

# Pengaruh *Crosslinker* N,N'-Metilenbisakrilamida (MBA) terhadap Kinerja Kopolimer Superabsorben Selulosa Bakterial Nata de Soya - Asam Akrilat yang Disintesis Menggunakan Radiasi Microwave

Budiman Anwar<sup>1\*</sup>, Risa Nurkomarasari<sup>1</sup>, Yayan Sunarya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Kimia FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

Koresponden: E-mail: budimananwar@upi.edu

## ABSTRAK

Material kopolimer superabsorben berbahan baku selulosa bakterial nata de soya dan asam akrilat telah disintesis melalui kopolimerisasi cangkok di bawah radiasi microwave menggunakan inisiator kalium persulfat (KPS) dan *crosslinker* N,N'-metilenbisakrilamida (MBA). Pengaruh *crosslinker* terhadap kinerja kopolimer superabsorben dipelajari dengan cara memvariasikan massa *crosslinker*. Kopolimer superabsorben dikarakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR, Scanning Electron Microscope (SEM), dan Thermal Gravimetry-Differential Thermal Analysis (TG-DTA) untuk mengetahui sifat kestabilan termal. Berdasarkan hasil penelitian, *grafting percentage* meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker*, tetapi menurun saat ditambahkan *crosslinker* dengan massa yang lebih banyak. Nilai persentase *grafting* tertinggi yaitu 61,65% diperoleh pada massa *crosslinker* 0,56 g. *Water absorbency* meningkat dan mencapai optimum pada massa tertentu *crosslinker*. *Water absorbency* optimum dalam aquades dan larutan NaCl 0,9% berturut-turut adalah 26,0 g/g pada massa *crosslinker* 0,4 g dan 9,1 g/g pada massa *crosslinker* 0,08 g. Waktu yang dibutuhkan kopolimer superabsorben untuk mencapai titik *water absorbency* optimum dan kesetimbangan *swelling* meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker*. Hasil analisis FTIR dan SEM menunjukkan telah terjadi pencangkokan asam akrilat pada selulosa bakterial yang terdistribusi secara homogen. Hasil analisis TG-DTA menunjukkan bahwa kopolimer superabsorben mulai terdekomposisi pada suhu 94 °C dengan sisa persen massa sebanyak 62,60%.

**Kata Kunci:** *Crosslinker* MBA; Microwave; Selulosa Bakterial Nata De Soya; Superabsorbent.

Diterima 15 Jan 2021  
Diperbaiki 01 Mar 2021  
Diterbitkan 20 Apr 2021

## ABSTRACT

The superabsorbent copolymers was synthesized via graft copolymerization of bacterial cellulose and acrylic acid under microwave irradiation in the presence of potassium per sulphate (KPS) as initiator and N,N'-Methylenebisacrylamide (MBA) as a crosslinker. In this work, the mass of N,N'-Methylenebisacrylamide was varied in order to study the effect of crosslinker on the performance of superabsorbent copolymers. The characterization of the superabsorbent copolymers was carried out by FTIR spectroscopy, Scanning Electron Microscope (SEM), and Thermal Gravimetry-Differential Thermal Analysis (TG-DTA). The results indicated that grafting percentage increases with the increased mass of crosslinker. Yet, when the mass of crosslinkers was further increased, then the grafting percentage abruptly decreased. The grafting percentage reached optimum of 61.65% at mass of crosslinker of 0.56 g. Water absorbency was observed increases and reached optimum at certain mass of crosslinker. Water absorbency optimum in distilled water and 0.9% NaCl solution were 26.0 g/g at crosslinker mass of 0.4 g and 9.1 g/g at crosslinker mass of 0.08 g, respectively. The time required by superabsorbent copolymer to reach the water absorbency optimum and swelling equilibrium increases along with increasing the mass of crosslinker. FTIR and SEM analysis indicated that the grafting of acrylic acid on bacterial cellulose

has been occurred and distributed homogeneously. TG-DTA analysis showed that the superabsorbent copolymers began to decompose at 94 °C, with the residue mass of 62.60%.

**Kata Kunci:** MBA Crosslinker; Microwave; Bacterial Cellulose Nata De Soya; Superabsorbent.

## 1. PENDAHULUAN

*Superabsorbent polymer (SAP)* atau polimer superabsorben merupakan jaringan rantai polimer tiga dimensi dengan ikatan silang ringan yang mengandung gugus fungsi ionik seperti asam karboksilat, karbokamida, hidroksil, amina, imida, dan gugus lainnya [1]. SAP dapat mengabsorpsi sejumlah besar air, larutan garam, dan cairan dengan daya serap mulai 10 hingga 1000 kali dari massa awalnya [2]. SAP merupakan materi yang sangat menarik karena memiliki sifat kelarutan dan daya angkut air yang unik. Karena sifat yang unik tersebut, akhir-akhir ini dilakukan penelitian dan pengembangan superabsorben secara intensif untuk aplikasi di bidang kesehatan, farmasi, kimia, pengemas makanan, pembuatan kertas, industri holtikultura, dan pengeboran minyak [3].

Pada umumnya SAP terbuat dari monomer-monomer sintetik. SAP poli (akrilamida-ko-asam akrilat) merupakan salah satu contoh SAP yang terbuat dari monomer sintetik [3]. SAP yang terbuat dari monomer sintetik biasanya bersifat tidak ramah lingkungan, toksik, tidak terbarukan, dan memerlukan biaya yang lebih mahal dalam pembuatannya. Oleh karena itu perlu ditemukan alternatif lain untuk mengatasi masalah di atas. Akhir-akhir ini telah banyak dilakukan penelitian dengan memanfaatkan polimer alam sebagai solusi untuk masalah di atas. Bahkan, dalam beberapa tahun terakhir pengembangan SAP dari polimer alam yang *biodegradable* menjadi pusat perhatian para ilmuwan. Salah satu contoh polimer alam yang sudah dimanfaatkan dalam pembuatan SAP yaitu pati [4] dan selulosa [5]. Pati dan selulosa merupakan polimer alam yang dapat diperbaharui, bersifat biodegradable, mudah didapat dengan harga yang murah, ramah lingkungan, dan terdapat dalam jumlah yang melimpah terutama di Indonesia. Pati dan selulosa yang telah banyak digunakan sebagai bahan baku material superabsorben di antaranya berasal dari onggok singkong [2], pati kentang [4], ampas sagu [6], ampas tebu [7], dan daun kentang [5].

Selulosa, selain berasal dari tumbuhan juga dapat dihasilkan oleh bakteri (*Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Sarcina*) yang dikenal sebagai *bacterial cellulose (BC)* atau biasa juga disebut selulosa mikrobial. Nata de soya adalah suatu BC yang diperoleh dengan memanfaatkan limbah cair tahu (kedelai) sebagai medium fermentasi [8]. Pemanfaatan limbah cair tahu ini masih sangat rendah, beberapa industri tahu membuang air limbahnya ke lingkungan sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Alternatif lain untuk memanfaatkan limbah cair tahu adalah dengan mengolahnya menjadi material tertentu yang mempunyai nilai fungsi dan komersial yang lebih tinggi, salah satunya adalah sebagai bahan pembuatan material superabsorbent.

Salah satu cara untuk mensintesis material superabsorbent adalah melalui kopolimerisasi cangkok (*grafting*), metode ini merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk memodifikasi sifat-sifat kimia dan fisika dari polimer alam dan polimer sintetik. Superabsorbent yang terbuat dari polimer alam dan polimer sintetik mempunyai beberapa kelemahan diantaranya kapasitas absorpsi yang relatif kecil, kurang stabil terhadap suhu, sifat fisik yang kurang bagus [9], dan kekuatan mekanik yang rendah [10]. Oleh karena itu,

untuk memperkuat strukturnya dilakukan proses ikat silang dengan suatu agen pengikat silang (*crosslinker*). Dengan adanya ikat silang (*crosslink*) ikatan dalam polimer serta struktur dan sifat mekanik dari superabsorbent akan menjadi lebih kuat dan tidak mudah terurai oleh pelarut. Selain itu, karakteristik dan kinerja dari superabsorben seperti *water absorbency* dan *swelling rate* akan sangat dipengaruhi oleh adanya ikat silang ini. Haryono (tanpa tahun), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa *crosslinker* N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) berpengaruh terhadap kinerja dari superabsorben kitosan-g-poli(asam akrilat), *water absorbency* meningkat seiring dengan meningkatnya *crosslinker* [11]. Pengaruh MBA terhadap *water absorbency* dari superabsorben serabut tandan kosong kelapa sawit-g-Poli (Akrilamida) juga telah dipelajari [12]. Penelitian lain yang banyak dilakukan untuk memodifikasi polimer dengan bahan lain untuk meningkatkan kemampuan absorpsi dan ketahanan sifat fisiknya adalah dengan memanfaatkan radiasi, salah satunya menggunakan radiasi *microwave* sebagai sumber energi panas yang efisien [4].

Pada penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan limbah cair tahu sebagai sumber selulosa yang dikopolimerisasikan dengan asam akrilat (AA) yang mempunyai daya afinitas tinggi terhadap air dan kalium persulfat (KPS) sebagai inisiator serta N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) sebagai agen pengikat silang (*crosslinker*) untuk menghasilkan material superabsorbent yang disintesis menggunakan radiasi *microwave*. Pengaruh *crosslinker* terhadap kinerja dari kopolimer superabsorben dipelajari dengan cara memvariasikan massa MBA, sedangkan massa dari selulosa bakterial nata de soya, asam akrilat dan inisiator dibuat tetap

## 2. METODE

### Sintesis Selulosa Bakterial Nata De Soya

Satu liter limbah cair tahu disaring dan dipanaskan sampai mendidih, kemudian ditambahkan 50 gram gula pasir. Larutan ini dinamakan whey bergula sebagai media nata. Selanjutnya, 10 mL asam asetat dan 5 gram urea ditambahkan ke dalam whey bergula tersebut. Whey kemudian dimasukan ke dalam wadah berukuran 30 x 20 cm<sup>2</sup> dengan tinggi 4 cm dalam keadaan panas, sebelumnya wadah yang digunakan disterilkan dengan alkohol. Whey dalam wadah steril segera ditutup dengan kertas koran dan didinginkan selama 24 jam, kemudian ditambahkan starter *Acetobacter xylinum* sebanyak 100 mL. Bakteri dibiarkan berfermentasi selama 8-11 hari dalam media nata tersebut. Nata de soya hasil fermentasi direbus dalam air mendidih selama 15 menit kemudian dicuci menggunakan air mengalir dan direndam dalam air selama 2-3 hari. Air rendaman diganti secara berkala. Nata de soya yang sudah direndam diukur ketebalannya, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu antara 50-70°C sampai kering. Setelah itu, nata kering dihancurkan menggunakan blender hingga dihasilkan serbuk selulosa bakterial nata de soya. Serbuk ini kemudian dikarakterisasi lebih lanjut menggunakan FTIR.

### Pengujian Kadar Selulosa

Satu gram selulosa kering (Berat A) ditambahkan 150 ml aquades dan direfluks pada suhu 100°C selama 1 jam. Hasil refluks disaring kemudian residu dicuci dengan air panas 300 ml dan dikeringkan dalam oven sampai beratnya konstan (Berat B). Residu B ditambah 150 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dan direfluks selama 1 jam pada suhu 100°C. Hasilnya disaring kemudian dicuci dengan aquades sampai netral dan residunya dikeringkan hingga beratnya konstan (Berat C). Residu C ditambahkan 100 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% dan direndam pada suhu kamar selama 4 jam.

Selanjutnya ditambahkan 150 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dan direfluks pada suhu 100°C selama 1 jam. Hasilnya disaring kemudian dicuci dengan aquades sampai netral dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan (berat D) [7].

$$\text{Kadar Selulosa (\%)} = \frac{\text{Berat C} - \text{Berat D}}{\text{Berat A}} \times 100\% \quad (1)$$

### Sintesis Kopolimer Superabsorbent

Hal yang pertama dilakukan adalah netralisasi asam akrilat (AA) dengan NaOH 20% dalam penangas es. AA yang sudah dinetralisasi (9,5 g), selulosa bakterial Nata de Soya (0,5 g), KPS (0,008 g), dan N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) dicampurkan. Campuran tersebut diaduk dengan magnetic stirrer selama 30 menit. Selanjutnya, gelas kimia yang berisi campuran tersebut dimasukkan ke dalam microwave selama 4,5 menit dengan daya 180W sehingga terjadi proses kopolimerisasi cangkok. Setelah proses kopolimerisasi selesai, kopolimer yang terbentuk didinginkan pada suhu ruangan. Kopolimer hasil radiasi direndam dalam metanol selama 4 jam dan dikeringkan pada suhu 300C selama 48 jam. Kopolimer yang telah dikeringkan, diekstraksi dalam ekstraktor Soxhlet selama 48 jam menggunakan aseton sebagai pelarut untuk membuang homopolimer dan monomer yang tidak bereaksi. Produk hasil Soxhlet dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C selama 24 jam dan ditimbang untuk menentukan jumlah polimer yang tercangkok [5]. Kopolimer cangkok yang telah berhasil disintesis dihancurkan menjadi serbuk, kemudian dilakukan uji kinerja dan dianalisis dengan FTIR, SEM dan TG-DTA. Pada penelitian ini dibuat variasi massa agen pengikat silang (crosslinker) N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) yang digunakan, yaitu 0.008 g, 0.08 g, 0.24 g, 0.4 g, dan 0.56 g. Sementara jumlah dari AA, selulosa dan inisiator dibuat tetap.

### Pengukuran *Grafting Percentage*

Kopolimer superabsorben hasil sintesis ditimbang untuk menentukan jumlah polimer yang tercangkok. Persentase polimer yang tercangkok (*grafting percentage*) dihitung dengan persamaan berikut.

$$GP\% = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

GP % = *grafting percentage*

W<sub>1</sub> = berat monomer dicangkokkan (g)

W<sub>2</sub> = berat kopolimer cangkok (g)

### Pengukuran *Water Absorbency*

Sampel kopolimer superabsorbent ditimbang sebanyak 0,05 g dan dimasukkan ke dalam aquades (100 ml) dan juga dalam larutan NaCl 0,9% (50 ml) pada suhu kamar selama 8 jam untuk mencapai swelling equilibrium. Sampel itu kemudian dipisahkan dari media pengembang (*swelling media*) dengan cara disaring. Daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$Q = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (3)$$

Di mana m<sub>1</sub> dan m<sub>2</sub> masing-masing adalah massa sampel kering dan sampel yang mengembang (*swollen sample*). Nilai Q dihitung sebagai gram air per gram sampel.

### **Pengukuran *Swelling Rate***

Sampel dituangkan ke dalam aquades sebanyak 100 mL. Pada interval waktu tertentu, air yang diserap sampel ( $Q_t$ ), diukur menurut persamaan berikut,

$$Q_t = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (4)$$

pengukuran dilakukan dalam kondisi yang sama seperti pada pengukuran *water absorbency*.

### **Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR**

Sampel yang digunakan berupa cuplikan bentuk bubuk yang dipadatkan ditambah dengan KBr. Sampel selulosa bakterial dan kopolimer superabsorben berbahan baku selulosa bakterial dan asam akrilat yang telah disintesis diidentifikasi gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR.

### **Analisis Struktur Permukaan Kopolimer Superabsorben**

Analisis struktur permukaan dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan dari kopolimer superabsorben, dengan perbesaran 20.000 kali dan energi 10 KV.

### **Analisis Termal Kopolimer Superabsorbent**

Sampel dianalisis menggunakan instrumen TG-DTA. Kisaran suhu dalam percobaan adalah 28-550°C dengan laju pemanasan 10°C/menit dan nitrogen dengan aliran 1 mL/menit.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

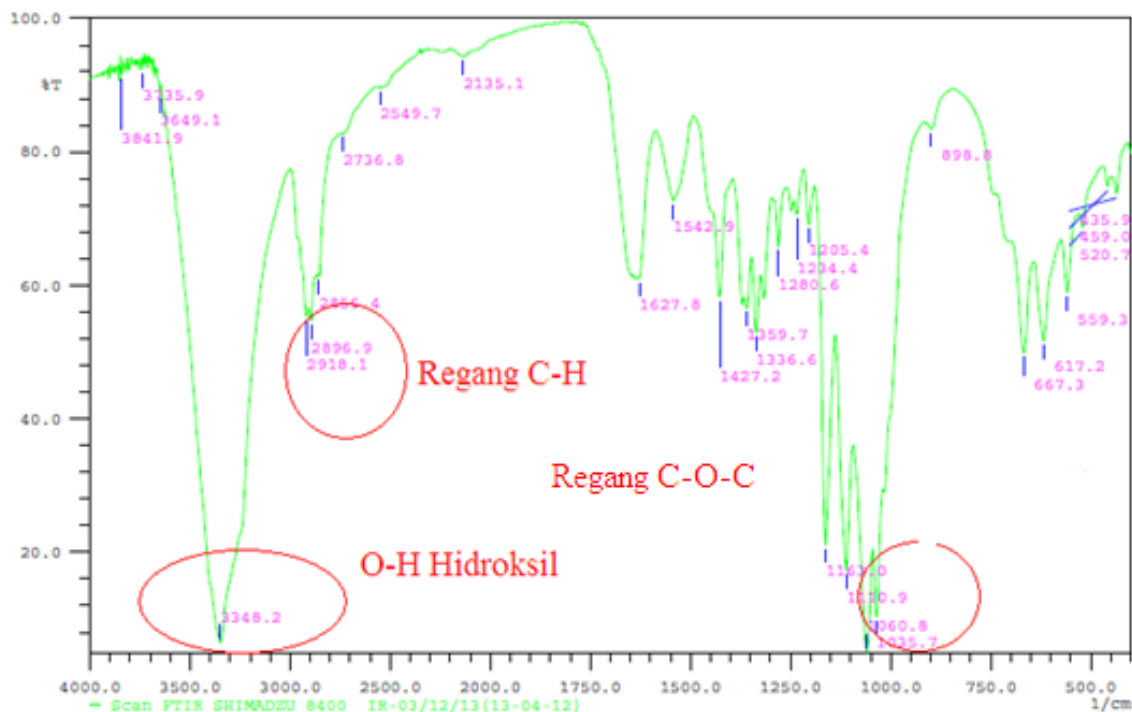
### **3.1. Sintesis Selulosa Bakterial Nata de Soya**

Pada penelitian ini fermentasi dilakukan selama 8-11. Pertumbuhan bakteri fermentasi *Acetobacter xylinum* sudah mulai terlihat antara hari kedua dan ketiga, ditandai dengan makin keruhnya larutan media, kemudian diikuti dengan terbentuknya lapisan tipis berupa gel berwarna putih di atas permukaan media nata. Semakin lama masa fermentasi, lapisan putih yang terbentuk semakin tebal. Pemanenan dilakukan setelah masa fermentasi berakhir, nata de soya yang dihasilkan berupa lapisan tipis berwarna putih dengan ukuran  $\pm$  2 mm, sedangkan nata de soya yang sudah dikeringkan berupa serbuk kasar berwarna putih kecoklatan. Dari hasil perhitungan pada penentuan kadar selulosa, kadar dari selulosa bakterial nata de soya yang disintesis adalah sebesar 64,57%. Serbuk tersebut kemudian diuji menggunakan spektrofotometer infra merah (IR) untuk mengetahui gugus fungsi khas yang terdapat di dalamnya. Spektrum FTIR hasil pengukuran yang dilakukan terhadap nata de soya ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Berdasarkan spektrum FTIR di atas, terdapat puncak serapan khas yang dimiliki selulosa yakni pada bilangan gelombang 3348  $\text{cm}^{-1}$  (merupakan puncak serapan gugus O-H) dan pada bilangan gelombang 1061  $\text{cm}^{-1}$  (merupakan puncak serapan regang C-O-C). Puncak serapan ini menunjukkan adanya ikatan glikosida dan ikatan C-O pada cincin selulosa nata de soya yang telah disintesis.

### **3.2. Sintesis Kopolimer Superabsorben Menggunakan *Microwave***

Pada sintesis kopolimer superabsorben ini, kopolimerisasi cangkok (*grafting*) dilakukan melalui polimerisasi radikal bebas dengan menggunakan inisiasi kimia kalium persulfat (KPS) dan pemanasan microwave selama 4,5 menit, dengan daya 180-watt dan frekuensi 2.450 MHz. Dengan menggunakan microwave, oksigen yang dapat menghambat reaksi kopolimerisasi tidak perlu dihilangkan dari sistem reaksi.



**Gambar 1.** Spektrum FTIR Selulosa Bakterial Nata De Soya

Selulosa bakterial yang digunakan merupakan kerangka utama pada proses grafting karena rantai polimer pada selulosa bakterial tersebut tersusun dari pengulangan unit glukosa dan tiap unit glukosa mengandung tiga hidroksil bebas. Asam akrilat ( $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ ) digunakan sebagai *monomer grafting* karena memiliki ikatan rangkap yang sangat memungkinkan terjadinya kopolimerisasi *grafting*, asam akrilat yang digunakan dinetralkan dengan terlebih dahulu menggunakan NaOH 20%, sintesis AA menjadi poli asam akrilat (PAA) ini sukar dilakukan baik secara reaksi kimia maupun radiasi, hal ini disebabkan gugus karboksilat ( $-\text{COOH}$ ) dari AA akan mengalami reaksi oksidasi. Oleh karena itu, untuk mencegah terjadinya reaksi oksidasi dari asam akrilat pada pembuatan PAA digunakan asam akrilat dalam bentuk garam natrium akrilat [3]. N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) digunakan sebagai *crosslinker* karena memiliki lebih dari dua ikatan rangkap, hal ini memungkinkan terjadinya reaksi ikat silang yang dapat menghubungkan rantai polimer dan membentuk jaringan polimer. Variasi massa *crosslinker* yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi Massa *Crosslinker* yang Digunakan

| No | Selulosa Bakterial (g) | Asam Akrilat (g) | Inisiator KPS (g) | <i>Crosslinker</i> MBA (g) |
|----|------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|
| 1  | 0,5                    | 9,5              | 0,008             | 0,008                      |
| 2  | 0,5                    | 9,5              | 0,008             | 0,08                       |
| 3  | 0,5                    | 9,5              | 0,008             | 0,24                       |

|   |     |     |       |      |
|---|-----|-----|-------|------|
| 4 | 0,5 | 9,5 | 0,008 | 0,4  |
| 5 | 0,5 | 9,5 | 0,008 | 0,56 |

Kopolimer hasil radiasi dengan microwave dipresipitasi yang terdiri dari dua tahap. Pada tahap awal kopolimer hasil radiasi direndam dengan metanol selama 4 jam. Tujuan presipitasi ini adalah melarutkan air yang kemungkinan terperangkap di dalam kopolimer, sehingga kopolimer hasil perendaman dengan metanol bentuknya menjadi lebih padat, keras serta warnanya pun semakin terang. Presipitasi tahap akhir adalah perendaman dengan aseton melalui metode soxhlet selama 48 jam. Tujuan proses ini adalah menghilangkan homopolimer atau polimer-polimer berantai pendek yang kemungkinan terbentuk selama proses *grafting*. Pelarut yang digunakan adalah aseton, aseton dapat melarutkan Poli Asam Akrilat (PAA) dengan baik sedangkan kopolimer tidak larut dalam aseton, sehingga untuk memisahkan kopolimer dari homopolimer PAA ini dipakai pelarut aseton.

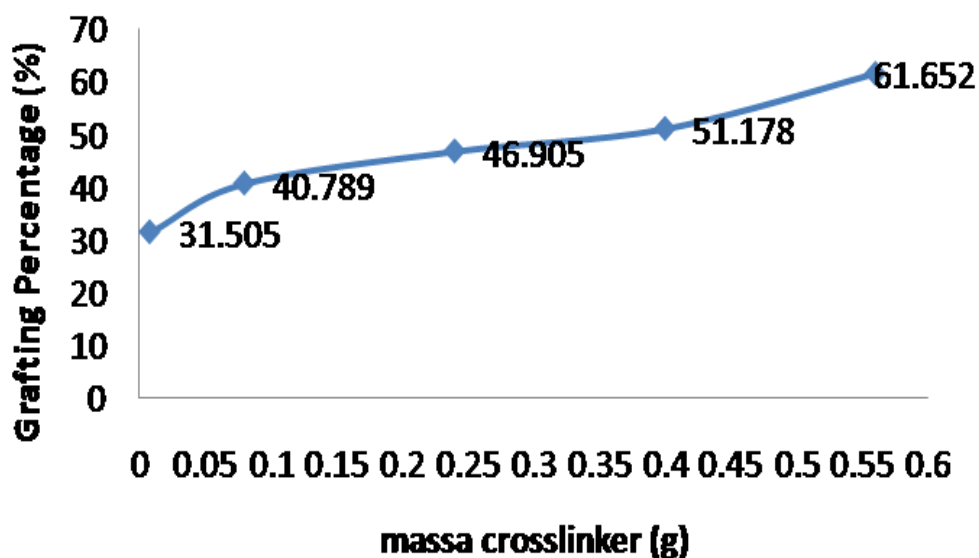
Pada proses kopolimerisasi *grafting*, inisiator KPS berfungsi mengaktifkan gugus fungsi selulosa dan monomer sehingga menjadi senyawa radikal. Tahap pengaktifan gugus fungsi ini disebut inisiasi. Tahap inisiasi terjadi pada inisiator KPS membentuk radikal KPS dan radikal selulosa. Pemanasan dengan radiasi *microwave* dapat membantu pembentukan radikal dari inisiator ini. Pada selulosa, atom O di C6 memiliki reaktivitas lebih tinggi karena pengaruh substituen-substituen di sekitarnya, dan menjadi pusat aktif yang menginisiasi pembentukan radikal monomer.

Tahap propagasi terjadi setelah inisiasi. Pada tahap ini terjadi penggabungan senyawa utama dengan monomer. Monomer akrilat dicangkokkan ke radikal selulosa yang berperan sebagai senyawa utama. Bila reaksi tidak sempurna, tahap ini akan menghasilkan homopolimer. Pada proses kopolimerisasi yang terjadi dalam microwave memungkinkan untuk terjadinya homopolimer. Monomer yang lebih dahulu dioksidasi oleh ion kalium membentuk radikal bebas yang berada dalam sistem larutan dan akan mengadakan reaksi antar monomer sehingga menghasilkan produk homopolimer, sedangkan homopolimer tersebut merupakan produk yang tidak diinginkan pada proses kopolimerisasi *grafting*.

Tahap akhir dalam polimerisasi adalah terminasi, yaitu tahap terbentuknya produk. Pada tahap ini, agen pengikat silang (*crosslinker*) bereaksi dengan monomer dan selulosa membentuk produk dengan 3 kemungkinan tautan silang, yaitu tautan-silang antar monomer pada monomer yang sudah tercangkok ke selulosa, tautan-silang antar selulosa, dan tautan-silang antarmonomer pada homopolimer.

### 3.3. Pengaruh *Crosslinker* Terhadap *Grafting Percentage*

Dari hasil pengukuran *grafting percentage*, dapat dipelajari pengaruh penambahan massa *crosslinker* terhadap *grafting percentage* (Gambar 2). Dari Gambar 2 terlihat bahwa *grafting percentage* meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker* yang digunakan. *Grafting percentage* tertinggi yaitu 61,65% yang diperoleh dari kopolimer superabsorben yang disintesis dengan massa *crosslinker* terbesar yaitu 0,56 g. *Crosslinker* MBA dapat memberikan kontribusi terhadap massa dari kopolimer superabsorbent yang dihasilkan. Selain itu monomer dari asam akrilat yang tercangkok, ataupun homopolimer PAA yang terikat silang akan lebih terperangkap dalam jaringan kopolimer jika *crosslinker* yang ditambahkan terdapat dalam jumlah yang banyak. Jumlah dari ikat silang juga akan semakin meningkat [12].



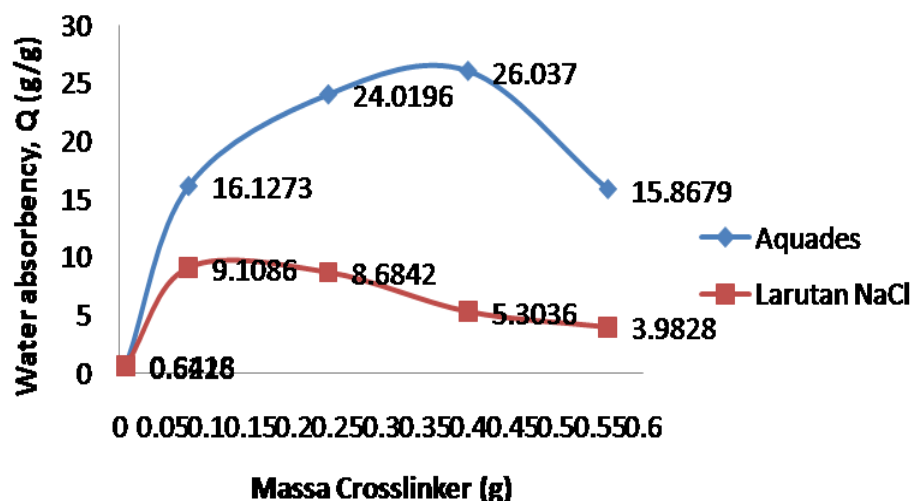
**Gambar 2.** Kurva Pengaruh *Crosslinker* Terhadap Persentase Pencangkakan (GP %)

### 3.4. Pengaruh *Crosslinker* Terhadap *Water Absorbency* (Q)

Berikut merupakan kurva dari hasil pengukuran *water absorbency* kopolimer superabsorben hasil sintesis yang dipengaruhi oleh banyaknya massa *crosslinker* yang digunakan (Gambar 3). Dari kurva pada gambar 3 terlihat bahwa *water absorbency* dari kopolimer SAP meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah *crosslinker* yang digunakan, akan tetapi jika *crosslinker* terus ditingkatkan akan terjadi penurunan *water absorbency*. *Water absorbency* optimum dalam aquades yaitu sekitar 26,0 g/g didapatkan dari kopolimer dengan massa MBA yang digunakan sebanyak 0,4 g. Sedangkan daya serap optimum dalam larutan NaCl 0,9% adalah 9,1 g/g didapatkan dari kopolimer dengan massa MBA 0,08 g.

Pada mula-mula daya serap air meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker*, hal ini dapat terjadi karena banyaknya monomer asam akrilat yang terikat silang, sehingga gugus-gugus yang bersifat hidrofilitas juga meningkat. Akan tetapi selanjutnya terjadi penurunan daya serap jika *crosslinker* terus ditingkatkan, hal ini terjadi ketika massa *crosslinker* yang ditambahkan yaitu 0,56 g. Penurunan daya serap terhadap air dan larutan garam terjadi karena reaksi antar rantai polimer melalui ikatan silang berakibat pada peningkatan densitas ikat silang, monomer akan sulit berdifusi dan menurunkan sifat hidrofilitas polimer *grafting* keseluruhan[13], selain itu penurunan *water absorbency* juga terjadi karena *crosslinker* dengan konsentrasi yang lebih tinggi akan mengembangkan sejumlah besar rantai polimer dan meningkatkan titik ikat silang yang dapat membentuk jaringan tambahan pada polimer[12], sehingga membuat ruangan untuk tempat air yang masuk menjadi berkurang[14]. Dari hasil pengukuran *water absorbency* juga dapat diamati, ketika massa *crosslinker* yang digunakan lebih rendah dari 0,4 g, penyerapan air dari kopolimer superabsorben juga rendah, hal ini terjadi karena kopolimer superabsorben dengan ikat silang yang rendah tidak mampu menahan air yang diserap dan dapat larut dengan mudah ketika direndam dalam air, selain itu ikat silang tidak terbentuk secara efisien karena agen pengikat silang (*crosslinker*) yang sedikit [12].





**Gambar 3.** Kurva Pengaruh *Crosslinker* Terhadap *Water Absorbency*

Dari kurva pengaruh crosslinker terhadap water absorbency di atas terlihat bahwa daya serap kopolimer terhadap larutan NaCl 0,9 % relatif lebih kecil dari daya serap kopolimer terhadap aquades. Konsentrasi ion-ion garam dalam larutan NaCl mempengaruhi daya serap dari superabsorbent yang akan digunakan sebagai absorben. Hal ini disebabkan oleh adanya tekanan osmosis akibat perbedaan konsentrasi ion-ion dalam media dan dalam kerangka jaringan superabsorbent. Ion-ion yang terikat pada jaringan tersebut bersifat *immobile* (tidak bergerak) yang dapat dianggap terpisah dari larutan luar dengan adanya membran semipermeabel. Jika superabsorben direndam dalam air, maka akan terjadi tekanan osmosis maksimum dan akan mengembang (*swelling*). Tetapi, jika superabsorben direndam dalam larutan NaCl, maka akan terjadi tekanan osmosis yang sangat rendah dikarenakan adanya ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  [3].

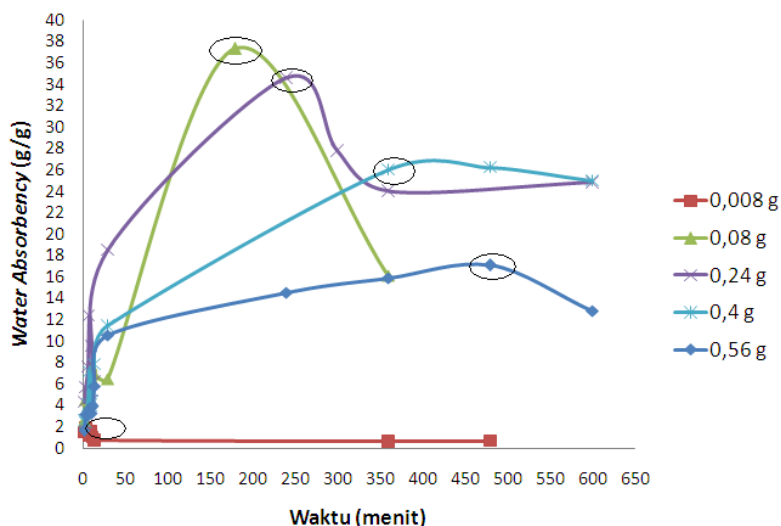
### 3.5. Pengaruh *Crosslinker* Terhadap Laju Penggembungan (*Swelling Rate*)

Kurva pengaruh *crosslinker* terhadap laju penggembungan atau *swelling rate* disajikan pada **Gambar 4**. Waktu yang dibutuhkan kopolimer superabsorben untuk mencapai titik *water absorbency* optimum dan kesetimbangan *swelling* meningkat seiring dengan meningkatnya massa crosslinker. Kopolimer superabsorben dengan jumlah *crosslinker* yang rendah membutuhkan waktu lebih cepat untuk proses penggembungan awal dan mencapai titik optimumnya, sedangkan kopolimer superabsorben dengan *crosslinker* lebih tinggi memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai titik optimumnya, hal ini berkaitan dengan difusi pelarut ke dalam jaringan kopolimer [11].

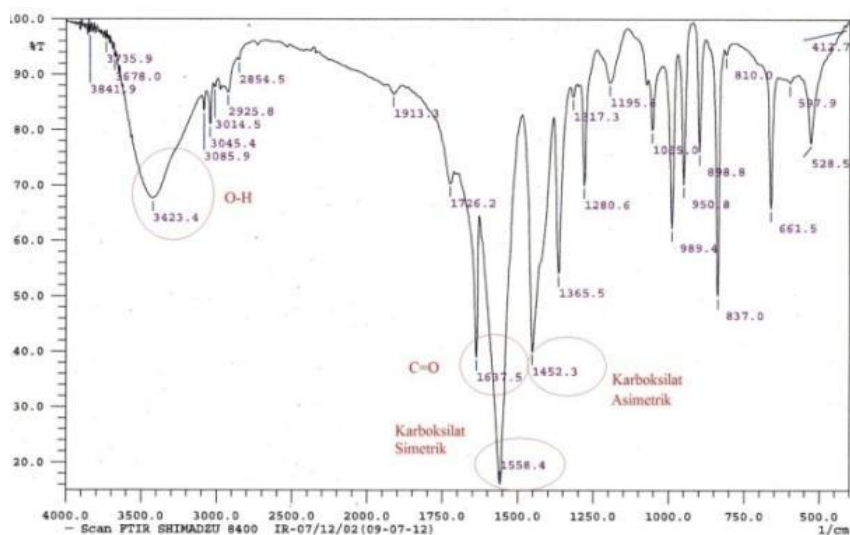
### 3.6. Analisis Gugus Fungsi

Spektrum FTIR hasil pengukuran yang dilakukan terhadap kopolimer superabsorben (massa *crosslinker* 0,008 g) ditunjukkan pada **Gambar 5**. Berdasarkan hasil analisis terlihat kemunculan serapan vibrasi regang C=O pada bilangan gelombang  $1637,5 \text{ cm}^{-1}$  dan serapan regang karboksilat simetrik dan asimetrik pada bilangan gelombang  $1558,4 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1452,3 \text{ cm}^{-1}$ . Hal ini mengindikasikan keberhasilan pencangkakan. Gugus fungsi C=O, karboksilat simetrik dan asimetrik yang terdapat dalam spektrum FTIR kopolimer superabsorben merupakan gugus fungsi khas dari asam akrilat sebagai monomer yang dicangkakan terhadap selulosa bakterial. Berikut merupakan perbandingan spektrum FTIR dari selulosa

bakterial dan kopolimer superabsorben yang telah disintesis pada jumlah *crosslinker* terendah yaitu 0,008 g. Hal ini membuktikan bahwa kopolimerisasi cangkok dapat terjadi walaupun digunakan *crosslinker* dengan massa yang rendah (**Gambar 6**). Dari hasil analisis spektrum FTIR terlihat pergeseran bilangan gelombang dan munculnya gugus fungsi baru dari spektrum FTIR selulosa bakterial setelah dicangkok oleh asam akrilat. Pergeseran bilangan gelombang pada gugus fungsi OH yang pada awalnya 3348,2 cm<sup>-1</sup> (pada selulosa bakterial) menjadi 3423,4 cm<sup>-1</sup> (pada kopolimer superabsorben) dengan perubahan intensitas yang semakin menurun, hal ini menunjukkan adanya *grafting* pada gugus O-H yang terdapat dalam selulosa, sehingga gugus fungsi ini akan terganggu.



**Gambar 4.** Kurva Pengaruh *Crosslinker* Terhadap *Swelling Rate*

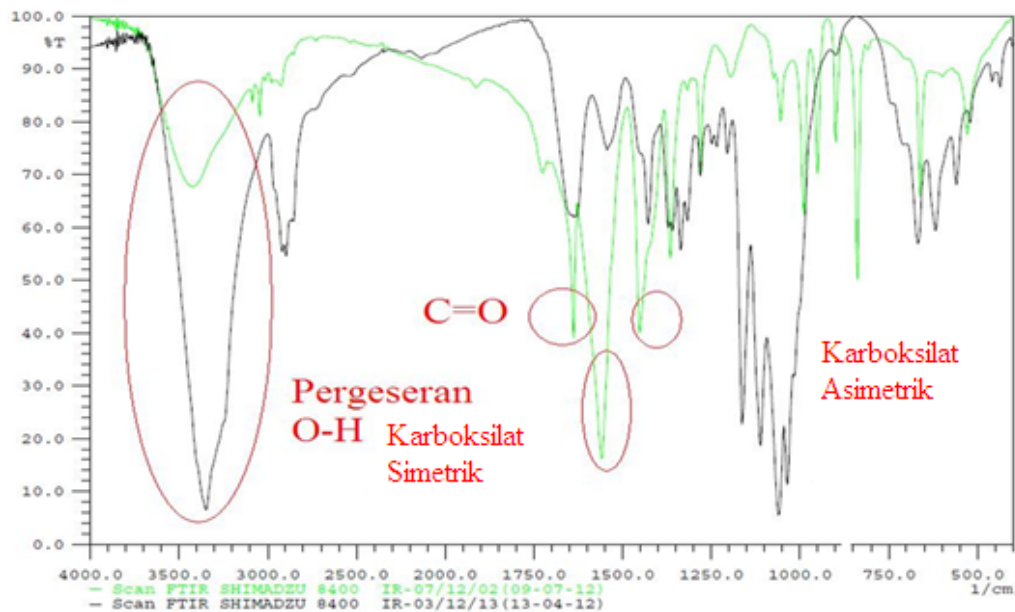


**Gambar 5.** Spektrum FTIR Kopolimer Superabsorben

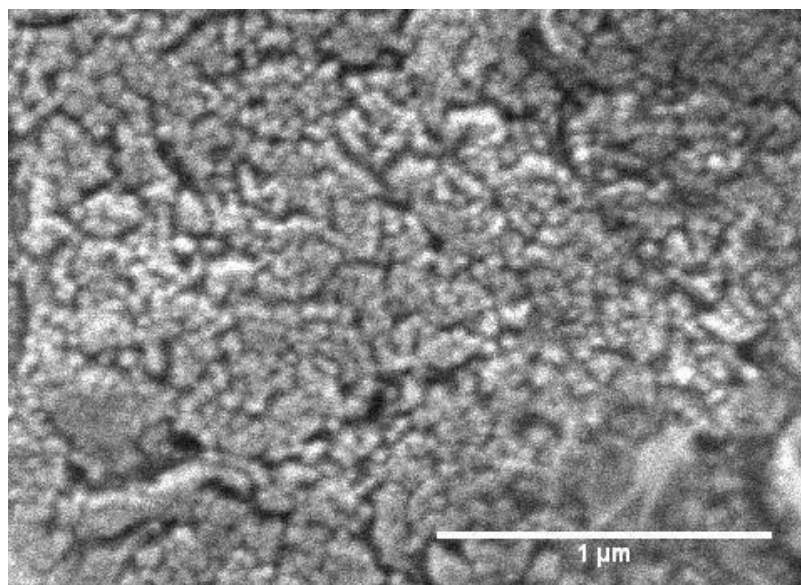
**Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)**

Hasil analisis SEM dari kopolimer superabsorbent diperlihatkan pada **Gambar 7**. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat struktur permukaan dari kopolimer superabsorben hasil sintesis yang menunjukkan telah terjadi pencangkokan dari asam akrilat terhadap selulosa bakterial yang terdistribusi homogen, setelah dicangkok dengan asam

akrilat tampak adanya daerah berwarna putih terang pada permukaan serta terlihat pori-pori pada permukaan kopolimer superabsorben yang berfungsi sebagai tempat masuknya air ke dalam jaringan kopolimer superabsorben.



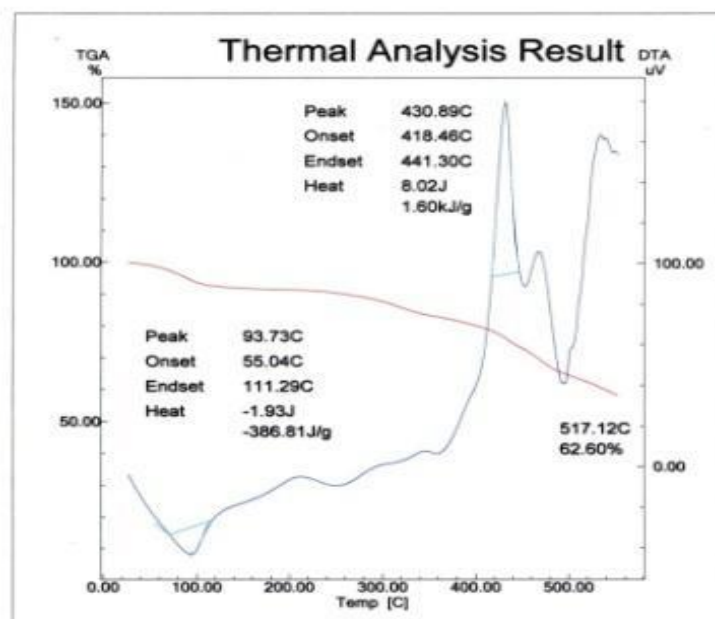
**Gambar 6.** Spektrum FTIR Selulosa Bakterial (Hitam), Spektrum FTIR Kopolimer Superabsorben (Hijau)



**Gambar 7.** Hasil Analisis SEM Kopolimer Superabsorben (Massa Crosslinker 0,4 g)

#### Thermo Gravimetry - Differential Thermal Analysis (TG-DTA)

Hasil analisis TG-DTA kopolimer superabsorben ditunjukkan pada **Gambar 8**. Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa kopolimer superabsorben ini mulai terdekomposisi pada suhu sekitar 94 °C, dengan sisa persen massa sebanyak 62,60 % jika dipanaskan sampai suhu 517 °C.



**Gambar 8.** Hasil Analisis TG-DTA Kopolimer Superabsorben dengan Massa *Crosslinker* 0,4 g.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis FTIR dan pengukuran grafting percentage, material kopolimer superabsorben berbahan baku selulosa bakterial *nata de soya* dan asam akrilat dengan variasi massa dari crosslinker N,N'-metilenbisakrilamida (MBA) yang telah disintesis menunjukkan adanya pencangkakan dari monomer asam akrilat dengan *grafting percentage* tertinggi yaitu 61,65% pada massa *crosslinker* 0,56 g.
2. *Grafting percentage* meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker*. *Water absorbency* dari kopolimer superabsorben meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah *crosslinker*, akan tetapi jika *crosslinker* terus ditingkatkan terjadi penurunan *water absorbency*. *Water absorbency* optimum dalam aquades dan larutan NaCl 0,9% berturut-turut adalah 26,0 g/g pada jumlah *crosslinker* 0,4 g dan 9,1 g/g pada jumlah *crosslinker* 0,08 g. Waktu yang dibutuhkan kopolimer superabsorben untuk mencapai titik *water absorbency* optimum dan kesetimbangan *swelling* meningkat seiring dengan meningkatnya massa *crosslinker*.
3. Hasil analisis SEM menunjukkan telah terjadi pencangkakan asam akrilat pada selulosa bakterial yang terdistribusi secara homogen. Hasil analisis TG-DTA menunjukkan bahwa kopolimer superabsorben mulai terdekomposisi pada suhu 94 °C dengan sisa massa residu sebanyak 62,60%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kiatkamjornwong, "Superabsorbent Polymers and Superabsorbent Polymer Composites," *Science Asia*, vol. 33, supplement 1, pp. 39-43, 2007.
- [2] P. Ramadhani, "Sulfonasi Onggok Sebagai Superabsorben," Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009.

- [3] Erizal dan A. Sunarni, "Sintesis Hidrogel Superabsorbent Poli(Akrilamida-ko-Asam Akrilat) dengan Teknik Iradiasi dan Karakterisasinya," *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 15-21, 2009.
- [4] V. Singh, A. Tiwari, dan S.K. Singh, "Peroxydisulfate Initiated Synthesis of Potato Starch-graft-Poly(acrylonitrile) Under Microwave Irradiation," *Express Polymer Letters*, vol. 1, no. 1, pp. 51-58, 2007.
- [5] Y.P. Wang, Y. Liang, J.C. Chen, X.D. Yan, C.L. Li, dan X.P. Wang, "Utilisation of Potato Leaves and Organophilic Montmorillonite for the Preparation of Superabsorbent Composite under Microwave Irradiation," *Polymers & Polymer Composites*, vol. 17, no. 7, 2009.
- [6] B.A. Jumantara, "Modifikasi Selulosa Ampas Sagu dengan Polimerisasi Pencangkakan dan Penautan-silangan," Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011.
- [7] W. Andriyanti, Suyanti dan Ngasifudi, "Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Superabsorbent dari Ampas Tebu", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, vol. 13, 2012, pp. 1-7.
- [8] J. Rachmadetin, "Pencirian Membran Komposit Selulosa Asetat Berbahan Dasar Limbah Tahu Menggunakan Polistirena," Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2007.
- [9] D. Swantomo, K. Megasari dan R. Saptaji, "Pembuatan Komposit Superabsorben Dengan Mesin Berkas Elektron," *Jurnal Forum Nuklir*, vol. 2, no. 2, pp. 143-156, 2008.
- [10] S.P. Muthoharoh, "Sintesis Polimer Superabsorben dari Hidrogel Kitosan Terikat Silang," Skripsi, Universitas Indonesia, Depok, 2012.
- [11] A. Haryono, S.B. Harmami dan D. Sondari, "Effect of cross-linking agents on the modification of chitosan with poly(acrylic acid) as superabsorbent polymer," *Kelompok Penelitian Polimer, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*.
- [12] S. Jamaludin dan S. Hashim, "Swelling Behaviors and Characterization of Oil Palm Empty Fruit Bunch-Graft-Poly (Acrylamide) Superabsorbent Polymer Composites," *Sains Malaysiana*, vol. 40, no. 7, pp. 781-787, 2011.
- [13] F.L. Buchholz, "Encyclopedia of Polymer Science and Technology," John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- [14] L. Anah, N. Astrini, Suharto, A. Nurhikmat dan A. Haryono, "Studi Awal Sintesa Carboxy Methyl Cellulose-Graft-Poly(Acrylic Acid)/Montmorilonit Superabsorbent Polimer Hidro Gel Komposit Melalui Proses Kopolimerisasi Cangkok," *Jurnal Selulosa*, vol. 45, no. 1, pp. 1-8, 2016.