

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Diapers**

Seiring dengan perkembangan teknologi, pola hidup masyarakat berubah seperti pemakaian popok sekali pakai (diapers) untuk balita yang menggantikan kain sebagai popok karena dianggap lebih praktis baik bagi balita maupun ibu rumah tangga. Meningkatnya pemakaian popok sekali pakai akan menimbulkan masalah baru yaitu pencemaran lingkungan. Saat ini popok sekali pakai dibuang begitu saja dan tidak dimanfaatkan. Padahal dari teknologi dan ekonomi popok bisa dimanfaatkan dan digunakan. Popok sekali pakai (diapers) tidak mudah terurai karena terbuat dari molekul *sodium polyacrylate*. *Sodium Polyacrylate* adalah suatu polimer yang secara luas yang digunakan pada berbagai produk Senyawa polimer tersebut mempunyai kemampuan untuk menyerap sebanyak 200 – 300 kali massanya di dalam air. *Acrylate polymers* biasanya digunakan untuk reaksi yang bersifat anionik.

Sebuah popok sekali pakai terdiri dari sebuah bagian penyerap yang terletak di antara dua lembar kain bukan tenunan. Bagian ini khusus dirancang untuk menyerap dan mempertahankan cairan tubuh, dan kain bukan tenunan memberikan popok bentuk yang nyaman dan membantu mencegah kebocoran. (A.M. Cottenden, P.H. Thornburn, *Textile Research Journal*, 7 1998; vol. 68: pp. 479–487).

#### **2.2 Polimer**

Pengertian polimer secara arti kata adalah *poly* yang berarti banyak, sedangkan *meros* adalah bagian. Polimer dapat didefinisikan sebagai suatu molekul besar yang terdiri dari rangkaian unit struktur berulang yang memiliki ikatan kovalen. Panjang pendeknya rangkaian yang dimiliki akan menentukan banyaknya berat molekulnya. Pada umumnya berat mol material minimal 1000 atau jika dilihat dari jumlah unit struktur didalam rangkaiannya selalu lebih besar dari 100 buah. Unit struktur merupakan susunan atom-atom dalam ruang sederhana (monomer). Contoh monomer yang paling sederhana adalah *ethylene*. Untuk menjadi material polimer, monomer harus mengalami polimerisasi yang dapat dilakukan dengan cara *Bulk* (pemanasan), pelarutan, suspensi atau emulsi (Dorel : 1995).

Polimer merupakan bahan yang sangat bermanfaat dalam dunia teknik. Polimer sangat mudah dibuat dan penerapannya mencakup berbagai bidang industri, seperti industri serat, plastik, cat perekat, dan penambal. Polimer terdiri dari beberapa bentuk yaitu cair-kental, karet lunak seperti padatan padatan kertas. Sifat-sifat fisik dari setiap jenis polimer tersebut sangat dipengaruhi oleh berat molekulnya, kekuatan ikatan antar molekul, kelenturan struktur polimer serta fleksibilitas dari molekul (Dorel: 1995). Berat molekul rata-rata jumlah dari polimer dinyatakan dalam Mn seperti ditunjukkan dalam Table 2.1.

Tabel 2. 1 Berat Molekul Rata-Rata Jumlah Polimer

Polimer	Berat Molekul (Mn)
LDPE	20000
HDPE	15000
Nilon	20000
PVC	40000
PP	40000
PET	20000

Sumber : Dorel (1995)

Bahan polimer terdiri dari dua jenis polimer yaitu polimer biologis dan polimer bukan biologis. Polimer biologis merupakan dasar dari berbagai macam bentuk kehidupan dan makanan, sedangkan polimer bukan biologis adalah sebagai dasar dalam bahan industri. Polimer lain adalah polimer organik dari unsur C, H, N, dan O. Contohnya adalah polimer alami seperti selulosa, karet alam dan lain-lain. Dalam polimer juga sering terdapat unsur ikatan seperti Si, S, B, P, F dan Cl.

Berdasarkan jenis struktur polimer dapat dibagi dua, yaitu :

- *Thermoset*, yaitu material yang rantai molekulnya panjang dengan *cross link* (hubungan silang). Produknya antara lain *alkyl*, *epoxy*, *phenol formaldehyde*, *urea formaldehyde*.
- *Thermoplastic*, yaitu material yang molekulnya panjang dan tidak punya hubungan silang. Jenis ini antara lain *polyethylene (PE)*, *polyvinyl chloride(PVC)*, *polystyrene (PP)*, *polycarbonate (PC)* (Dorel: 1995).

Sebelum melakukan pemrosesan polimer dengan pabrikan, harus diketahui terlebih dahulu apakah termasuk jenis *thermosetting* atau *thermoplastic*. Hal ini menentukan jenis proses pengerjaan yang dapat dilakukan pada material tersebut. Jenis *thermosetting* hanya dapat diubah bentuknya dengan melakukan permesinan (pemotongan). Jenis *Thermoplastik* dapat diubah bentuknya dengan pemanasan, penekanan dan pendinginan.

### 2.3 Hidrogel

Polimer superabsorben (*Superabsorbent Polymer/SAP*) adalah suatu bahan yang dapat mengabsorpsi dan menyimpan cairan lebih dari berat bahannya dan tidak melepas cairan tersebut. Penggunaan polimer super absorben sangat banyak diantaranya digunakan sebagai bahan pengolahan limbah, media tumbuh tanaman, bahan untuk mengurangi friksi pipa, bahan pelapis anti bocor, pelindung jaringan kabel bawah tanah, bahan pembuatan kemasan barang dan bahan pemadam kebakaran (Swantomo dkk., 2008).

Hidrogel umumnya disusun oleh monomer hidrofilik, monomer hidrofobik jarang digunakan dalam pembuatan hidrogel dan hanya digunakan untuk penggunaan yang spesifik. Secara umum pembuatan hidrogel dipengaruhi oleh monomer, inisiator dan *crosslinker*. Karena sifatnya yang tidak larut, jaringan hidrofilik tiga dimensi ini dapat menahan sejumlah air yang tidak hanya memiliki kompatibilitas baik dengan darah, tetapi juga dapat mengatur derajat struktural dan elastisitas. Gugus fungsi hidrofilik seperti  $-OH$ ,  $-COOH$ , atau  $COO^-$  yang terikat pada polimer digunakan untuk ikatan silang hidrogel, gugus fungsi tersebut dapat menyerap air tanpa larut (Omidian and Park, 2010:2,3,351).

Beberapa bahan jika diletakkan bersama air dalam jumlah berlebih mampu memelar (*to swell*) secara cepat dan mempertahankan air dalam jumlah cukup besar dalam struktur pemelaran. Bahan tidak larut dalam air dan mempertahankan struktur jaringan tiga dimensi. Struktur ikatan silang dapat berupa ikatan kovalen atau ionik. Sifat tidak larut hidrogel disebabkan oleh adanya ikatan silang antar rantai molekul polimer, sedangkan sifat dapat menyerap air dan mengembang disebabkan oleh adanya gugus fungsi seperti  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-CONH_2$ ,  $-CONH$ , dan  $-SO_3H$  (D. Darwis, 2013).

Di dalam hidrogel yang ter-*crosslinking* secara fisik, pelarutan dicegah dengan adanya interaksi fisik, yang berada diantara rantai polimer yang berbeda (Haryanto, 2015).

Kandungan air yang tinggi dalam hidrogel (70-90%) cocok digunakan sebagai media tanam sebab sifat gel lebih praktis jika dibandingkan dengan media tanah. Hidrogel juga dapat dipakai dalam perkebunan dan hutan tanaman industri (HTI), yaitu sebagai campuran untuk menyempurnakan tanah. Gel dari hidrogel lazim pula digunakan sebagai media untuk pembudidayaan Jamur Shitake dan Jamur Burma (Anonim a, 2006).

### **2.3.1 Kapasitas Penyerapan dan Penyimpanan Air**

Kecepatan dari penyerapan air pada suatu bahan ditentukan oleh materi penyusun bahan dan juga luas permukaan dari bahan tersebut, semakin luas permukaan dari bahan maka akan semakin cepat proses penyerapan air oleh bahan. Materi penyusun dari bahan juga menentukan proses penyerapan air karena berkaitan dengan rongga yang terdapat pada bahan sehingga dapat menampung air yang terserap. Kemampuan suatu bahan dalam menyimpan dan menyerap air juga dipengaruhi oleh adanya kemampuan mengembang dan mengkerutnya bahan sehingga air dapat terserap masuk ke dalam bahan (Islami dan Utomo, 1995).

Kapasitas penyimpanan air (KPA) adalah jumlah kapasitas air yang dapat disimpan oleh suatu bahan. Keadaan ini dapat dicapai jika bahan diberi air sampai terjadi kelebihan air, setelah kelebihan air dibuang. Jadi pada keadaan ini semua rongga terisi. Keadaan air pada bahan dapat terjadi karena adanya berbagai macam gaya yang bekerja untuk mempertahankan air tetap di dalam pori. Gaya-gaya yang bekerja untuk menahan air tetap di dalam pori berasal dari absorpsi molekul air oleh padatan bahan, gaya tarik menarik antar molekul air, adanya larutan garam dan gaya kapiler (Islami dan Utomo, 1995).

## **2.4 Batang Pisang**

Batang pisang memiliki sifat serat yang kuat dan kandungan kimia yakni unsur-unsur penting yang dibutuhkan tanaman seperti nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Selain itu, tanaman yang ditumbuhkan dalam media tanam yang ditambahkan kompos tumbuh menjadi lebih baik (Sugiarti, 2011). Hal tersebut

menunjukkan adanya unsur makro dan mikro dalam batang pisang sehingga dapat digunakan untuk media tanam. Ketersediaan nutrisi merupakan hal yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Kandungan selulosa batang pisang dengan kadar 62,75% sebagai bahan yang akan digunakan sebagai penguat (*filler*) dalam pengembangan komposit hidrogel limbah diapers.

Secara umum serat yang sering digunakan sebagai *filler* adalah serat buatan seperti serat gelas, karbon dan grafit. Serat buatan ini memiliki keunggulan tetapi harganya relative mahal. Pemakaian serat alam yaitu serat batang pisang sebagai pengganti serat buatan akan menurunkan biaya produksi. Hal ini dapat dicapai karena murah biaya yang diperlukan bagi pengolahan serat alam dibandingkan dengan serat buatan. Walaupun sifat-sifatnya kalah dari segi keunggulan dengan serat buatan, namun harus diingat bahwa serat alam lebih murah dalam hal biaya pengolahan dan sumber dayanya dapat terus diperbaharui.

#### 2.4.1 Serat Batang Pisang

Serat batang pisang termasuk salah satu serat alam yang didapat dari kelopak batang pisang. Batang pisang memiliki penampang melintang yang berentung lingkaran. Identitas morfologi penampang terhadap serat batang pisang menunjukkan bahwa serat pisang memiliki banyak rongga. Struktur permukaannya lebih mempunyai busa (*sponge*). Bahkan terdapat lubang yang cukup besar berada di tengah-tengah diameternya.

Analisis sifat kimia yang bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam bahan baku, yang terdiri dari kadar mineral (abu), kadar lignin, kadar sari, kadar alfa selulosa, kadar pentosan, kadar kelarutannya yang dilakukan menurut SNI. Hasil analisis sifat kimia dan komposisi serat batang pisang seperti ditunjukkan pada Table 2.2 :

Tabel 2. 2 Sifat Kimia dan Komposisi Serat Batang Pisang

Komponen Kimia	Komposisi (%)
Kadar Abu	2,97
Kadar Lignin ( Metode Klason )	14,12
Kadar sari	3,32

Kadar Alfa Selulosa	36,91
Kadar Total Selulosa	78,14
Kadar Pentosan sebagai Hemiselulosa	18,21
Kelarutan dalam NaOH 1%	24,26

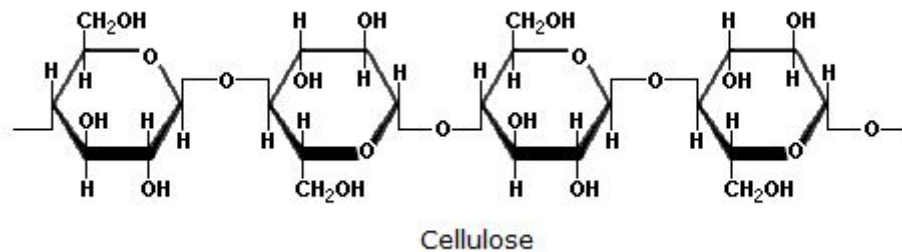
Sumber: Laboratorium Balai Besar Pulp dan kertas.

#### 2.4.2 Struktur Selulosa

Selulosa merupakan salah satu polimer yang tersedia melimpah di alam. Produksi selulosa sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Sebagian dihasilkan dalam bentuk selulosa murni seperti yang terdapat dalam rambut biji tanaman kapas. Namun paling banyak adalah yang berkombinasi dengan lignin dan polisakarida lain seperti hemiselulosa dalam dinding sel tumbuhan berkayu, baik pada kayu lunak dan keras, jerami atau bambu. Selain itu selulosa juga dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* secara ekstraseluler (Klemm, dkk., 1998a).

Senyawa ini juga dijumpai dalam plankton bersel satu atau alga di lautan, juga pada jamur dan bakteri (Potthast, dkk., 2006; Zugenmaier, 2008). Sebagai bahan baku kimia, selulosa telah digunakan dalam bentuk serat atau turunannya selama sekitar 150 tahun (Habibi, dkk., 2010). Selulosa pertama kali dijelaskan oleh *Anselme Payen* pada 1838 sebagai serat padat yang tahan dan tersisa setelah pemurnian jaringan tanaman dengan asam dan amonia (Brown dan Saxena, 2007). Payen mengamati bahwa bahan yang telah dimurnikan mengandung satu jenis senyawa kimia yang seragam, yaitu karbohidrat. Hal ini berdasarkan residu glukosa yang mirip dengan pati. Selulosa adalah isomer dari bahan penyusun pati (Zugenmaier, 2008).

Selulosa tersusun dari unit-unit *anhidroglukopiranososa* yang tersambung dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik membentuk suatu rantai makromolekul tidak bercabang. Setiap unit *anhidroglukopiranososa* memiliki tiga gugus hidroksil (Potthast, dkk., 2006; Zugenmaier, 2008), seperti yang terlihat pada Gambar 2.1. Selulosa mempunyai rumus empirik  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan  $n \sim 1500$  dan berat molekul  $\sim 243.000$  (Rowe, dkk., 2009).



Gambar 2. 1 Struktur selulosa (Zugenmaier, 2008)

Untuk mendapatkan sifat fisik dan kimia yang lebih baik dan memperluas aplikasinya, selulosa dibuat dalam berbagai turunannya diantaranya turunan ester dan eter. Ester selulosa banyak digunakan sebagai serat dan plastik, sedangkan eter selulosa sebagai pengikat dan bahan tambahan untuk mortir khusus atau kimia khusus untuk bangunan dan konstruksi juga stabilisator viskositas pada cat, makanan, produk farmasetik, dan lain-lain. Selulosa juga merupakan bahan dasar dalam pembuatan kertas. Seratnya mempunyai kekuatan dan durabilitas yang tinggi. Jika dibasahi dengan air, menunjukkan pengembangan ketika jenuh, dan juga higroskopis. Bahkan dalam keadaan basah, serat selulosa alami tidakkehilangan kekuatannya (Zugenmaier, 2008).

Turunan selulosa telah digunakan secara luas dalam sediaan farmasi seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa, dan dalam bentuk lainnya yang digunakan dalam sediaan oral, topikal, dan injeksi. Sebagai contoh, karboksimetil selulosa merupakan bahan utama dari Seprafilm™, yang digunakan untuk mencegah adesi setelah pembedahan. Baru-baru ini, penggunaan selulosa mikrokristal dalam emulsi dan formulasi injeksi semipadat telah dijelaskan. Penggunaan bentuk-bentuk selulosa dalam sediaan disebabkan sifatnya yang inert dan biokompatibilitas yang sangat baik pada manusia (Jackson, dkk., 2011).

## 2.5 Analisis Karakteristik Hidrogel

### 2.5.1 Rasio Swelling

Dalam A. Z. Abidin et al. (2012) karakteristik pembengkakan (*swelling*) dari sampel diukur dengan mengukur berat air yang bertambah dalam sampel. Sampel yang benar-benar kering direndam dalam air pada suhu ruang dan dibiarkan hingga

kondisi kesetimbangan kemudian diukur beratnya. Karakteristik pembengkakan diwakili oleh derajat pembengkakan setimbang *Equilibrium Degree of Swelling (EDS)* dan kandungan air setimbang *Equilibrium Water Content (EWC)*. Keduanya menunjukkan daya serap air oleh hidrogel.

### **2.5.2 Karakterisasi Morfologi**

Menurut A. Z. Abidin et al. (2012) karakterisasi terhadap hidrogel meliputi struktur dan morfologi hidrogel dapat diuji menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* dan Spektrofotometer *Fourier Transform –Infra Red (FT-IR)*.

Uji spektroskopi IR dilakukan untuk melihat gugus fungsional. Spektroskopi FT-IR adalah alat untuk mengukur serapan radiasi daerah infra merah pada berbagai panjang gelombang. Secara kualitatif, spektroskopi FT-IR dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam struktur molekul. Data yang dihasilkan dari uji spektrum FT-IR adalah puncak-puncak spectrum karakteristik yang digambarkan sebagai kurva transmitansi (%) (A. Ratnawati, 2014).

### **2.5.3 Karakterisasi Struktur**

Uji SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi dari hidrogel. Dari bentuk morfologi hidrogel dapat diketahui kemungkinan hidrogel dapat menyerap air. Luas permukaan kontak yang besar antara hidrogel dan air mengakibatkan tempat interaksi antara gugus hidrofilik dengan air menjadi besar. Menurut A. Z. Abidin et al. (2012), kapasitas absorpsi hidrogel dapat dinaikkan dengan memperbesar luas kontak baik melalui permukaan bergelombang maupun jumlah dan ukuran pori. Hal ini dapat dilakukan baik secara perlakuan fisik maupun secara perlakuan kimia.

### **2.5.4 Uji Pertumbuhan Tanaman**

Media tanam berbasis hidrogel sebagai salah satu alternatif yang mudah dalam perawatannya. Penentuan pertumbuhan dilakukan dengan menanam biji kacang hijau pada masing-masing konsentrasi kemudian diamati.



## 2.6 Penentuan Konstanta Laju Pelepasan Bahan Aktif

Laju pelepasan bahan aktif dari dalam hidrogel menunjukkan profil kebergantungan keluarnya bahan aktif terhadap waktu. Pelepasan dalam matriks hidrogel, pengembangan dan pelepasan bahan aktif terjadi secara simultan dan berpengaruh terhadap laju pelepasan secara keseluruhan. Kinetika pelepasan bahan dapat dipelajari dengan beberapa model kinetika. Kinetika orde nol ditentukan dengan persamaan (1), di mana  $Q_t$  merupakan jumlah bahan aktif yang dikeluarkan setiap waktu ( $t$ ),  $Q_0$  adalah jumlah awal bahan aktif dalam larutan (biasanya nol), dan  $K_0$  adalah konstanta pelepasan orde nol.

$$Q_t = Q_0 + K_0 t \quad (1)$$

Tabandeh dan Mortazawi (2014), telah mempelajari kinetika pelepasan obat dari dalam Tablet matriks ibuprofen dengan menggunakan kinetika model Higuchi. Model tersebut juga digunakan oleh Laila (2010) untuk menentukan konstanta laju pelepasan pupuk urea dari dalam hidrogel poliakrilamida berpori.

Higuchi telah memberikan persamaan pelepasan bahan aktif seperti persamaan (1) di mana  $Q_t$  adalah jumlah bahan aktif yang dikeluarkan setiap waktu ( $t$ ) per satuan luas ( $\text{cm}^2$ ),  $S$  adalah kelarutan obat ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) dalam medium disolusi,  $A$  adalah jumlah obat dalam matriks tak larut,  $P$  adalah porositas matriks,  $D$  adalah koefisien difusi dan  $\lambda$  adalah faktor tortuositas. Higuchi kemudian menyederhanakan persamaan (2) menjadi persamaan (3) dimana  $K_H$  konstanta pelepasan bahan aktif model Higuchi.

$$Q_t = DS \left( \frac{P}{\lambda} \right) (A - 0,5SP)^{1/2} \sqrt{t} \quad (2)$$

$$Q_t = K_H \sqrt{t} \quad (3)$$

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tabandeh dan Moerazavi (2014), kinetika pelepasan obat dari dalam matriks ibuprofen, dan Laila (2010), tentang kinetika pelepasan urea dari dalam hidrogel poliakrilamida, model Higuchi menunjukkan nilai linearitas terbaik. Hal ini berarti kinetika pelepasan bahan aktif dari dalam suatu matriks mengikuti model Higuchi dengan fungsi akar kuadrat waktu terhadap persen bahan aktif yang dilepas berdasarkan difusi Fickian. Shoaib et al. (2006).