

Laporan Penelitian Individual Kompetitif
AKTIVITAS KOMPOSIT ZnO SEBAGAI
AGEN ANTI BAKTERI



Peneliti:

Nama : Anissa Adiwena Putri, M.Sc
NIP : 198504052011012015
Pangkat/ Gol: Penata Muda Tk. I/ (III/b)
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi

Didanai dengan Dana Bantuan
DIPA Fakultas Sains dan Teknologi
UIN WALISONGO SEMARANG
Tahun 2016

ABSTRACT

Synthesis of ZnO composite material has been carried out. Sol gel method was chosen to be the main route to get ZnO composite material for antibacterial testing. The synthesis route was started by mixing zinc(II) sulphate as a precursor and NaOH with the seaweed powder. Furthermore, this mixed compound was stirred for 48 hours. In this research, we involved three kinds of seaweed such as *Eucheuma cottonii* (green), *Eucheuma cottonii* (chocolate), and *Eucheuma spinosum* from Sumenep, Madura Island.

Diffraction patterns showed that regularly ZnO contained wurtzite crystal and from the FTIR spectra indicated the Zn-O bonding in the compounds. However, the result of antibacterial test shown that ZnO composite of *Eucheuma cottonii* (green) has the antibacterial activities for against *S.aureus* and *E.coli* while others shown the negative results.

ABSTRAK

Sintesis komposit ZnO telah dilakukan dengan metode solvothermal sol gel dengan melibatkan prekursor $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan larutan NaOH. Proses pembuatan senyawa ini diawali dengan pencampuran antara prekursor dengan larutan basa dan serbuk rumput laut. Adapun rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini terdapat tiga jenis yaitu *Eucheuma cottonii* hijau, *Eucheuma cottonii* coklat, dan *Eucheuma spinosum* yang ketiganya berasal dari Sumenep, Pulau Madura.

Pola difraksi sinar-X untuk ZnO pada umumnya merupakan kisi kristal wurtzite, yang mana ikatan antara Zn-O juga terdeteksi melalui spektra infra merah. Namun demikian, hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa uji positif hanya diperoleh pada komposit ZnO dengan rumput laut *Eucheuma cottonii* hijau pada bakteri *S.aureus* dan *E.coli*; sedangkan untuk komposit yang lain menghasilkan uji negatif.



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT**

Jl. Walisongo No. 3-5 Telp.7615923 Semarang 50185 email:lpptm.walisongo@yahoo.com

SURAT KETERANGAN

No. Un.10.0/L.1/TL.03/765/2016

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) UIN Walisongo Semarang, dengan ini menerangkan bahwa Penelitian Individual yang dibiayai oleh Anggaran DIPA Fakultas Sains dan Teknologi dengan judul:

AKTIVITAS KOMPOSIT ZNO SEBAGAI AGEN ANTI BAKTERI

adalah benar-benar merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh:

Nama	: Anissa Adiwena Putri, M.Sc.
NIP	: 19850405 201101 2015
Pangkat/Jabatan	: Penata Muda Tk. I (III/b) / Asisten Ahli
Fakultas	: Sains dan Teknologi

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 26 September 2016

Ketua,


Dr. H. Sholihan, M.Ag.
NIP. 19600604 199403 1004

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, sehingga laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Ucapan terimakasih kami haturkan kepada:

1. Ketua LP2M UIN Walisongo
2. Dekan dan Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang
3. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia dan Pendidikan Kimia
4. Ibu Anita K. Zustriani, S.Si dan Ahmad Muchis, S.Pd, Laboran Lab. Pendidikan Kimia UIN Walisongo
5. Ibu Widyati, Laboran Lab. Mikrobiologi Fak. Farmasi UGM
6. Bapak Zamroni dan Ibu Asfiah, Laboran Lab. Kimia Analitik dan Kimia Organik FMIPA UGM

Atas izin yang telah diberikan kepada peneliti untuk melaksanakan penelitian, dan khususnya kepada semua pihak yang telah memberikan saran serta membantu penyelesaian pelaksanaan penelitian.

Penulis menyadari bahwa kegiatan penelitian dan pelaporan ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga peneliti mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan selanjutnya dari pembaca. Besar harapan semoga penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan budaya penelitian sains di UIN Walisongo.

Semarang, September 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRACT	iii
ABSTRAK.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I	1
LATAR BELAKANG	1
I.1 Pendahuluan	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Pembatasan Masalah	5
I.4 Signifikansi Penelitian	5
BAB II.....	7

TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Tinjauan Pustaka.....	7
II.2 Kerangka Teori	8
II.2.1 ZnO dan Aplikasinya	8
II.2.2 Bakteri Staphylococcus aureus	17
II.2.2 Kloramfenikol	21
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
III.1 Metode Penelitian.....	25
III.2 Instrumen Penelitian.....	41
BAB IV	45
HASIL PENELITIAN.....	45
IV.1. Hasil Penelitian	45
IV.1.1 Hasil Analisa dengan XRD	45
IV.1.2 Hasil Analisa dengan SEM.....	62
IV.1.3 Hasil Analisa dengan FTIR	63
IV.1.3 Hasil Sintesis di Laboratorium	79
IV.2. Pembahasan.....	100

BAB V	108
KESIMPULAN	108
V.1. Kesimpulan.....	108
V.2. Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Bentuk Mikroskopis <i>S. auerus</i>	17
Gambar 2 Struktur kimia kloramfenikol	22
Gambar 3 Mekanisme kerja kloramfenikol	23
Gambar 4 Alat Spektrofotometer Infra Merah	42
Gambar 5 Alat Difraksi Sinar X.....	43
Gambar 6 Difraktogram XRD Sampel	46
Gambar 7 Difraktogram ZnO	48
Gambar 8 Gambar 8 Difraktogram ZnO dari berbagai prekursor.....	61
Gambar 9 Morfologi ZnO	62
Gambar 10 Spektra Infra Merah Sampel A.....	63
Gambar 11 Spektra Infra Merah Sampel.....	65
Gambar 12 Spektra Infra Merah Sampel C	67
Gambar 13 Spektra Infra Merah Sampel D	69
Gambar 14 Spektra Infra Merah Sampel E	71

Gambar 15 Spektra Infra Merah rumput laut <i>Eucheuma cottonii</i> hijau.....	73
Gambar 16 Spektra Infra Merah rumput laut <i>Eucheuma cottonii</i> coklat.....	75
Gambar 17 Spektra Infra Merah rumput laut <i>Eucheuma spinosum</i>	77
Gambar 18 Hasil Sintesis di Laboratorium	79
Gambar 19 Hasil Sintesis di Laboratorium	79
Gambar 20 ZnO_rumput laut <i>E. cottonii</i> hijau.....	80
Gambar 21 ZnO dan ZnO_rumput laut <i>E. cottonii</i> coklat	80
Gambar 22 Rumput laut <i>Eucheuma cottonii</i> hijau	81
Gambar 23 Rumput laut <i>Eucheuma cottonii</i> coklat	81
Gambar 24 Rumput laut <i>Eucheuma spinosum</i>	81
Gambar 25 Struktur Kristal Wurtzite	101
Gambar 26 Difraktogram ZnO dengan metode solvothermal	102
Gambar 27 Morfologi ZnO solvothermal	104

Gambar 28 Zona inhibisi ZnO dan ZnO komposit rumput laut (Pandimurugan, et al 2014)106

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tabel puncak 2-theta tertinggi untuk sampel B47

Tabel 2 Tabel puncak 2-theta tertinggi untuk sampel 260

BAB I

LATAR BELAKANG

I.1 Pendahuluan

Pada beberapa tahun terakhir, pengembangan material anorganik dengan rekayasa struktur pada ukuran skala nanometer (10^{-9} m)/ nanomaterial telah menarik minat para peneliti di berbagai bidang ilmu. Nanomaterial adalah material dengan ukuran skala nanometer pada range 1 – 100 nm yang dipandang memiliki berbagai keunggulan dibandingkan material pada ukuran ruah (*bulky*). Keunggulan yang dimiliki disebabkan karena sifat unik akibat ukuran yang menyertai nanomaterial tersebut seperti sifat ketahanan panas, sifat magnet, sifat optis, sifat listrik, dan sifat ketahanan mekaniknya. Melalui kelebihan yang dimiliki oleh nanomaterial ini, maka semakin banyak pula material canggih dengan skala nano yang disintesis untuk berbagai keperluan (Klabunde, 2001).

Salah satu material yang menarik untuk diteliti adalah ZnO. ZnO merupakan material semikonduktor oksida anorganik tipe – n yang bersifat transparan , non toksik, dan mudah disintesis pada temperatur yang tidak terlalu tinggi. Pada rekayasa strukturnya, ZnO dapat dimodifikasi untuk disintesis pada skala nanometer sehingga diperoleh nanomaterial ZnO. Pada keadaan terkontrol atau tidak, nanomaterial ZnO dapat terbentuk melalui metode hidrotermal dengan orientasi yan

berbeda-beda¹. Pada kondisi tertentu, ZnO dapat diperoleh dengan bentuk *rod*, *wire*, *flower*, *disk*, *tube*, *comb*, dan *finger* pada ukuran skala nanometer. Melalui metode hidrotermal ini, reaksi dilakukan dalam satu tahap atau sering disebut dengan metode sintesis *one pot* atau *facile synthesis*. Dengan metode tersebut, diketahui bahwa jalur sintesis yang dilakukan akan lebih ramah lingkungan karena tidak melibatkan banyak bahan kimia. Hal ini selaras dengan apa yang dicita-citakan oleh peneliti di dunia tentang konsep *green chemistry* (Vayssieres, L., *et al.*, 2001).

Selama ini ZnO dimanfaatkan sebagai bahan semikonduktor yang potensial diaplikasikan pada rangkaian DSSC/ *Dye Sensitized Solar Cell*², sensor gas³, proses pemurnian air⁴. Selain itu, ternyata ZnO juga merupakan salah satu oksida logam transisi yang memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik pada sinar UV sehingga dapat bermanfaat untuk degradasi limbah anorganik dan organik. Melalui aktivitas fotokatalitiknya inilah, dengan melibatkan ZnO maka dapat dimanfaatkan sebagai pemicu reaksi reduksi-oksidasi/ redoks pada spesies hidup dalam sistem biologi. Selama ini, aktivitas ZnO dapat berjalan maksimal di bawah emisi sinar ultraviolet dekat (385 – 400 nm). Dengan demikian, hanya sekitar 5 – 8%

¹ Guo, L., Liang Ji. Y, and Xu, H., 2002, ZnO nanorod dengan struktur kristal wurtzite.

² Cheng, H.M., , Chiu,W.H., Lee, C.H., Tsai, S.Y., and Hsieh, W.F., 2008, Pembentukan ZnO nanowire dan aplikasinya dalam DSSC.

³ Panda, S.K., and Jacob, C., 2009, Katalitik sintesis ZnO nanorod

⁴ Klabunde, K., J., 2001, Quantum size effect, sifat unik nanomaterial

fraksi sinar matahari yang dapat diserap oleh semikonduktor⁵ ZnO. Untuk memperpanjang *range* serapan ZnO sampai pada sinar tampak dan memaksimalkan serapan sinar matahari, dapat dilakukan dengan jalan doping atau melalui sensitisasi zat warna pada semikonduktor ZnO. Dengan jalan doping diketahui ternyata beberapa tidak cukup baik resistivitas dan kristalinitasnya⁶. Melalui sensitisasi, diharapkan mampu memperlebar spektrum radiasi sinar matahari yang diserap oleh semikonduktor ZnO.

Selain dapat dimodifikasi *range* aktivitasnya supaya lebih panjang dari λ sinar UV, kemungkinan ZnO untuk dapat disintesis sebagai komposit dengan melibatkan bahan organik ramah lingkungan dapat dikembangkan. Sebagai contoh, polimer organik yang mengandung gugus fungsi siano (-CN), merkapto (-SH), dan amino (-NH₂) merupakan gugus yang memiliki afinitas tinggi untuk logam dan dapat berpotensi untuk dibuat nanokomposit polimer anorganik. Melalui gugus tersebut, ZnO dapat terikat menghasilkan senyawa baru yang mengandung kemampuan sebagaimana yang dikandung oleh gugus organik yang terikat. Gugus organik yang akan digunakan pada penelitian ini adalah senyawa organik yang berasal dari rumput laut. Bahan ini merupakan bahan alam hayati yang keberadaannya melimpah di perairan Indonesia. Rumput laut memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai bahan anti mikroba setelah penggunaan kitosan yang diakibatkan oleh kandungan senyawa antioksidan dan antiviral pada rumput laut (Ghosh *et al*, 2009). Oleh karena itu, rumput laut dapat di *blend* dengan ZnO untuk menghasilkan senyawa anti bakteri yang ramah lingkungan dan dapat dikembangkan

⁵ Tauste, D.G., 2008, Optimalisasi serapan semikonduktor TiO₂ pada range sinar tampak

⁶ Nam, S.H., Cho, S.J., and Boo, J.H., 2012, Sifat fisik ZnO-doped logam untuk aplikasi gelombang, MZO; SZO.

sebagai pengganti antibiotik. Upaya ini juga merupakan pemanfaatan potensi bahan alam Indonesia yang diselaraskan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam bidang rekayasa nanomaterial fungsional ramah lingkungan.

Mengingat potensi ZnO dan rumput laut yang perlu dikembangkan, peneliti memandang perlu pengkajian mengenai rekayasa nanomaterial fungsional seperti ZnO yang dimodifikasi permukaannya untuk menghasilkan komposit berdaya guna. Upaya yang dilakukan ini sebagai salah satu tujuan untuk mempelajari dan mengambil manfaat dari ciptaan Allah SWT sebagaimana firmanNya dalam QS. Al Baqarah 29 yang berbunyi “Dialah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu”.

Dengan demikian, penelitian dengan topik kajian kemampuan anti bakteri dari komposit oksida logam dan bahan alami penting untuk dilakukan. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat secara nyata dalam aplikasi nanomaterial fungsional. Dengan demikian, hasil berupa ide pengembangan nanomaterial fungsional ZnO yang lebih efektif, *renewable*, murah, ramah lingkungan, dan berpotensi sebagai agen anti bakteri dapat memberikan manfaat bagi masyarakat luas dan sebagai wujud nyata untuk menjadikan UIN Walisongo sebagai institusi yang berbasis riset di Indonesia.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan mengenai oksida logam ZnO dan kandungan bahan antioksidan sebagai metabolit sekunder pada rumput laut, maka masalah-masalah yang akan dikaji pada penelitian ini adalah:

1. Jenis rumput laut apa yang paling baik untuk menyusun komposit ZnO sebagai agen anti bakteri?
2. Bagaimana rute sintesis dan karakter komposit ZnO-rumput laut?
3. Bagaimana aktivitas anti bakteri ZnO dibandingkan dengan komposit ZnO-rumput laut?

I.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini fokus pada klaster yang dibahas, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Sintesis ZnO mengacu pada penelitian yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan prekursor Zn berasal dari ZnSO_4 , ZnCl_2 , dan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ dan metode solvothermal dengan pelarut etanol dan NaOH.
2. Rumput laut yang digunakan adalah beberapa jenis rumput laut yang berasal dari pesisir Kota Semarang.
3. Bakteri yang akan diuji adalah *Escherichia coli* ATCC 13762 (*E. coli*)

I.4 Signifikansi Penelitian

Dari penelitian ini dapat diharapkan dapat memberikan ide pengembangan nanomaterial fungsional ZnO yang lebih efektif, *renewable*, murah, ramah lingkungan, dan berpotensi sebagai agen anti bakteri yang diselaraskan dengan pemanfaatan bahan lokal. Dengan demikian, hasil penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat aplikasi nyata nanomaterial pada masyarakat luas. Selain itu, dari kajian ini dapat menjadi langkah konkret dalam mewujudkan Universitas Islam Negeri Walisongo menjadi salah satu *research university* yang berupaya untuk mengembangkan dan mengkaji

ilmu pengetahuan dan teknologi dengan tidak meninggalkan citra religi dan kearifan lokal, sehingga bermanfaat luas untuk masyarakat Jawa Tengah pada khususnya, serta lebih luas ke masyarakat Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Pustaka

Berbagai penelitian yang ditujukan pada kegiatan sintesis ZnO telah banyak dilakukan oleh peneliti baik dari dalam maupun luar negeri dengan bermacam-macam metode. Akan tetapi, untuk pengembangan nanomaterial ZnO khususnya sebagai bahan anti bakteri belum banyak dilakukan. Aplikasi nanomaterial ZnO yang telah banyak diterapkan adalah pemanfaatannya untuk *solar cell*/ DSSC karena aktivitas fotokatalitiknya. Selain itu ZnO juga dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis pada degradasi polutan organik maupun anorganik (Wang 2010; Azam *et al*, 2012). Dari penelitian tersebut ternyata diketahui ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang sangat baik, bersifat non toksik, dan transparan. Untuk memperpanjang jangkauan serapan, sistem doping menggunakan spesies kimia juga pernah dilakukan dan memberikan aktivitas yang baik sebagai fotokatalis dan anti

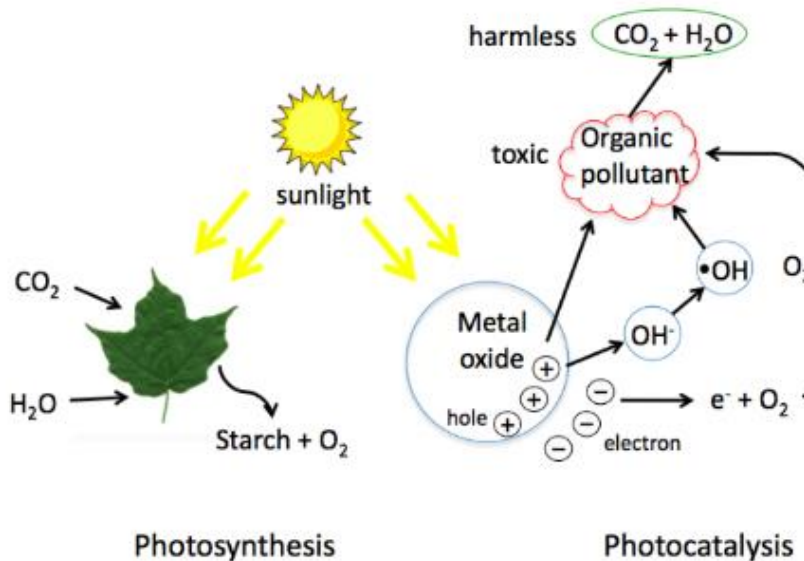
bakteri. Akan tetapi dengan sistem doping tersebut diketahui tidak memberikan resistivitas yang baik (Nam, *et al.*, 2010). Rumput laut seperti alga coklat *Padina gymnospora* dapat mengakumulasi muatan negatif yang berasal dari polisakarida dan dapat digunakan untuk sintesis komposit oksida logam, dengan demikian dilakukan peningkatan performa ZnO dilakukan sintesis komposit ZnO-rumput laut pada penelitian ini .

II.2 Kerangka Teori

II.2.1 ZnO dan Aplikasinya

Pemanfaatan zat warna organik seperti klorofil sebagai sensitiser telah dimulai sejak tahun 1972 dengan melibatkan ZnO yang berfungsi sebagai elektroda kerja. Hal ini berawal dari pembuatan sel surya yang diinspirasi oleh mekanisme fotosintesis yang terjadi di dalam daun pada tumbuhan. Di dalam daun, terkandung zat warna alam organik yang memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi cahaya matahari kemudian diikuti dengan peristiwa eksitasi elektron hingga terjadi suatu siklus yang dapat menghasilkan energi. Melalui dasar pemikiran tersebut, pada awalnya dikembangkan sel surya dengan menggunakan bahan semikonduktor berenergi celah pita lebar (seperti TiO_2 dan ZnO) yang tersensitisasi dengan klorofil. Dari sistem ini dapat disusun suatu proses konversi energi meskipun efisiensinya masih rendah, dengan perbandingan energi cahaya yang terkonversi menjadi energi listrik sebesar 1% (Tributsch, 1972 dalam Barkschat *et al.*, 2008). Karena kemampuannya sebagai elektroda kerja inilah ZnO telah dikenal sebagai material semikonduktor yang memiliki aplikasi luas di dalam pembangkitan energi berbasis tenaga surya yang tersusun dalam rangkaian divais *Dye*

Sensitized Solar Cell (DSSC). ZnO sebagai penyusun elektroda kerja memiliki aktivitas pada daerah sinar UV. Untuk memodifikasi permukaan ZnO supaya aktif pada daerah radiasi sinar tampak, maka diperlukan sensitiser yang dapat berfungsi untuk menangkap radiasi sinar tampak. Senyawa organik kompleks rutenium merupakan sensitiser pertama yang dikenalkan oleh Grätzel (1991). Selain sensitiser sintetis, sensitiser berbasis zat warna alam seperti antosianin, klorofil, dan kumarin dapat juga dimanfaatkan di dalam DSSC (Dai dan Rabani, 2001; Cherepy *et al.*, 1997; Polo dan Iha, 2003; Wongcharee *et al.*, 2007). Adapun dari uraian tersebut menjadi landasan bahwa ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik, dengan demikian dapat diaplikasikan pada reaksi reduksi-oksidasi dengan bantuan foton pada limbah maupun sel hidup sebagaimana halnya pada bakteri. Mekanisme aktivitas fotokatalitik ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Fotosintesis dan Fotokatalisis pada Oksida Logam (Baruah *et al.*, 2012)

Antosianin merupakan pigmen zat warna yang berwarna ungu kemerahan dan dapat dijumpai dalam biji, bunga, buah dan kulit buah pada tumbuhan (Dai dan Rabani, 2001; Wongcharee *et al.*, 2007). Antosianin menarik untuk dikembangkan sebagai sensitiser alami mengingat keberadaannya sangat melimpah dan memiliki serapan maksimum di daerah radiasi sinar tampak pada panjang gelombang 530 nm dan 620 nm yang merupakan indikasi keberadaan pigmen sianin dan delfinidin (Wongcharee *et al.*, 2007).

Material berskala nanometer (nanomaterial) berbasis bahan anorganik yang menarik untuk dikembangkan adalah material yang memiliki fungsi sebagai bahan semikonduktor. Material semikonduktor ini berperan penting pada system fotovoltaiik dan proses fotokatalisis, seperti TiO₂ (O'Regan dan Grätzel, 1991), ZnO (Guo *et al.*, 2002), α -MnO (Luo *et al.*, 2009), serta CdS dan CdSe (Zhou *et al.*, 2009).

Salah satu bahan semikonduktor yang memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang adalah TiO₂. TiO₂ memiliki aktivitas yang baik pada daerah aktivitas sinar UV dan memiliki energi celah pita yang cukup lebar sehingga akan memiliki performa yang baik apabila diaplikasikan di dalam *solar cell* dan reaksi fotokatalitik. TiO₂ dapat dimodifikasi untuk memiliki porositas tinggi, dapat dimodifikasi morfologinya sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan pengembangannya (Hoffman *et al.*, 1995). Penelitian tentang TiO₂ lebih diarahkan pada fabrikasi TiO₂ yang tersusun atas fasa kristal *anatase* dengan persentase tinggi dan memiliki luas permukaan besar serta aktivitasnya yang dapat bergeser hingga daerah sinar tampak, mengingat aktivitas TiO₂ tanpa modifikasi hanya berada di daerah sinar UV. Selain itu, penelitian yang mengarah pada modifikasi morfologi TiO₂

juga menjadi perhatian penting bagi para peneliti karena dengan morfologi berbeda akan muncul sifat fisik tertentu (Tsai dan Teng, 2004) yang dapat disesuaikan untuk aplikasi material tersebut.

Sejalan dengan tinjauan penelitian nanomaterial saat ini maka penelitian yang mengarah pada modifikasi morfologi berkarakter lebih baik daripada material dengan morfologi partikulat pada fasa ruahnya terus dikembangkan. Pengembangan modifikasi morfologi material telah dimulai sejak material yang berskala nanometer dan terdiri dari atom karbon dengan bentuk seperti sarang lebah (*honeycomb like structure*) atau yang lebih dikenal dengan karbon *nanotubes* ini berhasil disintesis oleh Iijima *et al.* (1991). Mengacu pada keberhasilan tersebut, pengembangan material dengan morfologi lain yang spesifik seperti bentuk *tubular, rod, wire, ribbon, whisker, belt*, dan lain sebagainya dengan basis material anorganik semakin meningkat pesat dari waktu ke waktu. Contohnya adalah TiO_2 dengan bentuk tabung berukuran spesifik pada skala nanometer yang sering disebut dengan *TiO₂ nanotubes* (TiNT).

TiNT ini memiliki berbagai keunggulan akibat sifat kimia maupun sifat fisiknya yang unik dan berbeda dari material berskala ruah (material dengan bentuk partikulat) yang muncul sebagai akibat perubahan morfologi dan ukuran jika dibandingkan dengan TiO_2 yang berbentuk partikulat fasa ruah. Keunggulan material ini ditinjau dari luas permukaan TiNT dan ukuran pori yang relatif besar sehingga TiNT akan berperanan baik sebagai fotokatalis (Seager *et al.*, 2000). TiNT telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pada sistem *hydrogen sensing* (Varghese *et al.*, 2003), divais sel surya (Flores *et al.*, 2007), reaksi fotokatalisis (Inagaki *et al.*, 2009), proses purifikasi air (John *et al.*, 2009), dan proses pengolahan limbah (Niu *et al.*, 2009). Energi celah pita dari TiNT

dinyatakan sebagai *forbidden gaps energy* dengan kisaran nilai 3,5-4,5eV (Enyashin *et al.*, 2006).

Metode sintesis TiNT telah banyak dikembangkan dari metode yang sangat sederhana dengan biaya yang relatif murah hingga metode yang melibatkan penggunaan teknologi mutakhir dengan biaya yang cukup mahal. Dari metode sederhana seperti metode hidrotermal sampai metode sedikit rumit yang melibatkan penggunaan templat (*templating-assisted method*), dan penggunaan larutan HF sebagai elektrolit di dalam proses mekanisme perpindahan electron dari anoda ke katoda (*electrochemically process*) yang cukup mahal. Metode hidrotermal merupakan metode sederhana dengan waktu reaksi relatif lama yang umum digunakan di dalam sintesis TiNT. Metode hidrotermal untuk TiNT ini pertama kali dikenalkan oleh Kasuga *et al.* (1999). Kasuga berhasil menemukan formula untuk membuat TiNT melalui proses hidrotermal TiO₂ partikulat fasa kristal *rutile* dalam suasana alkalis yang ekstrim pada temperatur di atas 100 °C. Meski dengan metode yang sederhana ini dapat diperoleh TiNT, akan tetapi material yang dihasilkan memiliki orientasi yang acak, ukuran yang tidak seragam, dan dalam laporan penelitian Kasuga *et al.* (1999) tidak dipaparkan dengan jelas tentang spesifikasi kristalinitas dari TiNT dan mekanisme reaksi pembentukan TiNT.

Setelah Kasuga *et al.* (1999) berhasil menemukan rute sintesis TiNT dalam suasana alkalis ekstrim dari TiO₂ fasa *rutile*, maka semakin banyak peneliti yang mengembangkan metode pembuatan TiNT beserta aplikasinya. Secara umum, tujuan sintesis TiNT diarahkan untuk memperoleh hasil sintesis dengan performa yang lebih baik serta untuk mempelajari rute sintesis TiNT melalui metode hidrotermal (Kukovecz *et al.*, 2005). TiNT dikatakan cukup baik performanya jika memiliki luas permukaan dan porositas besar serta didukung dengan kristalinitas yang cukup baik dan

terorientasi morfologinya secara vertikal. Meskipun metode yang digunakan sama yaitu metode hidrotermal, akan tetapi hasil sintesisnya dapat menjadi berlainan. Hal ini ditinjau dari karakter fisiknya, antara lain morfologi, orientasi, ketebalan dinding, panjang tabung, kristalinitas, luas permukaan, dan porositas (Wang *et al.*, 2005). Perbedaan tersebut terjadi karena adanya perlakuan berbeda pada saat sintesis yang meliputi jenis TiO_2 yang dipakai, waktu reaksi, temperatur hidrotermal, temperatur kalsinasi, proses pencucian, volume reaktan pada saat reaksi hidrotermal berlangsung, jenis basa alkalis yang digunakan dan perbandingan molar basa dengan sumber TiO_2 .

Melalui beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode hidrotermal untuk menghasilkan TiNT, diketahui bahwa tanpa perlakuan khusus ternyata akan diperoleh perbedaan morfologi yang diikuti dengan perubahan sifat fisik TiO_2 . Perubahan yang terjadi terlihat pada transformasi TiNT menjadi TiO_2 *nanowires* (TiNW) dan TiO_2 *nanoribbons* (TiNR). Meskipun dihasilkan perubahan dari berbagai perlakuan tersebut, namun tetap saja diperoleh material turunan TiO_2 dengan orientasi acak dan keseragaman bentuk yang rendah. Pada TiNT, diperoleh intensitas fasa kristal *anatase* yang cukup rendah. Rendahnya fasa kristal *anatase* ini terjadi karena pada proses formasi TiNT akan terbentuk fasa kristal titanat, bukan *anatase* (Kukovecz *et al.*, 2005).

Metode sintesis yang lain adalah metode sol gel. Metode ini dikembangkan sebelum TiNT berhasil disintesis dengan metode hidrotermal oleh Kasuga *et al.* (1999). Proses pembuatan TiNT melalui metode sol gel telah dilakukan oleh Kasuga *et al.* (1998), namun ternyata metode ini tidak begitu diminati untuk mensintesis TiNT karena dinilai memiliki tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibandingkan metode hidrotermal. Gel yang telah diperoleh dari proses ini akan

dipanaskan pada temperatur tinggi (sekitar 600 °C) dan selanjutnya harus diperlakukan dengan metode hidrotermal kembali untuk mendapatkan TiNT kristalin (Flores *et al.*, 2007). Dengan metode sol gel ini ternyata juga masih diperoleh TiNT dengan orientasi acak.

Proses transfer elektron, transpor elektron, dan perkolasi elektrolit merupakan hal penting yang harus diperhatikan di dalam DSSC. Nanomaterial semikonduktor dengan morfologi satu dimensi dan memiliki orientasi vertical akan lebih disukai untuk divais DSSC karena proses transpor elektron akan dinilai berjalan lebih baik (Jennings *et al.*, 2008). Berbagai usaha telah dilakukan untuk mensintesis lapisan TiNT pada substrat kaca melalui metode hidrotermal. Pelapisan TiNT pada substrat kaca ini telah dilakukan oleh Guo *et al.* (2008). Akan tetapi dari karakterisasi hasil yang diperoleh masih relatif sama seperti TiNT yang tidak dilapiskan pada substrat kaca pada metode hidrotermal. Tanpa adanya modifikasi perlakuan semacam reaksi elektrokimia dan pengarahan bentuk pada metode hidrotermal maka akan sukar diperoleh TiNT dengan tingkat keseragaman bentuk tinggi dan orientasi vertikal (Gang *et al.*, 2009).

Dengan teknik Langmuir-Blodgett pun ternyata juga belum dapat diperoleh TiNT yang terlapiskan pada substrat kaca dengan orientasi vertikal (Takahashi *et al.*, 2008). Untuk menjembatani keterbatasan produk yang diperoleh dari proses sintesis pada metode hidrotermal dan sol gel, maka para peneliti mengembangkan suatu metode sintesis TiNT yang menghasilkan lapisan TiNT terorientasi vertical dengan keseragaman morfologi relatif baik yang melibatkan penggunaan reaksi reduksi oksidasi. Metode tersebut dikenal dengan nama metode anodisasi yang akan menghasilkan TiNT yang relatif lebih baik dibandingkan produk metode

hidrotermal dan sol gel ditinjau dari morfologi, orientasi, dan kristalinitasnya.

Beberapa penelitian terkait dengan keberhasilan sintesis dan aplikasi TiNT melalui metode anodisasi telah banyak dilaporkan, seperti yang telah dilakukan oleh Varghese *et al.* (2003), Raja *et al.* (2006), Xiao *et al.* (2008), Xie *et al.* (2006), Albu *et al.* (2007), Bae *et al.* (2007), Kuang *et al.* (2008), Shankar *et al.* (2009), dan Zhang *et al.* (2009). Melalui metode anodisasi dapat diperoleh lapisan TiNT dengan orientasi vertikal dan bentuk yang seragam, namun begitu terdapat kelemahan pada metode anodisasi, yaitu pada permasalahan biaya sintesis yang dinilai relatif mahal. Di dalam metode ini dibutuhkan kompartemen penyusun sistem yang berharga relatif mahal dan larutan elektrolit dengan *life time* yang relatif pendek, seperti etilen glikol dan turunannya.

Metode lain yang dikembangkan untuk sintesis TiNT adalah metode *templating assisted method*, yakni metode sintesis yang melibatkan penggunaan templat. Sebenarnya metode ini bukanlah hal baru di dalam proses sintesis TiNT. Akan tetapi metode ini dapat dijadikan sebagai metode alternatif pada sintesis TiNT karena perlakuan sintesisnya yang lebih praktis dan tidak melibatkan reaksi elektrokimia dengan biaya mahal. Supaya dihasilkan lapisan TiNT, maka dipilih templat yang mudah untuk dihilangkan dan proses penghilangannya sedapat mungkin tidak akan merusak morfologi TiNT. Templat tersebut adalah ZnO nanorod yang disintesis dari garam seng terhidrat dan basa $C_6H_{12}N_4$ dengan metode hidrotermal. ZnO nanorod dipilih sebagai alternatif templat mengingat ZnO nanorod ini mudah terdesolusi dalam suasana asam (Vayssieres *et al.*, 2001). Apabila digunakan metode *templating assisted method*, maka ada dua cara yang dapat dipilih, yaitu gabungan metode *templating assisted method* dengan teknik *Liquid Phase Deposition* (LPD) yang dipopulerkan oleh Lee *et al.* (2005) serta gabungan metode

templating assisted method dan teknik sol gel yang telah dilaporkan oleh Qiu *et al.* (2006). Dengan penggabungan tersebut maka diharapkan dapat diperoleh TiNT yang memiliki performa lebih baik dilihat dari orientasi, kristalinitas, luas permukaan, kemurnian tinggi, tingkat keseragaman, dan morfologinya dengan biaya sintesis yang relatif murah, temperatur reaksi rendah, dan kemudahan cara sintesisnya (Qiu *et al.*, 2006).

Melalui gabungan metode *templating assisted method* dan LPD, Lee *et al.* (2005) telah berhasil membuat TiNT dengan menggunakan templat ZnO nanorod dari reaksi ammonium heksafluorotitanat (AHFT) dalam pelarut asam borat (H_3BO_3) dan air dengan waktu kontak selama tiga jam. Keberadaan H_3BO_3 memiliki peranan penting di dalam proses *scavenging* ketika terjadi hidrolisis dari kompleks logam fluorin seperti AHFT (Guo *et al.*, 2002). Reaksinya dapat dituliskan pada Persamaan berikut (Lee *et al.*, 2005):

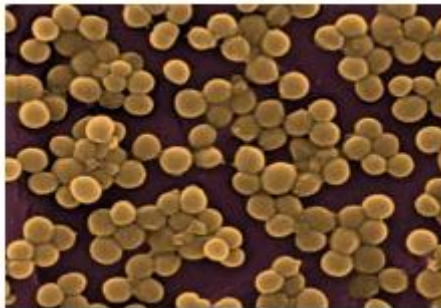


Begum dan Farveez (2007) telah berhasil membuat lapis tipis TiO_2 dengan metode LPD tanpa melibatkan prekursor titania seperti AHFT pada rute sintesisnya. Di dalam prosesnya, digunakan serbuk TiO_2 yang dilarutkan dalam larutan HF 5% pada temperatur kamar yang selanjutnya diencerkan dengan air dan H_3BO_3 , sehingga di dalam sistem tersebut diharapkan terjadi reaksi yang mekanismenya sesuai dengan reaksi metode LPD pada umumnya. Hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa material tersebut dapat diaplikasikan secara baik pada reaksi fotokatalisis.

II.2.2 Bakteri Staphylococcus aureus

II.2.2.1. Pendahuluan

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2 μm , tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan tidak bergerak (Gambar 2.1). Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37 °C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Lebih dari 90% isolat klinik menghasilkan *S. aureus* yang mempunyai kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam virulensi bakteri (Jawetz et al., 1995 ; Novick et al., 2000).



Gambar 1 Bentuk Mikroskopis *S. aureus*

II.2.2.1. Patogenisitas

Sebagian bakteri Stafilokokus merupakan flora normal pada kulit, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan makanan pada manusia. Bakteri ini juga ditemukan di udara dan lingkungan sekitar. *S. aureus* yang patogen bersifat invasif, menyebabkan hemolisis, membentuk koagulase, dan mampu meragikan manitol (Warsa, 1994).

Infeksi oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses bernanah. Beberapa penyakit infeksi yang disebabkan oleh *S. aureus* adalah bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka. Infeksi yang lebih berat diantaranya pneumonia, mastitis, plebitis, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomielitis, dan endokarditis. *S. aureus* juga merupakan penyebab utama infeksi nosokomial, keracunan makanan, dan sindroma syok toksik (Ryan, et al., 1994; Warsa, 1994). Bisul atau abses setempat, seperti jerawat dan borok merupakan infeksi kulit di daerah folikel rambut, kelenjar sebacea, atau kelenjar keringat. Mula-mula terjadi nekrosis jaringan setempat, lalu terjadi koagulasi fibrin di sekitar lesi dan pembuluh getah bening, sehingga terbentuk dinding yang membatasi proses nekrosis. Infeksi dapat menyebar ke bagian tubuh lain melalui pembuluh getah bening dan pembuluh darah, sehingga terjadi peradangan pada vena, trombosis, bahkan bakterimia. Bakterimia dapat menyebabkan terjadinya endokarditis, osteomielitis akut hematogen, meningitis atau infeksi paru-paru (Warsa, 1994; Jawetz et al., 1995). Kontaminasi langsung *S. aureus* pada luka terbuka (seperti luka pascabedah) atau infeksi setelah trauma (seperti osteomielitis kronis setelah fraktur terbuka) dan meningitis setelah fraktur tengkorak, merupakan penyebab infeksi nosokomial (Jawetz et al., 1995). Keracunan makanan dapat disebabkan kontaminasi enterotoksin dari *S. aureus*. Waktu onset dari gejala keracunan biasanya cepat dan akut, tergantung pada daya tahan tubuh dan banyaknya toksin yang termakan. Jumlah toksin yang dapat menyebabkan keracunan adalah 1,0 µg/gr makanan. Gejala keracunan 3 ditandai oleh rasa mual, muntah-muntah, dan diare yang hebat tanpa disertai demam (Ryan, et al., 1994 ; Jawetz et al., 1995). Sindroma syok toksik (SST) pada infeksi *S. aureus* timbul secara tiba-tiba dengan gejala demam tinggi, muntah, diare, mialgia, ruam, dan hipotensi, dengan gagal jantung dan ginjal pada

kasus yang berat. SST sering terjadi dalam lima hari permulaan haid pada wanita muda yang menggunakan tampon, atau pada anakanak dan pria dengan luka yang terinfeksi stafilokokus. *S. aureus* dapat diisolasi dari vagina, tampon, luka atau infeksi lokal lainnya, tetapi praktis tidak ditemukan dalam aliran darah (Jawetz et al., 1995).

II.2.2. 3. Faktor Virulensi *S. aureus*

S. aureus dapat menimbulkan penyakit melalui kemampuannya tersebar luas dalam jaringan dan melalui pembentukan berbagai zat ekstraseluler. Berbagai zat yang berperan sebagai faktor virulensi dapat berupa protein, termasuk enzim dan toksin, contohnya:

1. Katalase

Katalase adalah enzim yang berperan pada daya tahan bakteri terhadap proses fagositosis. Tes adanya aktivitas katalase menjadi pembeda genus *Staphylococcus* dari *Streptococcus* (Ryan et al., 1994; Brooks et al., 1995).

2. Koagulase

Enzim ini dapat menggumpalkan plasma oksalat atau plasma sitrat, karena adanya faktor koagulase reaktif dalam serum yang bereaksi dengan enzim tersebut. Esterase yang dihasilkan dapat meningkatkan aktivitas 4 penggumpalan, sehingga terbentuk deposit fibrin pada permukaan sel bakteri yang dapat menghambat fagositosis (Warsa, 1994).

3. Hemolisin

Hemolisin merupakan toksin yang dapat membentuk suatu zona hemolisis di sekitar koloni bakteri. Hemolisin pada *S. aureus* terdiri dari alfa hemolisin, beta hemolisin, dan delta hemolisin. Alfa hemolisin adalah toksin yang bertanggung jawab terhadap pembentukan zona hemolisis di sekitar koloni *S. aureus* pada medium agar darah. Toksin ini dapat

menyebabkan nekrosis pada kulit hewan dan manusia. Beta hemolisin adalah toksin yang terutama dihasilkan Stafilokokus yang diisolasi dari hewan, yang menyebabkan lisis pada sel darah merah domba dan sapi. Sedangkan delta hemolisin adalah toksin yang dapat melisiskan sel darah merah manusia dan kelinci, tetapi efek lisisnya kurang terhadap sel darah merah domba (Warsa, 1994).

4. Leukosidin

Toksin ini dapat mematikan sel darah putih pada beberapa hewan. Tetapi perannya dalam patogenesis pada manusia tidak jelas, karena Stafilokokus patogen tidak dapat mematikan sel-sel darah putih manusia dan dapat difagositosis (Jawetz et al., 1995).

5. Toksin eksfoliatif

Toksin ini mempunyai aktivitas proteolitik dan dapat melarutkan matriks mukopolisakarida epidermis, sehingga menyebabkan pemisahan intraepitelial pada ikatan sel di stratum granulosum. Toksin eksfoliatif merupakan penyebab 5 Staphylococcal Scalded Skin Syndrome, yang ditandai dengan melepuhnya kulit (Warsa, 1994).

6. Toksin Sindrom Syok Toksik (TSST)

Sebagian besar galur *S. aureus* yang diisolasi dari penderita sindrom syok toksik menghasilkan eksotoksin pirogenik. Pada manusia, toksin ini menyebabkan demam, syok, ruam kulit, dan gangguan multisistem organ dalam tubuh (Ryan, et al., 1994; Jawetz et al., 1995).

7. Enterotoksin

Enterotoksin adalah enzim yang tahan panas dan tahan terhadap suasana basa di dalam usus. Enzim ini merupakan

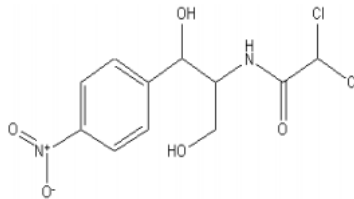
penyebab utama dalam keracunan makanan, terutama pada makanan yang mengandung karbohidrat dan protein (Jawetz et al., 1995).

II.2.2. 4. Pengobatan

Pengobatan terhadap infeksi *S. aureus* dilakukan melalui pemberian antibiotik, yang disertai dengan tindakan bedah, baik berupa pengeringan abses maupun nekrotomi. Pemberian antiseptik lokal sangat dibutuhkan untuk menangani furunkulosis (bisul) yang berulang. Pada infeksi yang cukup berat, diperlukan pemberian antibiotik secara oral atau intravena, seperti penisilin, metisillin, sefalosporin, eritromisin, linkomisin, vankomisin, dan rifampisin. Sebagian besar galur *Stafilokokus* sudah resisten terhadap berbagai antibiotik tersebut, sehingga perlu diberikan antibiotik berspektrum lebih luas seperti kloramfenikol, amoksisilin, dan tetrasiklin (Ryan et al., 1994; Warsa, 1994; Jawetz et al., 1995 dalam Kusuma, 2009).

II.2.2 Kloramfenikol

Dalam Kusuma (2009) disebutkan bahwa kloramfenikol adalah antibiotik yang diisolasi pertama kali pada tahun 1947 dari *Streptomyces venezuelae*. Penggunaan obat ini meluas dengan cepat, karena mempunyai daya antibiotika yang kuat. Pada tahun 1950, diketahui bahwa antibiotik ini dapat menimbulkan anemia aplastik yang fatal, sehingga penggunaannya dibatasi (Mycek et al., 1992)



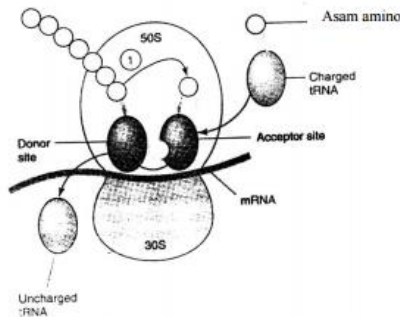
Gambar 2. Struktur kimia kloramfenikol (Depkes RI, 1995)
D-treo-(-)-2,2-Dikloro-N-[[β-hidroksi-α-(hidroksimetil)-p-nitrofenil]asetamida C₁₁H₁₂ Cl₂ N₂ O₅ , BM 323,13

Gambar 2 Struktur kimia kloramfenikol

Kloramfenikol yang diberikan secara intravena maupun oral dapat diabsorpsi sempurna, karena bersifat lipofilik. Antibiotik ini didistribusikan secara luas ke seluruh tubuh, termasuk ke jaringan otak, cairan serebrospinal, dan mata. Waktu paruh kloramfenikol pada orang dewasa kurang lebih 3 jam, sedangkan pada bayi berumur kurang dari 2 minggu sekitar 24 jam. Sekitar 50 % kloramfenikol dalam darah terikat dengan albumin (Katzung, 1998). Di dalam hati, kloramfenikol terkonjugasi dengan asam glukuronat oleh aktivitas enzim glukuronil transferase, sehingga waktu paruh kloramfenikol pada 7 pasien gangguan fungsi hati dapat diperpanjang menjadi 24 jam, sekitar 80-90 % kloramfenikol peroral diekskresikan melalui ginjal, 5-10 % diantaranya diekskresi dalam bentuk aktif, sedang sisanya dalam bentuk glukuronat atau hidrolisat lain yang tidak aktif. Pada kasus gagal ginjal, waktu paruh kloramfenikol bentuk aktif tidak berubah, tetapi terjadi akumulasi metabolitnya yang non toksik. Oleh karena itu, pada pasien dengan gangguan fungsi hati dan gagal ginjal, dosis antibiotik ini perlu dikurangi (Setiabudy dkk., 1995).

Kloramfenikol bekerja menghambat sintesis protein pada sel bakteri. Kloramfenikol akan berikatan secara reversibel dengan unit ribosom 50 S, sehingga mencegah ikatan antara

asam amino dengan ribosom. Obat ini berikatan secara spesifik dengan akseptor (tempat ikatan awal dari amino asil t-RNA) atau pada bagian peptidil, yang merupakan tempat ikatan kritis untuk perpanjangan rantai peptida (Setiabudy dkk, 1995; Katzung, 1998).



Gambar 3 Mekanisme kerja kloramfenikol dalam sintesis protein (Katzung, 2004)

Keterangan : (1) tempat kerja kloramfenikol

Gambar 3 Mekanisme kerja kloramfenikol

Kloramfenikol merupakan antibiotika dengan spektrum luas yang efektif terhadap *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus viridans*, *Haemophilus*, *Neisseria*, *Bacillus* spp, *Listeria*, *Bartonella*, *Brucella*, *Chlamydia*, *Mycoplasma*, *Rickettsia*, *Treponema*, dan kuman anaerob seperti *Bacillus fragilitis*. Kloramfenikol umumnya bersifat bakteristatik, tetapi pada konsentrasi tinggi kadang-kadang bersifat bakterisidal (Setiabudy dkk, 1995; Katzung, 1998). Beberapa galur *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenza*, dan *Neisseria meningitidis* telah resisten terhadap antibiotik ini. *S. aureus* umumnya sensitif terhadap antibiotik ini, sedangkan kebanyakan

Enterobacteriaceae telah resisten. Kebanyakan galur *Serratia*, *Providencia*, *Proteus retgerii*, *Pseudomonas aeruginosa* dan galur tertentu *Salmonella typhi* juga resisten terhadap kloramfenikol (Setiabudy dkk, 1995)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Prekursor Zn dapat berupa $\text{Zn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; ZnCl_2 , dan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (Merck), Etanol (Merck), NaOH (Merck), NH_3 (Merck), Pigmen yang merupakan ekstrak dari tumbuhan alam, kertas saring Whatman 42, akuades, akuademineralisasi serta rumput laut *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii* coklat, dan *Eucheuma cottonii* hijau dari Kabupaten Sumenep.

2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini terdiri dari dua kelompok yaitu alat preparasi dan alat analisis. Alat preparasi antara lain peralatan laboratorium dari gelas dan plastik; pengaduk magnet; termometer; desikator; timbangan analitik; oven; alat untuk

menghaluskan dapat digunakan *blender*, dan *stirrer-hot plate*. Alat analisis seperti difraktometer sinar- X; spektrofotometer infra merah, serta alat analisa uji antibakteri.

3. Prosedur Penelitian

Beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan meliputi beberapa hal sebagai berikut:

a. Sintesis ZnO (Sampel A)

Sebanyak 25 ml precursor Zn dengan konsentrasi 25% dipanaskan dan diaduk pada temperatur 70 °C selama dua jam dan didinginkan. Setelah mencapai suhu kamar, sebanyak 25 ml larutan NaOH 25% ditambahkan dengan cara bertetes-tetes secara perlahan ke dalam larutan Zn. Selanjutnya larutan diaduk selama 48 jam pada temperatur kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuademineralisasi selama beberapa kali sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama dua jam.

b. Sintesis ZnO (Sampel B)

Sebanyak 25 ml prekursor Zn dengan konsentrasi 25% dicampur dengan 25 ml larutan NaOH 25%. Pecampuran dilakukan dengan cara bertetes-tetes secara perlahan ke dalam larutan Zn. Selanjutnya, larutan diaduk selama 48 jam pada temperatur kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuademineralisasi selama beberapa kali sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama dua jam.

c. Sintesis bahan komposit ZnO-rumput laut *Eucheuma cottonii* hijau (Sampel C)

Sebanyak 25 ml prekursor Zn dengan konsentrasi 25% dicampurkan dengan 0,5 gr rumput laut *Eucheuma cottonii* hijau halus. Selanjutnya campuran dipanaskan dan diaduk pada temperatur 70 °C selama dua jam serta didinginkan. Setelah mencapai suhu kamar, larutan jernih hasil penyaringan dicampur dengan 25 ml larutan NaOH 25% dengan cara bertetes-tetes, kemudian larutan diaduk selama 48 jam pada temperatur kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuademineralisasi selama beberapa kali sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama dua jam.

d. Sintesis bahan komposit ZnO-rumput laut *Eucheuma cottonii* coklat (Sampel D)

Sebanyak 25 ml prekursor Zn dengan konsentrasi 25% dicampurkan dengan 0,5 gr rumput laut *Eucheuma cottonii* coklat halus. Selanjutnya campuran dipanaskan dan diaduk pada temperatur 70 °C selama dua jam serta didinginkan. Setelah mencapai suhu kamar, larutan jernih hasil penyaringan dicampur dengan 25 ml larutan NaOH 25% dengan cara bertetes-tetes, kemudian larutan diaduk selama 48 jam pada temperatur kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuademineralisasi selama beberapa kali sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama dua jam.

e. Sintesis bahan komposit ZnO-rumput laut *Eucheuma spinosum* (Sampel E)

Sebanyak 25 ml prekursor Zn dengan konsentrasi 25% dicampurkan dengan 0,5 gr rumput laut *Eucheuma spinosum* halus. Selanjutnya campuran dipanaskan dan diaduk pada temperatur 70 °C selama dua jam serta

didinginkan. Setelah mencapai suhu kamar, larutan jernih hasil penyaringan dicampur dengan 25 ml larutan NaOH 25% dengan cara bertetes-tetes, kemudian larutan diaduk selama 48 jam pada temperatur kamar. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuademineralisasi selama beberapa kali sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada 110 °C selama dua jam.

f. Uji kristalinitas dan gugus fungsi

Masing-masing sampel A, B, C, D, dan E juga rumput laut *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii* coklat, dan *Eucheuma cottonii* hijau dianalisa dengan menggunakan alat Difraktometer sinar X (XRD, Shimadzu XRD-6000 Elmer) dan spektrofotometer Infra Merah di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada.

g. Uji potensi anti bakteri

Uji potensi anti bakteri dalam penelitian ini melalui metode *disc diffusion* yang dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Bagian Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Adapun langkah penelitian dengan metode ini dapat dilakukan sebagai berikut yang diadaptasi dari penelitian yang dilakukan oleh Miranti (2013):

1. Pembuatan Media

Media yang dapat digunakan merupakan media berbentuk padat yang berasal dari *Tryptone Soya Agar* (TSA) dan media cair dari *Tryptone Soya Broth* (TSB). Media TSA dapat dibuat dengan cara melarutkan 40 gram serbuk tersebut dalam 1 liter akuades dan diaduk sampai larutan benar-benar larut dan homogen. Selanjutnya untuk media lain yang berbentuk cair, yakni TSB dapat disiapkan dengan cara melarutkan 30 gram padatan tersebut ke dalam 1 liter akuades dan diaduk sampai larutan benar-benar larut dan homogen. Sebelum digunakan, kedua media ini sebaiknya disterilkan terlebih dahulu di dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit.

2. Pembuatan Kertas Cakram

Pembuatan kertas cakram dapat dilakukan dengan cara menyiapkan potongan kertas saring yang terbuat dari kertas saring berbentuk cakram berdiameter 6 mm yang berasal dari kertas saring Whatman 42. Potongan kertas saring tersebut selanjutnya diletakkan ke dalam cawan petri yang kemudian disterilkan di dalam autoklaf bersuhu 121°C selama 20 menit. Selanjutnya, kertas cakram yang telah disterilkan tersebut ditetesi dengan larutan uji masing-masing (sampel A, B, C, D, dan E) dengan berbagai konsentrasi beserta kontrol positif serta kontrol negatif masing-masing.

3. Perhitungan Koloni Bakteri

Perhitungan jumlah koloni isolat bakteri dilakukan dengan melalui metode pengenceran.

Disiapkan beberapa tabung reaksi yang masing-masing berisi 9 mL larutan NaCl fisiologis. Ambil 1 mL isolat bakteri, lalu dilarutkan dalam tabung reaksi pertama, faktor pengenceran dalam tabung reaksi pertama diambil 10-1, kemudian dari tabung reaksi pertama diambil 1 mL lalu dilarutkan dalam tabung reaksi kedua. Pengenceran ini dilakukan berturut-turut sampai tabung reaksi ke 6. Setiap pengenceran dari masing-masing tabung diambil 1 mL larutan. Kemudian dituang dalam media Tryptone Soya Agar dalam keadaan cair dan digoyang perlahan-lahan searah jarum jam. Pertumbuhan koloni dari tiap-tiap cawan dihitung setelah diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Kemudian pilih cawan petri yang pertumbuhan koloninya berkisar antara 25- 250 koloni per cawan petri, untuk digunakan untuk penelitian.

4. Penentuan Lebar Daerah Hambat Metode pengujian ini dilakukan menggunakan metode difusi kertas cakram, yaitu dengan menggunakan pinset steril, kertas cakram diletakkan di atas lempeng media Tryptone Soya Agar yang telah dicampur dengan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *E. coli* dengan konsentrasi tertentu, kemudian masing-masing sampel yang dilarutkan dengan pelarut DMSO dengan konsentrasi 100 mg/L dan kelipatannya diteteskan sebanyak 15 µL ke dalam kertas cakram, dengan perlakuan yang sama, begitu juga dengan akuades sebagai kontrol negatif dan amoksisilin 10 ppm (10 µg/mL) sebagai kontrol positif. Cawan petri kemudian diinkubasi dalam

inkubator selama 24 jam pada suhu 37 °C. Setelah diinkubasi diamati dan diukur lebar daerah hambat dari zona yang terbentuk menggunakan penggaris, sehingga diketahui lebar daerah hambat dari masing-masing sampel.

5. Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Pengukuran KHM dilakukan untuk mengetahui konsentrasi mana yang terkecil dan dapat menghambat bakteri. KHM ditandai dengan tidak tumbuhnya bakteri. Pengujian dilakukan untuk bakteri *S. aureus* dan *E. coli*.

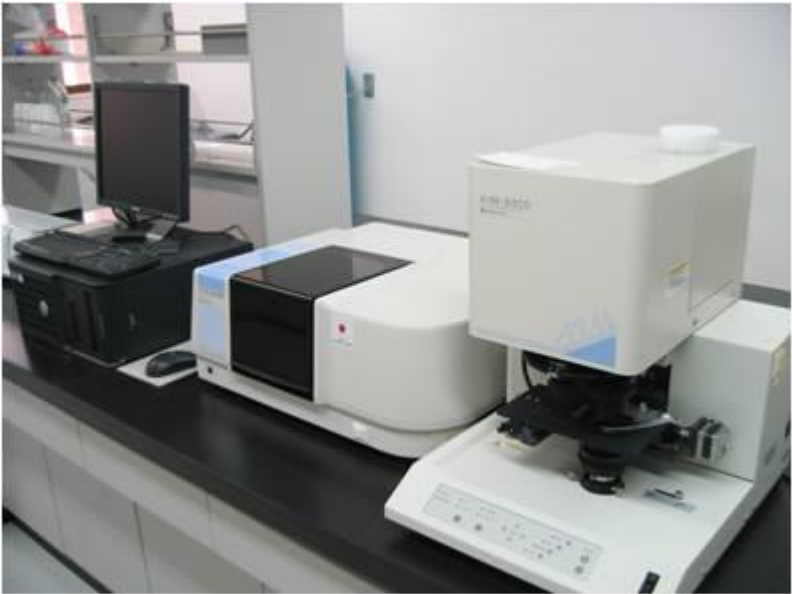
III.2 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini, instrumen penelitian adalah alat yang dipakai untuk karakterisasi material. Adapun instrument yang digunakan sebagai berikut:

1. Difraktometer sinar-X (XRD, Shimadzu XRD-6000 Elmer) untuk mengetahui kristalinitas dari bahan semikonduktor yang dipakai. Alat tersebut terdapat di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA UGM.
2. Spektrometer IR yang berada di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia FMIPA UGM.

Adapun data yang diperoleh meliputi:

1. Kristalinitas ZnO dan ZnO rumput laut
2. Gugus fungsi yang terkandung dalam sampel
3. Hasil analisa uji anti bakteri.



Gambar 4 Alat Spektrofotometer Infra Merah



Gambar 5 Alat Difraksi Sinar X⁷

⁷ Gambar diambil dari alamat sebagai berikut:
https://www.google.co.id/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fse.rc.carleton.edu%2Fimages%2Fresearch_education%2Fgeochemsheets%2Ftechniques%2FD8-Discover-bruker.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fblog.orybooks.com%2F2009%2F05%2Fprinsip-dasar-spektroskopi-difraksi.html&docid=MNLTqvia0arLSM&tbid=-gC1tgMVad0kfM%3A&w=475&h=600&bih=613&biw=1366&ved=0ahUKEwjV18adIJ3PAhWIPi8KHdXICjkQMwgKAIwAg&iact=mrc&uact=8

BAB IV

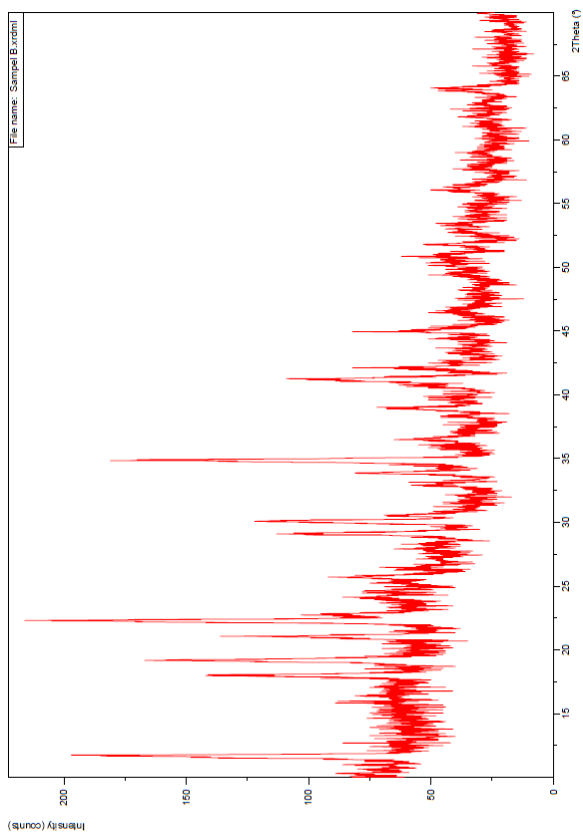
HASIL PENELITIAN

Untuk mengetahui hasil penelitian, maka dilakukan analisis data yang diperoleh baik dari data awal maupun data hasil penelitian. Analisa dilakukan dengan instrumentasi untuk penentuan morfologi, kristalinitas, dan luas permukaan/porositas. Adapun hasil penelitian akan dibahas pada bab ini.

IV.1. Hasil Penelitian

IV.1.1 Hasil Analisa dengan XRD

Melalui karakterisasi dengan XRD, diperoleh data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar berikut:



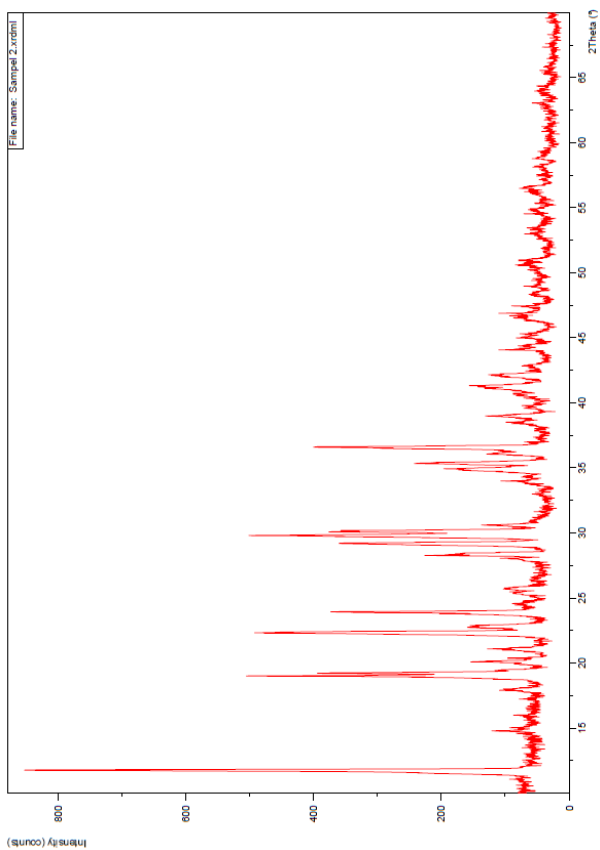
Gambar 6 Difraktogram XRD Sampel

Dengan data sebagai berikut:

Peak List

Pos.[°2Th.]	Height[cts]	FWHM[°2Th.]	d-spacing[Å]	Rel.Int.[%]
11.7240	119.80	0.1181	7.54841	80.99
17.9954	64.92	0.1968	4.92942	43.89
19.1776	103.83	0.1574	4.62814	70.19
21.0517	69.00	0.1181	4.22017	46.64
22.2861	147.93	0.2362	3.98913	100.00
25.7055	29.09	0.2362	3.46573	19.67
29.1139	66.39	0.1968	3.06728	44.88
30.0913	82.93	0.3149	2.96984	56.06
32.9438	20.23	0.2362	2.71892	13.68
33.8811	48.51	0.1574	2.64582	32.79
34.8765	130.19	0.3149	2.57256	88.01
36.4704	21.09	0.4723	2.46370	14.25
38.9409	33.70	0.2362	2.31290	22.78
41.2339	68.90	0.2755	2.18942	46.58
42.1014	30.60	0.3149	2.14630	20.69
45.0123	28.93	0.2362	2.01403	19.55
46.5559	12.74	0.4723	1.95079	8.61
51.7993	17.09	0.2362	1.76498	11.55
53.0934	7.16	0.6298	1.72497	4.84
56.1602	17.24	0.4723	1.63783	11.66
64.0022	16.70	0.6720	1.45357	11.29

Tabel 1 Tabel puncak 2-theta tertinggi untuk sampel B



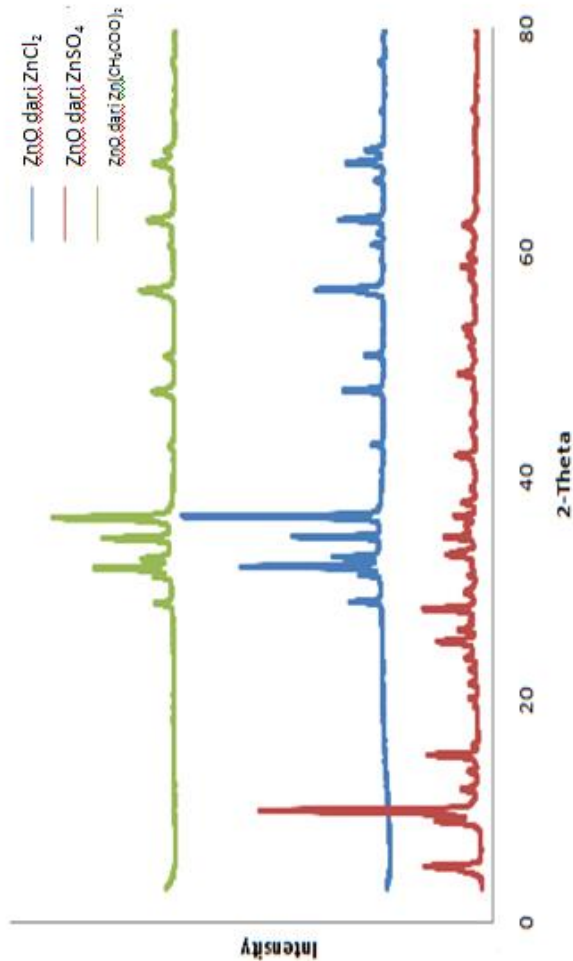
Gambar 7 Difraktogram ZnO

Dengan data sebagai berikut:

Tabel 2 Tabel puncak 2-theta tertinggi untuk sampel
2

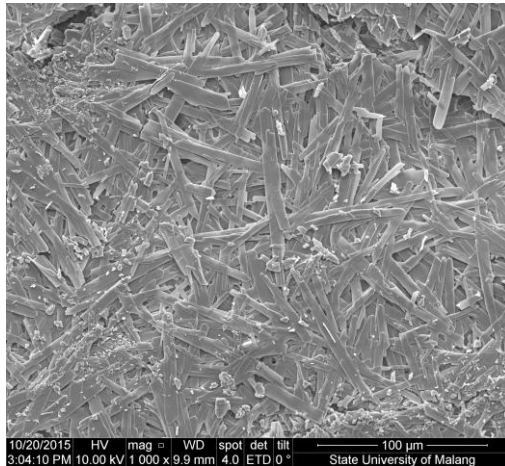
Peak List

Pos. [°2Th.]	Height[cts]	FWHM[°2Th.]	d-spacing[Å]	Rel.Int. [%]
11.7690	790.15	0.1181	7.51961	100.00
14.7913	54.05	0.1181	5.98923	6.84
17.9473	49.93	0.2362	4.94254	6.32
19.0059	458.49	0.0787	4.66957	58.03
19.2263	326.09	0.0984	4.61652	41.27
20.1135	93.44	0.0984	4.41485	11.83
21.0740	65.41	0.2362	4.21576	8.28
22.3330	448.26	0.1771	3.98087	56.73
22.7943	102.96	0.2362	3.90133	13.03
23.9145	280.96	0.0984	3.72106	35.56
24.5467	34.56	0.3149	3.62664	4.37
25.7130	58.27	0.1968	3.46472	7.37
28.2721	186.21	0.0590	3.15667	23.57
29.1994	324.83	0.1378	3.05849	41.11
29.8067	468.54	0.0787	2.99754	59.30
30.1785	300.28	0.0787	2.96146	38.00
30.5896	92.90	0.1574	2.92259	11.76
33.9476	44.55	0.2362	2.64079	5.64
34.9018	143.72	0.2755	2.57074	18.19
35.3601	196.83	0.1574	2.53847	24.91
36.1029	89.13	0.1574	2.48793	11.28
36.5961	367.34	0.0787	2.45552	46.49
38.4787	49.56	0.2362	2.33961	6.27
38.9903	91.28	0.1574	2.31008	11.55
39.6776	28.49	0.3149	2.27164	3.61
41.2849	106.29	0.1574	2.18684	13.45
42.1310	85.06	0.3149	2.14486	10.76
42.8279	30.71	0.2362	2.11156	3.89
44.1231	44.60	0.1181	2.05253	5.64
45.0909	33.29	0.3936	2.01070	4.21
46.6707	44.09	0.4723	1.94626	5.58
47.4080	36.75	0.2362	1.91770	4.65
48.3891	23.29	0.2362	1.88108	2.95
50.7597	33.23	0.6298	1.79866	4.20
53.1769	19.12	0.9446	1.72246	2.42
54.7190	22.72	0.4723	1.67751	2.88
56.5225	42.11	0.2362	1.62819	5.33
58.8433	23.28	0.2362	1.56939	2.95
62.9069	14.01	0.4723	1.47744	1.77
64.0416	16.76	0.7680	1.45277	2.12

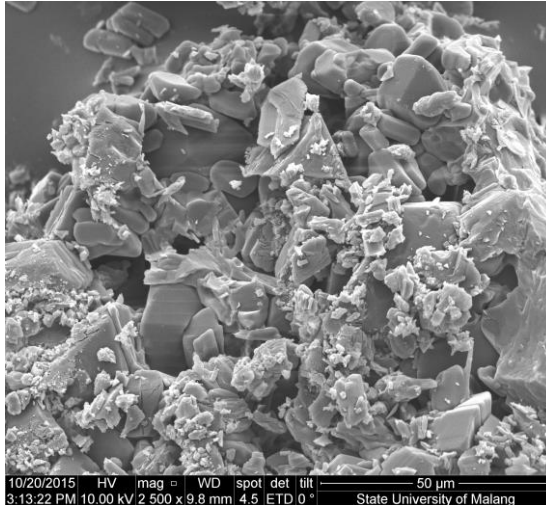


Gambar 8 Gambar 8 Difraktogram ZnO dari berbagai prekursor

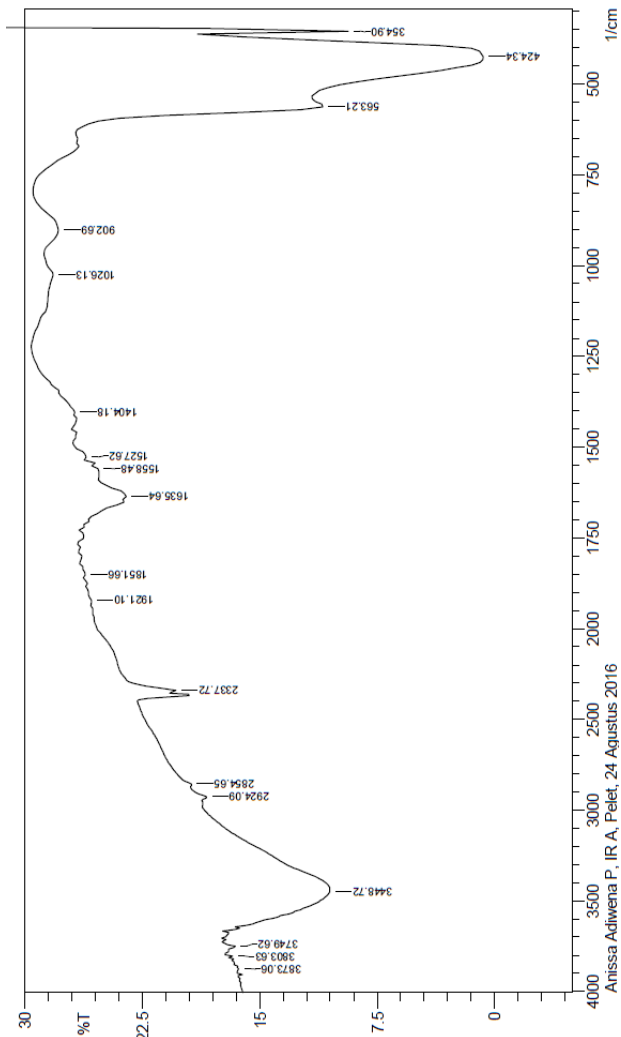
IV.1.2 Hasil Analisa dengan SEM



Gambar 9 Morfologi ZnO



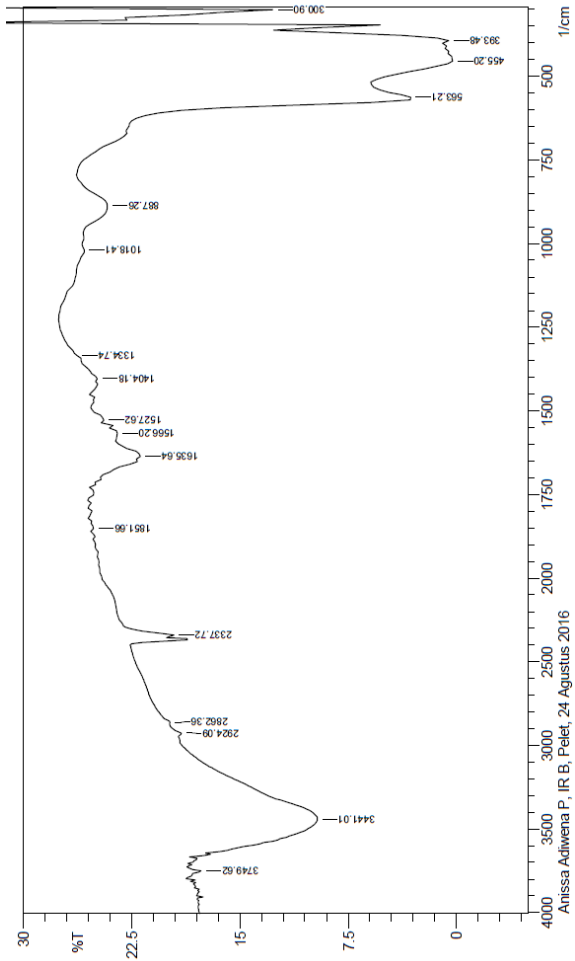
IV.1.3 Hasil Analisa dengan FTIR



Gambar 10 Spektra Infra Merah Sampel A

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	324.04	38.26	36.8	339.47	293.18	12.23	8.79
2	354.9	9.34	22.16	362.62	339.47	15.53	6.14
3	424.34	0.71	13.85	532.35	370.33	231.76	92.18
4	563.21	10.96	4.45	632.65	540.07	70.38	2.56
5	902.69	27.87	1.16	964.41	794.67	92.39	1.48
6	1026.13	28.19	0.74	1219.01	972.12	133.69	1.49
7	1404.18	26.79	0.18	1411.89	1226.73	101.29	0.09
8	1527.62	26.06	0.26	1535.34	1489.05	26.71	0.1
9	1558.48	25.27	0.23	1566.2	1535.34	18.22	0.09
10	1635.64	23.51	2.2	1728.22	1589.34	84.01	2.47
11	1851.66	26.14	0.17	1859.38	1820.8	22.39	0.08
12	1921.1	25.74	0.13	1936.53	1882.52	31.89	0.05
13	2337.72	20.36	0.57	2353.16	1959.68	243.52	0.14
14	2854.65	19.35	0.16	2870.08	2399.45	315.37	0.04
15	2924.09	18.39	0.53	2947.23	2877.79	50.29	0.31
16	3448.72	10.5	6.67	3641.6	2985.81	562.39	67.29
17	3749.62	16.55	0.57	3765.05	3726.47	29.73	0.24
18	3803.63	16.65	0.45	3834.49	3795.91	29.82	0.12
19	3873.06	16.34	0.16	3888.49	3849.92	30.25	0.11

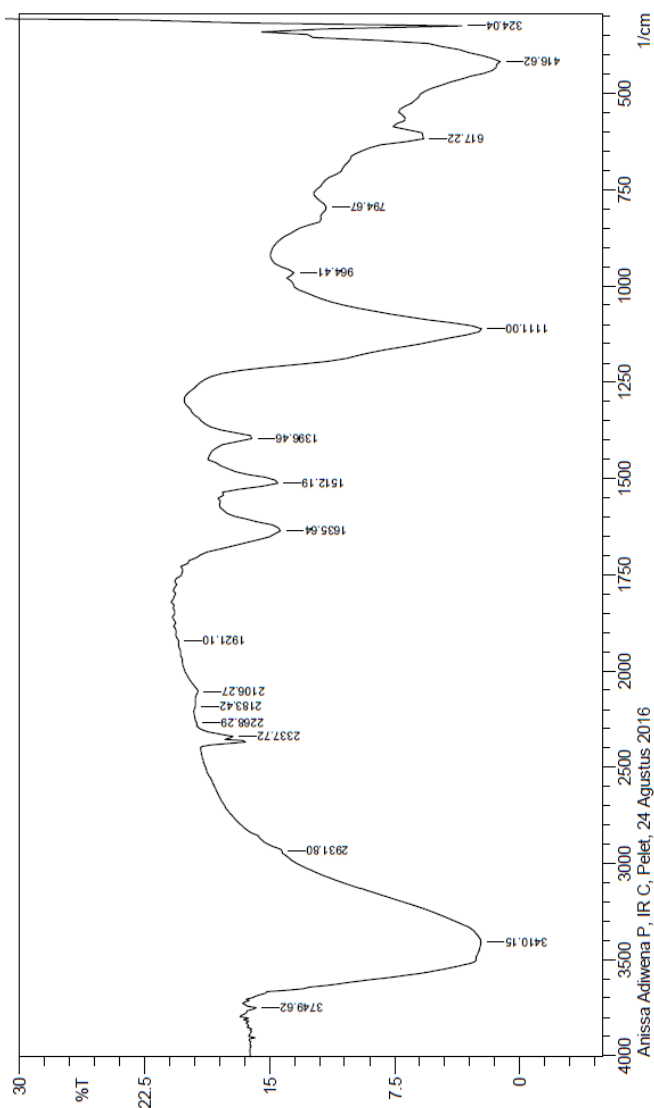
Intesitas dan Bilangan Gelombang Sampel A



Gambar 11 Spektra Infra Merah Sampel

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	12.715	22.704	324.04	293.18	21.715	6.549
2	393.48	0.511	2.783	401.19	362.62	58.535	6.837
3	455.2	0.238	2.502	516.92	416.62	197.024	26.92
4	563.21	3.136	7.708	655.8	524.64	132.249	14.258
5	887.26	24.177	1.865	964.41	802.39	97.383	2.762
6	1018.41	25.773	0.259	1219.01	1002.98	124.325	0.437
7	1334.74	25.973	0.105	1342.46	1226.73	65.646	0
8	1404.18	24.873	0.247	1411.89	1357.89	32.163	0.127
9	1527.62	24.423	0.302	1535.34	1489.05	27.975	0.128
10	1566.2	23.485	0.403	1581.63	1535.34	28.84	0.275
11	1635.64	21.871	2.333	1728.22	1589.34	87.738	2.765
12	1851.66	25.151	0.205	1859.38	1820.8	23.043	0.099
13	2337.72	19.557	0.699	2353.16	1982.82	234.074	0.185
14	2862.36	19.841	0.089	2870.08	2399.45	314.226	0.027
15	2924.09	19.062	0.387	2947.23	2870.08	54.807	0.211
16	3441.01	9.636	8.262	3641.6	2954.95	590.033	83.094
17	3749.62	17.676	0.956	3788.19	3726.47	45.643	0.596

Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang Sampel B

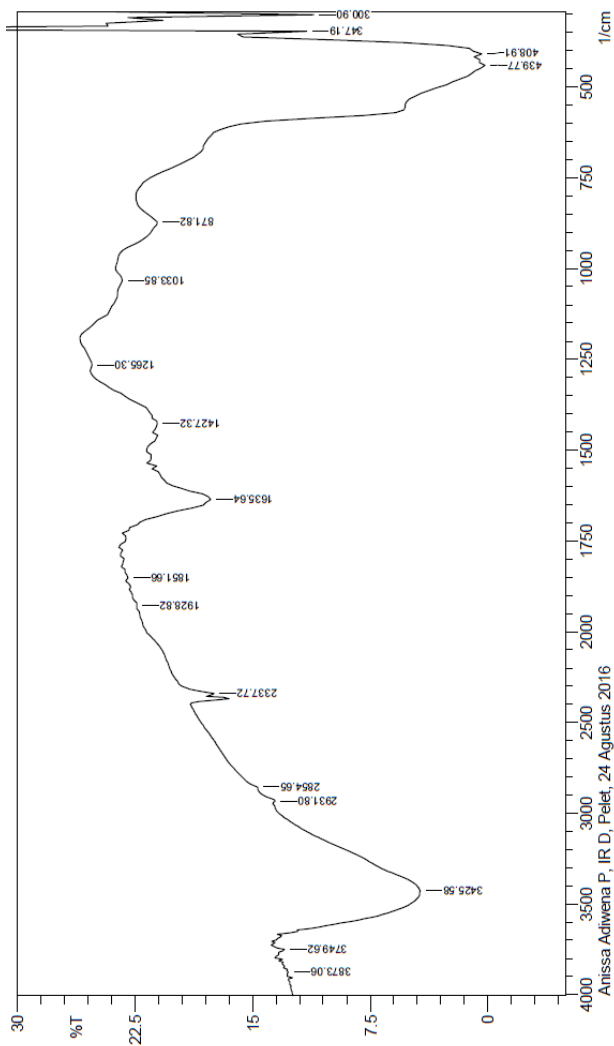


Anissa Adiwana P., IR C, Pelet, 24 Agustus 2016

Gambar 12 Spektra Infra Merah Sampel C

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	324.04	3.452	23.909	339.47	300.9	32.066	11.576
2	416.62	1.16	11.116	540.07	339.47	277.927	83.098
3	617.22	5.748	2.69	756.1	586.36	176.167	4.708
4	794.67	11.593	0.51	817.82	763.81	49.974	0.546
5	964.41	13.514	0.699	979.84	925.83	45.715	0.42
6	1111	2.265	13.992	1296.16	987.55	312.711	71.519
7	1396.46	16.072	3.039	1442.75	1303.88	102.21	3.239
8	1512.19	14.488	3.829	1550.77	1450.47	77.98	4.257
9	1635.64	14.329	4.568	1728.22	1573.91	119.13	7.972
10	1921.1	20.423	0.082	1936.53	1890.24	31.821	0.021
11	2106.27	19.3	0.324	2144.84	1959.68	130.462	0.597
12	2183.42	19.435	0.054	2206.57	2160.27	32.91	0.027
13	2268.29	19.352	0.021	2276	2214.28	43.881	0.002
14	2337.72	17.182	0.863	2353.16	2283.72	51.045	0.385
15	2931.8	14.234	0.07	2939.52	2399.45	409.07	0.021
16	3410.15	2.313	13.23	3703.33	2947.23	914.173	296.635
17	3749.62	15.802	0.713	3788.19	3734.19	42.647	0.449

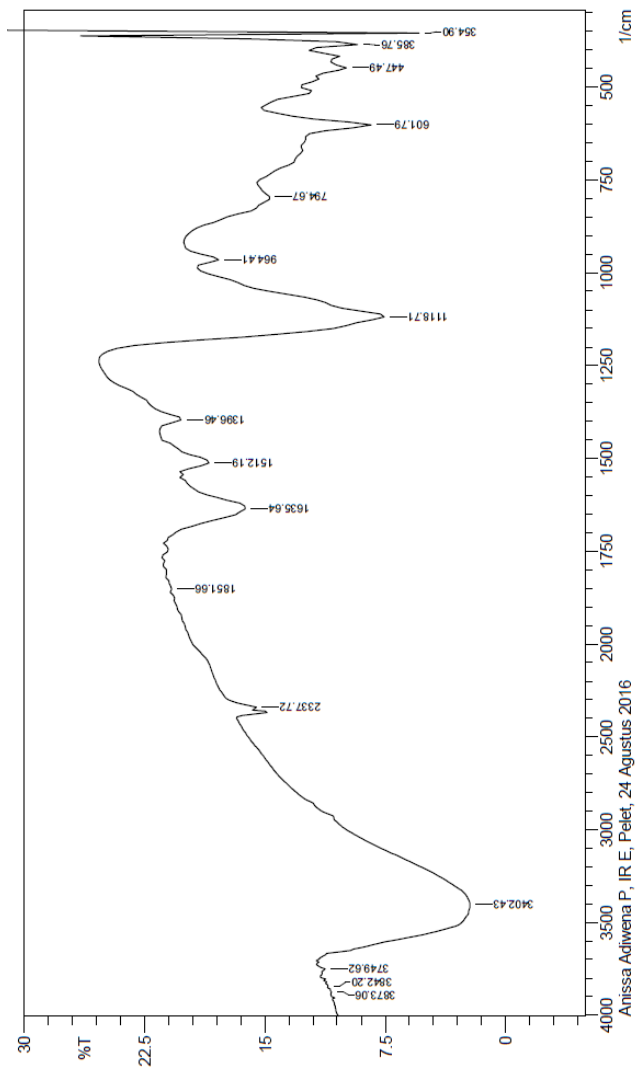
Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang Sampel C



Gambar 13 Spektra Infra Merah Sampel D

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	300.9	11.067	12.77	324.04	293.18	22.409	3.236
2	347.19	11.532	20.739	354.9	339.47	9.656	2.953
3	408.91	0.364	2.586	416.62	362.62	85.559	12.619
4	439.77	0.166	0.661	547.78	432.05	205.737	6.098
5	871.82	21.077	1.796	995.27	810.1	120.818	2.822
6	1033.85	23.302	0.805	1188.15	1002.98	114.324	2.14
7	1265.3	25.242	0.218	1280.73	1195.87	50.266	0.185
8	1427.32	21.056	0.581	1442.75	1288.45	98.956	1.309
9	1635.64	17.66	4.894	1728.22	1535.34	133.648	8.611
10	1851.66	22.953	0.193	1859.38	1820.8	24.54	0.099
11	1928.82	22.364	0.075	1936.53	1882.52	34.892	0.057
12	2337.72	17.453	0.65	2363.16	1936.53	286.602	0.228
13	2854.65	14.644	0.072	2862.36	2399.45	354.795	0.007
14	2931.8	13.551	0.208	2939.52	2870.08	58.97	0.165
15	3425.58	4.303	9.193	3664.75	2947.23	787.056	164.189
16	3749.62	12.949	0.561	3765.05	3726.47	33.716	0.299
17	3873.06	12.711	0.155	3888.49	3849.92	34.427	0.134

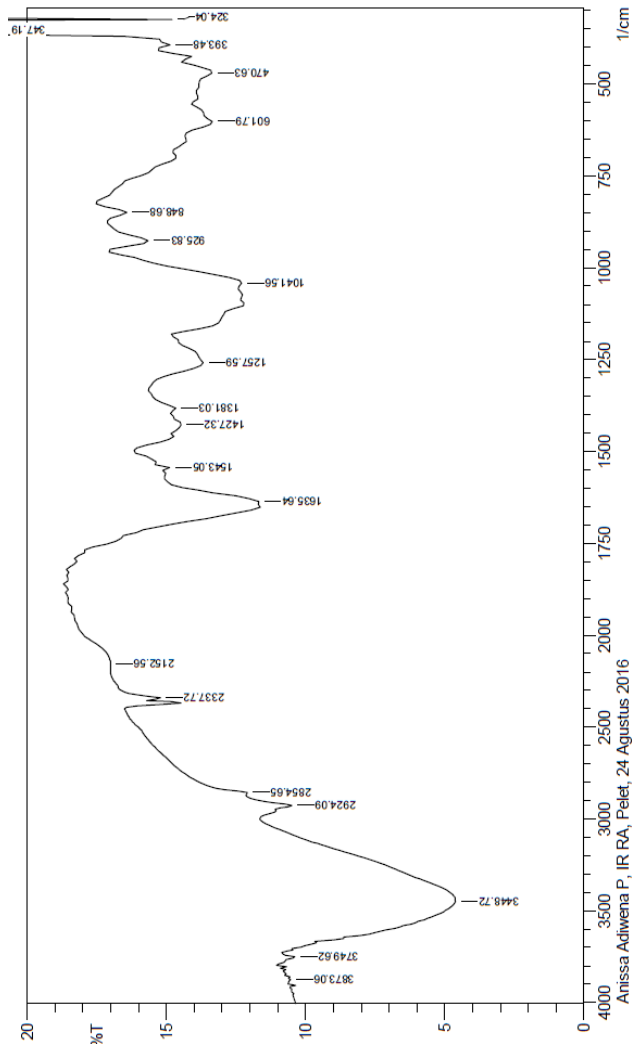
Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang Sampel D



Gambar 14 Spektra Infra Merah Sampel E

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	308.61	44.46	18.475	316.33	293.18	5.932	1.672
2	354.9	5.374	45.251	362.62	339.47	13.682	9.156
3	385.76	9.208	4.01	393.48	370.33	21.662	2.252
4	447.49	9.891	1.444	493.78	432.05	59.064	1.415
5	601.79	8.365	5.699	655.8	563.21	86.118	6.833
6	794.67	14.713	1.683	910.4	763.81	113.953	3.014
7	964.41	17.874	1.491	979.84	918.12	44.354	0.753
8	1118.71	7.549	14.914	1234.44	987.55	207.173	44.728
9	1396.46	20.21	1.798	1419.61	1242.16	113.372	1.793
10	1512.19	18.462	2.108	1535.34	1427.32	75.157	1.912
11	1635.64	16.203	4.577	1728.22	1550.77	129.104	7.994
12	1851.66	20.81	0.132	1859.38	1820.8	26.182	0.078
13	2337.72	15.526	0.384	2353.16	1859.38	360.552	0.151
14	3402.43	2.216	10.568	3695.61	2399.45	1436.471	328.544
15	3749.62	11.224	0.36	3765.05	3726.47	36.242	0.226
16	3842.2	11.052	0.083	3849.92	3795.91	51.306	0.215
17	3873.06	10.836	0.087	3880.78	3849.92	29.67	0.081

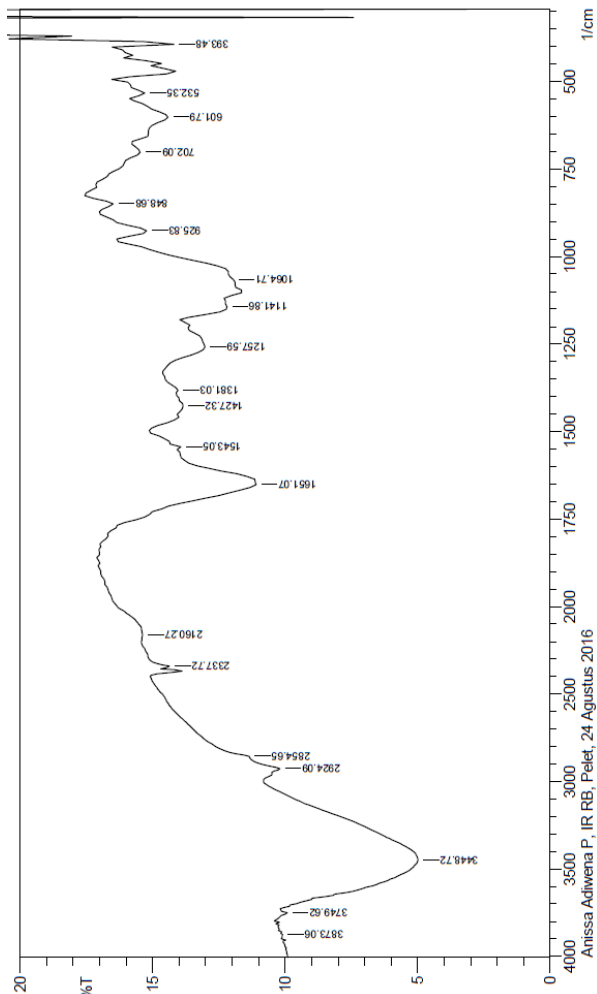
Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang Sampel E



Gambar 15 Spektra Infra Merah rumput laut Eucheuma cottonii hijau

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	324.04	14.787	33.903	331.76	300.9	17.559	8.812
2	347.19	21.4	13.283	354.9	339.47	7.903	1.487
3	393.48	14.863	2.259	401.19	362.62	29.745	3.043
4	470.63	13.367	0.866	516.92	439.77	66.432	1.037
5	601.79	13.349	0.856	632.65	555.5	66.585	1.134
6	848.68	16.415	0.897	871.82	825.53	35.73	0.51
7	925.83	15.651	1.392	948.98	879.54	54.499	1.173
8	1041.56	12.291	0.478	1049.28	956.69	77.701	0.736
9	1257.59	13.673	1.509	1327.03	1188.15	116.774	2.962
10	1381.03	14.85	0.399	1396.46	1334.74	50.526	0.202
11	1427.32	14.474	0.369	1450.47	1396.46	45.069	0.329
12	1543.05	14.882	0.406	1550.77	1504.48	37.487	0.244
13	1635.64	11.668	4.313	1789.94	1573.91	180.739	11.914
14	2152.56	16.993	0.227	2191.13	1936.53	192.617	1.254
15	2337.72	15.213	0.628	2353.16	2198.85	120.583	0.272
16	2854.65	12.083	0.197	2870.08	2399.45	387.793	0.074
17	2924.09	10.484	0.913	2947.23	2870.08	72.967	0.962
18	3448.72	4.601	6.549	3726.47	3001.24	827.496	1.39086
19	3749.62	10.377	0.468	3788.19	3734.19	52.532	0.469
20	3873.06	10.531	0.126	3888.49	3849.92	37.591	0.129

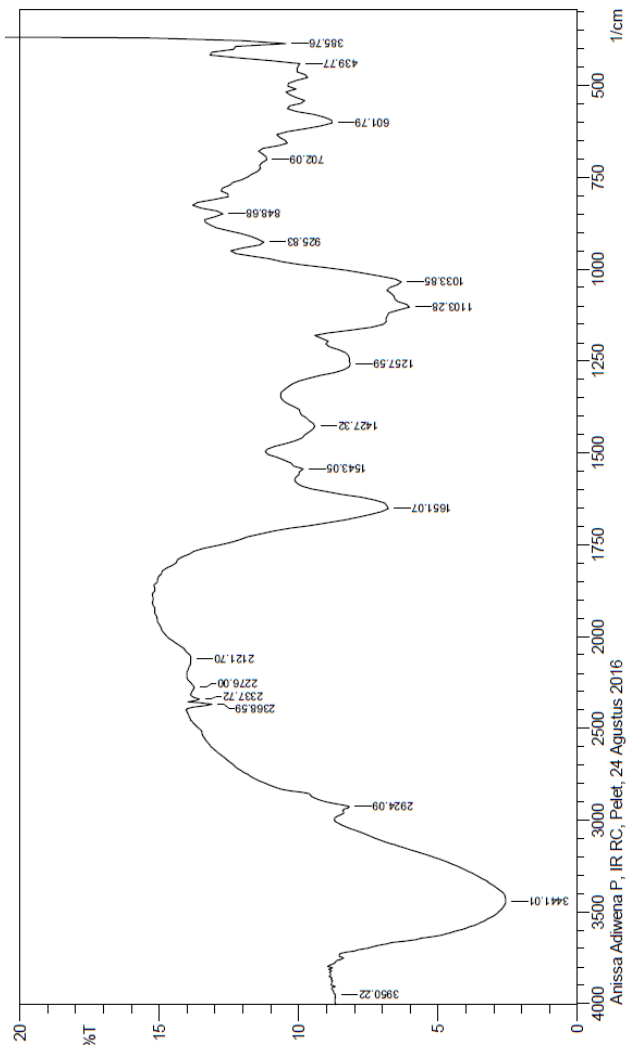
Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang rumput laut
Eucheuma cottonii hijau



Gambar 16 Spektra Infra Merah rumput laut *Eucheuma cottonii* coklat

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	308.61	3.14	61.51	331.76	293.18	24.49	5.79
2	393.48	14.19	21.48	401.19	339.47	30.94	17.79
3	532.35	15.3	0.75	547.78	493.78	43.33	0.69
4	601.79	14.42	0.98	640.37	555.5	70.05	1.22
5	702.09	15.46	0.59	786.96	678.94	85.79	0.9
6	848.68	16.49	0.78	871.82	825.53	35.72	0.46
7	925.83	15.22	1.34	948.98	879.54	55.21	1.22
8	1064.71	11.87	0.29	1072.42	956.69	100.24	1.62
9	1141.86	12.19	0.55	1180.44	1126.43	48.67	0.73
10	1257.59	13.02	0.98	1327.03	1211.3	100.39	1.79
11	1381.03	14.04	0.14	1388.75	1334.74	45.53	0.08
12	1427.32	13.84	0.17	1442.75	1396.46	39.61	0.14
13	1543.05	13.93	0.3	1550.77	1504.48	38.83	0.19
14	1651.07	11.09	3.89	1836.23	1558.48	237.19	11.55
15	2160.27	15.38	0.11	2175.7	1890.24	226.57	1.01
16	2337.72	14.35	0.41	2353.16	2206.57	120.4	0.19
17	2854.65	11.33	0.06	2862.36	2399.45	398.7	0.01
18	2924.09	10.19	0.54	2947.23	2870.08	74.82	0.65
19	3448.72	4.98	5.43	3726.47	3001.24	829.9	119.68
20	3749.62	9.92	0.29	3788.19	3734.19	53.76	0.29
21	3873.06	10.09	0.08	3888.49	3849.92	38.34	0.08

Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang rumput laut
Eucheuma cottonii coklat



Gambar 17 Spektra Infra Merah rumput laut *Eucheuma spinosum*

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	385.76	10.45	14.6	408.91	362.62	38.3	9.61
2	439.77	9.94	1.35	455.2	416.62	36.72	0.94
3	601.79	8.79	1.82	632.65	563.21	70.89	3.11
4	702.09	11.14	0.59	779.24	678.94	93.83	1.53
5	848.68	12.7	0.83	864.11	825.53	93.83	0.56
6	925.83	11.24	1.46	948.98	871.82	70.6	2.03
7	1033.85	6.31	1.33	1049.28	956.69	98.38	2.92
8	1103.28	6.01	1.79	1180.44	1056.99	143.64	7.85
9	1257.59	8.14	1.39	1334.74	1211.3	129.52	4.18
10	1427.32	9.42	1.5	1489.05	1342.46	146.48	5.18
11	1543.05	9.83	0.63	1566.2	1496.76	68.24	0.82
12	1651.07	6.78	4.73	1869.38	1573.91	276.64	18.48
13	2121.7	13.86	0.51	2206.57	1936.53	228.06	2.31
14	2276	13.75	0.15	2306.86	2214.28	79.45	0.2
15	2337.72	13.54	0.39	2353.16	2314.58	33.26	0.22
16	2368.59	13.1	0.89	2389.45	2353.16	40.1	0.56
17	2924.09	8.18	0.48	2947.23	2407.16	499.46	0.49
18	3441.01	2.56	6.04	3734.19	3001.24	982.96	202.84
19	3950.22	8.68	0.03	3957.93	3919.35	40.82	0.03

Tabel Intesitas dan Bilangan Gelombang rumput laut
Eucheuma spinosum

IV.1.3 Hasil Sintesis di Laboratorium



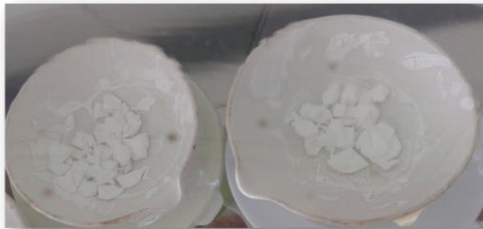
Gambar 18 Hasil Sintesis di Laboratorium



Gambar 19 Hasil Sintesis di Laboratorium



Gambar 20 ZnO_rumput laut *E. cottonii* hijau



Gambar 21 ZnO dan ZnO_rumput laut *E. cottonii* coklat



Gambar 22 Rumput laut Eucheuma cottonii hijau



Gambar 23 Rumput laut Eucheuma cottonii coklat



Gambar 24 Rumput laut Eucheuma spinosum

Berikut ini disajikan data bahan yang terdapat di laboratorium:

NAMA BAHAN	RUMUS KIMIA	BM	GRADE
RAK 1			
ALBUMIN			pa
ALUMINIUM KLORIDA HEKSAHIDRAT	$\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	241,4 3	pa
AMONIUM ASETAT	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$	77,08	pa
AMONIUM BESI (III) SULFAT DODEKAHIDRAT	$(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	482,1 9	pa
AMONIUM KARBONAT	$\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_2 : \text{CH}_5\text{NO}_3$	157,1 3	pa
AMONIUM KLORIDA	NH_4Cl	53,49	pa
AMONIUM MOLIBDAT TETRAHIDRAT	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1235, 86	pa (kcl)
AMONIUM SULFAT	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,1 4	pa (kcl)
AMYLUM	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$		pa (kcl)

ANTIMON (III) KLORIDA	SbCl_3	228,1 1	pa (kcl)
ASAM L- ASPARAGIN / ASAM L- ASPARTAT	$\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}_4$	133,1 0	pa (2)
ASAM BORAT	H_3BO_3	61,83	pa
ASAM OKSALAT DIHIDRAT	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	126,0 7	pa
ASAM TRIKLOROASET AT	CCl_3COOH	163,3 8	pa
BARIUM KLORIDA DIHIDRAT	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	244,2 7	pa
BESI (II) KLORIDA TETRAHIDRAT	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	198,8 3	pa
BESI (III) KLORIDA HEKSAHIDRAT	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	270,3 3	pa
BESI (II) SULFAT HEPTAHIDRAT / FERROSULFAT	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278,0 2	pa

BISMUT (III) NITRAT	$\text{Bi}_5\text{O}(\text{OH})_9(\text{NO}_3)_4$	1461, 99	pa (kcl)
BROMOTHYMO L BLUE	$\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$	624,4 1	pa
CADMIUM ASETAT DIHIDRAT	$\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	266,5 2	pa
CHROMIUM (III) KLORIDA	$\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	266,4 5	pa (kcl)
COBALT (II) KLORIDA HEKSAHIDRAT	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	237,9 3	pa
GLISIN	$\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$	75,07	pa
IOD	I_2	253,8 0	pa
KALIUM BROMIDA	KBr	119,0 0	pa (kcl)
KALIUM HEKSASIANOFE RAT (III) / KALIUM FERRISIANIDA	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	329,2 6	pa
KALIUM HIDROGEN SULFAT	KHSO_4	136,1 7	pa

KALIUM HIDROKSIDA	KOH	56,11	pa
KALIUM IODAT	KIO ₃	214,0 0	pa
KALIUM IODIDA	KI	166,0 1	pa
KALIUM KROMAT	K ₂ CrO ₄	194,2 0	pa
KALIUM DIKROMAT	K ₂ Cr ₂ O ₇	294,1 9	pa
KALIUM- NATRIUM TARTRAT TETAHIDRAT	C ₄ H ₄ KNaO ₆ ·4H ₂ O	282,2 3	pa
KALIUM NITRAT	KNO ₃	101,1 0	pa (tkns)
di-KALIUM OKSALAT MONOHIDRAT	K ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	184,2 4	pa
KALIUM TIOSIANAT	KSCN	97,18	pa
KALSIMUM ASETAT DRIED	(CH ₃ COO) ₂ Ca	158,1 7	pa
KALSIMUM HIDROKSIDA	Ca(OH) ₂	74,09	pa

KALSIUM KLORIDA	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	147,0 2	pa
MANGAN (II) KLORIDA TETRAHIDRAT	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	197,9 0	pa
MANGAN (II) SULFAT MONOHIDRAT	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	169,0 1	pa
MANGAN (IV) OKSIDA	MnO_2	86,94	pa (2)
MERCURY (II) IODIDA	HgI_2	454,4 0	pa (kcl)
MERCURY (II) KLORIDA	HgCl_2	271,5 0	pa
MERCURY (II) NITRAT	$\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	342,6 2	pa
METIL RED	$\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	269,3 1	pa
1-NAPHTHOL	$\text{C}_{10}\text{H}_7\text{OH}$	144,1 7	pa
NATRIUM ASETAT HYDRATED	CH_3COONa	136,0 8	pa
NATRIUM AZIDA	NaN_3	65,01	pa

NATRIUM DISULFIT	$\text{Na}_2\text{O}_5\text{S}_2$	190,1 1	pa
NATRIUM HIDROGEN KARBONAT	NaHCO_3	84,01	pa
NATRIUM HIDROKSIDA	NaOH	40,00	pa (2)
NATRIUM KARBONAT	Na_2CO_3	105,9 9	pa
NATRIUM KLORIDA	NaCl	58,44	pa (2)
NATRIUM NITRAT	NaNO_3	84,99	pa
NATRIUM NITRIT	NaNO_2	69,00	pa
NATRIUM NITROPRUSSID DIHIDRAT	$\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	297,9 5	pa
di-NATRIUM OKSALAT	$\text{C}_2\text{Na}_2\text{O}_4$	134,0 1	pa
NATRIUM PEROKSIDISUL FAT	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$	238,1 1	pa
NATRIUM SULFAT	Na_2SO_4	142,0 4	pa (2)

NATRIUM SULFIT	Na_2SO_3	126,04	pa (kcl)
NATRIUM TIOSULFAT PENTAHIDRAT	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	248,18	pa
PERAK NITRAT	AgNO_3	169,87	pa
PHENOL	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	94,11	pa
PHENOLPHTHALEIN (pp)	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	318,32	pa (kcl)
PHENOL RED	$\text{C}_{19}\text{H}_{14}\text{O}_5\text{S}$	354,38	pa (kcl)
RESORSINOL	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_2$	110,11	pa
SERBUK SENG	Zn	65,37	pa
STRONSIUM KLORIDA HEKSAHIDRAT	$\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	266,62	pa (kcl)
TEMBAGA (II) SULFAT PENTAHIDRAT	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,68	pa (2)
TIMBAL (II) ASETAT TRIHIDRAT	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	379,34	pa

TIMBAL DIOKSIDA	PbO_2	239,2 0	pa (kcl)
TIMBAL (II) NITRAT	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	331,2 1	pa
TITAN YELLOW	$\text{C}_{28}\text{H}_{19}\text{N}_5\text{Na}_2\text{O}_6\text{S}_4$	695,7 3	pa
UREA	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	60,06	pa
ZINK SULFAT HEPTAHIDRAT	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287,5 4	pa
RAK 2			
ACETYLSALICYLIC ACID / ASPIRIN	$\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$	180,1 6	teknis
ALIZARIN SULFONAT	$\text{C}_{14}\text{H}_7\text{O}_7\text{SNa}$	342,2 6	pa
AMONIUM BESI (III) SULFAT (larutan)	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	482,1 9	
AMONIUM MOLIBDAT	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1235, 86	pa
AMONIUM NITRAT	NH_4NO_3	80,04	teknis

AMONIUM OKSALAT	$(\text{COONH}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	142,1 1	pa
AMONIUM SULFAT	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	132,1 3	pa
ASAM			
ASAM OKSALAT DIHIDRAT	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	126,0 7	pa
ASAM PIKRAT	$(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OH}$	229,1 1	teknis
CADMIUM ASETAT	$\text{Cd}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	266,5 2	pa
CHINCONIN KI			pa
DIMETIL GLIOKSIM (DMG)	$\text{CH}_3\text{C}(:\text{NOH})\text{C}(:\text{NOH})\text{CH}_3$	116,1 2	pa
ERIOCHROME BLACK T (EBT)			pa
FLUORESCCEIN	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{O}_5$	332,3 2	teknis
INDIKATOR EBT			
INDIKATOR Na-FLUORESCCEIN	$\text{C}_{20}\text{H}_{10}\text{O}_5\text{Na}_2$	376,2 8	

KALIUM BROMIDA	KBr	119,0 0	pa
KALIUM FERROSIANIDA	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$	422,3 9	pa
KALIUM IODAT	KIO_3	214,0 0	pa
KALIUM NITRAT	KNO_3	101,1 0	teknis
KALIUM PERMANGANA T	$KMnO_4$	158,0 3	pa
KALIUM PERMANGANA T	$KMnO_4$	158,0 3	teknis
KALIUM SIANIDA	KCN	65,12	pa
KALSIUM OKSALAT	CaC_2O_4	128,1 0	teknis
KATEKOL	$C_6H_4(OH)_2$	110,1 1	pa
KLORPIRIFOS			
LOGAM Al			
LOGAM Cu			

LOGAM Zn			
LYCHEE			
MAGNESIUM OKSIDA	MgO	40,30	teknis
MALTOSA	$C_{12}H_{22}O_{11}.H_2O$	360,3 2	pa
MERCURY (II) IODIDA	HgI ₂	454,4 0	pa
METIL RED	$C_{15}H_{14}N_3NaO_2$	291,2 9	pa
Na-DIETIL DITIOKARBAMAT	$(C_2H_5)_2NCSSNa.3H_2O$	225,3 0	pa
di-NATRIUM EDTA	Na ₂ EDTA	372,2 4	teknis
NATRIUM FOSFAT	Na ₃ PO ₄ .12H ₂ O	380,1 2	teknis
NATRIUM HIDROKSIDA	NaOH	40,00	teknis
NATRIUM SULFIT	Na ₂ SO ₃	126,0 4	pa
NATRIUM TETRABORAT (BORAX)	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	381,3 7	pa

PEWARNA MAKANAN			
PHENOL ORGANIK			
PHENOL RED	$C_{19}H_{14}O_5S$	354,3 7	pa
PHENYL HIDRAZIN			pa
RODAMIN B	$C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$	479,0 3	teknis
SAKARIN			teknis
SERBUK BESI	Fe	55,85	teknis
STRONSIUM KLORIDA	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	266,6 2	pa
TEMBAGA (II) SULFAT PENTAHIDRAT	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	249,6 8	pa
TIMBAL DIOKSIDA	PbO_2	239,2 0	pa
VITAMIN A (IPI)			
VITAMIN B KOMPLEKS (IPI)			
VITAMIN C (IPI)			

RAK 3			
ALUMINIUM SULFAT	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	666,4 5	teknis
di-AMONIUM HIDROFOSFAT	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	132,0 6	teknis
AMYLUM			teknis
ARANG AKTIF			
ASAM SALISILAT	$\text{HOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$	138,1 2	teknis
BELERANG	S	32,06	teknis
EM4			
FRUKTOSA	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180,1 6	teknis
GARAM DAPUR	NaCl	58,44	teknis
GLASSWOOL			
GLUKOSA	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180,1 6	teknis
KALIUM HIDROKSIDA	KOH	56,11	teknis
KALIUM KLORIDA	KCl	74,55	teknis

KALIUM NITRAT	KNO_3	101,1 0	teknis
KANJI			
LAKTOSA	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$	360,3 2	teknis
MAGNESIUM KLORIDA	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	203,3 0	teknis
MALTOSA	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$	360,3 2	teknis
NAFTALENA	C_{10}H_8	128,1 7	teknis
NATRIUM SULFAT	Na_2SO_4	142,0 4	teknis
NATRIUM SULFIDA	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	240,1 8	teknis
SUKROSA	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342,3 0	teknis
VASELIN			
RAK 4			
ARANG AKTIF			
ASAM BENZOAT	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	122,1 2	teknis

ASAM TARTRAT	$(\text{CHOHCOOH})_2$	150,0 9	teknis
BESI (II) SULFAT HEPTAHIDRAT / FERROSULFAT	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	278,0 2	teknis
GLUKOSA	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180,1 6	teknis
KALIUM PERMANGANA T	KMnO_4	158,0 3	teknis
KALSIUM KLORIDA	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	147,0 2	teknis
LAKTOSA	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$	360,3 2	teknis
MAGNESIUM SULFAT	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,4 7	teknis
NAFTALENA	C_{10}H_8	128,1 7	teknis
NATRIUM BENZOAT	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$	144,1 1	teknis
NIKEL SULFAT	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	262,8 6	teknis
TEMBAGA (II) SULFAT	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,6 8	teknis

PENTAHIDRAT			
-------------	--	--	--

Tabel 1 Daftar Bahan Kimia di Laboratorium

NO	NAMA BAHAN	BM	bj	%
1	ETANOL	46,07	0,790	99,9
2	METANOL	32,04	0,790	99,8
3	AMONIAK	35,05	0,91	25
4	ASAM SULFAT	98,08	1,84	95-97
5	ASETAT ANHIDRAT	102,09	1,08	97
6	KLOROFORM	119,38	1,48	99,8
7	ASAM KLORIDA	36,5	1,19	37
8	FRUKTOSA	180,16		
9	ISOBUTANOL	74,12	0,802	
10	BENZENA	78,11	0,88	99
11	AMONIUM SULFAT	132,13	1	99

12	AMONIAK teknis	35,05	0,91	25
13	ETER			
14	ISOPROPIL ALKOHOL / ISOPROPANOL	60,10	0,78	99,9
15	HIDROGEN PEROKSIDA	34,01	1,14	50
16	ASAM ORTOFOSFAT	98,00	1,71	85
17	ETIL ASETAT	88,11	0,90	99
18	METILEN KLORIDA / DIKLORO METANA	84,93	1,32	99,9
19	FORMALIN / FORMALDEHID	30,03		38
20	SIKLOHEKSANON	98,15	0,94	99,5
21	BUTIL ALKOHOL / 2- METIL PROPAN-2-OL	74,12		95
22	ASAM NITRAT	63,01	1,42	70

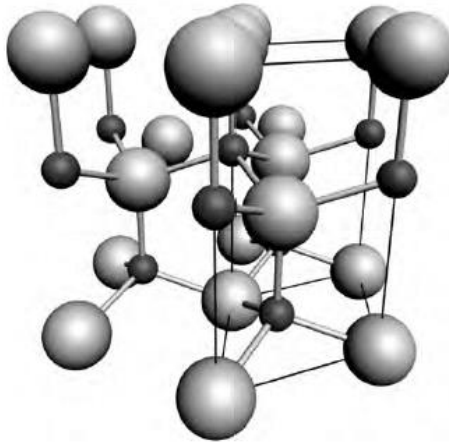
23	SOLVENT 901 (ASETON)	58,08	0,79	99,5
24	ASAM KLORIDA teknis	36,5	1,19	37
25	ASAM SULFAT teknis	98,08	1,84	98
26	NATRIUM ARSENIT	129,91	1,01	99
27	ASAM ASETAT	60,05	1,05	100
28	GLISERIN / GLISEROL	92,09	1,257	99,5
29	BENEDICT			
30	BUFFER pH 4			
31	BUFFER pH 7			
32	BUFFER pH 9			
33	FEHLING A			
34	FEHLING B			
35	REAGEN BARFOED			
36	REAGEN BIURET A			

37	REAGEN BIURET B	103,09		
38	ALKOHOL			70
39	ASAM FOSFAT	98	1,71	85
40	DIETIL ETER	74,12	0,71	
41	HEXANE	86,18	0,68	85
42	BUTANOL	74,12	0,81	99,4
43	PROPILEN GLIKOL			
44	BUFFER pH 10			
45	2-PROPANOL	60,10	0,78	99,5

Tabel 2 Daftar Bahan Kimia di Laboratorium/ Almari Asam

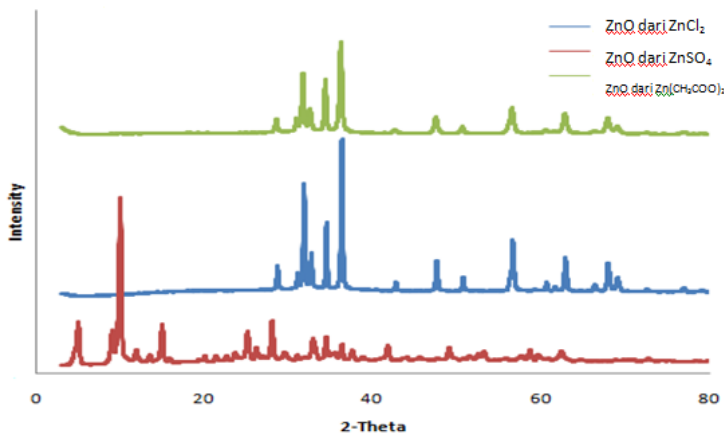
IV.2. Pembahasan

ZnO, merupakan oksida yang berfungsi sebagai bahan semikonduktor dengan nilai energi celah pita lebar dengan struktur Kristal *wurtzite*. Adapun struktur *wurtzite* ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 25 Struktur Kristal Wurtzite

Pada umumnya ZnO membentuk struktur kristal heksagonal *wurtzite* (Kai, 2008; Jagadish dan Pearton, 2006; Palomino, 2006; Dengyuan, 2005; Karpina et al., 2004). Struktur ini dapat digambarkan sebagai kombinasi bergantian subkisi *hexagonal-close-packed* (hcp), dimana tiap subkisi terdiri dari satu jenis atom (misal atom Zn) bergantian dengan atom jenis lain (atom O) sepanjang sumbu *c*. Tiap satu subkisi meliputi empat atom per unit sel, setiap atom Zn dikelilingi oleh empat atom O dan sebaliknya. Gambar di atas memperlihatkan struktur kristal *wurtzite* ZnO di mana atom O digambarkan sebagai bola putih besar dan atom Zn digambarkan sebagai bola hitam yang lebih kecil dan garis hitam menggambarkan unit sel. Parameter kisi ZnO untuk struktur *wurtzite* pada temperatur 300 K adalah $a = 3,2495 \text{ \AA}$ dan $c = 5,2069 \text{ \AA}$ (Dengyuan, 2005). Seharusnya, struktur *wurtzite* tersebut ditunjukkan melalui difraktogram XRD melalui nilai 2- theta. Biasanya, kisi eksistensi Kristal *wurtzite* ditampilkan sebagaimana pada difraktogram di bawah ini



Gambar 26 Difraktogram ZnO dengan metode solvotermal

Keberadaan Kristal wurtzite ditandai dengan adanya puncak pada 2θ 36°, 34°, dan 32° yang merupakan karakter spesifik milik kristal jenis wurtzite untuk ZnO. Pada puncak tersebut mengindikasikan kisi $d(101) > d(100) > d(002)$. Melalui pengamatan dari pola difraksi, juga dapat diramalkan bahwa kemungkinan morfologi ZnO berorientasi satu, dua, maupun tiga dimensi dari persentase intensitas fasa Kristal.

Pada ZnO hasil sintesis dari penelitian ini, dalam sampel 2 tidak dijumpai eksistensi kisi $d(100)$ pada 2θ 32° sebagaimana pada ZnO nanorod. Dimungkinkan keberadaan glisin memiliki pengaruh besar pada hasil penelitian.

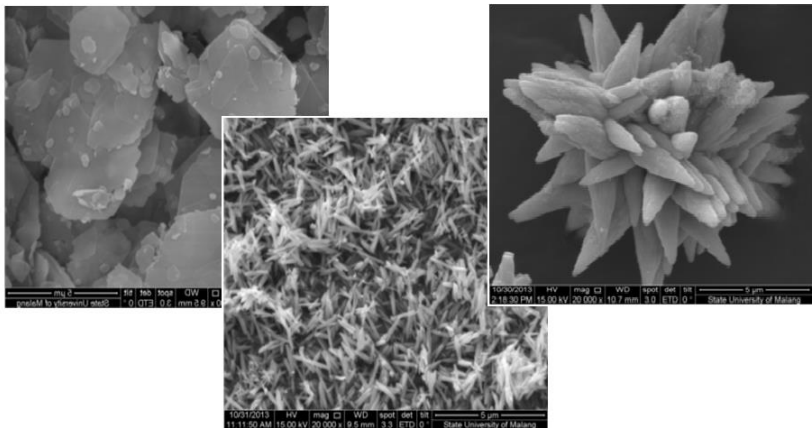
Pada proses sintesisnya, ZnO akan disintesis melalui pembentukan *ZnO seed layer* terlebih dahulu pada substrat kaca dengan menggunakan seng asetat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) dalam pelarut etanol. Pembentukan *seed layer* merupakan suatu usaha untuk memodifikasi permukaan substrat kaca yang telah diampas sampai kasar pada proses sintesis ZnO nanorod. Adanya *seed layer* ZnO ini akan menyebabkan

turunnya energi *interfacial* antara inti kristal dan substrat sehingga proses nukleasi akan lebih mudah terjadi dan diharapkan akan menginisiasi pertumbuhan ZnO nanorod. Reaksi yang terjadi di dalam pembuatan ZnO *seed layer* dituliskan pada Persamaan reaksi 5.4 (Tonto *et al.*, 2006).

Jung *et al.* (2007) melaporkan bahwa ada berbagai kemungkinan morfologi ZnO yang dapat diperoleh dari sintesis ZnO melalui metode hidrotermal, seperti bentuk *rod*, *flower*, *disk*, *cup*, dan *sphere*. Masing-masing bentuk tersebut memiliki perbedaan pola difraksi yang cukup mencolok antara material bermorfologi satu dimensi dan tiga dimensi. Material satu dimensi seperti rod akan memiliki pola difraksi yang didominasi oleh bidang kristal (d002), sedangkan material bermorfologi tiga dimensi akan cenderung memiliki pola difraksi yang diisi oleh tiga jenis bidang kristal golongan wurtzite, yaitu (d100), (d101), dan (d002) dengan rasio tertentu. Morfologi *flower*, *cup*, atau *sphere*, ternyata memiliki pola difraksi dengan urutan intensitas (d101)> (d100)> (d002). Sedangkan morfologi *disk* memiliki pola difraksi dengan intensitas (d101)> (d100)=(d002). Diketahui bahwa ZnO *seed layer* memiliki morfologi pola difraksi dengan urutan intensitas (d101)> (d100)> (d002). Dengan demikian berdasarkan uraian dari Jung *et al.* (2007), dimungkinkan ZnO *seed layer* di dalam penelitian ini memiliki morfologi *flower*, *cup*, atau *sphere*. Keberadaan bentuk bunga, *cup*, dan *spheres* dapat terjadi karena pada ZnO *seed layer* mengalami pengurangan bidang kristal (d002) sebagai penyusun utama

bentuk rod. Dengan berkurangnya intensitas bidang kristal (d002) lalu diikuti dengan kenaikan intensitas bidang kristal yang lain, maka akan menyebabkan kecenderungan terbentuknya suatu morfologi yang berdimensi tiga seperti morfologi bunga, *cup*, atau *sphere* (Jung *et al.*, 2007).

Melalui citra SEM, diketahui bahwa Sampel B tidak memiliki karakter *spongy* pada morfologinya. Namun demikian, pada struktur kristalnya dimungkinkan masih memiliki kisi Kristal *wurtzite*. Jika dibandingkan dengan ZnO yang dihasilkan dari metode solvothermal, memiliki hasil yang jauh berbeda. Di mana ZnO dengan proses solvothermal memiliki morfologi menyerupai batang, *disk*, *comb*, *flower*, dan lain sebagainya. Sebagai perbandingan, ditunjukkan citra SEM morfologi ZnO dengan metode solvothermal sebagai berikut:

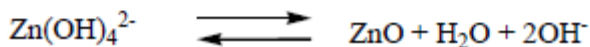
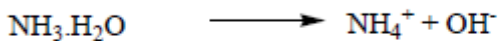


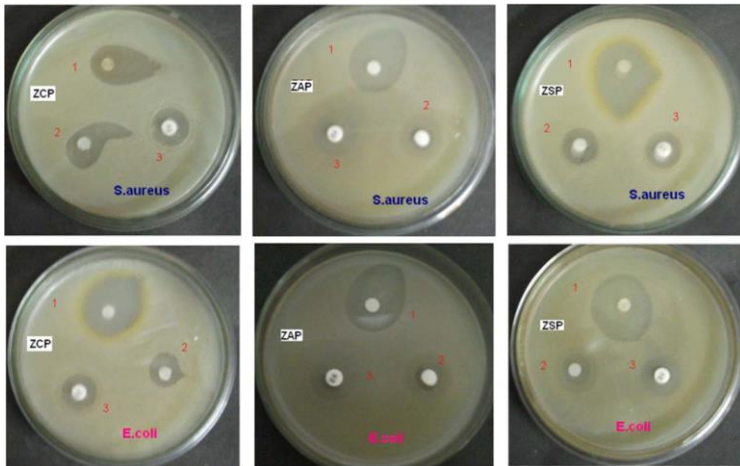
Gambar 27 Morfologi ZnO solvothermal

Lapisan ZnO yang diperoleh dari garam $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dengan basa NH_3 ternyata tidak berada dalam bentuk ZnO *single rod*, akan tetapi berada sebagai bentuk ZnO *multi rod* yang berkumpul membentuk satuan berbentuk bunga-bunga

secara merata pada permukaan substrat. Masing-masing kluster bunga ini memiliki satu titik pusat yang dari pusat tersebut akan tumbuh rod ke segala arah. Ukuran satu kluster bentuk bunga berdiameter sekitar 1 μm .

Morfologi yang demikian ini sering disebut dengan *microflower like structure* (Pan *et al.*, 2005). Terbentuknya morfologi ini dikuatkan dengan pola difraksi yang ada. Pola difraksi ZnO yang morfologinya menyerupai bunga ini didominasi oleh bidang kristal (d_{101}) pada 2θ 36° , selanjutnya kristal yang memiliki intensitas kedua tertinggi adalah bidang kristal (d_{100}) yang terletak pada 2θ 32° . Intensitas terkecil dari jenis kristal wurtzite dimiliki oleh bidang Kristal (d_{002}) pada daerah 2θ 34° . Reaksi yang terjadi untuk pembentukan ZnO dari prekursor $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dan basa NH_3 dituliskan seperti pada Persamaan reaksi berikut (Tang dan Yang, 2006).





Gambar 28 Zona inhibisi ZnO dan ZnO komposit rumput laut (Pandimurugan, et al 2014)

BAB V

KESIMPULAN

V.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini terdapat tiga jenis yang karakternya belum dapat teridentifikasi secara lengkap
2. ZnO komposit rumput laut dapat disintesis melalui metode solvothermal dengan tambahan serbuk rumput laut
3. ZnO komposit rumput laut *Euchema cottonii* hijau menghasilkan informasi positif pada tes antibakteri yang ditunjukkan dengan zona hambat bakteri *S.aureus* dan *E.coli*; sedangkan ZnO hanya aktif untuk *S.aureus*; dan komposit ZnO rumput laut yang lain tidak.

V.2. Saran

Dari keterbatasan pelaksanaan penelitian, untuk perbaikan perlu dilakukan analisa energi celah pita dan citra dari ZnO rumput laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Klabunde, K., J., 2001, *Nanoscale Material in Chemistry*, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Vayssieres, L., and Keis, K., 2001, Three-Dimensional Array of Highly Oriented Crystalline ZnO Microtubes, *Chem. Mater.*, 13, 4395-4398.
- Tauste, D.G., 2008, Development of Soft Chemical Processes: Preparation of TiO₂ Films and Powders at Low Temperature for Dye-Sensitized Solar Cells, *PhD Thesis*, Departemen Kimia, Universitat Autònoma, Barcelona.
- Cheng, H.M., , Chiu, W.H., Lee, C.H., Tsai, S.Y., and Hsieh, W.F., 2008, Formation of Branched ZnO Nanowires from Solvothermal Method and Dye-Sensitized Solar Cells Applications, *J. Phys. Chem. C.*, 2008, 112 (42), 16359-16364.
- Panda, S.K., and Jacob, C., 2009, Catalytic synthesis of ZnO nanorods on patterned silicon wafer—An optimum material for gas sensor, *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 32, (5), 493–498.
- Dai, Q. and Rabani, J., 2001, Photosensitization of Nanocrystalline TiO₂ Films by Pomegranate Pigments with Unusually High Efficiency in Aqueous Medium, *Chem. Commun.*, 2142-2143.
- Nam, S.H., Cho, S.J., and Boo, J.H., 2012, Physical Properties of Metal-Doped Oxide Films for Surface Acoustic Wave Application, *Nanoscale Res Lett.*, 7 (1), 25.

- Apriyana, W., 2010, Sintesis TiO_2 Mesopori dengan Cetakan Tepung Kentang dan Fotosensitisasinya Menggunakan Zat Warna Antosianin Ekstrak Kulit Buah Manggis, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Baruah, S., Pal, S.K., and Dutta, J., 2012, Nanostructured Zinc Oxide for Water Treatment, *Nanoscience & Nanotech*, 2, 90-102.
- Wang, Z., 2010, Antimicrobial Effect of Transition Metal Oxide Nanoparticles, *Thesis*, Washington University, USA.
- Azam *et al.*, 2012, Antimicrobial Activity of Metal Oxide Nanoparticles Against Gram-Positive and Gram-negative Bacteria: a Comparative Study, *Int. J. Med.*, 7, 6003-6009.
- Wongcharee, K., Meeyo, V. and Chavadej, S., 2007, Dye-Sensitized Solar Cell using Natural Dyes Extracted from Rosella and Blue Pea Flowers, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells.*, 91, 566-571.
- Cherepy, N.J., Smestad, G.P., Grätzel, M., and Zhang, Z.J., 1997, Ultrafast Electron Injection: Implications for a Photoelectrochemical Cell Utilizing an Anthocyanin Dye-Sensitized TiO_2 Nanocrystalline Electrode, *J. Phys. Chem. B*, 101, 9342-9351.
- Barkschat, A., Moehl, T., Macht, B., and Tributsch, H., 2008, The Function of TiO_2 with Respect to Sensitizer Stability in Nanocrystalline Dye Solar Cells, *Int. J. Photoenergy*, 2008, 1-13.
- Ghosh, T.; Chattopadhyay, K.; Marschall, M.; Karmakar, P.; Mandal, P.; Ray, B., 2009, Focus on antivirally active sulfated polysaccharides: from structure-activity analysis to clinical evaluation, *Glycobiology*, 19, 2.
- Miranti, M., Prasetyorini dan Suwary, Ch., 2013, Perbandingan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 30% dan 96% Kelopak Bunga Rosella (*Hibiscus*

Sabdariffal) terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus,
Ekologia, Vol. 13 No.1 , 9-18