar 15. Terlihat bahwa ZnO/CTMA/Hektorit telah mempunyai aktivitas antibakteri yang ditunjukkan pada gambar **c** dan **d**. Dimana pada gambar **c** telah terjadi penurunan jumlah bakteri bila dibandingkan dengan gambar **a** dan **b** yang ditunjukkan oleh beberapa titik-titik putih, hal ini menunjukkan adanya bakteri *E.coli* namun dalam jumlah yang sedikit, sedangkan pada gambar **d** tidak ditunjukkan adanya titik-titik putih sama sekali, ini menunjukkan bahwa tidak adanya bakteri *E.coli* yang tumbuh dan bakteri telah terbunuh secara keseluruhan. Hasil pengamatan aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit terhadap bakteri *E.coli* yang dilakukan dengan metode *Feabel Cell Count* dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17.

Pengamatan Aktivitas Antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit Dibandingkan Dengan Hektorit sintetik.

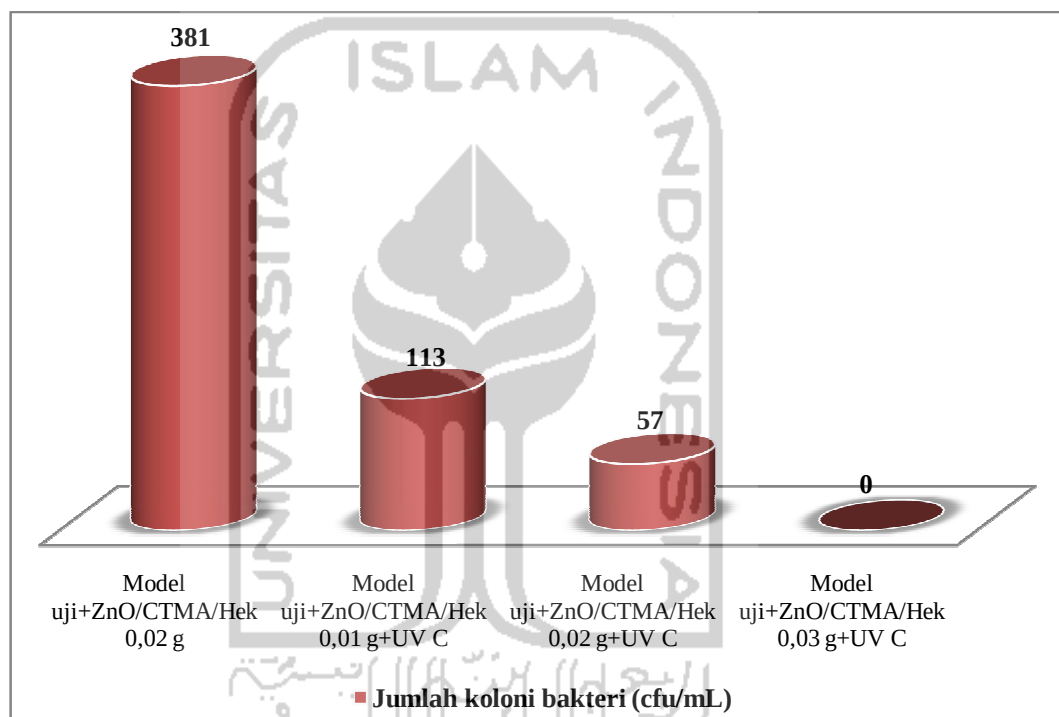


Gambar 16. Grafik perbandingan aktivitas antibakteri ZnO/CTMA/Hektorit dengan Hektorit sintetik

Data pada Gambar 16. Menggambarkan perbandingan aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit dengan hektorit sintetik sebagai bahan antibakteri. Dari hasil histrogram menunjukkan pada penambahan hektorit sintetik ke dalam larutan model uji yang dikontakkan dengan sinar UV C maupun tanpa penyinaran UV C, bahan belum mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan belum mampu menurunkan konsentrasi bakteri dalam larutan model uji. Sedangkan setelah dilakukan penambahan ZnO/CTMA/Hektorit ke dalam larutan model uji, bahan telah mampu menghambat pertumbuhan bakteri serta mampu menurunkan konsentrasi bakteri secara signifikan dalam larutan model uji. Selanjutnya pada penambahan ZnO/CTMA/Hektorit ke dalam larutan model uji yang ditambah dengan sinar UV C, bahan telah menunjukkan kemampuan aktivitasnya sebagai bahan antibakteri, yang menghambat pertumbuhan bakteri secara optimal serta

mampu membunuh bakteri secara keseluruhan. Oksida logam ZnO yang teremban dalam bahan ZnO/CTMA/Hektorit mampu membunuh bakteri secara optimal dengan radikal $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan jika oksida logam tersebut dikenai oleh sinar UV C. Radikal ini efektif untuk mendegradasi senyawa organik dalam sel bakteri.

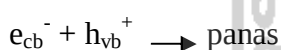
Pengaruh Sinar UV dan Jumlah ZnO/CTMA/Hektorit Terhadap Aktivitas Antibakteri *Escherichia coli* (*E.coli*).



Gambar 17. Grafik pengaruh sinar UV C dan jumlah ZnO/CTMA/Hektorit terhadap aktivitas antibakteri *E.coli*.

Data pada Gambar 17. Menggambarkan pengaruh sinar UV C dan jumlah bahan terhadap aktivitas antibakteri *E.coli*. Hasil yang diperoleh menunjukkan aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit dengan jumlah 0,02 g tanpa sinar UV C belum mampu membunuh bakteri secara keseluruhan. Dari data histogram menunjukkan dengan adanya penambahan kontak sinar UV C selama 3 menit pada berbagai variasi jumlah ZnO/CTMA/Hektorit, bahan telah mampu

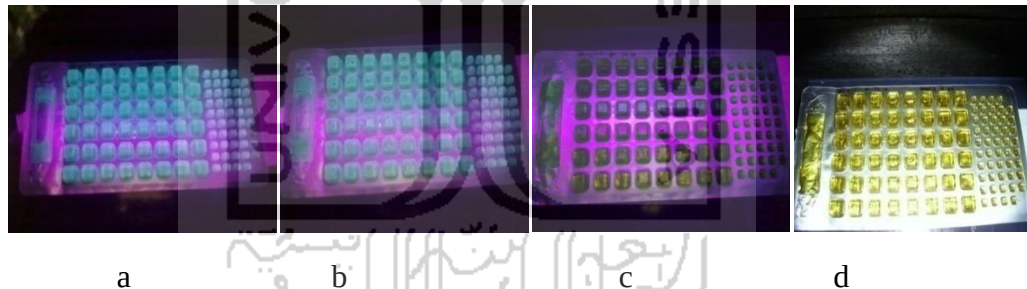
menghambat pertumbuhan bakteri dan mampu menurunkan konsentrasi bakteri dengan baik, dimana pada jumlah ZnO/CTMA/Hektorit 0,03 g bahan telah mempunyai aktivitas sebagai antibakteri dengan mampu membunuh bakteri secara keseluruhan dalam larutan model uji. Pada konsentrasi ini, meskipun kontak UV C baru 3 menit bakteri telah berada pada fase kematian. Hal ini terjadi karena rusaknya jaringan sel bakteri oleh adanya radikal $\cdot\text{OH}$ dari reaksi yang dihasilkan oleh oksida logam ZnO yang dikenai sinar UV C. Radikal ini mampu mendegradasi senyawa organik dalam jaringan sel bakteri sehingga bakteri mengalami kematian. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit akan optimal sebagai bahan antibakteri bila ditambah dengan sinar UV C. Karena apabila ZnO dikenai cahaya dengan energi foton ($h\nu$) yang sama atau lebih besar dari energi celah pita maka elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi yang mengakibatkan terjadi lubang (*hole*) pada pita valensi. Elektron yang tereksitasi dari pita valensi dapat kembali lagi dan mereduksi O_2 pada permukaan katalis dan dapat mereduksi molekul organik menjadi anion superoksida. Radikal ini, dengan adanya senyawa organik (bakteri) dapat membentuk peroksida organik atau hidrogen peroksida yang mampu merusak jaringan sel bakteri sehingga bakteri mengalami kematian.

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dari kedua aktivitas yang dilakukan terhadap model uji, bahan ZnO/CTMA/Hektorit memiliki sifat antibakteri dengan mampu membunuh semua bakteri setelah kontak dengan 0,03 g ZnO/CTMA/Hektorit dan sinar UV C selama 3 menit.

Larutan model uji selanjutnya diuji dengan menggunakan metode MPN *Quanti-Tray*. Pengujian ini didasarkan pada jumlah *E.coli* yang hidup kemudian diidentifikasi dengan penyinaran sinar UV (365 nm). Pada pengujian ini model uji dikontakkan dengan bahan sebanyak 0,05 g kemudian dilakukan perbandingan aktivitas bahan dengan sinar UV C dan tanpa penyinaran UV C masing-masing dikontakkan selama 30 menit. Hasil dari uji metode MPN *Quanti-Tray* dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil penyinaran sampel dengan UV 365 nm

Keterangan: a. Lar. Model uji

b. Lar. Model uji+ UV C

c. Lar. Model uji+ ZnO/CTMA/Hektorit 0,05 g

d. Lar. Model uji+ ZnO/CTMA/Hektorit 0,05 g + UV C

Berdasarkan pada Gambar 18. Terlihat bahan mempunyai aktivitas antibakteri yang ditunjukkan pada gambar **c** dan **d** dimana hasil dalam kolom plat yang disinari dengan lampu UV 365 nm memantulkan warna kuning, ini

menunjukkan dalam larutan model uji tidak mengandung bakteri *E.coli*. Sedangkan untuk gambar **a** dan **b** kontak bahan dengan larutan model uji belum mempunyai aktivitas antibakteri yang baik dimana pada kolom plat memantulkan warna biru, ini menunjukkan dalam larutan model uji mengandung bakteri *E.coli* dengan jumlah yang banyak. Hasil uji nilai metode MPN *Quanti-Tray* dalam gambar dapat dilihat pada Tabel 9.

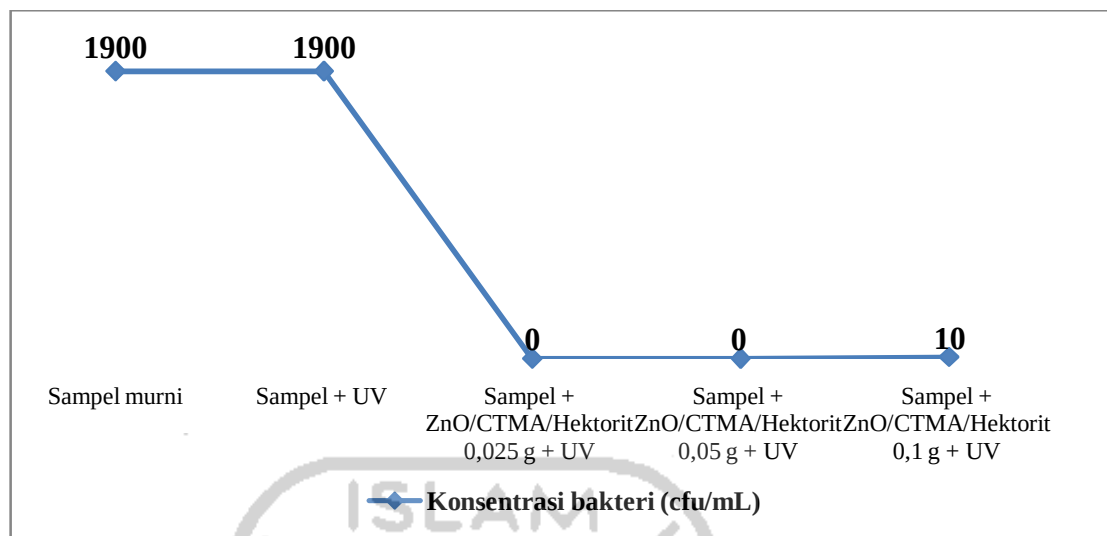
Tabel 9. Data hasil nilai *Eschericia coli*

No	Perlakuan	Hasil Uji (cfu/mL)
1	Lar. Model uji murni	2419,6
2	Lar. Model uji + UV C	>2419,6
3	Lar. Model uji + ZnO/CTMA/hektorit 0,05 g	0
4	Lar. Model uji + ZnO/CTMA/hektorit 0,05 g + UV C	0

Data pada Tabel 9. Menunjukkan bahwa jumlah bakteri dalam larutan model uji yang diberi sinar UV C dan larutan model uji murni memiliki jumlah bakteri yang sama yaitu >1890 cfu/mL. Hal ini menunjukkan bahwa sinar UV C belum memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dalam larutan model uji. Pada penambahan ZnO/CTMA/Hektorit 0,05 g ke dalam larutan model uji dengan ditambah sinar UV C maupun tanpa sinar UV C, bahan menunjukkan kemampuan aktivitasnya sebagai antibakteri yang mampu membunuh bakteri secara keseluruhan. Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahan ZnO/CTMA/Hektorit dengan konsentrasi 0,05 g telah memiliki sifat antibakteri baik dengan sinar UV C maupun tanpa penyinaran UV C. Hasil dari dua metode yang digunakan untuk uji aktivitas bahan terhadap larutan model uji (Larutan kultur *E.coli*) menunjukkan bahwa bahan ZnO/CTMA/Hektorit memiliki sifat antibakteri dengan jumlah bahan < 1 gram dan waktu < 1 jam.

Uji aktivitas dan efektivitas bahan ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri *E.coli* kemudian diujikan langsung dengan sampel yaitu larutan *septic tank*. Larutan *septic tank* merupakan larutan yang banyak mengandung virus dan bakteri coliform. Bakteri coliform merupakan jenis bakteri yang umum digunakan sebagai indikator dalam penentuan kualitas sanitasi makanan dan air. *Eschericia coli* adalah salah satu jenis bakteri coliform yang banyak terdapat dalam perairan dan memiliki peran penting dalam tubuh karena dapat membantu organ pencernaan makanan. Namun apabila jumlah mikroba tersebut berlebih dalam tubuh dapat mengakibatkan berbagai penyakit, seperti diare, tipes, disentri dan lain-lain.

Pengujian terhadap aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit sebagai bahan antibakteri *E.coli* diawali dengan mengencerkan larutan *septic tank* sebanyak 10 kali. Pengenceran dilakukan untuk menyetarakan konsentrasi bakteri *E.coli* dalam sampel dengan larutan model uji. Pengujian terhadap larutan *septic tank* dilakukan dengan metode MPN tabung fermentasi. Larutan sampel dikontakkan langsung dengan bahan yang jumlahnya divariasikan mulai 0,025; 0,05 dan 0,1 g kemudian dilakukan perbandingan aktivitas bahan dengan penyinaran UV C dan tanpa penyinaran UV C masing-masing dikontakkan selama 1 jam. Perlakuan kontak sinar UV C pada larutan sampel dilakukan lebih lama karena konsentrasi bakteri yang ada di dalam larutan sampel tidak spesifik terhadap *E.coli* sehingga diperlukan waktu yang cukup lama untuk membantu proses desinfektan fotokatalis terhadap larutan sampel. Hasil uji aktivitas antibakteri metode MPN tabung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Grafik aktivitas ZnO/CTMA/Hektorit terhadap larutan sampel.

Data pada Gambar 19. Menggambarkan larutan sampel yang diberi perlakuan sinar UV C, belum menunjukkan kemampuan sinar UV C dalam menurunkan konsentrasi bakteri dalam larutan sampel yang ditunjukkan dengan konsentrasi bakteri sama dengan larutan sampel murni yaitu >1898 cfu/mL. Pada penambahan ZnO/CTMA/Hektorit 0,025 dan 0,05 g dengan penyinaran UV C, bahan telah menunjukkan kemampuannya sebagai antibakteri dengan mampu membunuh bakteri secara keseluruhan. Pada konsentrasi ini bakteri telah berada pada fase kematian dengan terlebih dahulu melakukan fase adaptasi terhadap lingkungan, namun akibat rusaknya jaringan sel bakteri yang disebabkan oleh radikal $\cdot\text{OH}$ hasil reaksi antara logam oksida dalam ZnO/CTMA/Hektorit dengan sinar UV C sehingga jaringan sel bakteri rusak yang menyebabkan kematian pada bakteri. Sedangkan pada penambahan 0,1 g dengan penyinaran UV C, bahan belum mampu membunuh bakteri secara keseluruhan, namun hanya mampu menurunkan konsentrasi bakteri dari jumlah bakteri >1898 cfu/mL menjadi 10 cfu/mL. Hal ini terjadi karena proses kontak bahan dengan sampel tidak homogen,

konsentrasi bakteri yang tidak stabil dan kandungan sampel yang tidak spesifik terhadap *E.coli* sehingga reaksi fotokatalis yang dihasilkan tidak seluruhnya mengoksidasi bakteri *E.coli*. Sintesis material yang teremban oleh oksida logam (ZnO) dengan adanya *organoclay* memiliki potensi yang baik sebagai bahan antibakteri. *Organoclay* yang memiliki sifat non polar dapat berinteraksi mengurai penyusun jaringan sel yang terdiri dari lipid dan protein (lipoprotein) sehingga menyebabkan metabolisme mikroba terhambat dan dapat menimbulkan kematian pada mikroba tersebut.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Pengembangan ZnO pada antarlapis silikat lempung hektorit telah menghasilkan perubahan karakteristik dari hektorit sintetik menjadi ZnO/CTMA/Hektorit yang ditunjukkan dengan peningkatan luas permukaan total sebesar $210,48 \text{ m}^2/\text{g}$ dari $91,057 \text{ m}^2/\text{g}$, peningkatan jarak antarlapis silikat hektorit sebesar $0,055 \text{ \AA}$, perubahan morfologi hektorit sintetik dengan terembannya oksida logam ZnO sebesar 17,92% dalam antarlapis silikat hektorit dan proses pemiliran oksida logam ZnO terhadap hektorit menghasilkan bahan ZnO/CTMA/hektorit dengan kandungan Zn sebesar 0,02825 %.
2. Aplikasi ZnO/CTMA/hektorit sebagai bahan antibakteri menunjukkan bahwa ZnO/CTMA/Hektorit dengan jumlah 0,03 g dan waktu kontak sinar UV C selama 3 menit telah efektif sebagai antibakteri pada larutan kultur *E.coli* 10^3 cfu/mL , sedangkan untuk jumlah 0,025 g dan waktu kontak sinar UV C selama 1 jam telah efektif sebagai antibakteri pada larutan *septic tank*.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan maka saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang proses sintesis hektorit teremban ZnO dan faktor-faktor yang meningkatkan aktivitas katalitiknya.
2. Bahan ZnO/CTMA/Hektorit cukup efektif digunakan untuk bahan lapis antibakteri, sehingga dapat diaplikasikan dalam industri-industri peralatan rumah tangga maupun industri-industri keramik.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Handbook of Mineralogy*, Mineral Data Publishing, version 1.2.
- Anonim, 2011, *Comparison Of Smectite Clay In Underarm Products*, Article: Elementies Specialties, USA.
- Baksh, M.S.; Kikkides, E.D. and Yang, R.T., 1992, Characterization by Physisorption of a New Class of Microporous Adsorbents: Pillared Clays, *Ind, Eng. Chem. Res.*, Vol. 31, pp. 2181-3189.
- Banerjee, S, Judy Gopal, P. Muraleedharan, A. K. Tyagi and Baldev Raj, 2006, Physics and chemistry of photocatalytic titanium dioxide: Visualization of bactericidal activity using atomic force microscopy, *Current Science*, Vol. 90, No. 10, pp. 25.
- Byrne, J. A., Pilar A., Fernandez-Ibanez, Patrick S.M., Dunlop, Dheaya M. A., Alrousan, and Jeremy W, J. H., 2010, Photocatalytic Enhancement for Solar Disinfection of Water: A Review, *International Journal of Photoenergy*, Volume 2011, Article ID 798051, pp. 12.
- Cool, P. and Vansant, E. F., 1998, Pillared Clays: Preparation, Characterization and Applications, *Catal, Rev., Sci. Eng.*, Vol. 3, pp. 265-285.
- Daneshvar, N., Rasoulifard, M.H., Khataee, A.R., and Hosseinzadeh, F., 2007, Removal of C.I. Acid Orange 7 from Aqueous Solution By UV Irradiation in The Presence of ZnO Nanopowder, *J. Hazard. Mater.* Vol. 143, pp. 95-101.
- Daneshvar, N., Aber, S., and Hosseinzadeh, F., 2006, Study Of C.I. Acid Orange 7 Removal In Contaminated Water By Photo Oxidation Processes, *J. Global NEST*, Vol. 10, No.1, pp. 16-23.
- Fatimah, I., dan Wijaya K., 2005, Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair, *TEKNOIN*, Vol. 10. No. 4, pp. 257-267
- Fatimah, I., Narsito, and Wijaya, K., 2009, Controlling Factor in Alumina Pillared Saponite and Alumina Pillared Montmorillonite Synthesis, *Indo.J.Chem.*, Vol. 9, No.1, pp. 6-12.

- Fatimah, I., 2011, *Modul Kuliah Kimia Katalis*, Jurusan Ilmu Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Fatimah, I., 2011, *Diktat Kuliah Kimia Kinetika*, Program Studi Ilmu Kimia, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Gazra, R. M., Olguin, M. T., Garcia, S., Alcantara, D., and Rodriguez F. G., 2000, Silver Suported on Natural Mexican Zeolite As an Antibacterial J. Micro. and Mesop., *Chem Matter.*, Vol. 39, pp. 431-444.
- Gunawan, B., dan Azhari, C. D., 1979, Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer Poly Ethylene Glycol (PEG), *Jurnal Sains dan Teknologi*, 3 (2). ISSN 1979-6870.
- Hu, F., Li, B., Zheng, Z., and Zhao, W., 2000, Application and Prospect of Metal Ions as Antibacterial Agents, dalam *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, Vol. 4 , pp. 28-32.
- Huston, N., D., Gualsoni, D.J. and Yang, R.T., 1998, Synthesis and Characterization of The Microporosity of Ion-Exchange Al_2O_3 -Pillared Clays, *Chem. Matter.*, Vol. 10 , pp. 3707-3715.
- Jenkins, R., Gould, R. W., and Gedcke, D., 1995, *Qualitative X-Rays Spectrometry*, Marcel-Dekker, Inc., New York.
- Khopkar, S, M., 2003, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.
- Kroschwitz, J., 1990, *Polymer Characterization and Analysis*, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Lowell, S and Shields, J, E., 1984, *Power Surface and Porosity*, Second Edition Chapman and Hall Ltd, London.
- Ma'rufah, L, M., 2006, *Preparasi Uji Kualitatif Cu- Al_2O_3 -Montmorilonit Sebagai Bahan Antibakteri Staphylococcus aureus*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Modirshahla, Nasser, Behnajady, Ali, M., Oskui, J., and Reza, M., 2009, Investigation of the efficiency of ZnO Photocatalyst in the Removal of p-Nitrophenol from Contaminated Water, *Iran J. Chem*, Vol.28, No.1, pp. 49-55.
- Ocelli, M. L., Bertrand, J.A., Gould, S.A.C., and Dominiques, J.M., 2000, Physics Chemical Characterization of Texas Montmorillonite Pillared with Polyoxocations of Aluminium, Part 1: The Microporous Structure, *Microporous and Mesoporous Material*, Vol. 34, pp. 195-206.

- Ogawa, M., 1992, Preparation of Clay-Organic Intercalation Compounds by Solid-Solid Reaction and Their Application to Photofunctional Material, *Dissertation*, Waseda University, Tokyo.
- Oxtoby., D.W., Gillis.H.P., and Nachtrieb.N.H., 2003, *Kimia Modern*, Erlangga, Jakarta.
- Riyanto, 2009, *Diklat Kuliah Kimia Analisis Instrumen II Hibah Pengajaran PHK 2008*, Program studi Ilmu Kimia FMIPA UII, Yogyakarta.
- Setiawan, D., 2008, *Modifikasi Bentonit Menjadi Organoclay Dengan Metode Ultrasonik Sebagai Absorben p-Klorofenol dan Hidroquinon*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Setiawan, K. H., 2006, *Sintesis MnO₂-ZLM (Zeolit Like Material) dari abu layang dan alikasinya pada desinfeksi fotokatalitik bakteri E.coli*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sugiarto, D., 2006, *Studi Stabilitas ZrO₂-Montmorillonit Dalam Suasana Asam Sulfat*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sugiyarto, K. H., dan Suyanti, R.D., 2010, *Kimia Anorganik Logam*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 2009, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sukwina, M., 2006, *Uji Aktivitas Fotokatalis TiO₂-Zeolit Pada Desinfeksi Bakteri Escherichia coli*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Suriawiria, U, 2003, *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, PT. Alumni, Bandung.
- Vaughan, D. E. W., dan Lussier R. J, 1979, US Patent 4176090.
- Walsh, A., 1995, The Application Of Atomic Spectra to Chemical Analysis, *Spectrochimica Acta*. Vol. 7, No. 10, pp. 171-176.
- Waluyo, L., 2005, *Mikrobiologi Lingkungan*. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Wijaya, K., Tahir, I., and Baiquni, A., 2002, The Synthesis Of Cr₂O₃- Pillared Montmorillonite (CrPM) and Its Usage For Host Material Of p-Nitroaniline, *Indo.J.Chem.*, Vol. 2, No. 1, pp. 12-21.
- Wulandari, D., 2010, *Preparasi ZnO-Montmorillonit Sebagai Fotokatalis*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMP IRAN



Lampiran 1.

Hasil perhitungan kadar (%) Zn dalam ZnO/CTMA/Hektorit.

Hasil absorbansi larutan standar Zn.

Larutan Standar (ppm)	Absorbansi
0,5	0,0739
1	0,1893
2	0,2931
3	0,3953
5	0,5740

Persamaan Regresi yang diperoleh $y = 0,1062x + 0,0608$.

Hasil absorbansi sampel : 0,0908

Konsentrasi Zn dalam mg/L

$$Y = 0,1062x + 0,0608$$

$$0,0908 = 0,1062x + 0,0608$$

$$0,1062x = 0,0908 - 0,0608$$

$$x = \frac{0,0908 - 0,0608}{0,1062}$$

$$x = 0,2825 \text{ mg/L}$$

Kandungan Zn dalam setiap 1 gram ZnO/CTMA = $0,2825 \text{ mg/L} \times 0,1 \text{ L}$

$$= 0,02825 \text{ mg}$$

$$= 0,0002825 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar (\% Zn)} = \frac{0,0002825 \text{ gram}}{1 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 0,02825 \%$$

Lampiran 2. Hasil Analisis *Diffraction X-Ray* (XRD)



*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2011
Data Name : Febi Indah 2 .
File Name : Febi Indah 2.PKR
Sample Name : Sampel
Comment : Sampel

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	13	19.7800	4.48482	100	1.17000	137	12184
2	54	61.0786	1.51595	77	0.85070	105	5251
3	2	6.0216	14.66562	73	1.46330	100	6814

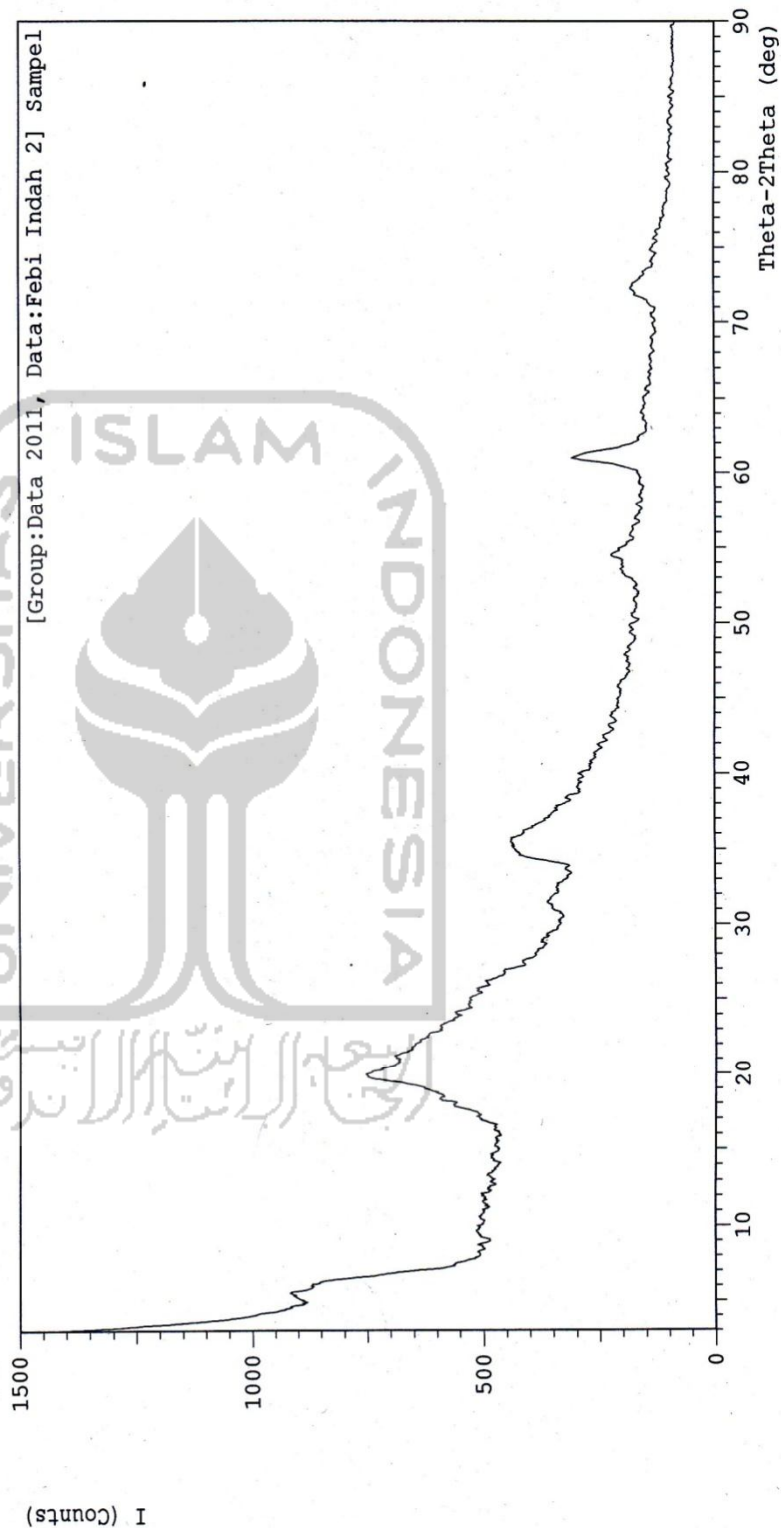
# Peak Data List						
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	4.1050	21.50762	3	0.03000	4	9
2	6.0216	14.66562	73	1.46330	100	6814
3	7.6000	11.62298	3	0.16000	4	68
4	8.5700	10.30948	3	0.06000	4	25
5	9.6700	9.13906	15	0.78000	20	845
6	10.6180	8.32514	12	0.43600	16	490
7	12.0250	7.35402	14	0.31000	19	611
8	13.3100	6.64678	10	0.28660	14	322
9	14.4233	6.13614	7	0.07330	10	114
10	15.4575	5.72784	4	0.03500	6	14
11	17.1225	5.17443	11	0.12500	15	267
12	18.2000	4.87044	35	0.28000	48	1559
13	19.7800	4.48482	100	1.17000	137	12184
14	21.2000	4.18752	67	0.00000	92	0
15	22.0400	4.02979	48	1.76000	66	5110
16	23.2600	3.82111	32	1.12000	44	1691
17	24.0200	3.70190	25	0.64000	34	829
18	25.0600	3.55058	23	1.18000	32	1272
19	25.4600	3.49569	14	0.00000	19	0
20	25.6600	3.46890	20	0.00000	28	0
21	26.0600	3.41655	18	0.00000	24	0
22	26.8600	3.31658	18	0.36000	24	1112
23	27.5000	3.24083	9	0.20000	12	141
24	29.0133	3.07514	7	0.17330	10	187
25	31.4750	2.84002	18	1.01000	25	1164
26	32.4375	2.75791	11	0.66500	15	464
27	35.4600	2.52946	60	2.37340	82	6009
28	36.1400	2.48341	49	1.88000	67	3403
29	37.1200	2.42006	20	0.00000	28	0
30	37.2800	2.41004	22	0.00000	30	0
31	37.6400	2.38782	18	0.00000	25	0
32	38.4400	2.33994	14	0.32000	19	869
33	39.3350	2.28874	6	0.11000	8	121
34	39.9740	2.25361	10	0.22800	14	264
35	41.1600	2.19137	3	0.08000	4	49
36	41.4400	2.17721	3	0.04000	4	38
37	42.4733	2.12660	7	0.26670	9	191
38	43.1683	2.09396	7	0.27670	10	132
39	43.8000	2.06522	9	0.24000	12	260
40	44.9300	2.01586	5	0.10000	7	76
41	45.8166	1.97890	9	0.40670	12	379
42	47.8950	1.89776	10	0.19000	14	283
43	49.3400	1.84551	7	0.22000	10	192
44	50.5350	1.80464	6	0.29000	8	190

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
45	51.4800	1.77371	4	0.12000	6	81
46	52.2600	1.74905	4	0.03000	6	14
47	53.5600	1.70963	17	1.10660	23	1215
48	54.4800	1.68291	27	0.56000	37	1434
49	56.0800	1.63863	4	0.16000	6	269
50	56.9600	1.61539	6	0.20000	8	117
51	57.8533	1.59255	7	0.21330	10	132
52	58.4933	1.57664	4	0.10670	5	60
53	59.2466	1.55838	7	0.10670	9	79
54	61.0786	1.51595	77	0.85070	105	5251
55	62.4100	1.48677	9	0.26000	12	193
56	64.0800	1.45200	8	0.18000	11	174
57	64.9733	1.43418	4	0.38670	6	175
58	65.7000	1.42006	4	0.02660	5	21
59	66.7300	1.40062	3	0.06000	4	17
60	68.9900	1.36015	4	0.16000	5	50
61	70.5650	1.33360	4	0.09000	5	48
62	72.2000	1.30737	26	1.16000	35	2070
63	73.2600	1.29105	7	0.00000	9	0
64	74.0733	1.27888	4	0.13330	6	69
65	74.8650	1.26730	8	0.21000	11	160
66	77.4700	1.23106	3	0.06000	4	39
67	78.7500	1.21423	3	0.10000	4	50
68	79.6150	1.20320	7	0.21000	10	189
69	81.1200	1.18463	4	0.08000	6	83
70	81.8433	1.17598	4	0.07330	5	62
71	83.2900	1.15919	6	0.30000	8	162
72	84.0150	1.15103	3	0.11000	4	33
73	85.0100	1.14008	4	0.10000	5	27
74	85.6333	1.13337	3	0.05330	4	14
75	88.2400	1.10649	3	0.08000	4	32
76	89.6200	1.09300	4	0.12000	6	72

*** Multi Plot ***

File Name : Data 2011\Febi Indah 2
 Sample Name : Sampel
 Date & Time : 02-01-11 10:38:12
 Comment : Sampel

Condition
 X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
 Scan Range : 3.0000 <-> 90.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
 Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2011
Data Name : Febi Indah 1,
File Name : Febi Indah 1.PKR
Sample Name : Hectorite
Comment : Hectorite

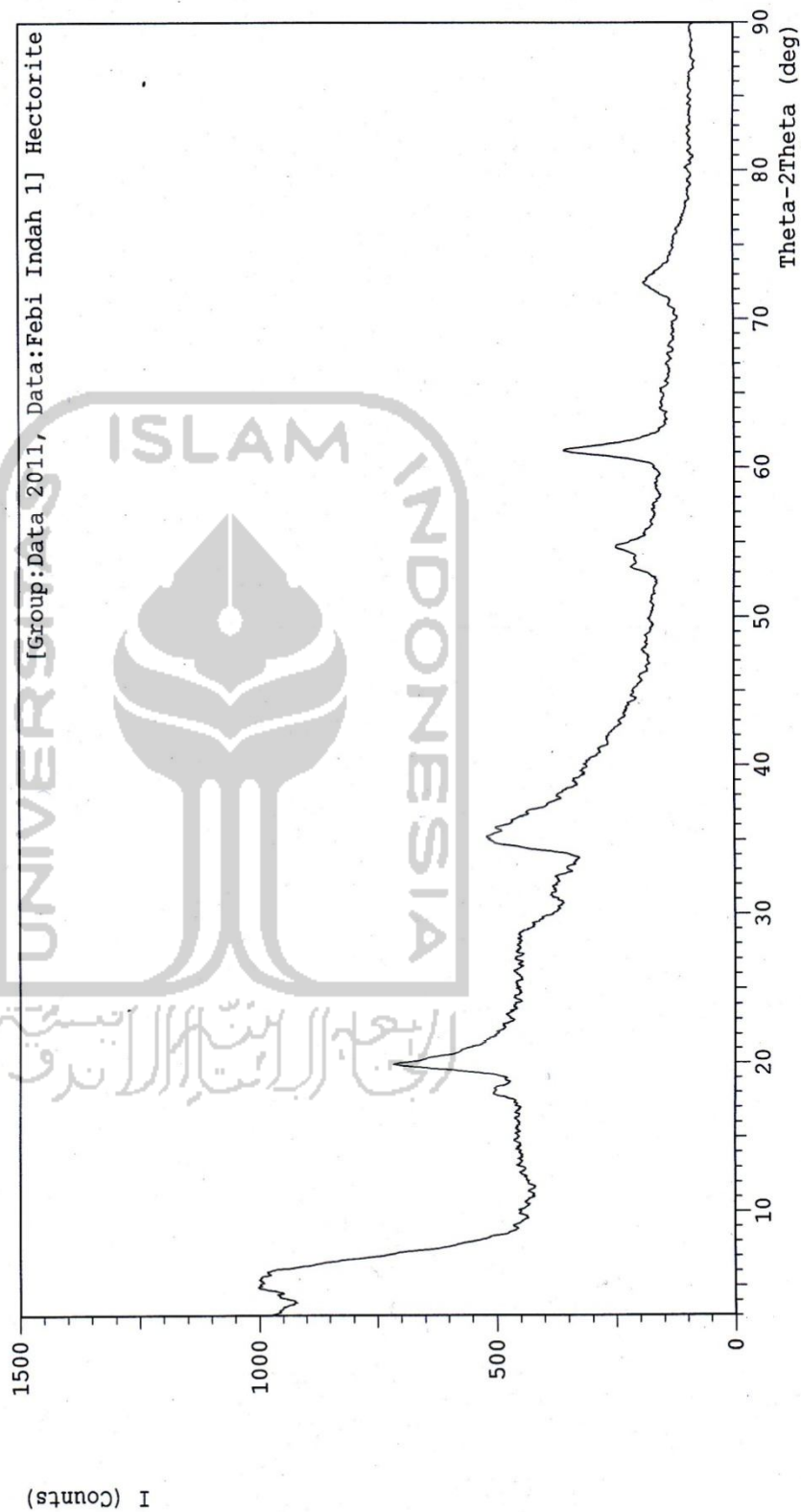
# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	15	20.0295	4.42951	100	1.02900	169	7168
2	2	5.7800	15.27808	99	2.26000	167	18915
3	55	61.1205	1.51501	82	0.85240	139	5721

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)	
1	3.6150	24.42172	7	0.31000	11	220	
2	5.7800	15.27808	99	2.26000	167	18915	
3	9.0750	9.73688	5	0.11000	9	77	
4	10.0133	8.82649	9	0.34670	15	287	
5	10.6280	8.31733	6	0.18400	10	146	
6	11.3966	7.75806	6	0.15330	10	106	
7	12.2283	7.23221	6	0.28330	10	206	
8	12.5850	7.02802	9	0.27000	15	287	
9	13.2800	6.66173	7	0.12000	11	239	
10	14.2075	6.22885	7	0.14500	12	199	
11	14.7600	5.99691	7	0.28000	12	291	
12	15.5933	5.67826	5	0.13330	8	121	
13	16.2500	5.45024	5	0.10000	9	100	
14	18.0750	4.90384	20	0.77000	34	1573	
15	20.0295	4.42951	100	1.02900	169	7168	
16	20.8600	4.25500	42	1.00000	71	2534	
17	21.5000	4.12976	22	0.96000	38	1488	
18	22.5200	3.94497	9	0.35200	15	296	
19	23.2575	3.82151	7	0.20500	12	193	
20	24.4100	3.64363	4	0.06000	7	55	
21	25.1800	3.53393	5	0.08000	9	96	
22	26.1600	3.40372	9	0.24000	16	355	
23	27.0075	3.29880	12	0.33500	20	796	
24	27.5800	3.23161	13	0.00000	22	0	
25	28.1000	3.17298	16	0.00000	27	0	
26	28.7000	3.10800	20	0.66000	33	1382	
27	29.3800	3.03759	14	0.24000	24	547	
28	31.2571	2.85932	12	0.35430	21	329	
29	31.7366	2.81720	12	0.44670	20	466	
30	32.4350	2.75812	12	0.43000	21	452	
31	33.1150	2.70302	6	0.33000	10	150	
32	35.2000	2.54754	75	1.70400	127	8304	
33	35.7600	2.50892	66	0.00000	112	0	
34	36.2200	2.47811	53	0.00000	90	0	
35	36.6200	2.45195	43	1.80000	73	4506	
36	38.1400	2.35765	18	0.72000	30	1233	
37	39.0200	2.30649	14	0.32000	23	580	
38	39.8000	2.26306	9	0.12000	15	193	
39	40.1433	2.24450	11	0.42000	18	479	
40	41.0608	2.19644	7	0.18830	11	160	
41	41.9016	2.15429	5	0.10330	8	106	
42	44.9850	2.01353	4	0.17000	7	132	
43	45.8900	1.97590	5	0.14000	8	90	
44	47.7800	1.90206	8	0.20000	13	257	

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
45	48.6450	1.87024	6	0.39000	10	296
46	49.9000	1.82610	5	0.12000	9	134
47	51.0300	1.78829	3	0.10000	5	55
48	53.3000	1.71735	21	0.54000	35	1192
49	54.5800	1.68006	33	0.72000	55	2424
50	55.6300	1.65081	9	0.30000	15	336
51	56.3750	1.63075	4	0.23000	6	123
52	57.5200	1.60098	5	0.18000	8	236
53	58.9200	1.56624	5	0.20000	8	232
54	59.9800	1.54107	7	0.16000	11	137
55	61.1205	1.51501	82	0.85240	139	5721
56	61.9000	1.49779	20	0.50660	33	1043
57	62.3600	1.48785	4	0.08000	7	86
58	63.9333	1.45497	7	0.22670	12	143
59	64.3250	1.44706	7	0.19000	11	163
60	65.1675	1.43037	8	0.33500	13	310
61	66.9900	1.39581	5	0.22000	8	109
62	67.6316	1.38413	5	0.19670	9	101
63	68.2100	1.37379	5	0.18000	9	108
64	68.9700	1.36050	3	0.10000	5	43
65	69.5100	1.35124	4	0.18000	6	113
66	70.9100	1.32796	7	0.22000	12	155
67	72.4400	1.30363	26	1.16000	44	2839
68	73.4400	1.28833	7	0.00000	12	0
69	75.3500	1.26035	4	0.10000	7	107
70	76.0700	1.25020	4	0.18000	7	111
71	77.8000	1.22666	3	0.04000	5	39
72	79.3150	1.20699	5	0.25000	8	138
73	80.2133	1.19572	6	0.26670	10	239
74	81.2950	1.18252	4	0.17000	6	54
75	81.8000	1.17650	3	0.16000	5	52
76	82.9100	1.16354	4	0.14000	6	49
77	86.6300	1.12287	3	0.06000	5	36
78	87.7500	1.11140	4	0.18000	6	75
79	88.3800	1.10510	3	0.12000	5	65
80	89.5900	1.09329	4	0.18000	7	147

*** Multi Plot ***

File Name : Data 2011\Febi Indah 1
Sample Name : Hectorite
Date & Time : 02-01-11 10:17:56
Condition : Comment : Hectorite
X-ray Tube : Cu(1.54060 Å) Voltage : 40.0 kV Current : 30.0 mA
Scan Range : 3.0000 <-> 90.0000 deg Step Size : 0.0200 deg
Count Time : 0.24 sec Slit DS : 1.00 deg SS : 1.00 deg RS : 0.30 mm



Lampiran 3. Hasil Analisis BET

Quantachrome NovaWin2 - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2006, Quantachrome Instruments
version 2.2



Analysis

Operator: Indra Nafiyanto
Sample ID: ZnH - MW
Sample Desc: Lempung Sintetik Termodifikasi
Sample weight: 0.1608 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)
Analysis Time: 295.6 min
Cell ID: 96

Date: 2010/10/20

Filename:

Comment: sampel sel 96 sudah dikalibrasi

Sample Volume: 0.03919 cc

Outgas Temp: 150.0 C

Bath Temp: 77.3 K

Equil time: 60/60 sec (ads/des)

End of run: 2010/10/20 17:04:48

Report

Operator: Indra Nafiyanto

Date: 10/21/2010

C:\QCdata\Physisorb\GSA010 IS FATIMAH 201010.qps

Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)
Instrument: Nova Station A

Isotherm

Isotherm Data

Relative Pressure	Volume [cc/g]	Relative Pressure	Volume [cc/g]	Relative Pressure	Volume [cc/g]
5.35000e-02	18.5439	6.94992e-01	37.7346	7.97378e-01	46.6800
7.29190e-02	20.3491	7.46850e-01	38.8855	7.48789e-01	46.1036
9.53520e-02	22.0026	7.95906e-01	40.0610	6.99535e-01	45.5293
1.23822e-01	23.2857	8.50227e-01	41.5273	6.47351e-01	44.9150
1.46729e-01	24.1297	8.70834e-01	42.3080	5.97708e-01	44.3144
1.71271e-01	25.0100	8.96332e-01	43.2707	5.46727e-01	43.6872
1.96443e-01	25.8463	9.21957e-01	44.4844	4.99009e-01	42.6585
2.21622e-01	26.6425	9.52769e-01	46.0732	4.44872e-01	36.9102
2.49108e-01	27.4570	9.61891e-01	46.8556	3.99609e-01	34.3271
2.73162e-01	28.1551	9.71600e-01	47.8514	3.50426e-01	32.8051
2.97237e-01	28.8282	9.82619e-01	48.8071	2.97909e-01	31.3049
3.49626e-01	30.1835	9.91379e-01	49.7072	2.51903e-01	29.9516
3.96439e-01	31.2361	9.42755e-01	48.5695	2.03442e-01	28.4477
4.51856e-01	32.4694	9.24306e-01	48.2720	1.54683e-01	26.7591
4.96596e-01	33.4454	9.04159e-01	47.9940	9.76020e-02	24.2714
5.49742e-01	34.6444	8.69851e-01	47.5357	4.99260e-02	21.5992
5.95684e-01	35.6070	8.54246e-01	47.3449		
6.46622e-01	36.6768	8.22960e-01	46.9721		

Quantachrome NovaWin2 - Data Acquisition and Reduction
for NOVA instruments
©1994-2006, Quantachrome Instruments
version 2.2



Analysis

Operator: Indra Nafiyanto
Sample ID: ZnH - MW
Sample Desc: Lempung Sintetik Termodifikasi
Sample weight: 0.1608 g
Outgas Time: 3.0 hrs
Analysis gas: Nitrogen
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)
Analysis Time: 295.6 min
Cell ID: 96

Date: 2010/10/20

Filename:

C:\QCdata\Physisorb\GSA010 IS FATIMAH 201010.qps

Sample Volume: 0.03919 cc

Outgas Temp: 150.0 C

Bath Temp: 77.3 K

Equil time: 60/60 sec (ads/des)

End of run: 2010/10/20 17:04:48

Report

Operator: Indra Nafiyanto

Date: 10/21/2010

Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)
Instrument: Nova Station A

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

<u>Adsorbate</u>	Nitrogen	Temperature	77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section:	16.200 Å²	Liquid Density: 0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume@STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]	Relative Pressure [P/Po]	Volume@STP [cc/g]	1 / [W((Po/P) - 1)]
5.35000e-02	18.5439	2.4388e+00	1.96443e-01	25.8463	7.5678e+00
7.29190e-02	20.3491	3.0926e+00	2.21622e-01	26.6425	8.5506e+00
9.53520e-02	22.0026	3.8329e+00	2.49108e-01	27.4570	9.6673e+00
1.23822e-01	23.2857	4.8559e+00	2.73162e-01	28.1551	1.0680e+01
1.46729e-01	24.1297	5.7020e+00	2.97237e-01	28.8282	1.1739e+01
1.71271e-01	25.0100	6.6116e+00			

BET summary

Slope = 38.026
Intercept = 2.223e-01
Correlation coefficient, r = 0.999231
C constant = 172.047
Surface Area = 91.051 m²/g

Analysis

Operator: Indra Nafiyanto

Sample ID: ZnH - MW

Sample Desc: Lempung Sintetik Termodifikasi

Sample weight: 0.1608 g

Outgas Time: 3.0 hrs

Analysis gas: Nitrogen

Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)

Analysis Time: 295.6 min

Cell ID: 96

Date: 2010/10/20

Filename:

Comment: sampel sel 96 sudah dikalibrasi

Sample Volume: 0.03919 cc

Outgas Temp: 150.0 C

Bath Temp: 77.3 K

Equil time: 60/60 sec (ads/des)

End of run: 2010/10/20 17:04:48

Report

Operator: Indra Nafiyanto

Date: 10/21/2010

C:\QCdata\Physisorb\GSA010 IS FATIMAH 201010.qps

Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)

Instrument: Nova Station A

Total Pore Volume

Data Reduction Parameters Data

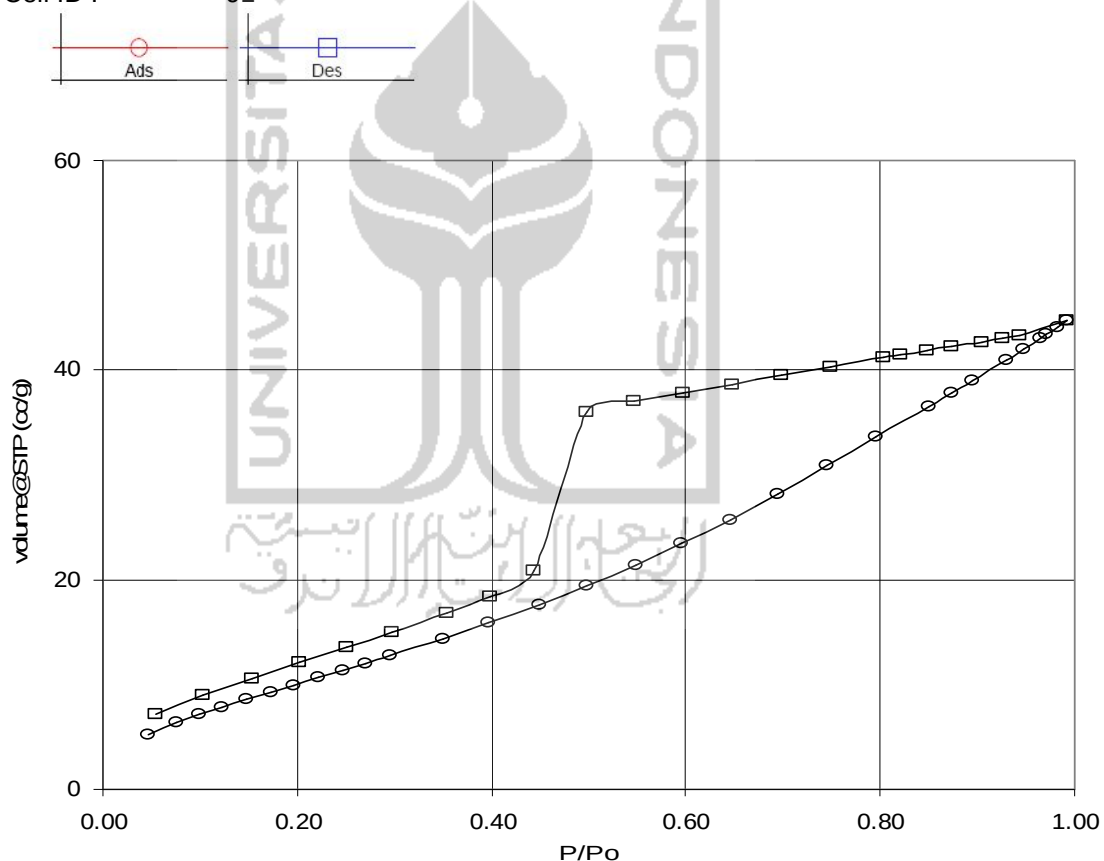
<u>Adsorbate</u>	Nitrogen	<u>Temperature</u>	77.350 K	<u>Liquid Density:</u>	0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013 g	<u>Cross Section:</u>	16.200 Å²		

Total Pore Volume summary

Total Pore Volume

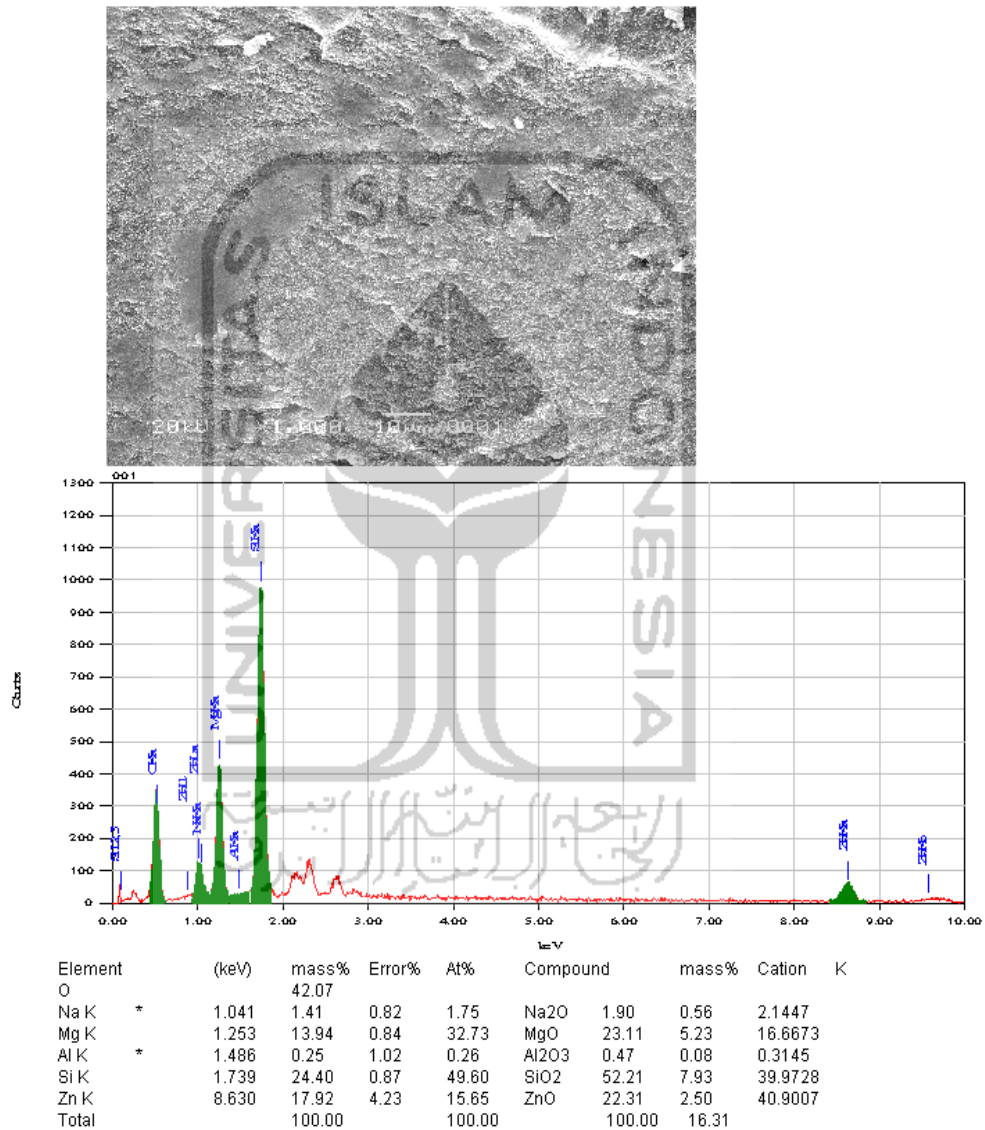
Total pore volume = 7.689e-02 cc/g for
pores smaller than 1121.3 Å (Radius)
at P/Po = 0.99138

Analysis Report
Operator :masiwan Date:2011/01/28 Operator:masiwan
Date:2/7/2011
Sample ID: Kim UII Filename:
C:\QCdata\Physisorb\20110128_1KimUII.qps
Sample Desc : Hect Comment : Hect
Sample weight : 0.0580 g Sample volume: 0.06737 cc
Outgas Time: 3.0 hrs Outgas Temp : 300.0 C
Analysis gas: N2 Bath Temp: 77.3 K
Press.Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des) Equili time : 60/60 sec(ads/des)
Equiltimeout:120/120sec(ads/des)
Analysis Time: 151.2 min End of run : 2011/01/28 11:52:45
Instrument: Nova Station A
Cell ID : 91

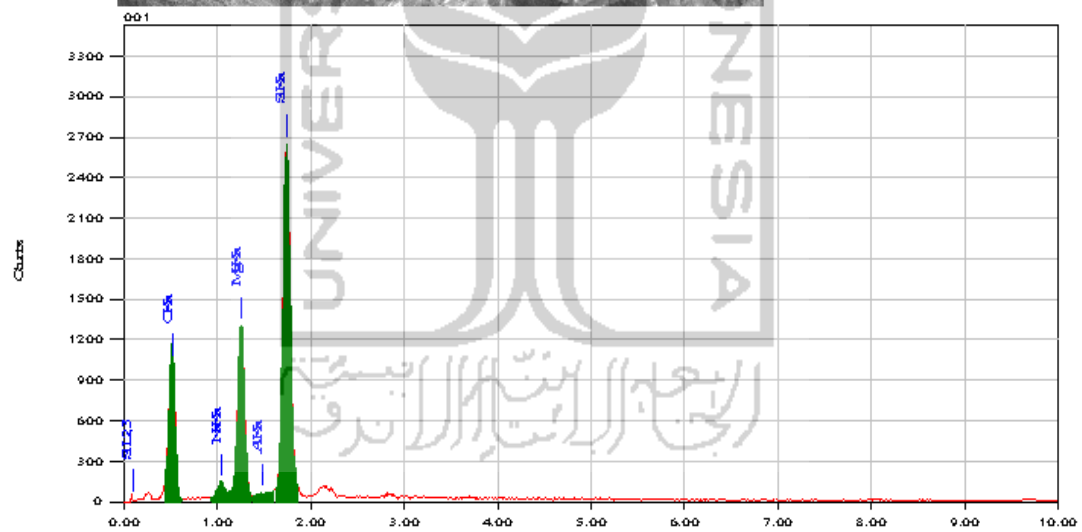


Lampiran 4. Hasil analisis SEM-EDX

A. ZnO/CTMA/Hektorit edx 1000x



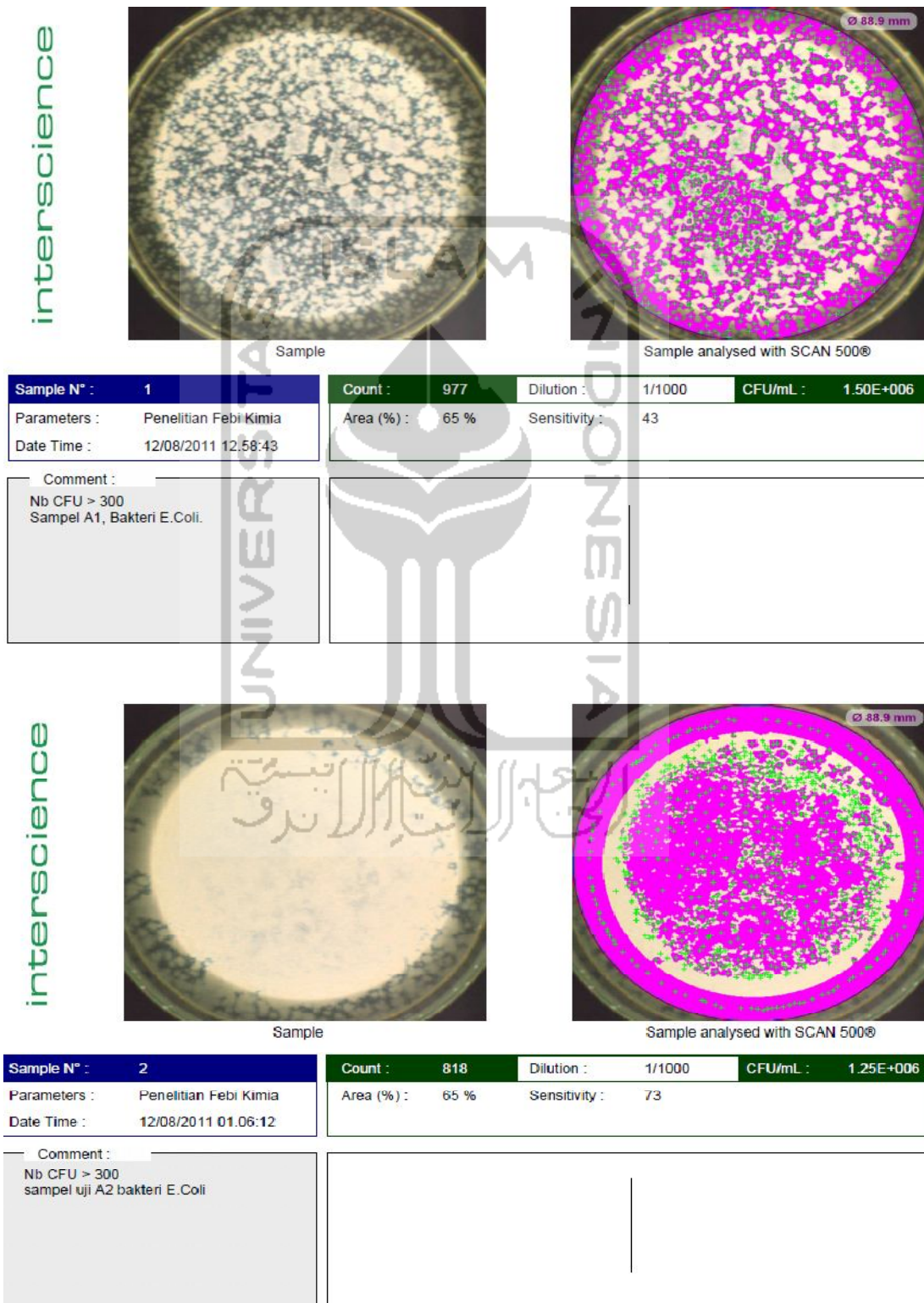
B. Hektorit Sintetik edx 1000x



Element	(keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
O K	0.525	37.84	1.14	50.22			42.6714	
Na K	1.041	2.75	0.81	2.54			2.9918	
Mg K	1.253	19.90	0.66	17.37			17.4886	
Al K	1.486	0.19	0.87	0.15			0.1416	
Si K	1.739	39.32	0.69	29.72			36.7065	
Total		100.00		100.00				

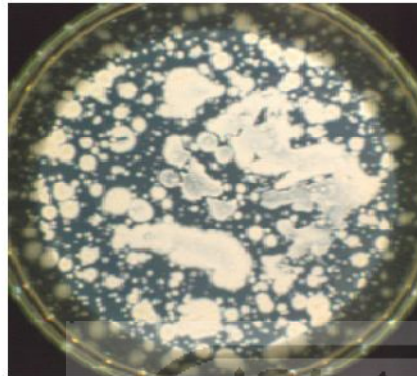
Lampiran 5. Hasil uji metode *Feable Cell Count*

A. Larutan kultur *E.coli* 10^3 cfu/mL

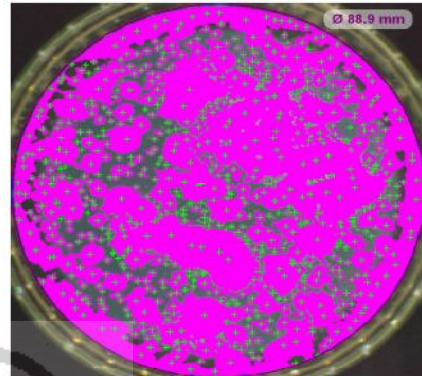


B. Larutan kultur *E.coli* 10³ cfu/ML + UV

interscience



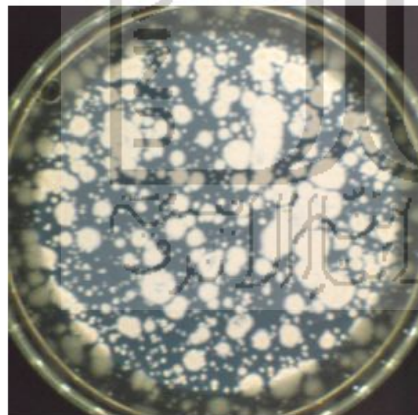
Sample



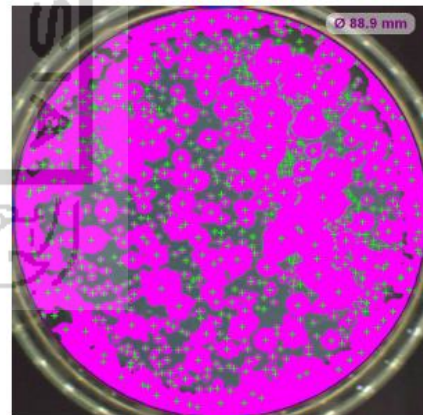
Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° : 3	Count : 668	Dilution : 1/1000	CFU/mL : 1.02E+006
Parameters : Penelitian Febi Kimia	Area (%) : 65 %	Sensitivity : 50	
Date Time : 12/08/2011 01.12:03			
Comment : Nb CFU > 300 sampel uji B1. bakteri E.Coli			

interscience



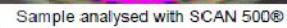
Sample



Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° : 4	Count : 619	Dilution : 1/1000	CFU/mL : 9.48E+005
Parameters : Penelitian Febi Kimia	Area (%) : 65 %	Sensitivity : 51	
Date Time : 12/08/2011 01.13:26			
Comment : Nb CFU > 300 Sampel Uji B2 Bakteri E. Coli			

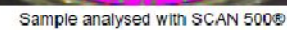
inter-science



Comment :

Nb CFU > 300
sampel uji C1
Bakteri E. Coli

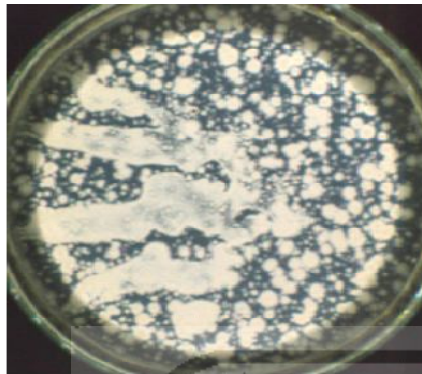
inter-science



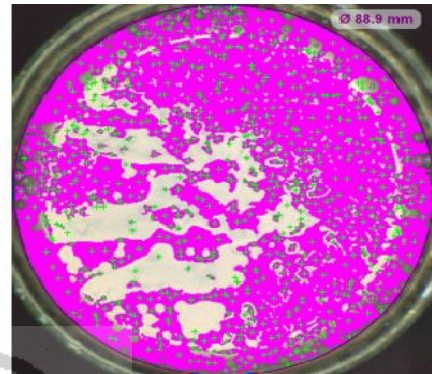
Comment :

Nb CFU > 300
sampel Uji C2
bakteri E. Coli

inter-science



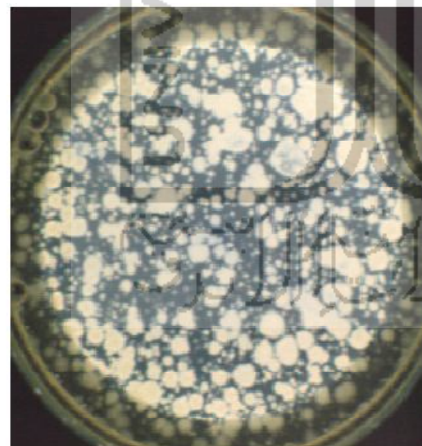
Sample



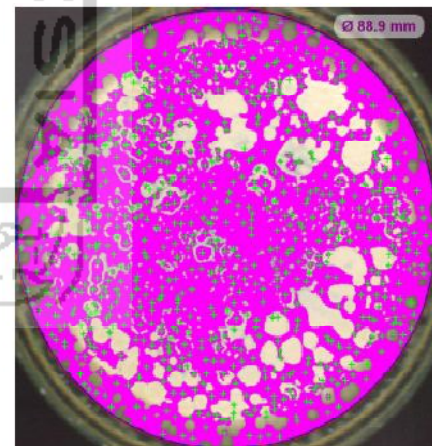
Sample analysed with SCAN 500®

- Comment :

Nb CFU > 300
sampel Uji D1
bakteri E. Coli



Sample

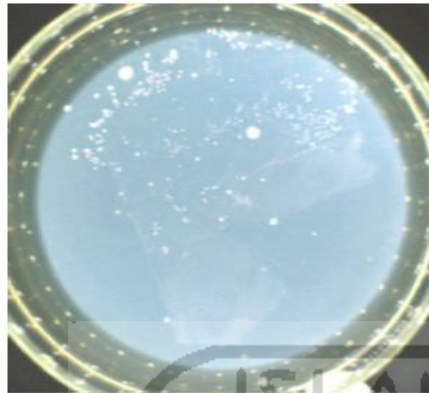


Sample analysed with SCAN 500®

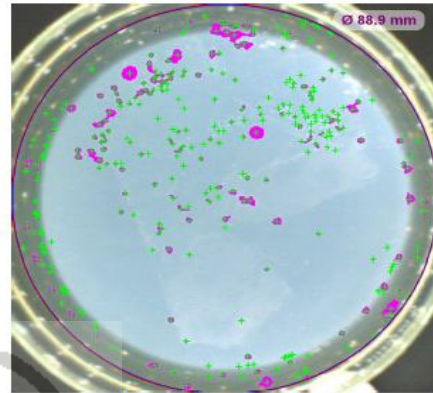
Comment :

Nb CFU > 300
Sampel uji D2
Bakteri E. coli

interscience



Sample

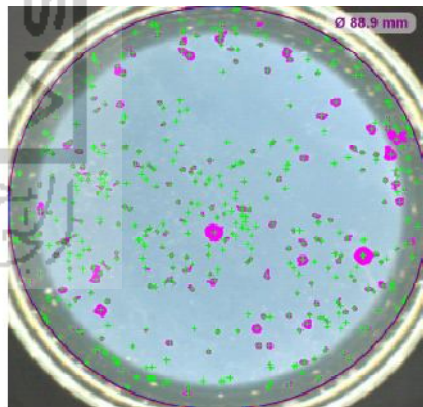


Sample analysed with SCAN 500®

inter-science



Sample



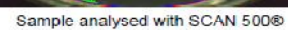
Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° : 10	Count : 437	Dilution : 1/1000	CFU/mL : 5.53E+005
Parameters : Penelitian Febi Kimia	Area (%) : 79 %	Sensitivity : 52	
Date Time : 12/08/2011 01:33:39			
Comment : Nb CFU > 300 Sampel Uji E2 bakteri E. Coli			

inter-science

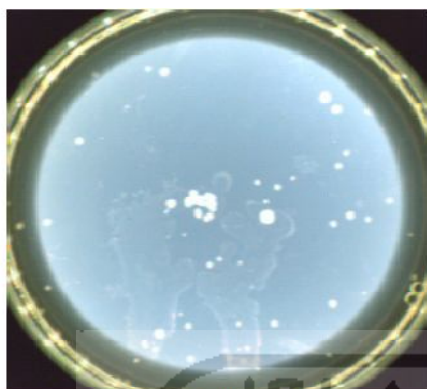


inter-science

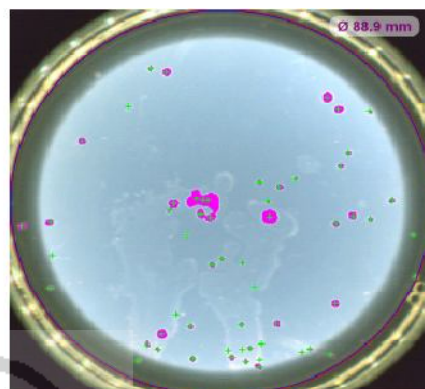


Sample N° :	13	Count :	110	Dilution :	1/1000	CFU/mL :	1.39E+005
Parameters :	Penelitian Febi Kimia	Area (%) :	79 %	Sensitivity :	49		
Date Time :	12/08/2011 01.47:02						
Comment :	OK Sampel uji F2 Bakteri E. Coli						

interscience



Sample

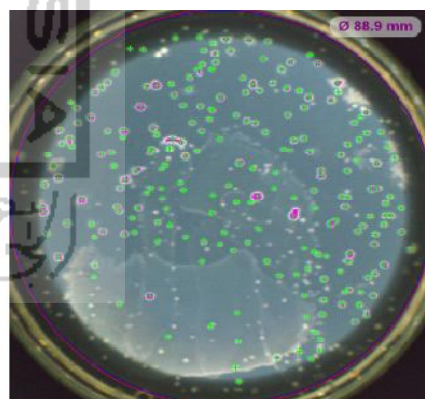


Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° :	1	Count :	57	Dilution :	1/1000	CFU/mL :	7.21E+004
Parameters :	Penelitian Febl Kimia	Area (%) :	79 %	Sensitivity :	39		
Date Time :	12/08/2011 01:52:27						
Comment :	<div> <div>OK</div> <div>Sampel Uji G1</div> <div>bakteri E. coli</div> </div>						



Sample



Sample analysed with SCAN 500®

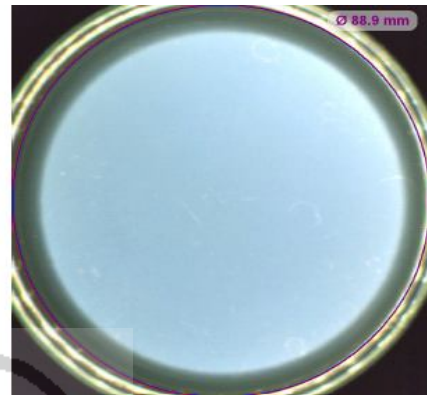
Sample N° :	2	Count :	218	Dilution :	1/1000	CFU/mL :	2.76E+005
Parameters :	Penelitian Febi Kimia	Area (%) :	79 %	Sensitivity :	21		
Date Time :	12/08/2011 01:59:52						
Comment :	Nb CFU > 300 sampel Uji G2 Bakteri E. coli						

H. Larutan kultur *E.coli* 10³ cfu/mL + ZnO/CTMA/hektorit 0,03 g + UV

interscience



Sample



Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° : 4	Count : 0	Dilution : 1/1000	CFU/mL : 0.00E+000
Parameters : Penelitian Febi Kimia	Area (%) : 79 %	Sensitivity : 35	
Date Time : 12/08/2011 02.03:21			
Comment : Nb CFU < 15 Sampel Uji H1 Bakteri E. Coli			

interscience



Sample



Sample analysed with SCAN 500®

Sample N° : 5	Count : 0	Dilution : 1/1000	CFU/mL : 0.00E+000
Parameters : Penelitian Febi Kimia	Area (%) : 79 %	Sensitivity : 32	
Date Time : 12/08/2011 02.04:45			
Comment : Nb CFU < 15 Sampel Uji H2 Bakteri E. Coli			

Lampiran 6. Hasil uji metode MPN Quanti-Tray



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



FR. 8.10.1/Lap.Uji

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/325/LKL-UII/XI/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
Nama : Dr. Isfatimah
Alamat : FMIPA, UII Yogyakarta
Tanggal Pengambilan Sampel : 28 November 2011
Jumlah Sampel (Jenis) : 4 (Sampel Penelitian)
Parameter Uji : Bakteri coliform dan Fecal-Coli
Tanggal Penerimaan Sampel : 28 November 2011
Tanggal Pengujian : 28 November s/d 1 Desember 2011

No	Kode sampel	Satuan	Hasil Uji		Metode Uji
			Coliform	Fecal Coli	
1	Sampel murni	MPN/100 ml	> 2419.6	2419.6	APHA 9221 Ed 20
2	Sampel murni + UV	MPN/100 ml	> 2419.6	> 2419.6	APHA 9221 Ed 20
3	Sampel murni + Katalis non UV	MPN/100 ml	>2419.6	0	APHA 9221 Ed 20
4	Sampel murni + Katalis +UV	MPN/100 ml	>2419.6	0	APHA 9221 Ed 20

Keterangan :

- Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
- Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manajer teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



Hal : 1 dari 1

Lampiran 7. Hasil uji metode MPN tabung banyak



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
Jl. Kaliurang km 14,4 Telp (0274) 895042, 895707, Fax. (0274) 895330
YOGYAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/01/L.LKL-UII/II/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
Nama : Febi indah fajarwati
Alamat : Tempursari, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Yk
No Sampel : A.01 L (B), A.02 L (A)
Nama Sampel : Tsb dibawah
Tanggal Pengambilan Sampel :
Jumlah Sampel : 2
Parameter Uji : E - coli
Tanggal Penerimaan Sampel : 02 Februari 2011
Tanggal Pengujian : 02 Februari s/d 07 Februari 2011

HASIL UJI

No	Kode *)	Nama sampel	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	A.01 L (B)	Sampel 10x pengenceran Non UV	MPN/100 ml	>1898	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique
2	A.02 L (A)	Sampel 10x pengenceran + 0,1 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	10	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique

Keterangan :
1. Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manager teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



Hal : 1 dari 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
Jl. Kaliurang km 14,4 Telp (0274) 895042, 895707, Fax. (0274) 895330
YOGYAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/02/L.KKL-UII/II/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
Nama : Febi indah fajarwati
Alamat : Tempursari, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman, Yk
No Sampel : A.03 L (C), A.04 L (D)
Nama Sampel : Tsb dibawah
Tanggal Pengambilan Sampel :
Jumlah Sampel : 2
Parameter Uji : E - coli

Tanggal Penerimaan Sampel : 09 Februari 2011
Tanggal Pengujian : 09 Februari s/d 14 Februari 2011

HASIL UJI

No	Kode *)	Nama sampel	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	A.03 L (C)	Sampel 10x pengenceran + 0,05 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	0	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique
2	A.04 L (D)	Sampel 10x pengenceran + 0,025 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	0	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique

Keterangan :
1. Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manager teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



Hal : 1 dari 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
Jl. Kaliurang km 14,4 Telp (0274) 895042,895707, Fax.(0274)895330
YOGYAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/03/L.LKL-UII/II/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
Nama : Febi indah fajarwati
Alamat : Tempursari, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman, Yk
No Sampel : A.05 L (E), A.06 L (F)
Nama Sampel : Tsb dibawah
Tanggal Pengambilan Sampel :
Jumlah Sampel : 2
Parameter Uji : E - coli

Tanggal Penerimaan Sampel : 11 Februari 2011
Tanggal Pengujian : 11 Februari s/d 16 Februari 2011

HASIL UJI

No	Kode *)	Nama sampel	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	A.05 L (E)	Sampel 10x pengenceran + UV	MPN/100 ml	>1898	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique
2	A.06 L (F)	Sampel 10x pengenceran + 0,1 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	0	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique

Keterangan :
1. Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manager teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



Yogyakarta, 16 Februari 2011

Manager teknis

Hedon, S.T.M.T.

Hal : 1 dari 1



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
Jl. Kaliurang km 14,4 Telp (0274) 895042,895707, Fax.(0274)895330
YOGYAKARTA

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : A/04/L.LKL-UII/II/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
Nama : Febi indah fajarwati
Alamat : Tempursari, Sardonoarjo, Ngaglik, Sleman, Yk
No Sampel : A.07 L (G), A.08 L (H)
Nama Sampel : Tsb dibawah
Tanggal Pengambilan Sampel :
Jumlah Sampel : 2
Parameter Uji : E - coli

Tanggal Penerimaan Sampel : 17 Februari 2011
Tanggal Pengujian : 17 Februari s/d 22 Februari 2011

HASIL UJI

No	Kode *)	Nama sampel	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	A.07 L (G)	Sampel 10x pengenceran + 0,1 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	0	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique
2	A.08 L (H)	Sampel 10x pengenceran + 0,05 gr ZnO - CTMA - Hectorite + UV	MPN/100 ml	0	APHA 9221. Mutiple Tube Fermentation Technique

Keterangan :
1. Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manager teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



Yogyakarta, 22 Februari 2011

Manager teknis

Handwritten signature: ST.MT.

Hal : 1 dari 1

