

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu

Industri tahu merupakan salah satu jenis home industri yang menjadikan biji kedelai sebagai bahan utama untuk menghasilkan produk utamanya berupa tahu. Selain produk utama yang diinginkan berupa tahu, industri tahu juga menghasilkan produk sampingan berupa limbah. Limbah yang dihasilkan diantaranya limbah cair, limbah padat basah, limbah padat kering dan limbah gas. Limbah-limbah tersebut berpotensi untuk mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik atau diminimalisir dengan cara memanfaatkannya. Dampak yang diakibatkan seperti munculnya bau yang menyengat, menimbulkan pencemaran sehingga mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar industri tahu serta masyarakat yang melalui lokasi industri tahu tersebut.

Pengolahan limbah padat, cair, dan gas masih belum optimum, bahkan sering langsung dibuang ke lingkungan oleh produsen tahu, sehingga menimbulkan permasalahan baru yang memerlukan pemikiran, tenaga, dan biaya yang banyak untuk pengelolaannya. Industri tahu saat ini sudah menjamur di Indonesia, dan umumnya masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan air dan bahan baku masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi (Kaswinarni, F., 2007)

Teknologi pengolahan limbah tahu saat ini sangat diperlukan, baik pengolahan limbah secara fisika, kimia, biologi atau pengolahan limbah menjadi produk pangan, seperti pengolahan limbah cair tahu menjadi Nata de Soya. Pengolahan limbah cair tahu menjadi Nata de Soyadiharapkan mampu mengurangi pencemaran lingkungan atau permasalahan lingkungan. Dalam proses pembuatan Nata de Soya dari limbah cair tahu diharapkan masih memiliki kandungan protein dan berat serta ketebalan Nata, sehingga limbah cair tersebut dapat dijadikan produk baru yang bermanfaat untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

Khususnya dalam pembuatan Nata de soya, limbah cair tahu sangat berpotensi untuk menghasilkan produk baru yang merupakan hasil dari aktivitas mikroorganisme, karena dalam limbah cair tahu masih memiliki kandungan protein, karbohidrat dan lemak. Alternatif dari pengolahan limbah cair tahu tersebut menjadi Nata de Soya diharapkan mampu mengurangi dampak yang ditimbulkan dari aktivitas produksi tahu yang bersifat negatif (pencemaran). Pengolahan limbah cair tahu, dalam hal ini akan menggunakan tambahan bahan dari air kecambah kacang tanah (*Arachis hypogea*) sebagai sumber pengganti bahan kimia ZA (Zwavelzur amoniak) yang berfungsi sebagai pembantu pertumbuhan bakteri, serta bantuan dari aktivitas mikroorganisme berupa bakteri *Acetobacter xylinum*.

2.1.1 Limbah Tahu

Limbah tahu menurut Syaf, M (2007) merupakan produk makanan yang terbuat dari bahan kedelai dan sumber makanan yang dapat diperoleh dengan harga murah serta kandungan protein tinggi. Bagi penduduk dunia, terutama bagi orang asia, merupakan makanan yang umum. Ada beberapa perbedaan proses yang digunakan dalam pembuatan tahu di daerah satu dengan daerah lainnya, tetapi pada umumnya proses pembuatan hampir sama, akan tetapi disamping produk tahu yang diinginkan juga dihasilkan produk sampingan yang tidak diinginkan yaitu limbah.

Limbah industri tahu terdiri dari limbah cair dan padat serta gas. Dari jenis limbah yang dihasilkan tersebut, limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan (Pohan, N., 2008).

Jenis limbah yang dihasilkan oleh industri tahu berupa padatan (kering dan basah) dan cairan (*whey*).

1) Limbah tahu padat kering

Limbah padat kering dari usaha pembuatan tahu, umumnya terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut:

- a) Kotoran yang tercampur dalam kedelai, misalnya: krikil, kulit, dan batang kedelai, serta kedelai cacat fisik/rusak/busuk.
- b) Kulit ari kedelai yang berasal dari pengupasan biji kedelai.

2) Limbah padat basah

Limbah padat basah dari proses pembuatan tahu berupa ampas yang masih mengandung unsur gizi. Dalam keadaan baru, ampas tahu tidak berbau, bau busuk muncul secara berangsur angsur sejak 12 (dua belas) jam sesudah ampas dihasilkan.

3) Limbah cair

Menurut Sadimin (2007) limbah cair yang dihasilkan dari usaha pembuatan tahu setiap harinya tidak kurang dari sepuluh kali volume kedelai yang diproses.

Ciri-ciri limbah cair tahu adalah:

- a) Limbah cair tahu keruh dan berwarna kuning muda, keabu-abuan bila dibiarkan akan berwarna hitam serta berbau busuk.
- b) Sisa air tahu tidak menggumpal.
- c) Sisa potongan tahu.

4) Penanganan Limbah Tahu

Penanganan limbah tahu dengan berbagai cara sudah dilakukan baik secara fisika, kimia, maupun biologi. Penanganan yang dilakukan pada limbah cair tahu dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan *Nata de Soya*, sehingga limbah cair yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu tidak dibuang ke lingkungan seperti sungai. Hal ini mungkin bias menjadi solusi penanganan limbah cair tahu, sehingga produsen tahu dapat penghasilan tambahan dari limbah cair tahu.

2.2 Nata de Soya

Nata de Soya adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal dari pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula. Nata de soya dapat dibuat dari limbah cair pengolahan tahu dan tempe. Nata yang dibuat dari air kelapa disebut nata de Coco, dan yang dari *whey* tahu atau tempe disebut nata de soya. Mikroorganisme yang membantu proses pembentukan *Nata de Soya* adalah *Acetobacter xylinum*.

Bakteri *Acetobacter xylinum* dapat tumbuh pada pH 3,5 – 7,5, namun akan tumbuh optimal bila pH nya 4,3, sedangkansuhu ideal bagi pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* pada suhu 25°–30°C. Klasifikasi bakteri *Acetobacter xylinum* sebagai berikut:

Kingdom : *Bacteria*

Phylum : *Proteobacteria*

Class : *Alphaproteobacteria*

Ordo : *Rhodospirillales*

Family : *Acetobacteraceae*

Genus : *Acetobacter*

Spesies : *Acetobacter xylinum* (Nita, D., 2012)

Adapun bentuk, warna, tekstur dan jenis nata tersebut tidak berbeda. Pembuatan nata de soya tidak sulit dan biaya yang dibutuhkan juga tidak banyak. Usaha pembuatan nata merupakan alternatif usaha yang cukup menjanjikan. Fermentasi nata dilakukan melalui tahap-tahap pemeliharaan biakan murni, pembuatan starter, fermentasi.

a) Pemeliharaan biakan murni *Acetobacter xylinum*

Fermentasi nata memerlukan biakan murni *Acetobacter xylinum*. Biakan murni ini harus dipelihara sehingga dapat digunakan setiap saat diperlukan. Pemeliharaan yaitu proses penyimpanannya dimana biasanya disimpan pada agar miring yang terbuat dari media Hassid dan Barker yang dimodifikasi dengan komposisi glukosa (100 g), ekstrak khamir (2,5 g) Kalium Hidrogen Posfat (K_2HPO_4) 5 g Amonium sulfat (0,6 g) Magnesium sulfat (0,2 g) agar (18 g) dan air kelapa (1 liter). Pada agar miring dengan suhu penyimpanan 4-7 Co mikroba ini disimpan selama 3-4 minggu.

b) Pembuatan starter

Starter adalah populasi mikroba dalam jumlah kondisi fisiologis yang siap di inokulasikan pada media fermentasi. Volume starter disesuaikan dengan volume media fermentasi yang akan disiapkan. Dianjurkan volume yang akan digunakan tidak kurang dari 5% dari volume media yang akan difermentasi.

c) Fermentasi

Fermentasi dilakukan pada media cair yang telah di inokulasikan dengan starter. Fermentasi berlangsung pada kondisi aerob. Fermentasi dilangsungkan sampai nata yang terbentuk 1,0-1,5 cm. Biasanya untuk ukuran tersebut setelah 10 hari. Lapisan nata mengandung sisa media yang sangat masam. Lapisan nata adalah massa mikroba berkapsul dari selulosa.

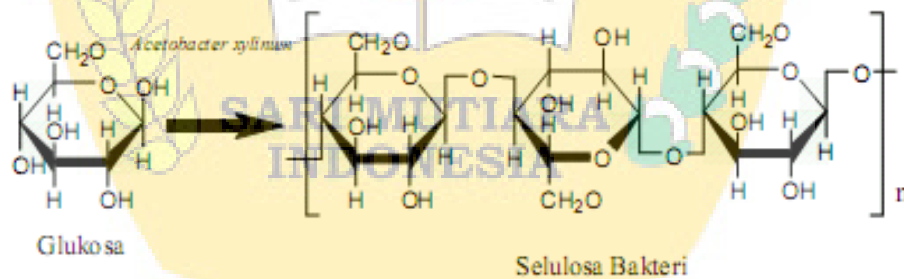
Adapun komposisi dari limbah cair kedelai seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Dari Limbah Cair

Parameter	Kadar
Protein	0,42 %
Lemak	0,13 %
Karbohidrat	0,11 %
Air	98,87 %
Kalsium	13,60 (ppm)
Besi	4,55 (ppm)

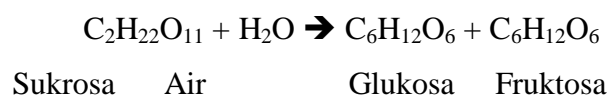
Sumber : (Sulistiyana, 2010).

Selulosa yang terbentuk oleh bakteri *Acetobacter xylinum* pada proses fermentasi air limbah tahu melalui reaksi polimerisasi dari glukosa. Reaksi secara umum terbentuknya selulosa dari glukosa dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Reaksi Umum Pembentukan Selulosa Dari Glukosa

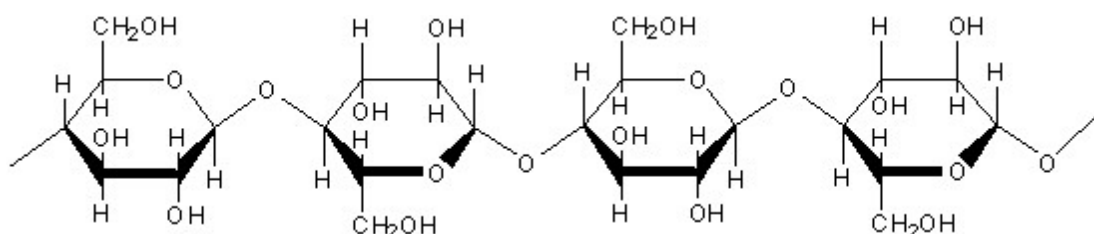
Glukosa akan membentuk selulosa dengan reaksi polimerisasi melalui reaksi kondensasi. Dalam air limbah tahu kandungan glukosa didalamnya rendah sehingga dalam proses pembuatannya harus ditambahkan sukrosa. Sukrosa akan mengalami hidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa.



2.2.1 Komposisi Nata de Soya

Nata de soya biomassa yang terdiri dari selulosa. Dari hasil analisa gizi nata de soya tergolong produk pangan yang bergizi terutama pada kandungan serat kasar. Data dari analisa tersebut membuktikan bahwa limbah rebusan kedelai yang tidak bernilai dapat digunakan menjadi suatu produk bernilai. Selulosa merupakan polimer yang paling melimpah di alam. Nama Selulosa diciptakan oleh Anselme Payen, seorang ahli kimia fisika dan matematika Perancis. Selulosa adalah bahan utama dari tanaman berkayu, yang memiliki keragaman aplikasi yang berkisar dari perumahan ke kertas dan tekstil. Dapat dikatakan, selulosa adalah salah satu senyawa kimia yang paling berpengaruh dalam sejarah budaya manusia. Biasanya selulosa disertai berbagai zat lain, seperti lignin, di dinding sel tumbuhan matriks. Dalam spesies tertentu, seperti kapas, selulosa terdapat dalam bentuk murni tanpa bahan tambahan dan dalam beberapa kasus, seperti alga *Valonia*, selulosa hampir benar-benar dalam bentuk kristal. (Kontturi, E.J., 2005).

Selulosa adalah bagian dari struktur material kayu dan tumbuh-tumbuhan. Kapas adalah selulosa murni yang terkenal. Selulosa merupakan salah satu jenis polisakarida. Dalam selulosa, molekul glukosa dalam bentuk rantai panjang tidak bercabang yang mirip dengan amilosa. Bagaimanapun, unit-unit dari glukosa dalam selulosa terikat pada ikatan β -1,4-ikatan glikosidik. Isomer β tidak membentuk gulungan seperti isomer α , tetapi selaras dalam baris paralel oleh ikatan hydrogen diantara kelompok hidroksil pada rantai yang berdekatan. yang mana membuat selulosa tidak dapat larut dalam air. Ini memberikan struktur rigid ke dinding sel kayu dan serat yang lebih tahan terhadap hidrolisis daripada pati. (Timberlake, K.C., 2007).



Gambar 2.2 Rumus Molekul Selulosa

Selulosa bakteri merupakan eksopolisakarida yang diproduksi oleh berbagai jenis bakteri, seperti *Gluconacetobacter* (sebelumnya *Acetobacter*), *Agrobacterium*, *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, dan *Salmonella*. Produksi selulosa dari *Acetobacter xylinum* pertama kali dilaporkan pada tahun 1886 oleh AJ Brown. Dia mengamati bahwa sel-sel istirahat *Acetobacter* memproduksi selulosa dengan adanya oksigen dan glukosa.

Rumus molekul selulosa bakteri ($C_6H_{10}O_5$) sama dengan selulosa yang berasal dari tanaman, tetapi secara fisik keduanya memiliki fitur kimia yang berbeda. Bakteri selulosa lebih disukai daripada selulosa tanaman karena dapat diperoleh dalam kemurnian lebih tinggi dan menunjukkan tingkat polimerisasi dan kristalinitas yang lebih tinggi. Ia juga memiliki kekuatan tarik dan kapasitas menahan air lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa tanaman (Chawla P.R. et al., 2008). Selulosa bakteri lebih cocok digunakan untuk memproduksi membran audio berkualitas tinggi, kertas berkualitas tinggi, *fuel-cell*, makanan hidangan penutup, material medis seperti obat-obatan *dressing* luka. (Czaja, W. et al., 2005).

Sebagai salah satu sumber selulosa yang dihasilkan dalam skala ilmiah, selulosa bakteri, diproduksi secara ekstraseluler contohnya *Acetobacter Xylinum*. Bakteri gram negatif *Acetobacter Xylinum* merupakan contoh selulosa sintesis dari bakteri prokariotik. Ini ditemukan sebagai lembaran gelatin pada permukaan yang siap dibudidayakan didalam Laboratorium sebagai sumber selulosa murni (Aspinall, G.O., 1983). Di Jepang, matriks selulosa bakteri sebagai limbah industry digunakan sebagai bahan pembuatan cuka tradisional (Ozawa, Y., 2008).

2.3 Hidrogel

Hidrogel merupakan jaringan polimer hidrofilik yang dapat menyerap sejumlah besar air sehingga dapat menyebabkan peningkatan volume secara drastis (Mohadi, R. et al., 2007). Hidrogel adalah bahan polimer hidrofilik yang mempunyai kemampuan untuk mengembang di air atau cairan biologi tetapi tidak larut dalam air. Ketika mengembang di air, hidrogel tetap mempertahankan bentuk asalnya. Sifat hidrofilik dari hidrogel ini dipengaruhi oleh adanya gugus-gugus $-OH$, $-COOH$, $-CONH_2$, dan $-SO_3H$. Sifat ketidaklarutannya dalam air dan kemampuannya mempertahankan bentuk dipengaruhi oleh struktur

tiga dimensi dari hidrogel. Umumnya hidrogel dibuat dari polimer hidrofilik baik dalam bentuk tunggal atau kombinasi dengan polimer lainnya dengan teknik kimia atau radiasi sehingga membentuk ikatan silang (*crosslinking*). Kemampuan dari hidrogel untuk mengembang di air adalah kesetimbangan antara kekuatan disperse pada rantai hidrat dengan kekuatan kohesi yang tidak mencegah penetrasi air ke dalam hidrogel. Selain itu, derajat dan sifat ikatan silang serta kekristalan dari polimer turut menentukan sifat mengembang dari hidrogel (Felasih,E., 2010). Hidrogel merupakan materi yang sangat menarik karena sifat kelarutannya dan daya angkut air yang unik. Bentuknya yang mirip air disebabkan polimer ini hampir seluruh bagian bentuknya terdiri dari air (Erizal,etal., 2002), dan memiliki beberapa sifat unik yang membuat sangat biokompatibel :

- Pertama, hidrogel memiliki tegangan antarmuka yang rendah dengan cairan biologis dan jaringan disekitarnya. Ini menurunkan gaya yang digunakan untuk adsorpsi pelarut dan gaya adhesi sel.
- Kedua, kandungan airnya sangat tinggi karena permukaan hidrogel sangat hidrofilik dan mampu menstimulasi beberapa sifat jaringan dari alam dengan kadar air yang tinggi. Hal ini membuatnya sangat biokompatibel.
- Ketiga adalah sifatnya yang lunak dapat meminimalkan iritasi mekanik dan gesekan pada jaringan di sekitarnya. Dengan demikian hidrogel sangat potensial untuk membawakan makromolekul bioaktif dalam keadaan mengembangnya, sehingga hidrogel juga dapat digunakan untuk aplikasi di berbagai bidang kesehatan (Muthoharoh,S.P., 2012).

2.3.1 Sifat-Sifat Hidrogel

Sifat fisikokimia dari hidrogel tidak hanya tergantung dari struktur molekul, struktur gel dan banyaknya ikatan silang, tetapi juga dipengaruhi oleh kandungan dan keadaan air didalam hidrogel tersebut. Hidrogel mempunyai sifat yang dapat mengembang dan menyusut pada kondisi pH tertentu. Hidrogel mempunyai karakter fisika-kimia yang khas dan memiliki kelebihan dan peranan masing-masing. Hidrogel yang berikatan secara fisika digunakan untuk penggunaan yang relatif cepat karena ikatannya yang cukup lemah sehingga dalam media asam yang encer pada waktu tertentu sudah mengalami

pengembangan dan akhirnya melarut. Lain halnya dengan hidrogel yang berikatan secara kimia, karena ikatannya kuat atau sulit diubah-ubah lagi sehingga dalam kondisi asam masih bisa bertahan cukup lama (Mohadi,Rat al., 2007). Rantai polimer dengan ikat silang kimia atau fisika pada umumnya sangat penting untuk menjaga struktur ruang hidrogel (Erizal., 2010).

Hidrogel dapat menunjukkan karakteristik *swelling*, didasarkan pada perubahan lingkungan sekitarnya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi respon hidrogel terhadap perubahan lingkungan yaitu, pH, temperatur dan radiasi elektromagnetik. Selain faktor-faktor diatas, rasio bahan ikat silang dan struktur kimia juga mempengaruhi karakteristik *swelling* hidrogel. Faktor lain yang mempengaruhi karakter *swelling* hidrogel adalah rasio bahan ikat silang. Semakin besar rasio bahan ikat silang, maka struktur hidrogel akan semakin rapat, sehingga molekul air sulit masuk pada hidrogel, akibatnya derajat *swelling* berkurang dibandingkan dengan hidrogel yang sama dengan rasio bahan ikat silang lebih rendah. Karakter *swelling* hidrogel juga dipengaruhi oleh struktur kimia dari polimer yang menyusun hidrogel. Hidrogel yang mengandung gugus hidrofilik, karakter *swelling* nya lebih baik dibandingkan dengan hidrogel yang mengandung gugus hidrofobik (Yuniarti,S., 2012).

2.3.2 Metode Pembentukan Hidrogel

Hidrogel dapat dibentuk melalui ikat silang secara fisik atau kimia dari homopolimer atau kopolimer sehingga terbentuk struktur tiga dimensi. Ikat silang dapat dibentuk dengan interaksi kovalen atau nonkavalen. Hidrogel yang terikatsilang secara kovalen disebut gel kimia sedangkan secara non kovalen disebut gel fisik. Ikat silang dapat dilakukan Hidrogel kimia memberikan kekuatan mekanik yang kuat, akan tetapi rentan terhadap efek samping. Gel fisik adalah jaringan tiga dimensi dimana ikatan rantai polimernya memiliki interaksi non kovalen. Cara untuk membentuk ikat silang secara fisik yaitu dengan interaksi hidrofobik, interaksi muatan, atau dengan membentuk ikatan hidrogen. Interaksi muatan dapat terjadi antara polimer dan molekul kecil atau antara dua muatan polimer yang berbeda. Hidrogen dan ikatan non kovalen lainnya lebih lemah daripada ikatan kovalen. Interaksi kovalen yang lebih kuat dari non kovalen

memiliki stabilitas mekanik yang lebih kuat. Metode ikat silang kimia meliputi polimerisasi radikal, energi tinggi irradiasi dan penggunaan enzim. Pada ikat silang kimia, dibutuhkan pengikat silang yang mungkin dapat bereaksi dengan zat-zat lainnya. Hidrogel kimia bisa dihasilkan dari ikat silang polimer larut air atau dengan konversi polimer hidrofobik menjadi polimer hidrofilik kemudian diikat silang untuk membentuk polimer jaringan. Pada keadaan terikat silang, hidrogel mencapai kesetimbangan *swelling* dilarutan berair bergantung pada densitas ikat silang. Pada proses pembentukan hidrogel, gel yang terbentuk dapat mengalami cacat. Cacat tersebut mengakibatkan kurangnya elastisitas dari hidrogel (Fadhli,A., 2012).

2.4 Polimer Superabsorbent (SAPs)

Hidrogel atau umumnya disebut Superabsorbent Polymers (SAPs) adalah jaringan polimer hidrofilik yang mampu menyerap air lebih dari seratus kali beratnya dan tidak mudah lepas meski diberi tekanan. Superabsorbent telah mendapatkan perhatian besar pada beberapa dekade terakhir karena dapat diaplikasikan pada berbagai bidang diantaranya pada produk hygiene, bidang pertanian dan system pelepasan obat. Pada awalnya, bahan penyerap air untuk bidang pertanian disintesis melalui pencangkakan (grafting) monomer – monomer hidrofil pada kanji dan polisakarida – polisakarida lain. Pada dua dekade terakhir, superabsorbent alami secara perlahan digantikan oleh superabsorbent sintesis yang dapat digunakan dalam jangka waktu lebih lama serta memiliki kapasitas penyerapan air dan kekuatan gel yang lebih tinggi. Pada bidang kesehatan, polimer yang digunakan terutama berasal dari asam akrilat dan garamnya, sedangkan pada bidang pertanian bahan yang digunakan umumnya akrilamida (Kabiri et al., 2009).

Polimer superabsorbent (SAPs) mampu menyerap sejumlah besar air atau fluida 10 – 10000 kali berat keringnya. Laju pengembangan (*swelling*) SAPs mulai dari satu menit sampai berjam – jam bergantung pada proses pembuatan dan bahan yang digunakan. Kecepatan pengembang terutama disebabkan ukuran SAPs yang kecil. Pengembangan hidrogel ditentukan oleh kesetimbangan hidrofil – liofil (HLB) hidrogel yaitu fungsi dari jumlah dan sifat gugus fungsi, gugus

samping, serta ion – ion. Semakin tinggi nilai HLB hidrogel, maka struktur hidrogel semakin hidrofil dan akibatnya pengembangannya juga tinggi. Saat nilai HLB hidrogel naik, afinitas terhadap molekul air meningkat dan menyebabkan kenaikan jumlah air terikat didalam struktur hidrogel (Omidian,H. et al., 2004).

Sifat hidrofilik gel meningkat dengan adanya gugus polar yang dapat bersifat non ionic (-OH, -O-, -NH₂, -CONH-, -CHO) atau ionic (-SO₃H, -COOH, -COONa, -COONH₄, -NR₂HX dan sebagainya) (Dafader,N.C., 2009). Hidrogel dapat menyerap sejumlah besar air dan larutan berair lainnya melalui solvasi molekul – molekul air pada ikatan hidrogennya tanpa melarutkan, meningkatkan entropi jaringan yang membuat hidrogel mengalami pengembangan (Swelling) sangat besar.

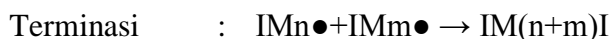
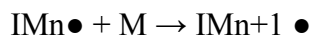
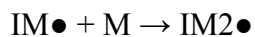
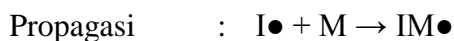
Faktor – faktor yang menentukan daya serap polimer adalah tekanan osmotik, pergerakan ion – ion berlawanan serta afinitas antara elektrolit polimer dan air. Sebaliknya, faktor yang dapat menekan daya serap hidrogel ditentukan oleh elastisitas gel yang dihasilkan dan struktur jaringannya (Zohuriaan,M et al., 2008).

2.5 Asam Akrilat

Asam Akrilat (AA) adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang merupakan bahan baku untuk pembuatan polimer poliasam akrilat (PAA). Struktur kimia dari poliasam akrilat (PAA) memiliki unit gugus –COOH yang dapat diionisasi. Rantai polimer ini dapat diberi ikatan silang pada gugus –OH. Sesuai dengan kemajuan dalam pengembangan dibidang penelitian dan teknologi, maka pada beberapa tahun belakangan ini penelitian yang berkaitan dengan polimer asam akrilat (PAA) sedang dikembangkan secara intensif sebagai bahan dasar (*base material*) untuk bahan biomaterialbaru.

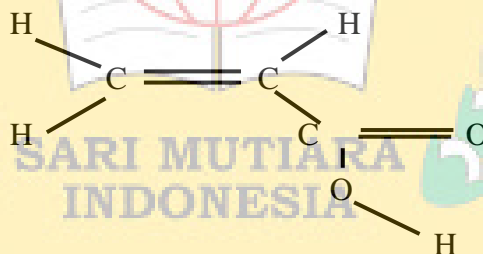
Asam Poliakrilat (PAA) disintesa melalui proses polimerisasi radikal terhadap monomer asam akrilat (AA) menggunakan pelarut organik (air distilat)dalam suasana atmosferik.

Adapun proses mekanisme sintesis PAA meliputi inisiasi suhu, propagasi dan terminasi seperti berikut.



Asam akrilat banyak dimanfaatkan dalam reaksi kopolimerisasi ke suatu polimer. AA dikenal luas sebagai monomer yang membentuk hidrogel dalam kopolimerisasi cangkok ke suatu polisakarida untuk meningkatkan hidrofilitasnya (Yian,Z., 2008).

Asam akrilat adalah senyawa organik yang memiliki rumus molekul $CH_2 = CHCOOH$ berupa cairan pada suhu dan tekanan ruang dengan bau menusuk. Asam akrilat larut sempurna dalam air dan juga dapat larut dalam pelarut organik seperti alkohol, kloroform, benzena, dan aseton. Asam akrilat glasial memiliki berat molekul 72 g/ml, titik didih $141^\circ C$, titik leleh $13^\circ C$, dan massa jenis 1,045 pada suhu $25^\circ C$ (BASF., 2001). Berikut merupakan struktur dari asam akrilat.

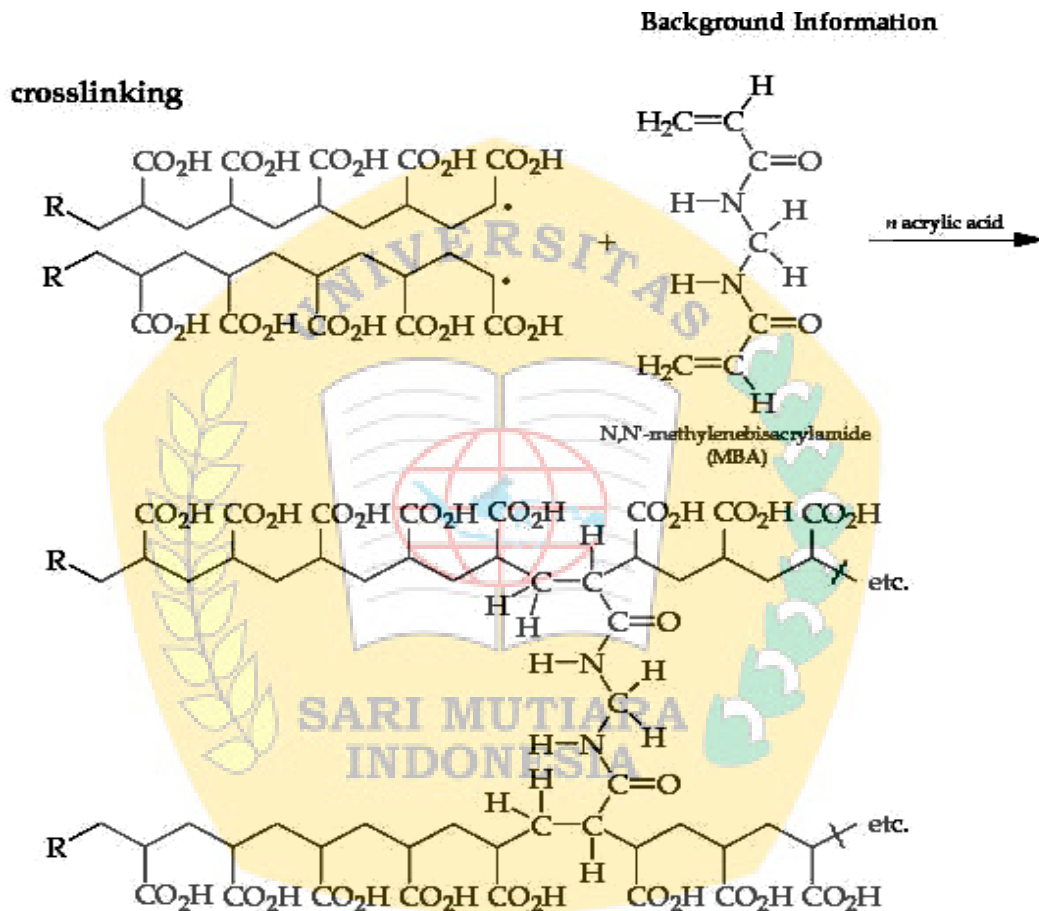


Gambar 2.3. Struktur Molekul Asam Akrilat

Asam akrilat sangat mudah terpolimerisasi, polimerisasi dapat diinisiasi oleh panas, cahaya, dan peroksida. Pada panas system yang sangat tinggi, reaksi polimerisasi spontan asam akrilat dapat terjadi dengan sangat hebat (BASF., 2001). Asam akrilat (acrylic acid atau prop - 2 - enoic acid) mempunyai nama lain acroleic acid, Ethylenecarboxylic acid, Propene acid, Propenoic acid, dan vinylformic acid. Asam akrilat merupakan senyawa vinil karboksilat, berbau tajam dan menyengat, merupakan asam lemah tetapi lebih korosif dibanding asam asetat, sehingga perlu penanganan yang hati-hati, dan harus dihindari kontak langsung dengan kulit (Billmeyer,F.W., 1984).

2.6 Proses ikatan Silang (Crosslink)

Reaksi ikatan silang pada saat polimerisasi sangat penting untuk menghasilkan jejaring polimer (yang dapat menyerap air). Pengikat silang yang digunakan dalam penelitian ini adalah *N,N'*-metilenbisakrilamida (MBA) yang bereaksi dengan gugus fungsi karboksil pada rantai polimer sehingga terbentuk jejaring polimer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Kemampuan polimer dalam menyerap air sangat bergantung pada derajat ikatan silang.



Gambar 2.4. Proses Ikatan Silang PAA

Polimerisasi dilakukan dengan melarutkan monomer asam akrilat dalam aquades pada suhu proses yang diinginkan ($50^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$), tekanan atmosferik dan menggunakan BPO sebagai inisiator yang berfungsi untuk membentuk radikal yang sangat reaktif sehingga monomer AA bergabung menjadi PAA. Setelah reaksi polimerisasi selesai, polimer dikeringkan, selanjutnya diberi *curiingagent* yang berfungsi menambah derajat ikatan silang pada permukaan

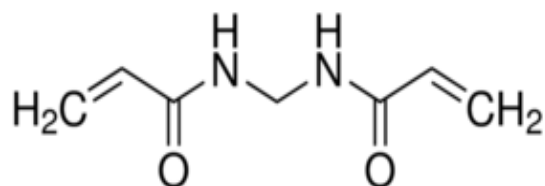
partikel polimer, sehingga kinerja serapan airnya menjadi lebih bagus dan lebih mudah dikontrol.

Ikatan silang dapat digambarkan sebagai ikatan antara dua rantai polimer yang bergabung satu sama lain melalui suatu cabang (*branch*). Ikatan antar polimer ini dapat terjadi dengan bantuan agen pengikat silang yang jumlahnya 2-12% dari jumlah masing-masing komponen polimer yang berikatan. Secara umum ikatan silang dibedakan menjadi 2 yaitu, ikatan silang kimia (*chemical cross-link*) dan ikatan silang fisika (*physical cross-link*).

Ikatan silang kimia dapat terjadi melalui ikatan kovalen maupun ion. Ikatan silang pada suatu polimer dapat mempengaruhi derajat *swelling*. Ketika hadir pelarut, suatu polimer ikatan silang akan mengembang pada saat molekul - molekul pelarut menembus jaringannya. Tingkat pengembangan (*swelling*) ini selain bergantung pada tingkat pengikatan silang, juga bergantung pada afinitas antara pelarut dan polimer. Ikatan silang fisika merupakan ikatan-ikatan silang yang labil secara termal, yakni ikatan-ikatan silang kimia yang putus oleh pemanasan dan mengikat kembali setelah pendinginan. Ikatan silang ion termasuk ikatan silang fisika (Stevens, M.P., 2001).

2.7 N,N' Metilen Bisakrilamida

Metilen bisakrilamida (MBA) mempunyai rumus molekul $C_7H_{10}N_2O_2$, berat molekul sebesar 157,14, dan densitas sebesar 1,235. Metilen bisakrilamida melebur pada suhu $185^\circ C$ dan kelarutannya 0,01-0,1 g/100 ml pada suhu $18^\circ C$ (Merck, 2005). Metilen Bisakrilamida memiliki gugus fungsional amina namun sangat tahan terhadap hidrolisis. Senyawa ini juga mengandung dua ikatan rangkap yang reaktif sehingga dapat berikatan dengan dua rantai yang berbeda saat polimerisasi berlangsung (Garner, C.M *at al.*, 1997). Bentuk molekul metilen bisakrilamida ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Struktur Molekul Metilen Bisakrilamida

Metilen bisakrilamida juga dimanfaatkan sebagai agen pengikat silang dalam modifikasi polimer. Ikatan sambung silang yaitu menyambungkan antar rantai polimer dan memodifikasi polimer menjadi tidak larut dalam air. Metilen bisakrilamida digunakan sebagai agen pengikat silang karena memiliki dua ikatan rangkap yang reaktif. Dua ikatan rangkap ini dapat bergabung dalam dua rantai polimer yang berbeda ketika polimerisasi, dan menghasilkan ikatan sambung silang. Agen pengikat silang ini hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit (Garner, C.M *at al.*, 1997).

2.8 Karakterisasi Polimer

2.8.1 Rasio Swelling

Swelling adalah salah satu sifat fisika yang khas hidrogel, menggambarkan kemampuan hidrogel dalam menyerap air (Erizal, *atal.*, 2002). Jika polimer hidrogel mengembang (*swelling*) dalam mediumnya, ini menunjukkan bahwa hidrogel mampu mengadsorb medium cairnya tanpa larut didalamnya. Semakin banyak rantai yang berikatan silang dalam suatu polimer, kemampuan mengembangnya akan menurun dan gel menjadi semakin keras/kuat. Hidrogel direndam dalam air destilasi hingga mencapai keadaan kesetimbangan. Lalu diambil dan setelah sisa air dihilangkan, kemudian ditimbang (Muthoharoh, S.P., 2012).

2.8.2 Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Fourier Transform Infrared adalah teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum penyerapan *infrared*, emisi, fotokonduktivitas atau hamburan raman dari keadaan padat, cair atau gas. Spektrometer FTIR secara bersamaan mengumpulkan data spektral dalam berbagai spektrum yang luas. Ini mendapat keuntungan yang signifikan atas spektrometer dispersip yang mengukur intensitas sedikit rentang panjang gelombang pada suatu waktu (Lawson, D., 2001).

Dua variasi instrumental dari spektroskopi IR yaitu metode dispersive yang lebih tua, dimana prisma atau kisi dipakai untuk mendiskripsikan radiasi IR, dan metode Fourier transform (FT) yang lebih akhir, yang menggunakan prinsip interferometri. Kelebihan – kelebihan dari FT-IR mencakup persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat, dan (karena instrument ini memiliki computer yang terdeteksi) kemampuan untuk menyimpan dan memanipulasi spectrum (Stevens,M.P., 2007).

Hampir semua molekul menyerap sinar inframerah dan masing-masingmolekul hanya menyerap sinar inframerah pada frekuensi tertentu. Hal ini menunjukkan karakteristik khas untu setiap molekul. Masing- masing molekul hanya menyerap pada frekuensi tertentu dan akan terbentuk pola spektrum absorpsi yang khas atau sidik jari pada spektrum inframerah.

Spektroskopi FTIR didasarkan pada prinsip bahwa hampir semua molekul mengadsorpsi sinar inframerah monoatomik dan molekul diatomik homopolar yangtidak mengadsorpsi sinar inframerah. Pancaran inframerah yang kerapatannya kurang dari 100 cm^{-1} diserap oleh sebuah molekul organik dan diubah menjadi energi putaran molekul. Spektrum rotasi moekul garis-garis yang tersendiri (Silverstein,R.M.at al., 1986).

