

**Komputasi Energi Elektronik Pembentukan Kitosan Dari Kitin Cangkang
Udang Dan Pengaruhnya Akibat Keberadaan Logam Berat**

SKRIPSI

*Diajukan kepada tim penguji tugas akhir jurusan fisika sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*



BAYU FERNANDA
1101456/2011

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2015**

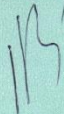
PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Komputasi Energi Elektronik Pembentukan Kitosan Dari
Kitin Cangkang Udang dan Pengaruhnya Akibat
Keberadaan Logam Berat
Nama : Bayu Fernanda
NIM : 1101456
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2015

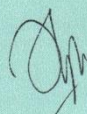
Disetujui oleh :

Pembimbing I



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 196303 2 002

Pembimbing II



Dra. Hidayati, M.Si.
NIP. 19671111 199203 2 001

PENGESAHAN LULUSAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Bayu Fernanda
NIM : 1101456
Program Studi : Fisika
Jurusan Fisika : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

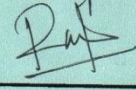
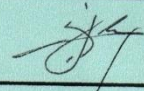
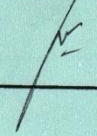
dengan judul

Komputasi Energi Elektronik Pembentukan Kitosan Dari Kitin Cangkang Udang dan Pengaruhnya Akibat Keberadaan Logam Berat

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.	
Sekretaris	: Dra. Hidayati, M.Si.	
Anggota	: Dr. Ramli, S.Pd, M.Si.	
Anggota	: Dra. Hj. Yenni Darvina, M.Si.	
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas² akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, Oktober 2015

Yang menyatakan



Bayu Fernanda

ABSTRAK

Bayu Fernanda : Komputasi Energi Elektronik Pembentukan Kitosan Dari Kitin Cangkang Udang dan Pengaruhnya Akibat Keberadaan Logam Berat.

Limbah udang berupa kulit, kepala dan ekor yang mengandung protein dan zat kitin dapat diolah menjadi kitosan yang memiliki banyak kegunaan. Kitosan diperoleh dari kitin yang direaksikan dengan NaOH. Kitosan ini dapat diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan penyerap logam-logam berat yang dihasilkan oleh limbah industri. Energi yang dimiliki kitosan sebesar 798,2 eV yang diperoleh rinaudo (2009). Namun proses pembentukannya kitosan, dan bagaimana pengaruh keberadaan logam berat terhadap energinya belum dapat dijelaskan. Berdasarkan hal itu maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perubahan energi potensial dan energi aktivasi dalam pembentukan kitosan dan pengaruh keberadaan logam berat terhadap energi kitosan.

Penelitian ini merupakan penelitian teoritik yang menggunakan *software CS Chemoffice* dan *winnmopac* untuk melihat proses elektronik molekul kitosan dan pengaruh logam berat. Penggunaan *software* ini didapatkan data berupa jarak antar molekul, muatan molekul dan energi potensial pada saat pembentukan kitosan dari kitin yang direaksikan dengan NaOH. Kemudian kitosan ini direaksikan dengan logam berat, dari sini akan terlihat pengaruh logam berat terhadap energi kitosan.

Hasil analisis menyimpulkan bahwa: Energi aktivasi kitosan sebelum direaksikan dengan logam berat adalah sebesar 798,37 eV. Melalui proses pembentukan kitosan dari kitin yang direaksikan dengan NaOH diperoleh jarak efektif molekul adalah 1,17 Å. Dalam mekanisme pembentukan kitosan ($C_6H_{11}NO_4$) terjadi serah terima muatan elektron antara molekul kitin dengan molekul NaOH yang berperan sebagai donor adalah H_{32} dari molekul NaOH dan sebagai aseptor adalah O_{12} dari molekul kitin ($C_8H_{13}NO_5$). Setelah kitosan direaksikan dengan logam berat energinya cenderung menurun. Energi awalnya yaitu setelah direaksikan dengan logam Fe, Cu, Cd energinya yaitu -4,76 eV, -3,10 eV, -2,48 eV. Hal ini menyatakan bahwa keberadaan logam berat mempengaruhi energi aktivasi kitosan.

Kata kunci: Kitosan, Naoh, Logam Tembaga (Cu), Besi(Fe), Kadmium(Cd), Energi Aktivasi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Komputasi Energi Elektronik Pembentukan Kitosan Dari Kitin Cangkang Udang dan Pengaruhnya Akibat Keberadaan Logam Berat**. Adapun penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis mendapatkan bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak selama penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dr. Hj Ratnawulan, M.Si., sebagai pembimbing I atas segala bantuannya yang telah tulus dan ikhlas memberikan arahan, membaca, memeriksa, mengoreksi dan memberikannya saran-saran untuk perbaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Dra. Hidayati, M.Si., selaku pembimbing II, selaku Penasehat Akademis sekaligus Ketua Prodi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas segala bantuannya yang telah tulus ikhlas memberikan arahan, membaca, memeriksa, mengoreksi dan memberikannya saran-saran untuk perbaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr Ramli, S.Pd, M.Si, Ibu Dra.Hj. Yenni Darvina, M.Si., dan Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku tim penguji yang telah memberikan masukan yang berartinya demi kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si., sebagai ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika

dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

5. Bapak dan Ibu staf Pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan hati yang telah mereka berikan kepada penulis. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu fisika khususnya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kelengkapan tugas akhir ini. Semoga semua bantuan, kritik dan saran yang telah diberikan menjadi masukan positif bagi penulis.

Padang, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Penelitian.....	4
D. Pertanyaan Penelitian	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
 BAB II KAJIAN TEORI	
A. Tinjauan Fisis tentang Cangkang Udang.	6
B. Tinjauan Fisis tentang Cangkang Kitin dan Kitosan	7
C. Kitosan Sebagai Material Alternatif Absorsi Logam Berat.....	11
D. Tinjauan Energi Elektronik Molekul	14
E. Tinjauan Fisis tentang Logam Berat	20
F. Pengaruh Logam Berat terhadap Tingkat Energi Elektronik Kitosan	23
 BAB III METODA PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	26
B. Waktu dan Tempat Penelitian	26
C. Instrumen Penelitian	26
D. Variable Penelitian	26

E. Prosedur Penelitian	27
F. Flowchart Penelitian	30
G. Teknik Pengumpulan Data	33
H. Teknik Analisa Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Data dan Analisis Data	34
B. Pembahasan	51
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	54
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sumber-Sumber Kitin dan Kitosan	7
2. Spesifikasi Kitin	9
3. Manfaat Kitin dan Kitosan dalam Berbagai Bidang	11
4. Tingkatan Energi Kitosan terhadap Absorsi Logam Berat	13
5. Sifat Fisis Tembaga(Cu)	21
6. Sifat Fisis Logam Besi (Fe).....	21
7. Sifat Fisis Logam Kadmium (Cd)	22
8. Format Data Ikatan antar Molekul	28
9. Parameter Geometri Internal Molekul Kitin (C ₈ H ₁₃ NO ₅)	35
10. Muatan Atom Molekul Kitin (C ₈ H ₁₃ NO ₅)	36
11. Ikatan Antar Atom yang Berikatan pada Molekul NaOH.....	37
12. Muatan Atom Molekul NaOH	37
13. Data Energi Awal dari Molekul Pembentukan Kitosan	38
14. Jarak Antar Atom yang Berikatan Pada Molekul Tembaga	42
15. Muatan Atom Molekul Tembaga (Cu).....	42
16. Jarak Antar Atom yang Berikatan Molekul Kadmium	43
17. Muatan Atom Molekul Kadmium.....	43
18. Jarak antar Atom yang Berikatan Molekul Besi	44
19. Muatan Atom Molekul Besi.....	44
20. Perbandingan Nilai Energi Masing-Masing Logam Berat.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Kitin	8
2. Struktur Selulosa	8
3. Struktur Kitosan	9
4. Skema Ilustrasi Langkah Absorpsi.....	13
5. Diagram Energi Franck-Condon.....	16
6. Diagram Keadaan Aktivasi	18
7. Diagram Jablonski untuk Molekul	19
8. Contoh Skema Kitin.....	27
9. Sistem Geometri Internal Molekul yang Berikatan	28
10. Flowchar Penelitian.....	32
11. Molekul Kitin.....	34
12. Molekul NaOH.....	37
13. Proses Pembentukan Kitosan	39
14. Molekul Tembaga.....	41
15. Molekul Kadmium	42
16. Molekul Besi	44
17. Proses Pengikatan Logam Cu Dengan Kitosan	45
18. Proses Pengikatan Logam Fe Dengan Kitosan	47
19. Proses Pengikatan Logam Cd Dengan Kitosan.....	49
20. Pengaruh Energi Kitosan terhadap Penambahan Logam Berat	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jarak Antar Molekul Pada Saat Pembentukan Kitosan ($C_6H_{11}NO_4$)	58
2. Tabel Muatan Elektron pada Saat Pembentukan Kitosan	59
3. Harga Energi Akibat Variasi Jarak pada Saat Pembentukan Jarak Kitosan ($C_6H_{11}NO_4$)	60
4. Perbedaan Energi Potensial pada Saat Pembentukan Kitosan ($C_6H_{11}NO_4$)	61
5. Tabel Jarak antar Molekul pada Saat Penambahan Logam Cu	63
6. Tabel Muatan Elektron pada Saat Kitosan Bereaksi Dengan Logam Cu ...	64
7. Tabel Harga Energi Akibat Variasi Jarak pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Cu	65
8. Perbedaan Nilai Energi Potensial pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Cu	66
9. Tabel Jarak Antar Molekul pada Saat Penambahan Logam Fe	68
10. Tabel Muatan Elektron pada Saat Kitosan Bereaksi Dengan Logam Fe	69
11. Tabel Harga Energi Akibat Variasi Jarak pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Fe	70
12. Perbedaan Nilai Energi Potensial pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Fe	71
13. Perbedaan Nilai Energi Potensial pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Fe	73
14. Tabel Muatan Elektron pada Saat Kitosan Bereaksi Dengan Logam Cd	74
15. Tabel Harga Energi Akibat Variasi Jarak pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Cd	75
16. Perbedaan Nilai Energi Potensial pada Saat Kitosan Berikatan Dengan Logam Cd	76

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Indonesia merupakan negara maritim yang mempunyai potensi cukup besar sebagai penghasil jenis ikan dan hewan laut lainnya seperti udang dan kepiting. Udang merupakan salah satu komoditi ekspor andalan. Pada umumnya, udang diekspor sebagai daging yang sudah dipisahkan dari kepala, ekor dan kulitnya. Hal ini tentunya menyisakan limbah berupa cangkang udang. Penyusun utama cangkang udang adalah kitin, suatu polisakarida alami yang memiliki banyak kegunaan, seperti sebagai bahan pengkelat, pengemulsi dan absorben. Hasil penelitian (Hargono, 2008) menyatakan bahwa kitin yang terkandung dalam limbah cangkang udang sebesar 24,3 % dari berat keringnya.

Sifat kitin yang tidak beracun dan mudah terdegradasi mendorong dilakukannya modifikasi kitin dengan tujuan mengoptimalkan kegunaan maupun memperluas bidang aplikasi kitin. Salah satu senyawa turunan dari kitin yang banyak dikembangkan karena aplikasinya yang luas adalah kitosan. Kitosan merupakan suatu amina polisakarida hasil proses deasetilasi kitin. Senyawa ini merupakan biopolimer alam yang dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti absorben logam, penyerap zat warna tekstil, bahan pembuatan kosmetik agen antibakteri bidang medis, pangan, bioteknologi, bahan tambahan di bidang farmasi, kosmetik, makanan, dan lain-lain (Bhuvana, 2006).

Kitosan dapat digunakan sebagai absorben/penyerap yang dapat menyerap logam-logam berat, seperti Zn, Cd, Cu, Pb, Mg dan Fe (Knoor, 2009). kitosan

mampu mengabsorpsi logam-logam berat melalui mekanisme pembentukan khelat dan atau penukar ion. Logam berat merupakan sumber pencemar yang sangat membahayakan bagi lingkungan. Beberapa contoh logam berat yang beracun bagi manusia adalah: arsen (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn). Logam berat berbahaya karena dapat mengganggu kehidupan organisme di lingkungan jika keberadaannya melampaui ambang batas. Logam-logam berat ini juga mengancam kesehatan manusia karena dapat menjadi senyawa toksik bila melampaui ambang batas dan berada dalam tubuh manusia.

Berbagai upaya dilakukan dalam penanggulangan masalah logam berat ini, seperti metode fotoreduksi, penukaran ion (resin), pengendapan, elektrolisis dan absorpsi serta mengembangkan semua metode tersebut dalam kerangka yang ramah lingkungan. Salah satu metode pengolahan limbah yang mudah dan ramah lingkungan adalah metode absorpsi dengan adsorben alami seperti kitosan.

Absorpsi logam berat oleh kitosan adalah proses pemisahan dimana komponen logam tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (absorbent). Biasanya partikel-partikel kecil, zat penyerap (kitosan) ditempatkan dalam suatu hamparan tetap kemudian fluida dialirkan melalui hamparan tersebut sampai zat padat itu mendekati jenuh dan proses pemisahan yang dikehendaki tidak dapat berlangsung lagi.

Menurut Wiyarsi dan Erfan (2011) kitosan yang diisolasi dari limbah udang, dapat digunakan sebagai adsorben logam berat yang meliputi kromium, tembaga, besi, zink dan nikel. Berdasarkan harga efisiensi penyerapan, kitosan merupakan adsorben yang baik untuk logam kromium, tembaga dan besi pada

suhu kamar.

Penelitian tentang kitosan ini telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Ajeng dan Dina (2010). Dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa Semakin banyak jumlah kitosan yang digunakan maka konstanta kecepatan penyerapan logam semakin besar dan penyerapan semakin cepat. Edi (2005) juga meneliti tentang kitosan, dalam penelitiannya ia menyimpulkan bahwa dengan penambahan NaOH yang sangat pekat dapat mengaktifkan kitin sehingga adsorben kitosan mampu mengabsorpsi Pb dalam limbah cair industri kimia sebesar 90%. Selain itu Rinaudo (2009) juga melakukan penelitian tentang kitin dan kitosan, dari penelitiannya menyimpulkan bahwa interaksi antar molekul sebagai bahan dasar pembentukan kitosan mengandung energi sebesar 798,2 eV.

Walaupun telah banyak penelitian tentang kitin dan kitosan, namun proses terbentuknya kitosan dari kitin dan pengaruh logam berat terhadap energinya belum diketahui. Hal ini disebabkan energi yang terlibat dalam transfer elektron pada setiap proses belum diketahui. Untuk mengetahui proses ini, maka dilakukan penelitian tentang komputasi energi elektronik kitosan dari kitin cangkang udang dan pengaruh logam berat terhadap energi kitosan menggunakan software CS *Chemoffice* dan *Winmopac*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana kajian elektronik pembentukan kitosan dari kitin cangkang udang dan pengaruh energinya akibat keberadaan logam berat.

C. Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Logam berat yang digunakan dalam penelitian ini adalah khadmium(Cd), tembaga(Cu), dan besi(Fe).
2. komputasi energi elektronik pembentukan kitosan dari kitin cangkang udang menggunakan software chemoffice dan winmopac.

D. Pertanyaan Penelitian

Beberapa pertanyaan yang melandasi penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Berapa energi aktivasi dalam setiap proses pembentukan kitosan dari kitin cangkang udang.
2. Berapakah jarak efektif antar molekul agar proses reaksi pada pembentukan kitosan
3. Atom mana saja dari molekul pada kitosan yang berfungsi sebagai aseptor dan sebagai donor.
4. Bagaimana pengaruh tingkat energi elektronik kitosan akibat variasi pemberian logam berat.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui energi aktivasi dari pembentukan kitosan
2. Untuk mengetahui jarak efektif antar molekul agar proses pembentukan kitosan dapat berlangsung

3. Untuk mengetahui atom mana saja dari molekul pada kitosan yang berfungsi sebagai aseptor dan sebagai donor.
4. Untuk mengetahui pengaruh tingkat energi elektronik kitosan akibat variasi pemberian logam berat.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk :

1. Civitas KBK Material dan Biofisika, sebagai menambah wawasan tentang kajian teoritik pengaruh logam berat terhadap tingkat energi elektronik kitosan.
2. Peneliti lain, sebagai informasi penelitian ini sebagai rujukan.
3. Peneliti sendiri, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains di jurusan fisika dan pengembangan dalam kajian fisika material.

BAB II KAJIAN TEORI

A. Tinjauan Fisis tentang Cangkang Udang

Udang merupakan salah satu hewan yang digemari untuk di konsumsi. Tubuh udang terdiri atas dua bagian, yaitu bagian depan dan bagian belakang. Bagian depan disebut bagian kepala, yang terdiri atas bagian kepala dan dada yang menyatu. Bagian perut (*abdomen*) terdapat ekor di bagian belakangnya. Seluruh tubuh tertutup oleh kerangka luar yang disebut *eksoskeleton*, yang terbuat dari bahan kitin. Bagian kepala beratnya kurang lebih 36-49%, bagian daging antara 24-41%, dan kulit 17-23% dari total berat badan (Wiyarsi dan Erfan, 2009). Persentase dari pengolahan udang berkisar antara 30-75% dari berat udang. Dengan demikian jumlah bagian yang terbuang dari usaha pengolahan udang cukup tinggi. Limbah kulit udang mengandung konstituen utama yang terdiri atas protein, kalsium karbonat, kitin, pigmen, abu dan lain-lain. kulit udang menjadi produk kitosan yang dapat dimanfaatkan untuk mengabsorpsi logam berat.

Udang dapat klasifikasikan sebagai berikut: (Wiyarsi dan Erfan : 2009)

Kelas	: <i>Crustacea</i> (binatang berkulit keras)
Sub Kelas	: <i>Malacostraca</i> (udang-udangan tingkat tinggi)
Super Ordo	: <i>Eucarida</i>
Ordo	: <i>Decapoda</i> (binatang berkaki sepuluh)
Sub Ordo	: <i>Natantia</i> (kaki digunakan untuk berenang)
Famili:	: <i>Palaemonidae, Penaeidae</i>

Berdasarkan penelitian sumber-sumber kitin dan kitosan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber-Sumber Kitin dan Kitosan

No	Sumber	Jumlah (%)
1	Jamur/cendawan	5-20
2	Tulang cumi-cumi	3-20
3	Kalajengking	30
4	Laba-laba	38
5	Kecoa	35
6	Kumbang	37
7	Ulat sutra	44
8	Kepiting	69
9	Udang	70

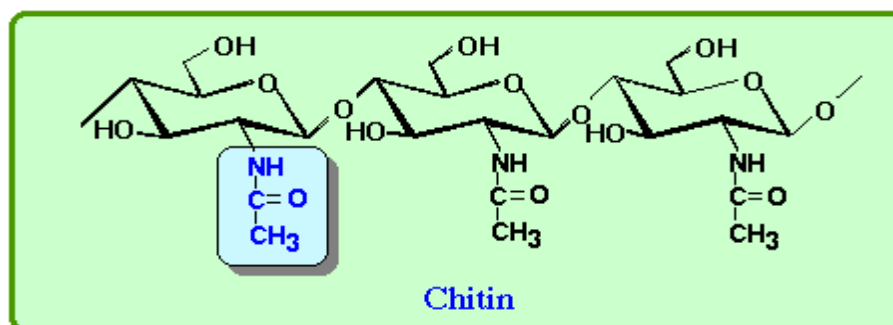
Sumber : (Muzzarelli : 2008)

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa sumber kitin dan kitosan yang terbanyak adalah terdapat pada jenis udang. Untuk lebih jelasnya dapat ditinjau secara fisis kitin dan kitosan dari udang.

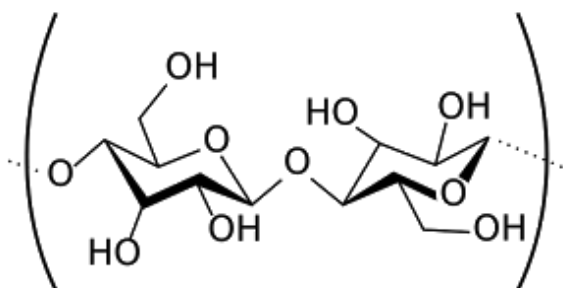
B. Tinjauan Fisis Tentang Kitin dan Kitosan

1. Struktur kitin

Secara umum kitin $(C_8H_{13}O_5N)_n$ mempunyai bentuk fisis berupa kristal berwarna putih hingga kuning muda, tidak berasa tidak berbau dan memiliki berat molekul yang besar dengan nama kimia *Poly N-acetyl-D-glucosamine (atau beta (1-4) 2-acetamido-2-deoxy-D-glucose)*. Struktur kitin serupa dengan selulosa dalam ikatan hidrogen didalam rantai dan antara satu rantai dengan rantai yang lainnnya. Gambar struktur kitin dan selulosa dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 : Struktur Kitin (Hugono. 2008)



Gambar 2 Struktur Selulosa (Hugono. 2008)

Dari Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa senyawa kitin dan selulosa terdapat perbedaan struktur. Dilihat dari gugusnya kitin termasuk heteropolimer sedangkan selulosa homopolimer dengan rumus molekul kitin $(C_8H_{13}O_5N)_n$ yang memiliki berat molekul $[203,19]n$. Spesifikasi kitin secara umum dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Kitin

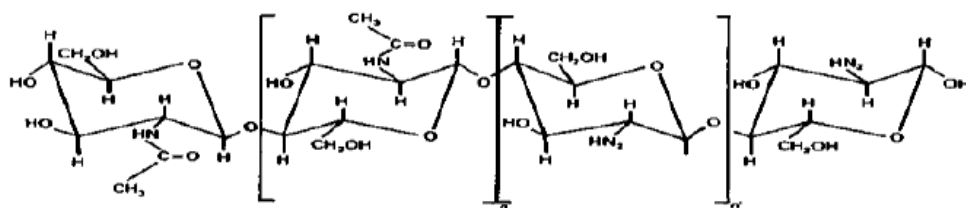
Spesifikasi	Keterangan
Kadar air	2-10% pada keadaan normal
Nitrogen	6-7%
Drajat deasetilasi	Umumnya 10%
Abu pada suhu 900 oC	umumnya , 10%
Konstanta disosiasi K1	6 - 7%
Asam amino	Glisin,serin dan asam aspartat
Karotenoid	Tidak selalu ada

Sumber : Ajeng dan Dina (2010)

Reaksi pembentukan kitosan dari kitin merupakan reaksi hidrolisa suatu amida oleh suatu basa. kitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basanya. Mula-mula terjadi reaksi adisi, dimana gugus OH⁻ masuk ke dalam gugus NHCOCH₃ kemudian terjadi eliminasi gugus CH₃COO⁻ sehingga dihasilkan suatu amida yaitu kitosan.

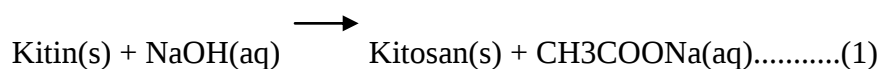
2. Struktur Kitosan

Kitosan merupakan senyawa turunan kitin, senyawa penyusun rangka luar hewan berkaki banyak seperti kepiting, ketam, udang, dan serangga. Nama kitin (*chitin*) berasal dari bahasa Yunani yang artinya “Jubah” atau “amplop”. Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 3.

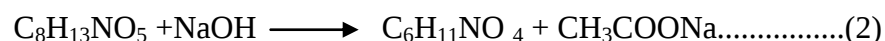


Gambar 3. Struktur kitosan (Hugono. 2008)

Reaksi Pembentukan kitosan dari kitin adalah sebagai berikut (Wiyarsi dan Erfan : 2009)



Atau dalam rumus kimianya



Untuk mendapatkan kitosan, kita mereaksikan kitin dengan NaOH. Menurut pendapat dari Melinda. (2014), larutan NaOH mampu mengubah formasi dari

kristalin kitin yang rapat, sehingga enzim akan mudah masuk ke dalam kitin untuk proses mengurangi polimer kitin tersebut.

3. Manfaat Kitin dan Kitosan

Kitin berguna sebagai bahan utama dari kitosan, sifat unik yang dimiliki oleh kitin dan kitosan membuat aplikasi kitin dan kitosan sangat luas, penggunaan kitosan dalam industri, imobilitas enzim, bahan antimikroba, sebagai zat tambahan makanan (meliputi stabilisator warna, emulsifier, antioksidan, pembentuk gel), serat makanan (sebagai penyerap lemak, dialisis glukosa), sebagai astrigensi (pengendap protein air liur) dan juga sebagai penyerapan logam berat. Manfaat kitin dan kitosan dari beberapa bidang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Manfaat Kitin Dan Kitosan dalam Beberapa Bidang

Bidang	Kitin dan Kitosan	Turunan
Pangan	Antimikrobia <i>Edible film</i>	Bahan pengental
Pharmaceutical	Pencegahan terhadap bakteri Antitumor Imune potensiator Perban luka	Pencegahan infeksi bakteri Antitumor Imunopotensiator
Medis	Mempercepat pengeringan luka Kulit buatan dan Absorbables sutures	
Nutrisi	Serat dan Hypokolestremik agen	Hypokolestremik agen Penyerap kalsium
Bioteknologi	Imobilisasi sel Poros beads bioreaktor Resin kromatografi dan Membran	
Pertanian	Coating bibit, Aktifator sel tanaman	Aktifator sel tanaman
Lain-lain	Koagulan Penghilang logam berat Penggabung protein Kosmetik	

Sumber : Melinda (2014)

Tabel 3 memperlihatkan manfaat dari kitin. Terlihat bahwa kitin dan kitosan mempunyai banyak manfaat. Salah satunya yaitu penghilang logam berat yang diteliti pada penelitian ini.

C. Kitosan Sebagai Material Alternatif Absorpsi Logam Berat

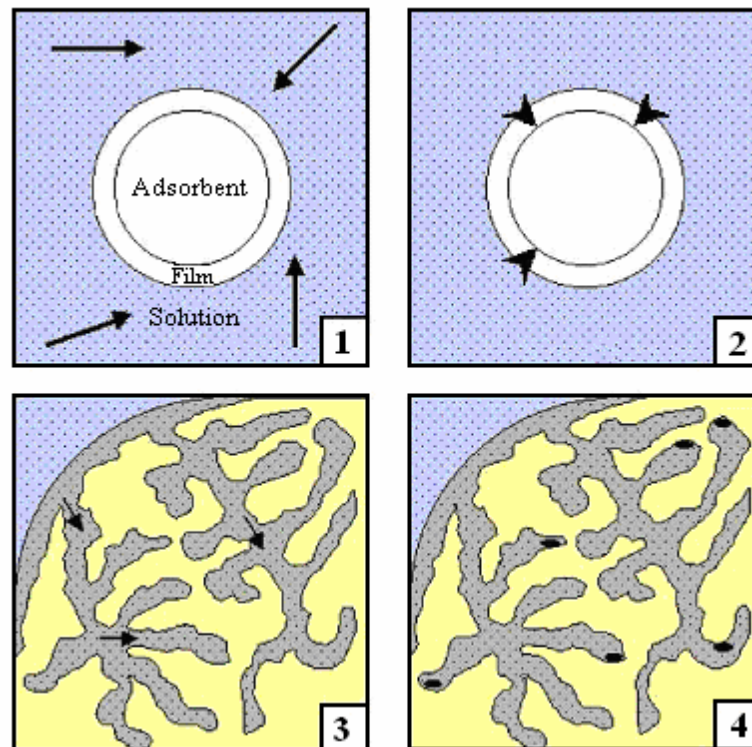
Dalam beberapa tahun terakhir, pertimbangan kesehatan masyarakat, lingkungan dan ekonomi telah membuat tekanan untuk mempertimbangkan kembali metode yang digunakan untuk pengobatan dan pembuangan limbah beracun. Hal ini benar, terutama untuk air limbah yang mengandung racun seperti

logam berat, karena logam tidak dapat dimusnahkan, tentu yang dapat mereka lakukan adalah untuk meningkatkan pengurangan logam dari lingkungan mereka.

Sejak diperkenalkan pertama untuk menghilangkan logam berat, karbon aktif yang tidak diragukan lagi menjadi absorben yang paling populer dan banyak digunakan dalam pengolahan air limbah aplikasi di seluruh dunia. Namun butuh biaya yang lebih besar dalam proses penyerapannya. Karbon aktif juga memerlukan agen pengompleks untuk meningkatkan kinerja penghapusan untuk ion-ion anorganik. Oleh karena itu, situasi ini membuat tidak lagi menarik secara luas digunakan dalam industri skala kecil karena biaya tidak efisien untuk industri.

Karena masalah yang disebutkan sebelumnya, absorben alternatif untuk menggantikan karbon aktif mahal telah diintensifkan di baru-baru ini. Perhatian telah difokuskan pada berbagai absorben, yang memiliki kapasitas dan mampu menghilangkan logam berat yang tidak diinginkan dari air yang terkontaminasi di biaya rendah yaitu kitosan. Sebagai alternatif untuk proses pengobatan tradisional, kitosan biopolimer dapat menjadi jawaban untuk pencegahan pencemaran air oleh logam berat dan banyak unsur-unsur lain. Proses penyerapan ini dikenal dengan absorpsi.

Absorpsi adalah proses mengumpulkan zat dalam larutan. Absorpsi adalah operasi perpindahan massa dalam fase cair ditransfer ke fase padat. Istilah absorpsi digunakan juga untuk menggambarkan dua jenis kekuatan interaksi antara adsorbat dan absorben (Rouquerol 1999). Proses absorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Ilustrasi Langkah Adsorpsi (Rouqquerol, 1999)

Adsorpsi dapat terjadi pada permukaan luar dari adsorben dalam pori makro, tapi daerah permukaan makro dan mesopori kecil dibandingkan dengan luas permukaan. proses pertukaran ion dipengaruhi oleh ukuran partikel tanah dan konsentrasi nuklida. Biasanya tingkat pertukaran ion menurun dengan meningkatnya ukuran atom (Liu et al. 1995).

Data energi aktivasi proses adsorpsi ion logam berat oleh kitosan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Eksperimen Tingkatan Energi Kitosan Terhadap Absorpsi Logam Berat

absorben	Ion logam	Ea (eV)
kitosan	Logam fe	4,6
	Logam Cu	3
	Logam Cd	2,4

Sumber (Metcalf, 2003)

Dari Tabel 4 dapat dilihat energi absorpsi yang dimiliki kitosan, tingkatan energi aktivasi paling rendah adalah logam Cd. Untuk lebih jelasnya perlu dilihat molekulnya, Karena kitosan merupakan sejenis molekul.

D. Tinjauan Energi Elektronik Molekul

1. Tinjauan tentang Molekul

Molekul adalah sekelompok atom yang bermuatan listrik netral, terikat kuat bersama dan berperilaku sebagai partikel tunggal. Molekul terdiri dari sejumlah atom yang bergabung melalui ikatan kovalen, dan atom tersebut berkisar dari jumlah yang sangat sedikit (dari atom tunggal, seperti gas mulia) sampai jumlah yang sangat banyak (seperti pada polimer, protein atau bahkan DNA). Ikatan kovalen yang mengikat molekul secara bersamaan dengan sangat kuat, tetapi hal ini tidak berhubungan dengan sifat fisik suatu zat.

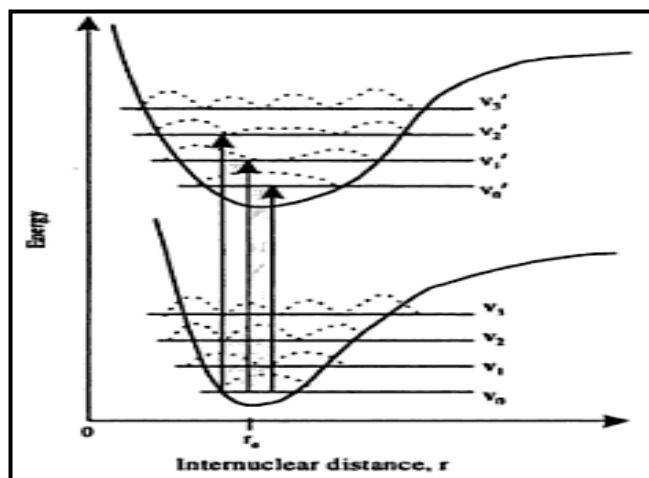
Sifat fisik suatu zat ditentukan oleh gaya antar molekul, gaya tarik antara suatu molekul dengan tetangganya daya tarik van der Waals atau ikatan hidrogen. Titik leleh dan titik didih substansi molekuler cenderung untuk menjadi gas, cairan atau padatan yang bertitik leleh rendah, karena gaya tarik menarik antar molekul terhitung lemah, untuk memutus ikatan kovalen yang dilelehkan atau dididihkan sebuah zat molekuler. Ukuran titik leleh dan titik didih akan bergantung pada kekuatan gaya antar molekul. Kehadiran ikatan hidrogen akan meningkatkan titik leleh dan titik didih. Molekul yang berukuran lebih besar memungkinkan daya tarik van der Waals yang lebih besar pula dan molekul tersebut akan lebih membutuhkan lebih banyak energi untuk pemutusan ikatannya. (Alim, 2011)

Suatu molekul terjadi karena interaksi yang terjadi antar sekelompok atom tertentu sedemikian sehingga energi sistem bersama lebih kecil dari energi sistem bersama lebih kecil dari energi atom-atom penyusunannya dalam keadaan terpisah. Sebaliknya bila interaksi itu menyebabkan energi total sistem meningkat, maka atom-atom itu akan saling menolak dengan yang lainnya sehingga terjadi pembentukan molekul.

Bahan padat dapat diklasifikasikan berdasarkan keteraturan susunan atom-atom atau ion-ion penyusunnya. Bahan yang tersusun oleh deretan atom-atom yang teratur letaknya dan berulang (periodik) disebut bahan kristal. Sebaliknya, zat padat yang memiliki keteraturan yang demikian disebut bahan amorf atau bukan kristal. Susunan atom pada kristal padat memperlihatkan bahwa sekelompok kecil atom membentuk pola yang berulang yang disebut kisi. Satuan pengulangan kisi adalah unit sel.

2. Keadaan Eksitasi Molekul

Molekul merupakan ikatan dari beberapa atom-atom yang saling berinteraksi atau berikatan karena adanya gaya listrik. Molekul dapat juga digambarkan sesuai kumpulan dari inti yang pergerakannya lambat dan memiliki elektron yang menempati orbital mengelilingi inti. Sesuai dengan kaidah mekanika kuantum, energi elektronik didalam molekul adalah diskrit dan membentuk beberapa tingkatan. Keadaan transisi elektron pada molekul ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Energi Franck-Condon (Das, et al 2005)

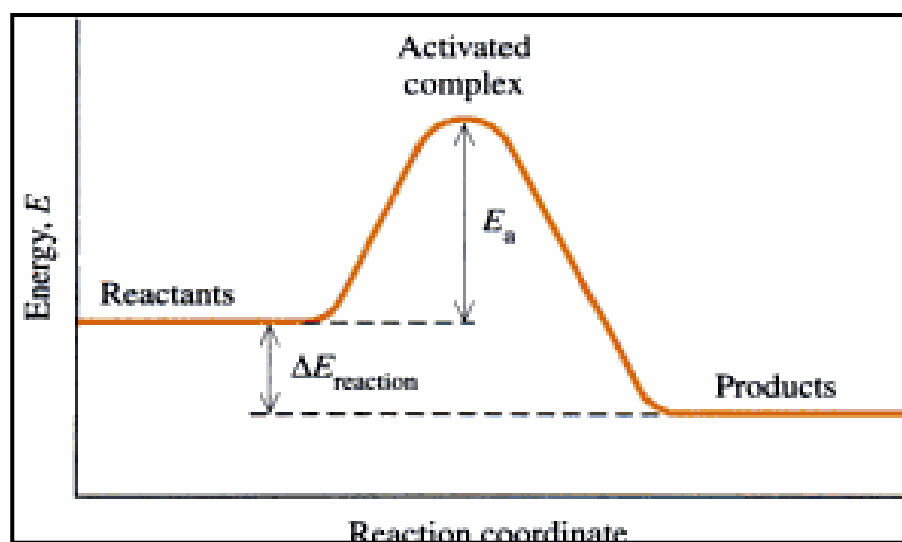
Gambar memperlihatkan transisi elektron dari keadaan dasar ke keadaan vibrasi yang lebih tinggi. Molekul awalnya berada dalam keadaan dasar bersifat stabil atau singlet, yang mana elektronnya berpasangan (*spin up dan spin down*). Jika molekul mendapat energi yang cukup misalnya dari abspsi foton, absobrsi termal, atau reaksi kimia, maka elektron dalam molekul dapat meloncat ke keadaan berikutnya. Keadaan tersebut dinamakan keadaan eksitasi. Keadaan eksitasi adalah keadaan yang harus dilewati oleh molekul-molekul yang bereaksi untuk menuju ke keadaan akhir (produk). Hal ini sesuai dengan prinsip frank-condon yang menyatakan bahwa molekul-molekul umumnya memasuki keadaan tereksitasi setelah adanya penyerapan elektronik. Untuk transisi vibrasi suatu molekul, dengan beda potensial molekul pada awalnya V tingkat vibrasi dari keadaan dasar dan ketika mendapatkan energi yang cukup, mengakibatkan terjadinya suatu transisi elektronik ke V' .

Molekul memiliki dua keadaan singlet dan triplet disebabkan elektron-elektron yang berpasangan pada keadaan dasar S_0 yakni sepasang untuk tiap orbital. Pada saat tereksitasi, salah satu elektron pindah kepada orbital yang

mempunyai energi yang lebih tinggi. Salah satu dari kedua spin pada kedua elektron dalam keadaan tereksitasi dapat sama yakni keduanya sama-sama $+1/2$ atau sama-sama $-1/2$. Bisa juga kedua elektron mempunyai spin yang berlawanan yaitu $+1/2$ dan $-1/2$. kelipatgandaan suatu keadaan adalah sama dengan $2|S|+1$ dimana S adalah jumlah bilangan spin. Bila kedua elektron mempunyai spin yang sama maka $S=1$ dan kelipatgandaan $2|S|+1=3$ sehingga diperoleh keadaan triplet (T_1). Bila elektron-elektron mempunyai spin yang berlawanan maka $S=0$ dan kelipatgandaan $2|S|+1=1$ sehingga diperoleh keadaan singlet S_1 (Beiser,1990).

3. Energi Aktivasi Molekul

Energi aktivasi merupakan energi kinetik minimum yang diperlukan oleh partikel-partikel peraksi untuk membentuk kompleks teraktivasi (keadaan transisi) yaitu sesaat sebelum menghasilkan produk. Secara diagram keadaan transisi ini dapat dinyatakan sesuai dengan Gambar 6.

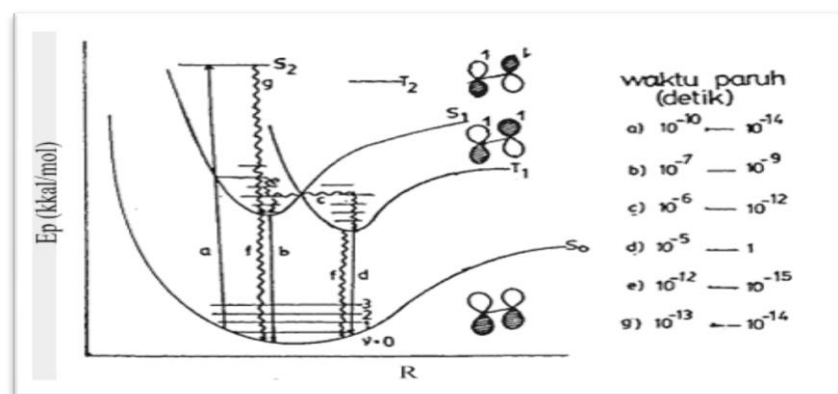


Gambar 6. Diagram Keadaan Aktivasi (Olmsted and Williams,1994)

Gambar 6 memperlihatkan terlihat energi pengaktifan (E_a) merupakan energi keadaan awal sampai dengan energi keadaan kompleks teraktivasi. Hal tersebut berarti bahwa molekul-molekul pereaksi harus memiliki energi pengaktifan (E_a) agar dapat mencapai keadaan transisi kemudian menjadi hasil reaksi.

4. Spektrum Elektronik Molekul

Proses transisi membawa molekul yang biasanya berada dalam keadaan dasar dengan tingkat vibrasi terendah ke keadaan singlet tereksitasi. Molekul dalam keadaan tereksitasi berkemungkinan mengalami transisi spektrum. Spektrum elektronik molekul ditunjukkan pada diagram Jablonski pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Jablonski untuk Molekul (Yamada, 1982 dalam Ratnawulan: 2008)

Gambar 7 memperlihatkan diagram Jablonsky untuk molekul. Pada keadaan 'a' yakni suatu garis absorpsi merupakan selisih energi antara dua keadaan molekul yang melakukan absorpsi molekul. Keadaan 'b' merupakan peralihan molekul dari keadaan tereksitasi ke keadaan dasar tanpa mengalami perubahan dalam kelipatgandaan yang mana proses ini di kenal dengan floresensi karena molekul memberikan sebagian energi vibrasinya ketika bertumbukan dengan molekul lain. Keadaan 'c' persilangan antara sistem dari singlet tereksitasi

tersndah ke triplet eksitasi terendah. Keadaan ‘d’ merupakan perpindahan triplet terendah ke keadaan dasar disebabkan oleh proses radiatif yang disebut dengan fosforesensi.

5. Energi Potensial Molekul

Energi intermolekul atau energi potensial adalah perbedaan antara energi molekul dan penjumlahan energi kompleks molekul yang terpisah. Energipotensial intermolekul merupakan suatu fungsi orientasi relatif terhadap jarak antara kedua pusat massa molekul, sesuai dengan persamaan:

$$E_p = -k \frac{e^2}{R} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 R} \dots\dots\dots(3)$$

dimana $k = 1/4\pi\epsilon_0 \approx 9 \cdot 10^9 [\text{N.m}^2/\text{C}^2]$ adalah konstanta

$e = \text{muatan elektron} = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$

R adalah jarak dua molekul berikatan yang terpisah dengan limit pemisahan $R > \infty$ menuju jurak yang lebih pendek antar dua buah molekul dan akibat perubahan jarak antar molekul, molekul akan mencapai suatu jarak kesetimbangan $R_{(0)}$. Pada jarak $R_{(0)}$ energi bernilai minimum, yang terlihat dengan menurunnya energi karena kedua molekul mengalami gaya tarik-menarik, dan untuk jarak yang dekat energi meningkat secara cepat. Ini menandakan untuk $R < R_{(0)}$ molekul- molekul saling tolak-menolak secara kuat. Ketika dua molekul saling mendekati satu sama lain, energi molekul mulai menjadi negatif dan mencapai keadaan keseimbangan jika mempunyai energi potensial terendah ($EP(R_{(0)})$).

Energi potensial dari molekul ini digunakan untuk melihat pengaruh terhadap keberadaan logam berat. Salah satu manfaat kitosan yaitu untuk menyerap logam berat. Untuk itu ditinjau secara fisis logam berat.

E. Tinjauan Fisis tentang Logam Berat

Logam berat merupakan sumber pencemar yang sangat membahayakan bagi lingkungan. Beberapa contoh logam berat yang beracun bagi manusia adalah: khromium (Cr), tembaga (Cu), dan timbal (Pb) (Wiyarsi dan Erfan, 2009). Logam berat berbahaya karena dapat mengganggu kehidupan organisme di lingkungan jika keberadaannya melampaui ambang batas. Logam-logam berat ini juga mengancam kesehatan manusia karena dapat menjadi senyawa toksik bila melampaui ambang batas dan berada dalam tubuh manusia. Berbagai upaya dilakukan dalam penanggulangan masalah logam berat ini, seperti metode fotoreduksi, penukaran ion (resin), pengendapan, elektrolisis dan adsorpsi serta mengembangkan semua metode tersebut dalam kerangka yang ramah lingkungan. Dari banyak logam berat logam yang paling berbahaya yaitu logam Cu, Fe, dan Cd.

a. Tembaga (Cu)

Sifat fisis dari logam tembaga dapat dilihat pada Tabel 5. Tembaga yang dilambangkan dengan Cu, nomor atom 29 dan massa relatif atonya 63,646 g/mol. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Sifat Fisis Tembaga(Cu)

Nama	Tembaga
Simbol	Cu
Nomor atom	29
Massa atom relative	63,546 g.mol ⁻¹
Titik didih	1083,0 °C (1356,15 °K, 1981,4 °F)
Titik leleh	2567,0 °C (2840,15 °K, 4652,6 °F)
Nomor proton electron	29
Nomor neutron	35
Klasifikasi	Logam transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas pada 293 K	8,96 g.cm ⁻³
Warna	Merah

Sumber (Ajeng dan Dina, 2010)

Unsur tembaga dengan nomor atom 29, bobot atom 63,546 g/mol dan densitas 8,96 g/cm³ merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya, karena unsur ini dapat mengganggu saluran pernafasan.

b. Besi (Fe)

Sifat fisis dari logam besi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat Fisis Logam Besi (Fe)

Nomor Atom	26
Nomor Massa	57
Massa Atom	55,85 g/mol
Kepadatan	7,8 g/cm ³ pada 20 °C
Titik Lebur	1536 °C
Titik Didih	2861 °C
Isotop	8
Energi Ionisasi Pertama	761 kJ/mol
Energi Ionisasi Kedua	1556,5 kJ/mol
Energi Ionisasi Ketiga	2951 kJ/mol

Sumber (Ajeng dan Dina, 2010)

Besi atau *ferrum* (Fe) adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Kandungan Fe di bumi sekitar 6,22 %, di tanah sekitar 0,5 – 4,3 %, di

sungai sekitar 0,7 mg/L, di air tanah sekitar 0,1 – 10 mg/L, air laut sekitar 1 – 3 ppb, pada air minum tidak lebih dari 200 ppb. Besi berperan dalam aktivitas beberapa enzim seperti sitokrom dan flavo protein apabila tubuh tidak mampu mengekskresikan besi (Fe) akan menjadi akumulasi besi (Fe) karenanya kulit menjadi hitam.

Besi adalah salah satu mineral penting bagi manusia dan berperan sebagai fasilitator transpor O_2 dalam hemoglobin. Manusia mendapatkan mineral besi baik dari makanan seperti sayuran hijau maupun air minum. Dalam tubuh manusia, besi berlebih akan memicu kerusakan syaraf seperti halnya logam berat. Kadar besi maksimal yang diperbolehkan dalam air kepentingan umum adalah 0,3 mg/l.

c. Kadmium(Cd)

Sifat fisis dari logam kadmium dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Sifat Fisis Kadmium(Cd)

Nama	Kadmium
Simbol	Cd
Nomor Atom	48
Berat molekul	112,41 g/mol
Titik Didih	1038 K
Titik Lebur	594,18 K
Bentuk	Padat
Warna	Putih perak
Jari-jari atom	0,91 Å

Sumber (Ajeng dan dina, 2010)

Kadmium merupakan logam lunak yang berwarna putih keperakperakan serta bersemu biru. Kelunakannya mudah dibentuk dan lebih lunak daripada seng, namun lebih keras daripada timah. Logam ini dapat menimbulkan keracunan jika keberadaannya terlalu banyak dan melebihi ambang batas. Keracunan yang disebabkan oleh kadmium sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini. Peristiwa keracunan akut ini dapat terjadi karena

para pekerja terkena paparan uap logam kadmium atau CdO. Keracunan Cd dapat mempengaruhi otot polos pembuluh darah. Akibatnya tekanan darah menjadi tinggi yang kemudian bisa menyebabkan terjadinya gagal jantung dan kerusakan ginjal (Santoso, 2001).

Keberadaan logam berat di lingkungan dapat mengganggu aktivitas organisme. Salah satu senyawa alternatif yang dapat menyerap logam berat tersebut adalah kitosan. Dalam penyerapan kitosan butuh energi untuk melakukan penyerapan. Menurut Kawamura (1993) energi yang dibutuhkan kitosan berbanding lurus dengan jumlah mol kitosan yang melakukan penyerapan. Semakin banyak jumlah mol

F. Pengaruh Logam Berat terhadap Tingkat Energi Elektronik Kitosan

1. Dampak Logam Berat di Air

Pencemaran air merupakan salah satu pencemaran lingkungan. Pencemaran air disebut juga polusi air yaitu masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam air yang dapat terjadinya kerusakan lingkungan. Menurut Dahlan (1989) sumber pencemaran air yang penting adalah industri, aktivitas rumah tangga serta limbah pertanian dan peternakan. Pencemaran air tidak hanya mempengaruhi manusia saja namun juga memberikan dampak pada makhluk hidup lain.

Pencemaran air yang diakibatkan dampak buangan industri banyak mengandung logam-logam berat yang dapat membahayakan. Senyawa logam berat sering digunakan dalam industri sebagai bahan baku, bahan tambahan

maupun katalis. Keberadaan logam berat di lingkungan dapat mengganggu kehidupan organisme. Apabila suatu pengganggu terdapat pada suatu organisme, maka dapat mengurangi kinerja dari organisme tersebut. Untuk itu dilakukan penyerapan logam berat tersebut. Salah satu senyawa yang dapat menyerap logam berat adalah kitosan.

Penyerapan limbah logam berat menggunakan kitosan adalah dengan mereaksikan kitosan dengan limbah logam berat, yaitu dengan menambahkan hasil persamaan (2) yaitu kitosan dengan limbah logam berat. Logam berat yang divariasikan adalah tembaga nitrat (CuNO_3), besi nitrat (FeNO_3), dan kadmium nitrat (CdNO_3), berdasarkan persamaan berikut (Palar, 2009). Logam tidak dapat berdiri sendiri dan dapat menyatu dengan unsur lain dalam bentuk senyawa, karena sulit untuk mendapatkan unsur logam murni. Untuk itu diperlukan senyawa NO_3 . Karena senyawa NO_3 sangat mudah berinteraksi dengan logam.

2. Pengaruh Logam Berat terhadap Tingkat Energi Kitosan

Proses penyerapan atau yang dikenal dengan absorpsi membutuhkan zat penyerap. Kitosan adalah zat penyerap yang baik. Keberadaan suatu zat racun dapat mempengaruhi aktivitas penyerap. Logam berat mempunyai kemampuan untuk berikatan dengan kitosan, sehingga kitosan mudah terhalang kerjanya (Rinaudo, 2009). Untuk mengetahui pengaruh logam berat terhadap energi kitosan, maka nilai energi dasar kitosan dapat dibandingkan dengan nilai energi kitosan setelah berikatan dengan logam berat dengan mengambil tingkat perbedaan energi terbesar kitosan dengan logam berat.

Wiyarsi dan Erfan(2011) pada penelitiannya mengemukakan semakin

tingkat serapan kitosan terhadap logam berat mempengaruhi tingkat energinya. Dimana semakin sedikit kitosan menyerap logam berat semakin sedikit pula pengaruhnya terhadap energi kitosan. Sebaliknya semakin banyak kitosan menyerap logam berat semakin besar pula pengaruhnya terhadap energi kitosan. Pada saat kitosan melakukan penyerapan terjadi interaksi antar molekulnya .

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Energi aktivasi kitosan sebelum direaksikan dengan logam berat adalah sebesar 798,36873 eV
2. Melalui proses pembentukan kitosan dari kitin yang direaksikan dengan NaOH diperoleh jarak efektif molekul adalah 1,17 Å
3. Dalam mekanisme pembentukan kitosan($C_6H_{11}NO_4$) terjadi serah terima muatan elektron antara molekul kitin dengan molekul NaOH yang berperan sebagai donor adalah H_{32} dari molekul NaOH dan sebagai aseptor adalah O_{12} dari molekul kitin($C_8H_{13}NO_5$).
4. Setelah kitosan direaksikan dengan logam berat energinya cenderung menurun. Energi awalnya yaitu setelah direaksikan dengan logam Fe, Cu, Cd energinya yaitu -4,76436 eV, -3,09727 eV, - 2,48386 eV semakin berat massa logam berat yang ditambahkan ke pada kitosan energinya semakin rendah tanda minus menyatakan energi kitosan berkurang.

B. Saran

Dari kesimpulan dapat disarankan bahwa untuk lebih mendapatkan hasil yang lebih akurat, dilakukan penambahan logam berat lebih banyak lmemvariasikannya misalnya 5, 6 dan seterusnya

DAFTAR PUSTAKA

- Alim,M,R.2011.<http://mediainformasidanpendidikan.blogspot.com/2011/04/struktur-molekul.html#axzz1N3UqiFfi>
- Ajeng dan Dina. 2010. *Dampak Pencemaran Lingkungan oleh logam berat Terhadap Kesehatan Manusia Dan Beberapa Komponen Sumber Daya Alam*. Vol 11,39-44.
- Army, putra satria,. Windarti, tri. 2013. Kitin Sebagai Bahan Dasar *Drug Delivery*: Studi Interaksi Molekul Kitin. *Jurnal kimia* Vol 1, No 1, Hal 18 – 26, 2013. Diakses tanggal 12 mai 2015.
- Beiser, Arthur.(1990). *Konsep Fisika Modern Edisi Ke Empat*. Jakarta: Erlangga
- Bhuvana, 2006, *Studies on Frictional Behaviour of Chitosan-Coated Fabrics*, Aux. Res. J., Vol 6(4): 123-130.
- Dahlan, endes. 1989. *Dampak Pencemaran Lingkungan Terhadap Kesehatan Manusia Dan Beberapa Komponen Sumber Daya Alam*. Vol 11,39-44.
- Edi, Sari cahyaningrum,. dan Amaria. 2006. *Utilization Of Penaeus Monodon Shrimp Shell Waste As Adsorbent Of Cadmium(Ii) In Water Medium*. **Indo. J. Chem.**, 2005, 5 (2), 130 - 134
- Fuadi. 01 Agustus 2009. ‘*Potensial Molekul*’ Vol 6(3): 123-127.
- Hargono, Abdullah, & Sumanti. I. 2008. Pembuatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang . 12: 53-57. Semarang, Universitas diponegoro.
- Kawamura, Y., Mitsuhashi, M., Tanibe, H., Yoshida, H. 1993. “Adsorption of metal ions on polyaminated highly porous chitosan chelating agents”. *Indian Engineering &Chemical Research*. Vol. 32, pp. 386–391.
- Liu, D., Hsu, C., Chuang, C. 1995. "Ion-exchange and sorption kinetics of Cesium and Strontium in soils", *Applied Radiation and Isotopes*. Vol. 46, pp. 839-843.
- Maria., Emriadi., admin, alif.(2011). *Karboksimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut*.Jurnal Matematika & Sains, Agustus 2011, Vol. 16 Nomor 2.
- Melinda.(2014). *Manfaat Kitin Dan Kitosan*. Jurusan kimia UNY.
- Metcalf and Eddy, 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. (McGraw HillInternational Edition, New York). pp.478-483
- Muzzarelli. (2011) *Sumber Kitin Dan Kitosan*. jurnal kimia 2011, 4 (2), 6-7.
- Olmsted, John & Williams, Gedor Y.,M.(1994). *The Molecular Science*. USA:Wn C.Brown.
- Palar, H. 2009. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta. Hal. 74-88.
- Rinaudo, M. *Review Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications*, *Polym. Int.* 2009, 57, 397–430.

- Ratnawulan, Arif.i, sukimono dan loeksmanto,w. (2005) :binding site determination for light emission in bacterial bioluminescence photobacterium phosphoreum that isolated from the indonesia marine squid, the asian pysics seminar proceedings, december 6-7, bandung.
- Ratnawulan. 2008. *Studi Kasus Pada Bakteri Photobacterium Phosporeum*. Padang: Universitas Negeri Padang Press.
- Rouquerol, F., 1999. *Adsorption by Powders and Porous Solids*. (Academic Press, London), pp. 1-21, 355-361, 378-382.
- Santoso, S. J., 2001, *Single And Competitive Adsorption Kinetics Of Cd and Cu by Humic Acid*, Prosiding Seminar Nasional Kimia V, Jurusan Kimia FMIPA UGM, Yogyakarta
- Wiyarsi, Antuni dan Erfan, Priyambodo.(2011)*Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dari Cangkang Udang Terhadap Efisiensi Penjerapan Logam Berat*. Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY
- Yuliusman dan Adelina P.W. 2010. *Pemanfaatan Kitosan Dari Cangkang udang Pada Proses Adsorpsi Logam berat Dari Larutan Niso4*. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010 Issn : 1411-4216.