


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rajungan

Rajungan hidup di daerah pantai berpasir lumpur dan di perairan hutan *mangrove*. Klasifikasi rajungan adalah sebagai berikut :



Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Sub kelas	: Malacostraca
Ordo	: Eucaridae
Sub ordo	: Decapoda
Famili	: Portunidae
Genus	: <i>Portunus</i>
Spesies	: <i>Portunus pelagicus</i>

Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan salah satu komoditas ekspor sektor perikanan Indonesia yang dijual dalam bentuk rajungan beku atau kemasan dalam kaleng. Dari aktivitas pengambilan dagingnya oleh industri pengolahan rajungan dihasilkan limbah kulit keras (cangkang) cukup banyak yang jumlahnya dapat mencapai sekitar 40-60 % dari total berat rajungan. Cangkang rajungan ini dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak, tetapi pemanfaatan ini belum dapat mengatasi limbah cangkang rajungan secara maksimal. Padahal limbah cangkang rajungan masih mengandung berbagai senyawa kimia, di antaranya

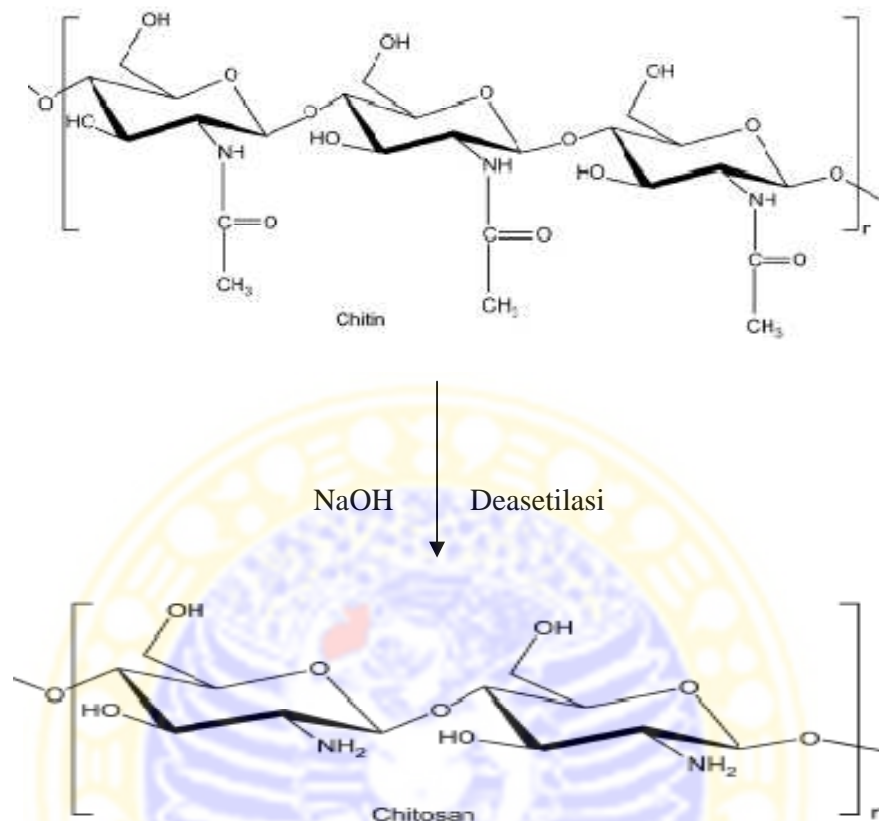
ialah protein 15,60-23,90%, kalsium karbonat 53,70-78,40%, dan kitin 18,70-32,20% (Puspawati dkk., 2010).



Gambar 2.1 Rajungan

2.2 Kitin

Kitin adalah biopolimer tersusun oleh unit-unit N-asetil-D-glukosamin berikatan β (1,4) yang paling banyak dijumpai di alam setelah selulosa. Senyawa ini dijumpai sebagai komponen eksoskeleton kelompok *Crustaceae*, dinding sel insekta, kapang dan kamir (Patil *et al*, 2000). Kitin bersifat mudah mengalami degradasi secara biologis, tidak beracun, tidak larut air, asam anorganik encer dan asam-asam organik tetapi larut dalam larutan dimetil asetamida dan litium klorida. Melalui modifikasi struktur kimianya maka akan diperoleh senyawa turunan kitin yang mempunyai sifat kimia yang lebih baik. Salah satu turunan kitin adalah kitosan (Srijanto dkk, 2005). Transformasi kitin menjadi kitosan melalui proses deasetilasi yaitu pelepasan gugus asetil. Deasetilasi kitin dilakukan dengan menambahkan NaOH (Kolodziesjska, 2000). Tahap deasetilasi kitin menjadi kitosan seperti pada gambar 2.2



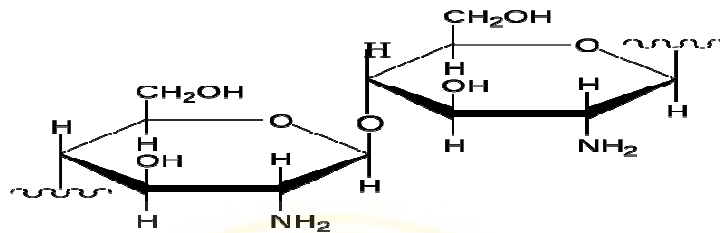
Gambar 2.2 Tahap deasetilasi kitin menjadi kitosan

Suatu molekul dikatakan kitin bila mempunyai derajat deasetilasi (DD) sampai 10% dan kandungan nitrogennya kurang dari 7%. Dan dikatakan kitosan bila nitrogen yang terkandung pada molekulnya lebih besar dari 7% berat dan DD lebih dari 70% (Khor, 2001). Derajat deasetilasi merupakan parameter utama yang mempengaruhi karakteristik kitosan, antara lain sifat kelarutan, biodegradasi, pKa, agregasi, reaktivitas, dan adsorpsi (Kasaai, 2007; Alvarenga, 2010).

2.3 Kitosan

Kitosan adalah kopolimer dari glukosamin dan N-asetil glukosamin dengan ikatan 1,4-d-glukosidik (Urreaga *et al.*, 2006). Kitosan tidak larut dalam air, basa kuat, asam sulfat, dan beberapa pelarut organik seperti alkohol, aseton,

dimetilformamida, dan dimetilsulfoksida, sedikit larut dalam HCl dan HNO₃, tetapi dapat larut dengan baik dalam asam lemah seperti asam formiat, asam asetat asam laktat, asam glutamat (Mourya, 2008).



Gambar 2.3 Struktur kimia kitosan

Janesh tahun 2003 mengelompokkan kitosan berdasarkan BM dan kelarutannya sebagai berikut kitosan larut asam dengan BM 800.000 sampai 1.000.000 Dalton, kitosan mikrokristalin (larut air) dengan BM sekitar 150.000 Dalton, sedangkan kitosan nanopartikel dengan BM 23.000 Dalton sampai 70.000 Dalton, yang dapat berfungsi sebagai imunomodulator.

Parameter utama yang mempengaruhi karakteristik kitosan adalah bobot molekularnya (M/W) dan tingkat derajat deasetilasi (DD). Kitosan memiliki berat molekul yang tinggi. Berat molekul dari kitosan bervariasi berdasarkan sumber materialnya dan metode preparasinya. Kitin memiliki berat molekul biasanya lebih besar dari satu juta Dalton sementara berat molekul pada kitosan antara 100KDa-1200KDa, bergantung pada proses dan kualitas produk (Kim *et al*, 2008). Mutu kitosan ditentukan oleh parameter kadar air, kadar abu, kelarutan, derajat deasetilasi dan viskositas seperti yang tertera pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Karakteristik kitosan

No	Karakteristik	Ukuran
1.	Bentuk Partikel	Serpihan-bubuk
2.	Kadar air	< 10%
3.	Kadar abu	< 2%
4.	Persen deasetilasi	>70%
5.	Warna larutan	Jernih
6.	Viskositas:	
	- Rendah	< 200
	- Mendium	200 – 799
	- Tinggi	800 – 2000
	- Ekstra tinggi	>2000
7.	Berat Molekul	< 10 ⁶

Sumber: Roberts, 1992

Kitin yang terkandung dalam cangkang rajungan tersebut dapat diproses lebih lanjut menghasilkan kitosan yang mempunyai banyak manfaat di bidang industri. Manfaat kitosan antara lain sebagai adsorben logam berat di antaranya Hg, Pb, Cu, Cd, Cr (Gao *et al.*, 2000) dan Ni (Filho *et al.*, 2000), digunakan untuk pengolahan limbah industri tekstil (Szeto, 2007), material pembuat membran (Ernasuryaningtyas, 2011), kitosan sebagai penyalut zeolit alam untuk menurunkan ion logam dari limbah radioaktif (Cs, Co, Mn) (Moattar *et al.*, 2006), koagulan atau flokulen pada industri minyak kelapa sawit (Hasan dkk, 2007), dan mempercepat penyembuhan luka bakar pada hewan (Ueno *et al.*, 2002).

2.4 Derajat Deasetilasi

Derajat deasetilasi dapat ditentukan dengan menggunakan uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Deasetilasi ditentukan dengan metode *baseline* (Khan *et al.*, 2002). Cara penentuan derajat deasetilasi dihitung dari nilai perbandingan pita serapan antara puncak absorbansi gugus amida sekitar 1655 cm⁻¹ dan puncak absorbansi gugus hidroksil sekitar 3450 cm⁻¹. Perbandingan dua gugus tersebut ditentukan dengan cara membuat garis lurus dari 1800 cm⁻¹

sampai 1600 cm^{-1} sebagai garis dasar bagi pita gugus amida dan membuat garis lurus dari 4000 cm^{-1} hingga 2500 cm^{-1} sebagai garis dasar pita gugus hidroksil.

Kemudian DD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1)

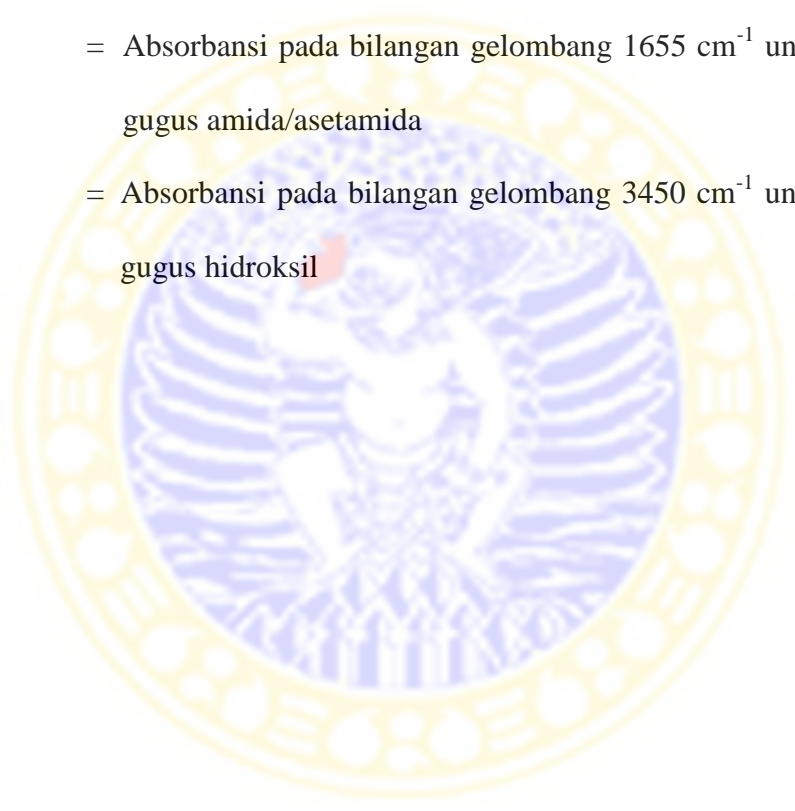
$$\%DD = 100 - [(A_{\text{amida}} / A_{\text{hidroksil}}) \times 115] \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

DD = Derajat Deasetilasi

A1655 = Absorbansi pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} untuk serapan gugus amida/asetamida

A3450 = Absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm^{-1} untuk serapan gugus hidroksil



2.5 Pisang Kepok

Pisang banyak terdapat dan tumbuh di daerah tropis maupun sub tropis. Di Indonesia terdapat banyak sekali varietas dari pisang dan salah satu contohnya adalah pisang kepok. Hampir semua bagian tanaman pisang kepok dapat dimanfaatkan tak terkecuali pelepah batang pisang. Serat pelepah batang pisang diperoleh dari batang pisang semu (*pseudostem*) yang memiliki densitas 1,35 gr/cm³, panjang serat rata-rata 1,92 – 4,17 mm, diameter serat rata-rata 28,11–37,50 µm, tebal dinding serat rata-rata 12 µm (Wawan , 2004), kandungan selulosa 63% - 64% dan lignin 12 % (Mohapatra dkk., 2010).

Tabel 2.2 Komposisi kimia pada bagian-bagian tanaman pisang

Komposisi	Batang semu (Pseudostem)*	Pertengahan rusuk (<i>Mid rib</i>)*	Helai daun (<i>Leaf blade</i>)*	Tangkai Bunga (<i>Floral stalks</i>)*
Glukosa	74,0	68,1	60,0	79,8
Galaktosa	2,5	1,1	3,8	2,9
Arabinosa	9,1	4,9	15,5	5,1
Mannosa	1,3	1,5	2,3	2,2
Xilosa	13,1	23,6	17,5	9,3
Lignin	12,0	18,0	24,3	10,7
Selulosa	63,0-64,0	31,0	20,4	15,7
Pati	-	0,4	1,1	26,3
Protein	-	1,6	8,3	3,2

Sumber : Mohapatra dkk., 2010

*: %

Klasifikasi pisang kepok adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Class	: Monocotyledoneae
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Musaceae
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa paradisiaca</i> . L.
Nama Lokal	: Pisang kepok



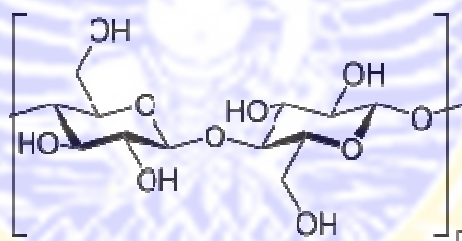
Gambar 2.4 Tanaman pisang

2.6 Selulosa

Selulosa adalah salah satu contoh polisakarida yang dapat memberikan kekuatan pada pokok kayu dan dahan tumbuhan (Fessenden, 1994). Hampir pada semua tumbuhan tingkat tinggi terdapat kandungan selulosa (Fengel, 1995). Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air, dan ditemukan

di dalam dinding sel pelindung tumbuhan terutama pada tangkai batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Selulosa merupakan polimer alam yang mempunyai struktur rantai linier seperti pada batang dan molekul infleksibel, bersifat hidrofilik namun tidak larut dalam air karena sifat kristalin dari ikatan hidrogen antara gugus hidroksilnya (Mulder, 1996)

Selulosa adalah polimer kondensasi linier yang terdiri dari D-anhydroglucopyranose dengan ikatan β -1,4-glikosidik (Kalia *et al.*, 2011). Sifat dari selulosa adalah *biodegradable*, tidak beracun, biokompatibel, hidrofilik, aman, dan merupakan senyawa kiral. Selulosa memiliki banyak kegunaan diantaranya sebagai pengemulsi, penstabil, pengental, dan pembentuk gel pada tekstil (Zeida *et al.*, 2011).



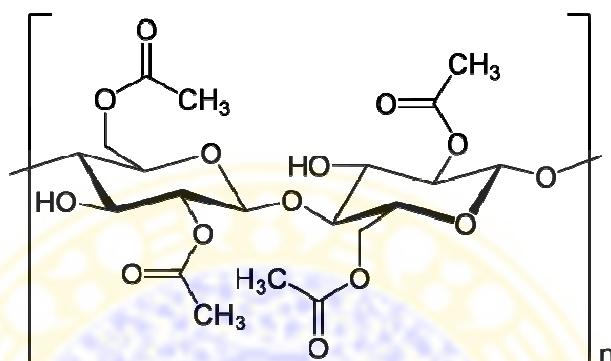
Gambar 2.5 Struktur kimia selulosa

2.7 Selulosa Diasetat

Selulosa asetat merupakan ester dari asam asetat dan selulosa. Selulosa asetat dibuat melalui reaksi esterifikasi di mana selulosa diasetilasi dengan asam asetat dan H_2SO_4 bertindak sebagai katalis dalam reaksi ini. Reaksi asetilasi selulosa terdiri dari 3 tahap yaitu tahap pengembangan, tahap asetilasi dan tahap hidrolisis (Sjostrom, 1997).

Tahap pengembangan yaitu tahap di mana pulp selulosa direaksikan dengan pelarut. Tahap asetilasi yaitu substitusi gugus asetil pada selulosa

menggunakan anhidrida asetat dan asam sulfat pekat sebagai katalis. Pada tahap ini terbentuk selulosa triasetat. Untuk menghasilkan selulosa diasetat maka dilakukan hidrolisis. Tahap hidrolisis yaitu menghidrolisis gugus asetil pada selulosa triasetat menjadi selulosa diasetat (Johnson, 2010).



Gambar 2.6 Struktur kimia selulosa diasetat

2.8 Fotokatalisis

Fotokatalisis adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Berdasarkan fasanya, fotokatalisis dibagi menjadi dua yaitu fotokatalisis homogen dan fotokatalisis heterogen. Fotokatalisis homogen merupakan suatu proses fotokatalisis satu fasa antara substrat dengan katalis. Pada umumnya katalis berupa oksidator seperti ozon (O_3) dan hidrogen peroksida (H_2O_2). Sedangkan fotokatalisis heterogen merupakan suatu proses fotokatalisis dua fasa yang dilakukan dengan bantuan semikonduktor (Krisdaningrum, 2003).

Dalam banyak literatur bahan semikonduktor bertindak sebagai katalis yang digunakan dalam reaksi fotokatalitik. Potensial redoks dari pita valensi dan konduksi dari berbagai variasi semikonduktor antara +4.0 dan -1,5 volt. Fotokatalis umumnya oksida (TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , CeO_2 , WO_3 , dan lain-lain) atau

sulfida (CdS, ZnS, WS₂, dan lain-lain) (Kavita *et,al*, 2004; Robert, 2007; Choi, 2006; Liu *et al*, 2006).

2.9 Fotodegradasi

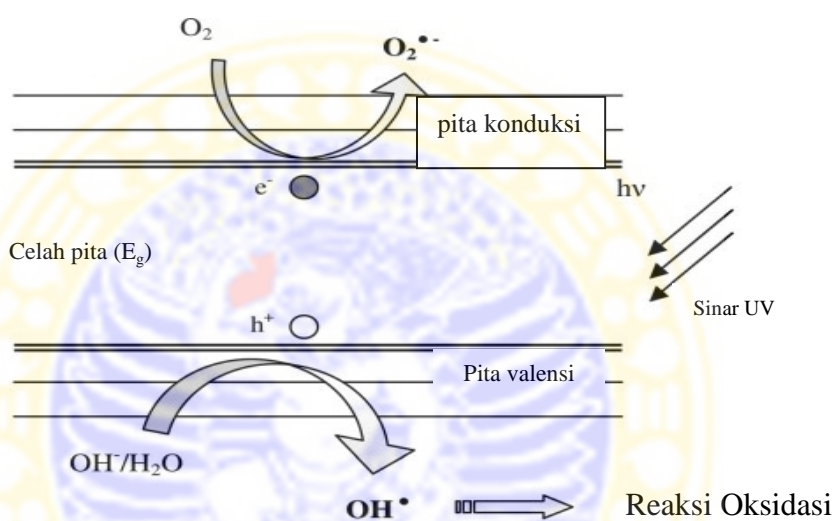
Fotodegradasi adalah suatu proses peruraian suatu senyawa (biasanya senyawa organik) dengan bantuan energi foton. Proses fotodegradasi memerlukan suatu fotokatalis yang umumnya merupakan bahan semikonduktor.

Mekanisme fotokatalis semikonduktor TiO₂ dengan adanya bantuan sinar UV dapat dijelaskan sebagai berikut. Apabila TiO₂ dikenai cahaya dengan energi foton ($h\nu$) yang sama atau lebih besar daripada energi celah pita maka sebuah elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi yang mengakibatkan lubang (hole) pada pita valensi. Karena kehilangan elektron maka pita ini memiliki muatan positif (h_{vb}^+) dan pita konduksi bermuatan negatif karena mendapatkan tambahan elektron (e_{cb}^-). Reaksinya menurut Amin (2007) adalah sebagai berikut:



Lubang bermuatan positif pada pita valensi h_{vb}^+ dan elektron pada pita konduksi e_{cb}^- akan dapat berekombinasi. Jika h_{vb}^+ bereaksi dengan suatu donor elektron maka akan terjadi reaksi oksidasi sedangkan apabila e_{cb}^- bereaksi dengan akseptor elektron maka akan terjadi reduksi. Selanjutnya hole (h_{vb}^+) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu titanium dioksida membentuk radikal hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat yang akan mengoksidasi zat warna. Untuk elektron yang berada pada permukaan semikonduktor akan terjebak dalam hidroksida logam dan dapat bereaksi dengan penangkapan elektron yang ada dalam larutan misalnya H₂O atau O₂, membentuk radikal

hidroksil ($\cdot\text{OH}$) maupun superoksida ($\cdot\text{O}_2$) yang akan mengoksidasi zat warna dalam larutan. Radikal-radikal ini akan terus menerus terbentuk selama TiO_2 disinari oleh sinar UV (Fatimah et al.,). Menurut Wijaya dkk tahun 2006 dengan bertambahnya radiasi sinar UV maka foton yang mengenai TiO_2 akan semakin banyak sehingga zat warna atau senyawa organik yang terdegradasi akan semakin banyak pula. Berikut mekanisme proses fotokatalitik TiO_2 :



Gambar 2.7 Mekanisme fotokatalitik TiO_2

2.10 TiO_2

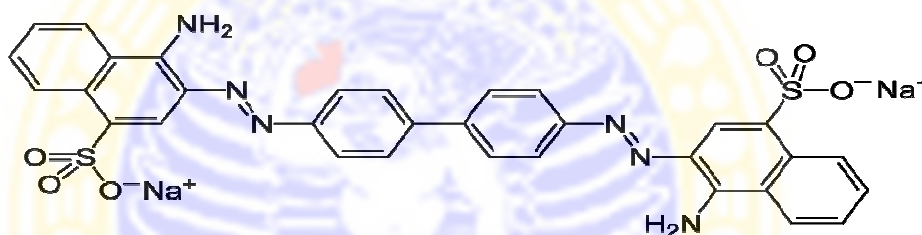
Titanium dioksida (TiO_2) merupakan oksida logam titanium. Konfigurasi elektron atom titanium ($_{22}\text{Ti}$) adalah $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^2$. Sementara atom oksigen ($_{8}\text{O}$) yaitu $1s^2, 2s^2, 2p^4$. Titanium dioksida dikenal sebagai senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun. Titanium dioksida memiliki sifat kelarutan yang cukup baik dalam H_2O , HCl , HNO_3 serta larut dalam campuran alkali hidrogen sulfat, alkali hidroksida dan alkali karbonat dengan indeks bias sangat tinggi dan titik lebur 1855°C (O'neil, 2001).

Titanium dioksida (TiO_2) secara mikroskopis memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan amorf (Gunlazuardi, 2001). Titanium dioksida (TiO_2) amorf seperti layaknya senyawa amorf lain tidak memiliki keteraturan susunan atom sehingga bahan tersebut tidak memiliki keteraturan pita konduksi dan valensi, akan tetapi TiO_2 amorf juga dikenal memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan dalam waktu yang tidak singkat. Titanium dioksida bentuk kristal diketahui memiliki tiga fase kristal yang berbeda yaitu rutile, brookite, dan anatase (Banerjeel *et al.*, 2006)

Rutile merupakan bentuk kristal yang paling stabil dibandingkan dua fase lainnya, oleh karena itu kristal jenis ini lebih mudah ditemukan dalam bentuk yang paling murni (bijih). Rutile digunakan sebagai pigmen putih dalam plastik, cat, pelapis dan kertas karena efisiensi hamburan cahaya yang tinggi dan non toksisitasnya (Emsley, 2002). Rutile juga memiliki serapan cahaya UV yang tinggi sehingga rutile dapat digunakan dalam bahan kosmetik dan tabir surya. Brookite sulit untuk memproduksi partikel berukuran nano sehingga brookite sangat sedikit sekali diketahui tentang potensi aplikasinya (Cassaignon *et al.*, 2007). Fase anatase memiliki kemampuan fotokatalitik paling tinggi dibandingkan dengan kedua fase TiO_2 lainnya yaitu rutil dan brookite (Lachheb *et al.*, 2002). TiO_2 anatase secara komersial telah digunakan untuk proses fotokatalis karena mempunyai aktifitas fotokatalis yang tinggi. TiO_2 anatase menyerap UV-dekat (Eg : 3,2 eV) dimana energi tersebut sangat tepat digunakan untuk proses fotogenerasi (Kim *et al.*, 2008).

2.11 Congo red

Congo red merupakan suatu turunan asam azonaftalen dengan rumus molekul senyawa $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ dan memiliki nama IUPAC natrium benzydindiazo-bis-1-naftilamin-4-sulfonat. *Congo red* berbentuk bubuk berwarna merah kecoklatan, di dalam air akan berwarna merah kekuningan, sedangkan jika dilarutkan dalam etanol berwarna orange. *Congo red* mempunyai kelarutan yang sangat baik pada pelarut organik, misalnya etanol. Senyawa ini mempunyai berat molekul 696,67 g/mol (O'Neil, 2001).



Gambar 2.8 Struktur kimia *congo red*

Congo red merupakan bahan kimia yang memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan tubuh manusia, di antaranya bila tertelan dapat mengakibatkan rasa mual pada lambung, muntah dan diare. Bahan ini bila terkena mata dan teradsorpsi pada kulit dapat menyebabkan iritasi, mengakibatkan kerusakan sistem pernapasan, menyebabkan kanker serta menyebabkan gangguan reproduksi dan janin. *Congo red* merupakan salah satu zat warna azo yang berwarna merah dalam larutan basa dan berwarna biru dalam larutan asam, terutama digunakan sebagai indikator pH 3,0-5,2 atau sebagai pewarna biologi (Pudjaatmaka, 2002).

2.12 Membran

Membran adalah suatu antarmuka antara dua daerah fluida yang bersifat “*barrier*” terhadap materi dengan permeabilitas dan selektivitas yang berbeda. Pada umumnya membran merupakan film semipermeable. Membran dapat membatasi transport dari berbagai spesi berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran dapat berupa padatan ataupun campuran dan berfungsi sebagai media pemisah yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien, muatan listrik maupun perbedaan kelarutan. Secara makro membran merupakan pembatas antara dua fasa yang berjalan secara selektif sedangkan proses pemisahannya merupakan skala mikro yang meliputi difusi, pelarutan, osmosi, ultrafiltrasi, dialisis, pertukaran ion, dan elektrodialisa (Stephenson, 2000).

Perkembangan aplikasi teknologi membran saat ini berkembang cukup pesat diantaranya dalam bidang medis, farmasi, bioteknologi serta pemurnian cairan (Noble *et al.*, 2003). Selain itu teknologi membran juga dimanfaatkan dalam bidang industri elektronik, desalinasi air laut, pemisahan emulsi minyak dan air, filter virus dan sterilisasi anggur (Baker, 2004).

2.12.1 Membran fotokatalitik

Parameter utama dari membran fotokatalitik adalah selektivitas membran dan jumlah katalis yang ditambahkan dalam membran (Molinari *et al.*, 2002). TiO_2 dapat meningkatkan sifat mekanik dan kinerja membran karena terjadi perubahan struktur pada ikatan antara TiO_2 dengan bahan polimer dari membran. Ikatan koordinasi antara polimer dengan TiO_2 terjadi bila pada salah satu atom penyusun polimer mengandung pasangan elektron bebas yang mendonorkan

elektronnya ke atom TiO₂ yang menyebabkan terjadinya perubahan ikatan antara atom O dengan TiO₂ sehingga ikatannya semakin kuat (Bae, 2005)

2.13 Karakterisasi Membran

2.13.1 Penentuan fluks (permeabilitas)

Permeabilitas sering disebut sebagai kecepatan permeat atau fluks adalah ukuran kecepatan suatu spesi melewati membran persatuan luas dan waktu dengan gradien tekanan sebagai gaya pendorong (Baker, 2004). Faktor yang mempengaruhi permeabilitas adalah jumlah dan ukuran pori, interaksi antara membran dan larutan umpan, viskositas larutan umpan serta tekanan dari luar. Permeabilitas dirumuskan dalam persamaan 2 (Pabby *et al.*, 2009)

$$J = \frac{V}{A.t} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

J = fluks (L m⁻² hari⁻¹)

t = waktu (hari)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan membran (m²)

2.13.2 Penentuan rejeksi (permselektivitas)

Permselektivitas membran diukur dengan menentukan koefisien rejeksinya yaitu kemampuan membran untuk menahan partikel terlarut, sementara pelarutnya melewati membran. Faktor yang mempengaruhi permselektivitas membran adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran dan

larutan umpan, dan ukuran pori. Penentuan permselektivitas dinyatakan sebagai koefisien rejeksi yang dirumuskan dalam persamaan 3 (Baker, 2004)

$$R = (1 - \frac{C_p}{C_f}) \times 100 \% \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

R = koefisien rejeksi (%)

C_p = konsentrasi zat terlarut dalam permeat

C_f = konsentrasi zat terlarut dalam umpan

Zat terlarut yang tertahan oleh membran dengan sempurna jika harga R=100% tetapi jika harga R= 0% maka zat terlarut dan pelarut mengalir bebas melalui membran. Semakin besar harga R berarti semakin selektif membran tersebut dalam melewatkan partikel-partikel dalam larutan umpan. Oleh karena itu, harga koefisien rejeksi sangat ditentukan oleh ukuran pori-pori membran (Baker, 2004).

2.13.3 Sifat mekanik membran

Karakterisasi sifat mekanik perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya yang berasal dari luar yang dapat merusak membran. Semakin rapat struktur membran, maka jarak antar molekul dalam membran semakin rapat sehingga membran mempunyai kekuatan tarik yang besar.

Uji tarik merupakan parameter sifat mekanik utama dari membran. Pada penentuan sifat uji tarik, digunakan beberapa besaran fisika untuk menentukan sifat fisik materialnya yakni tekanan (*stress*), regangan (*strain*) dan *Modulus*

Young. Semua besaran ini diperoleh dengan melakukan uji tarik terhadap material yang akan diukur (Stevens, 2001).

Tegangan adalah perbandingan besar gaya (F) terhadap luas penampang (A). Tegangan dapat dirumuskan dalam persamaan 4 (Callister *et al.*, 2010)

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

- σ = Tegangan (N/cm²)
- F = Gaya (N)
- A = Luas penampang (cm²)

Regangan adalah perubahan relatif dari bentuk benda yang mengalami tegangan.

Regangan dirumuskan dalam persamaan 5

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

- ε = Regangan
- Δl = perubahan panjang (cm)
- l_0 = panjang mula-mula (cm)

Modulus Young adalah perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan (ε).

Modulus Young dirumuskan dalam persamaan 6

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (6)$$

dengan :

- E = *Modulus Young* (N/cm²)
- σ = Tegangan (N/cm²)

ε = Regangan

2.13.4 Ketebalan membran

Pengukuran ketebalan membran adalah indikator keseragaman dan kontrol kualitas membran. Membran diukur dari sisi kanan, kiri, tengah, atas dan bawah. Tebal membran diukur beberapa kali, menggunakan mikrometer sekrup kemudian dihitung ketebalan rata-ratanya. Ketebalan membran akan berpengaruh pada sifat permeabilitas karena semakin tebal membran, maka jarak yang akan ditempuh umpan akan semakin panjang sehingga laju alir fluida umpan akan semakin lama dan berpotensi memperbesar kemungkinan terjadinya *fouling* karena penumpukan material umpan di atas permukaan membran.

2.14 Penentuan berat molekul rata-rata

Penentuan berat molekul rata-rata dapat dilakukan dengan alat viskometer ostwald. Metode yang paling sederhana untuk menentukan berat molekul dari kitin dan kitosan yaitu dengan viskometri (Kumar, 2000). Viskositas larutan dihitung menggunakan viskometer kapiler. Pengukuran dapat dilakukan dengan menghitung lamanya waktu yang dibutuhkan oleh larutan untuk mengalir melalui pipa kapiler dengan pengukuran berulang (Tarbojevich *et al.*, 1996).

Dalam larutan encer, dikenal viskositas spesifik yang didefinisikan oleh persamaan 7

$$\eta_{sp} = \frac{\eta_{larutan} - \eta_{pelarut}}{\eta_{pelarut}} = \frac{t - t_0}{t_0} \dots\dots\dots(7)$$

dengan :

- η_{sp} = viskositas spesifik
- $\eta_{pelarut}$ = viskositas pelarut
- $\eta_{larutan}$ = viskositas larutan
- t = waktu alir larutan (detik)
- t_0 = waktu alir pelarut (detik)

Viskositas intrinsik adalah titik pada grafik dimana nilai $C=0$. Data yang diperoleh dari pengukuran dimasukkan ke dalam grafik η_{sp}/C terhadap C dengan η_{sp} adalah viskositas spesifik dan C adalah konsentrasi larutan. Viskositas intrinsik dapat ditentukan dari viskositas spesifik yang diperoleh dari persamaan Huggins

$$\frac{\eta_{sp}}{C} = [\eta] + k' [\eta]^2 C \dots\dots\dots(8)$$

dengan :

- η_{sp} = viskositas spesifik
- $[\eta]$ = viskositas intrinsik
- C = konsentrasi larutan (gr/L)
- k' = konstanta

Menurut Mark Houwink-Sakurada, hubungan antara $[\eta]$ dengan M_v (massa molekul rata-rata) didefinisikan pada persamaan 9

$$[\eta] = KM_v^a \dots\dots\dots(9)$$

dengan :

- $[\eta]$ = viskositas intrinsik
- K = konstanta pelarut
- a = konstanta

M_v = berat molekul rata-rata

2.15 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri adalah salah satu cabang analisis instrumental yang berhubungan dengan segala sesuatu tentang interaksi sinar dengan molekul. Hasil interaksi tersebut bisa menimbulkan pemantulan, pembiasan, penyerapan, fluoresensi, fosforilasi, dan ionisasi. Spektrofotometer adalah suatu alat atau instrumen untuk mengukur transmisi atau absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang (λ). Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai alat spektrofotometer (Mulya dkk, 1995). Spektrofotometri UV-Vis penggunaannya cukup luas meliputi penentuan kadar senyawa organik yang mempunyai struktur kromofor atau mengandung gugus kromofor. Penentuan kadar dilakukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum (puncak kurva), agar dapat memberikan absorbansi tertinggi untuk setiap konsentrasi.

Radiasi elektromagnetik (REM) monokromatis atau polikromatis jika dilewatkan pada suatu media yang homogen dengan intensitas cahaya yang datang (I_o), maka sebagian dari cahaya tersebut dipantulkan (I_r), sebagian diabsorpsi (I_a) dan sebagian diteruskan (I_t), sehingga dapat dituliskan dalam persamaan 10

$$I_o = I_a + I_t + I_r \quad \dots\dots\dots (10)$$

dengan

- : I_o = intensitas cahaya masuk
- I_r = intensitas cahaya yang dipantulkan
- I_t = intensitas cahaya yang diteruskan
- I_a = intensitas cahaya yang diserap

Permukaan udara dan gelas (kuvet) mempunyai harga $I_r = 4\%$ dan harga I_r dapat diabaikan karena pada spektrofotometri dipakai larutan blanko, sehingga dari keadaan diatas dapat dituliskan pada persamaan 11

$$I_0 = I_a + I_t \dots \dots \dots (11)$$

Pada Spektrofotometer UV-Vis menggunakan hukum Lambert Beer dengan persamaan 12 dan 13 (Garland *et al.*, 2003).

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-\epsilon b c} \dots \dots \dots (12)$$

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon b c \dots \dots \dots (13)$$

dengan :

A = absorbansi

ϵ = koefisien ekstinsi molar ($L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

c = konsentrasi senyawa yang mengabsorpsi (mol/L)

b = tebal medium yang dilalui REM