

LAPORAN TUGAS AKHIR
UJI SWELLING HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI
CANGKOK (*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE*
***COCO*) DENGAN ASAM AKRILAT**



OLEH :

LIANA WAHYUNI	1514027
ANIL DINDA RAHMADANI	1514050

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2018

LAPORAN TUGAS AKHIR

**UJI *SWELLING* HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI
CANGKOK (*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE
COCO*) DENGAN ASAM AKRILAT**

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



OLEH :

LIANA WAHYUNI	1514027
ANIL DINDA RAHMADANI	1514050

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN**

2018

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR**

JUDUL:

UJI *SWELLING* HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI CANGKOK
(*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE COCO*) DENGAN ASAM
AKRILAT

DISUSUN OLEH :

NAMA : LIANA WAHYUNI
ANIL DINDA RAHMADANI

NIM : 1514027
1514050

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Selasa, 31 Juli 2018.

Jakarta, Agustus 2018

Penguji,

Penguji,



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004



Syaifur Ahsan, S.T., M.T.
NIP. 198407162014021001

Pembimbing,



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng.
NIP. 195609101984032002

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG

**POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG**

JUDUL:

UJI *SWELLING* HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI CANGKOK
(*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE COCO*) DENGAN ASAM
AKRILAT

DISUSUN OLEH :

NAMA : LIANA WAHYUNI
ANIL DINDA RAHMADANI

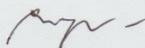
NIM : 1514027
1514050

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Kamis, 16 Agustus 2018.

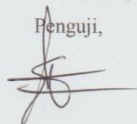
Jakarta, Agustus 2018

Penguji,



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Penguji,



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 1982100120140022001

Pembimbing,



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng.
NIP. 195609101984032002

Penguji,



Ir. Parulian Leonard M. MM.
NIP. 195702141985031002

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL:

UJI *SWELLING* HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI CANGKOK
(*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE COCO*) DENGAN ASAM
AKRILAT

DISUSUN OLEH :

NAMA : LIANA WAHYUNI
ANIL DINDA RAHMADANI

NIM : 1514027
1514050

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, September 2018

Menyetujui

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng.
NIP. 195609101984032002

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

JUDUL:

UJI *SWELLING* HIDROGEL DARI KOPOLIMERISASI CANGKOK
(*GRAFTING*) SELULOSA BAKTERI (*NATA DE COCO*) DENGAN ASAM
AKRILAT

DISUSUN OLEH :

NAMA : LIANA WAHYUNI
ANIL DINDA RAHMADANI

NIM : 1514027
1514050

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Bandung, September 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Liana Wahyuni
NIM : 1514027
Program studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Uji *Swelling* Hidrogel dari Kopolimerisasi Cangkok (*Grafting*) Selulosa Bakteri (*Nata De Coco*) dengan Asam Akrilat:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang Membuat Pernyataan



Liana Wahyuni

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Anil Dinda Rahmadani
NIM : 1514050
Program studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Uji *Swelling* Hidrogel dari Kopolimerisasi Cangkok (*Grafting*) Selulosa Bakteri (*Nata De Coco*) dengan Asam Akrilat:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2018

Yang Membuat Pernyataan


Anil Dinda Rahmadani

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Liana Wahyuni 1514027
 Anil Dinda Rahmadani 1514050
 Judul Tugas Akhir : Uji *Swelling* Hidrogel dari Kopolimerisasi
 Cangkok (*Grafting*) Selulosa Bakteri (*Nata De
 Coco*) dengan Asam Akrilat
 Dosen Pembimbing : Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
25-1-18		Diskusi Proposal	RS
28-5-18	BAB I	Revisi latar belakang Revisi manfaat penelitian	RS
4-6-18	BAB I	ACC BAB I	RS
	BAB II	Diskusi literatur	RS
21-6-18	BAB II	Revisi BAB II	RS
25-6-18	BAB II	ACC BAB II	RS
	BAB III	Revisi Diagram alir	RS
2-7-18	BAB III	ACC BAB III	RS
	BAB IV	Diskusi pembahasan	RS
10-7-18	BAB IV	Revisi pembahasan	RS
13-7-18	BAB IV	ACC BAB IV	RS
	BAB V	Revisi BAB V	RS

14-7-18	BAB V	ACC BAB V Revisi Daftar pustaka Revisi Abstrak	RS
16-7-18		ACC Daftar pustaka ACC Abstrak Diskusi power point	RS
17-7-18		ACC power point	RS

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Ir. Roosmariharso, MBA.
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing

Ir. Rochmi Widjajanti, M. Eng.
NIP. 195609101984032002

HALAMAN SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor : 036 /SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Direktur Loka Penelitian Teknologi Bersih
Komplek LIPI Bandung, Gedung 50 Jl.
Sangkuriang Bsndung

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Liana Wahyuni	1514027	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

HALAMAN SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN



POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510

Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

www.stmi.ac.id



Nomor : 035 /SJ-IND.7.2/II/2018
Lampiran :
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 02 Februari 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Direktur Loka Penelitian Teknologi Bersih
Komplek LIPI Bandung, Gedung 50 Jl.
Sangkuriang Bsdung

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Anil Dinda Rahmadani	1514050	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T

NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peringgal

HALAMAN SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)
LOKA PENELITIAN TEKNOLOGI BERSIH
(Research Unit for Clean Technology)

Komplek LIPI Bandung, Jalan Sangkuriang, Gedung 50, Bandung 40135
Telp. (+62 22) 2503051, Faks. (+62 22) 2503240
Website: www.lptb.lipi.go.id, e-mail: info@lptb.lipi.go.id



Bandung, 14 Februari 2018

Nomor : B-224/IPT.7/UM/II/2018
Lampiran : -
Perihal : Konfirmasi Permohonan Ijin Penelitian / T.A.

Kepada Yth.
Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom.MT
Pembantu Direktur I
Politeknik STMI
Jakarta

Dengan hormat,

Berkenaan dengan surat No: 036/SJ-IND.7.2/II/2018 tanggal 02 Februari 2018 perihal Permohonan Ijin Penelitian/ Tugas Akhir, bersama ini kami sampaikan bahwa Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI mengijinkan mahasiswa dibawah ini :

No.	Nama/NIM	Jurusan/Prog. Studi	Pembimbing
1.	Liana Wahyuni 1514027	Proses Produksi	Ir. Lik Anah, M.Si.

Untuk melakukan Penelitian/ Tugas akhir berjudul "*Sintesis Hidrogel Berbasis Selulosa Bakteri Asam Akriolat Menggunakan Teknik Microwave dan Teknik Cross-linking*" mulai bulan Februari s.d selesai, mahasiswa tersebut dimohon untuk menghubungi Sub Seksi Pelayanan Teknis dan Kerjasama LPTB LIPI untuk proses registrasi.

Atas perhatian yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.



Kepala
Sub Seksi Pelayanan Teknis dan Kerjasama

Efendi, S.T.
NIP. 196406161986021001

Tembusan :

1. Kepala Loka Penelitian Teknologi Bersih
2. Kepala Urusan Tata Usaha Loka Teknologi Bersih
3. Pembimbing
4. Ybs

HALAMAN SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN



LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)
LOKA PENELITIAN TEKNOLOGI BERSIH
(Research Unit for Clean Technology)

Komplek LIPI Bandung, Jalan Sangkuriang, Gedung 50, Bandung 40135
Telp. (+62 22) 2503051, Faks. (+62 22) 2503240
Website: www.lptb.lipi.go.id, e-mail: info@lptb.lipi.go.id



Bandung, 14 Februari 2018

Nomor : B-224/IPT.7/UM/II/2018
Lampiran : -
Perihal : Konfirmasi Permohonan Ijin Penelitian / T.A.

Kepada Yth.
Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom.MT
Pembantu Direktur I
Politeknik STMI
Jakarta

Dengan hormat,

Berkenaan dengan surat No: 035/SJ-IND.7.2/II/2018 tanggal 02 Februari 2018 perihal Permohonan Ijin Penelitian/ Tugas Akhir, bersama ini kami sampaikan bahwa Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI mengijinkan mahasiswa dibawah ini :

No.	Nama/NIM	Jurusan/Prog. Studi	Pembimbing
1.	Anil Dinda Rahmadani 1514050	Proses Produksi	Ir. Lik Anah, M.Si.

Untuk melakukan Penelitian/ Tugas akhir berjudul "*Sintesis Hidrogel Berbasis Selulosa Bakteri Asam Akrilat Menggunakan Teknik Microwave dan Teknik Cross-linking*" mulai bulan Februari s.d selesai, mahasiswa tersebut dimohon untuk menghubungi Sub Seksi Pelayanan Teknis dan Kerjasama LPTB LIPI untuk proses registrasi.

Atas perhatian yang diberikan, kami ucapkan terima kasih.



Efendi, S.T.
NIP. 196406161986021001

Tembusan :

1. Kepala Loka Penelitian Teknologi Bersih
2. Kepala Urusan Tata Usaha Loka Teknologi Bersih
3. Pembimbing
4. Ybs

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Uji *Swelling* Hidrogel dari Kopolimerisasi Cangkok (*Grafting*) Selulosa Bakteri (*Nata De Coco*) dengan Asam Akrilat”. Penulisan Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa, bantuan dan dukungan.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Ir. Roosmariharso, MBA., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng., selaku Dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan kami dalam penyusunan skripsi ini.
6. Syaiful Ahsan, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan izin untuk kami melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
7. Ida Nur Apriani, S.ST, M.Si., selaku Laboran yang membantu pengoperasian alat saat pengujian.
8. Ir. Lik Anah, M.Si., selaku pembimbing penelitian di Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI, Bandung.
9. Seluruh karyawan di Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI, Bandung.
10. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2014 selaku kawan seperjuangan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, kami berharap Allah SWT, berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Kami menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jakarta, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	v
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vii
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	ix
HALAMAN SURAT PENGAJUAN TA PENELITIAN	xi
HALAMAN SURAT KETERANGAN DITERIMA PENELITIAN	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
ABSTRAK	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Polimer	5
2.2 Hidrogel.....	12
2.3 Selulosa Bakteri	15
2.4 Kalium Persulfat ($K_2S_2O_8$).....	17
2.5 Asam Akrilat ($C_3H_4O_2$).....	18
2.6 N,N'-Metilenbisakrilamida ($C_7H_{10}N_2O_2$)	18
2.7 Kopolimerisasi <i>Grafting</i>	19

2.8	Radiasi <i>Microwave</i>	20
2.9	Rasio <i>Swelling</i>	22
2.10	Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	22
2.11	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	24
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.2.1	Alat.....	26
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Variabel.....	27
3.3.1	Variabel Tetap.....	27
3.3.2	Variabel Bebas	27
3.4	Prosedur	28
3.4.1	Persiapan Selulosa Bakteri.....	30
3.4.2	Sintesis Hidrogel Menggunakan <i>Thermostat Oil Bath</i>	30
3.4.3	Sintesis Hidrogel Menggunakan <i>Microwave</i>	30
3.4.4	<i>Purification</i>	31
3.4.5	Uji <i>Swelling</i>	31
3.4.6	Uji Gugus Fungsi Hidrogel	31
3.4.7	Uji Morfologi Hidrogel.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Pengaruh Waktu Iradiasi <i>Microwave</i> Terhadap Kemampuan <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA	32
4.2	Pengaruh Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat Terhadap Kemampuan <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA.....	33
4.3	Uji Gugus Fungsi dengan FTIR	35
4.4	Uji Morfologi dengan SEM	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA		42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi Pembentukan Polistiren.....	5
Gambar 2.2	Klasifikasi Kopolimer Berdasarkan Komposisi.....	6
Gambar 2.3	Struktur Polimer Rantai Lurus, Cabang dan Ikat Silang.....	7
Gambar 2.4	Mekanisme Reaksi Inisiasi.....	9
Gambar 2.5	Mekanisme Reaksi Propagasi	10
Gambar 2.6	Keterlibatan <i>Crosslinker</i> pada Polimer Ikat Silang.....	11
Gambar 2.7	Mekanisme Reaksi Transfer Rantai	12
Gambar 2.8	Struktur Molekul Selulosa	17
Gambar 2.9	Struktur Asam Akrilat	18
Gambar 2.10	Struktur N,N'-Metenbisakrilamida (MBA)	19
Gambar 2.11	Kopolimerisasi <i>Grafting</i>	19
Gambar 2.12	Metode <i>grafting onto</i> kopolimer cangkok	20
Gambar 2.13	Metode <i>grafting from</i> kopolimer cangkok	20
Gambar 2.14	Metode <i>grafting through</i> kopolimer cangkok	20
Gambar 2.15	Proses Instrumental pada Spektrofotometer FTIR	23
Gambar 2.16	Komponen SEM	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.1	Hasil <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi <i>Microwave</i>	33
Gambar 4.2	Hasil <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat.....	34
Gambar 4.3	Spektrum FTIR	37
Gambar 4.4	Penampakan Permukaan Selulosa Bakteri Sebelum (perbesaran 5000×) dan Sesudah (perbesaran 100×) Tercangkok.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Matriks Sampel Penelitian Sintesis Hidrogel menggunakan <i>Thermostat Oil Bath</i> dan <i>Microwave</i>	28
Tabel 4.1 Hasil <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi <i>Microwave</i>	32
Tabel 4.2 Hasil <i>Swelling</i> Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat	34
Tabel 4.3 Spektrum FTIR Selulosa Bakteri	35
Tabel 4.4 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi <i>Microwave</i>	35
Tabel 4.5 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan <i>Microwave</i>	36
Tabel 4.6 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan <i>Thermostat Oil Bath</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	47
LAMPIRAN B	54
LAMPIRAN C	56
LAMPIRAN D	58

ABSTRAK

Hidrogel dapat dihasilkan dari kombinasi polimer sintetis-sintetis atau sintetis-alami. Selulosa diproduksi oleh tumbuhan dan mikroorganisme seperti bakteri dan alga. Namun selulosa bakteri lebih disukai daripada selulosa tanaman karena dapat diperoleh dengan kemurnian yang lebih tinggi. Selulosa bakteri merupakan polimer alam yang dihasilkan dari aktivitas bakteri pada media yang mengandung glukosa sebagai sumber karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu iradiasi terhadap kemampuan *swelling* hidrogel, pengaruh rasio selulosa bakteri-asam akrilat terhadap kemampuan *swelling* hidrogel dan untuk membandingkan kemampuan *swelling* hidrogel yang disintesis menggunakan alat *thermostat oil bath* dan *microwave*. Pada penelitian ini disintesis hidrogel dengan metode kopolimerisasi cangkok menggunakan monomer berupa asam akrilat dan polimer alam berupa selulosa bakteri yang divariasikan dan diikat silang menggunakan N,N'-metilenbisakrilamida. Dalam penelitian ini sintesis dilakukan menggunakan dua alat yang berbeda yaitu *thermostat oil bath* dan *microwave* yang divariasikan waktu iradiasinya, namun sintesis dilakukan dengan formulasi bahan yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu iradiasi semakin meningkat *swelling*, namun dengan waktu iradiasi yang melebihi waktu optimum (80 detik) mengalami penurunan *swelling*. Disamping itu semakin rendah rasio menghasilkan peningkatan *swelling*, namun rasio yang lebih rendah dari rasio optimum (1:18) akan menurunkan kemampuan *swelling*. Perbandingan kemampuan *swelling* hidrogel yang disintesis menggunakan *thermostat oil bath* didapat hasil *swelling* tertinggi sebesar 236,10 g/g, hasil ini lebih kecil dibandingkan menggunakan *microwave* dengan hasil 507,33 g/g.

Kata kunci: Selulosa bakteri, asam akrilat, cangkok, hidrogel, *swelling*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrogel merupakan bahan polimer yang menunjukkan kemampuan membengkak dan mempertahankan fraksi air yang signifikan di dalam strukturnya, tetapi tidak akan larut dalam air [1]. Hidrogel dapat mengubah volume atau bentuknya secara signifikan sebagai reaksi terhadap perubahan parameter lingkungan tertentu [2]. Karena sifat yang bagus dari hidrogel, seperti *swelling* atau *deswelling* yang dapat dibalik, sensitivitas lingkungan yang tinggi dan permeabilitas tinggi membuat hidrogel berguna untuk berbagai aplikasi [3].

Hidrogel ini mempunyai potensi aplikasi yang luas sebagai bahan penyerap yang cukup besar untuk media penyimpan air di daerah pertanian yang kering, sumber air cadangan pada tanaman hortikultura, eliminasi air tubuh, absorpsi bakteri dan jamur pada pembalut luka [4].

Rasio *swelling* merupakan salah satu parameter utama dari hidrogel khususnya untuk pengujian suatu bahan sebagai absorben di berbagai bidang [5]. Berdasarkan sumbernya, hidrogel dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu hidrogel alam dan hidrogel sintetis [1]. Hidrogel dapat dihasilkan dari kombinasi polimer sintetis-sintetis atau sintetis-alami. Baru-baru ini, banyak peneliti telah berfokus untuk memproduksi hidrogel dari polimer alami karena kurangnya toksisitas, biokompatibilitas dan biodegradabilitas. Oleh karena itu pembuatan hidrogel berbasis alami telah muncul melibatkan penggunaan polimer alami seperti pati, selulosa, kitin dan gelatin [6].

Selulosa adalah polisakarida struktural yang terdiri dari beberapa ratus hingga puluhan ribu atau lebih rantai linier β (1-4) unit D-glukosa [7]. Selulosa diproduksi oleh tumbuhan dan mikroorganisme seperti bakteri dan alga. Namun selulosa bakteri lebih disukai daripada selulosa tanaman karena dapat diperoleh dengan kemurnian yang lebih tinggi [8].

Sangat sedikit bakteri yang dapat mensintesis selulosa, namun bakteri gram negatif *Gluconacetobacter xylinus* (sebelumnya dikenal sebagai *Acetobacter xylinum*) mampu mengeluarkan selulosa dalam jumlah besar [9]. Produk selulosa bakteri yang paling sering dijumpai adalah *nata de coco* yang dihasilkan dari fermentasi air kelapa dengan menggunakan *Acetobacter xylinum* [10].

Penelitian yang mengarah pada pengembangan hidrogel menggunakan polimer alam dan polimer sintesis telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan Saesario (2012) yaitu membuat polimer superabsorben berbahan baku onggok tapioka. Saesario menggunakan onggok tapioka dan inisiator berupa amonium persulfat, didapat daya serap air sebanyak 788,94 g/g dengan saponifikasi [11].

Umumnya, hidrogel disiapkan dengan pemanasan konvensional dan pemanasan radiasi. Pandey (2013) melakukan sintesis hidrogel berbasis selulosa bakteri dan akrilamida. Pada penelitian tersebut juga ditambahkan 1% kalium persulfat dan MBA, selanjutnya campuran diiradiasi menggunakan *microwave* dengan variasi daya dan waktu iradiasi. Dari penelitian tersebut didapat kondisi optimum dilakukan pada daya iradiasi sebesar 510 W dengan waktu 15 detik, di dapat daya serap sebesar 566,94 % [12]. Pada iradiasi *microwave* pemanasan diberikan oleh gaya pada partikel bermuatan sehingga partikel tersebut menjadi berputar. Kemudian pergerakan tersebut menyebabkan pemanasan karena pergerakan molekul [13].

Pada penelitian ini disintesis hidrogel kopolimer dengan menggunakan monomer berupa asam akrilat yang dicangkokkan dengan polimer alam berupa selulosa bakteri. Dalam penelitian ini reaksi dilakukan menggunakan dua alat yang berbeda dengan formulasi bahan yang sama. Pada pemanasan konvensional alat yang digunakan yaitu *thermostat oil bath* dan pada pemanasan radiasi alat yang digunakan yaitu *microwave*. Hidrogel kopolimer disintesis menggunakan inisiator kalium persulfat dan *crosslinker* berupa MBA, kemudian dilakukan variasi rasio polimer dan monomer.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dikaji dan diteliti untuk mencari penyelesaiannya. Masalah-masalah tersebut diantaranya:

- a. Bagaimana pengaruh waktu iradiasi *microwave* terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA?
- b. Bagaimana pengaruh rasio selulosa bakteri-asam akrilat terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA?
- c. Bagaimana perbandingan kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA yang disintesis menggunakan alat *thermostat oil bath* dan *microwave*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bahan baku menggunakan selulosa bakteri berupa *nata de coco* yang diperoleh dari Cianjur, Jawa Barat.
- b. Variasi waktu iradiasi *microwave* dengan frekuensi 2450 MHz yaitu 50; 60; 70; 80; 90 dan 100 detik.
- c. Variasi rasio selulosa bakteri-asam akrilat sebesar 1:14; 1:16; 1:18; 1:20 dan 1:22.
- d. Pengujian yang dilakukan untuk membuktikan keberhasilan pencangkakan. Pengujian terdiri dari uji daya serap air (*swelling*), uji gugus fungsi menggunakan FTIR dan uji morfologi menggunakan SEM.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh waktu iradiasi *microwave* terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA.
- b. Mengetahui pengaruh rasio selulosa bakteri-asam akrilat terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA.
- c. Mengetahui perbandingan kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA yang disintesis menggunakan alat *thermostat oil bath* dan *microwave*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan dalam pengembangan hidrogel agar hidrogel yang dihasilkan lebih ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai polimer, hidrogel, selulosa bakteri, kalium persulfat, asam akrilat, N,N'-metilenbisakrilamida, kopolimerisasi *grafting*, radiasi *microwave*, rasio *swelling*, spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian serta prosedur penelitian (persiapan penelitian dan metode penelitian).

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik dan pembahasan terhadap hasil pengukuran.

BAB V: PENUTUP

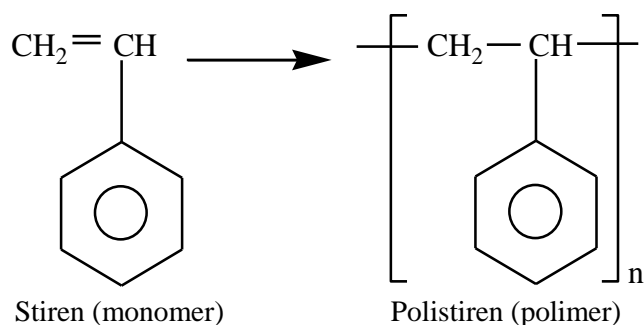
Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polimer

Polimer merupakan suatu molekul besar yang tersusun secara berulang dari unit-unit kimia kecil. Polimer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *poly* yang berarti banyak dan *meros* yang berarti bagian. Untuk mengilustrasikannya, dapat dilihat pada gambar 2.1 [14].



Gambar 2.1 Reaksi Pembentukan Polistiren

Sumber: Ebelewe, 2000

Pada gambar terlihat bahwa molekul stiren mengandung ikatan rangkap. Ahli kimia telah menemukan metode untuk membuka ikatan rangkap ini, sehingga ribuan molekul stiren menjadi saling terhubung. Struktur yang dihasilkan tertutup dalam tanda kurung siku adalah polimer polistirena. Stiren sendiri disebut sebagai monomer, yang didefinisikan sebagai molekul yang dapat diubah menjadi polimer dengan menggabungkan dengan molekul lain dari jenis yang sama atau berbeda. Unit dalam tanda kurung persegi disebut unit berulang [14].

Polimer dapat diklasifikasikan dengan berbagai cara, klasifikasi yang paling umum didasarkan pada sumbernya yaitu polimer alam dan polimer sintetik. Klasifikasi lain didasarkan pada komposisi polimer, struktur polimer dan reaksi polimerisasi [14].

1. Berdasarkan Sumber

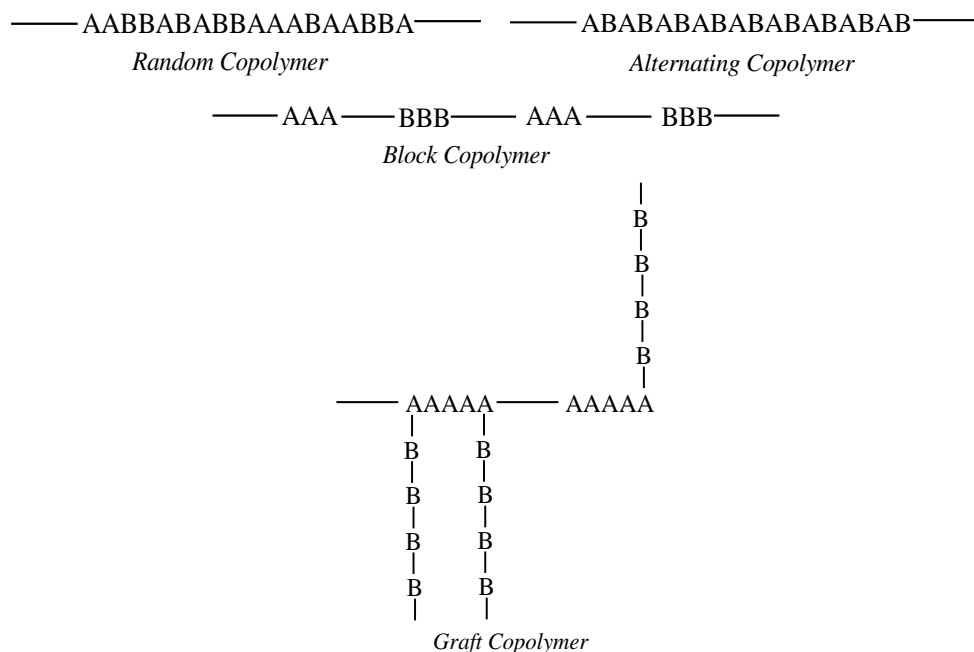
Polimer dapat dihasilkan secara alami atau murni dan secara sintesis. Enzim, asam nukleat dan protein adalah polimer asal biologis. Di sisi lain pati,

selulosa dan karet alam adalah contoh polimer yang berasal dari tumbuhan dan memiliki struktur yang relatif lebih sederhana daripada enzim atau protein. Ada banyak polimer sintetik yang terdiri dari berbagai kelompok yaitu serat, elastomer dan plastik [14].

2. Berdasarkan Komposisi

Polimer dapat berupa homopolimer atau kopolimer tergantung pada komposisinya. Polimer yang hanya terdiri dari satu unit pengulangan dalam molekul polimer dikenal sebagai homopolimer. Sedangkan polimer yang terdiri dari dua unit pengulangan berbeda dalam molekul polimer didefinisikan sebagai kopolimer. Ada beberapa jenis kopolimer yaitu [14]:

- Random copolymer*, merupakan unit berulang yang disusun secara acak pada rantai molekul.
- Alternating copolymer*, merupakan dua unit berulang yang tersusun secara teratur.
- Block copolymer*, terdiri dari rantai panjang berurutan (blok) di setiap unit yang diulang dan terikat bersama.
- Graft copolymer*, urutan satu monomer (unit berulang) yang dicangkokkan ke tulang punggung monomer lain.

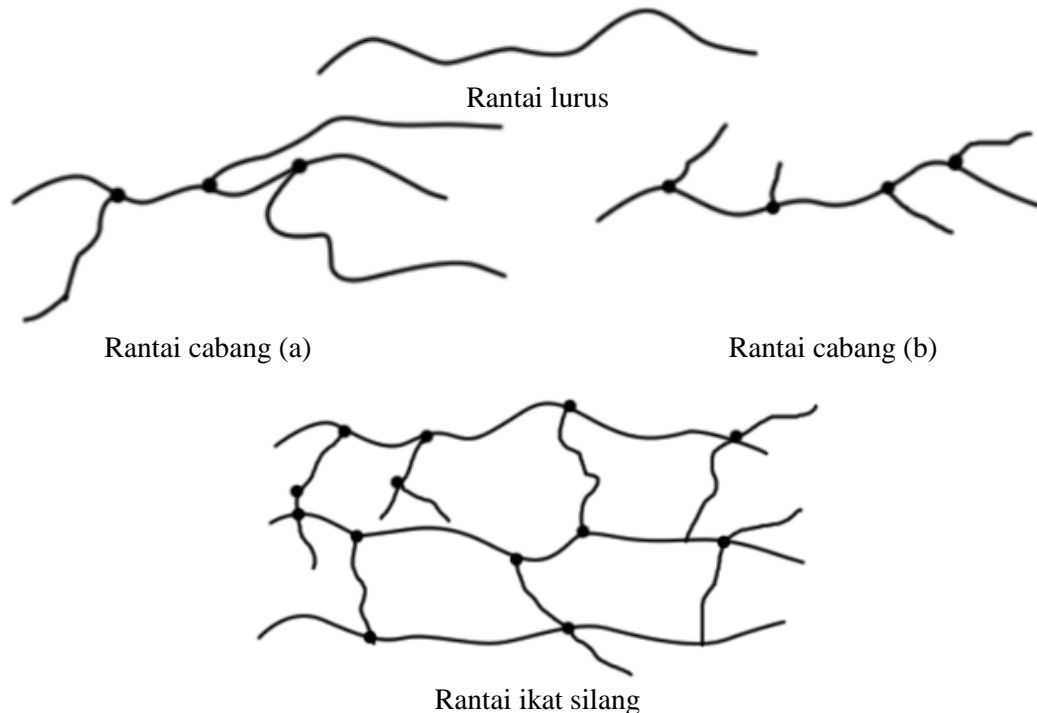


Gambar 2.2 Klasifikasi Kopolimer Berdasarkan Komposisi

Sumber: Ebelewe, 2000

3. Berdasarkan Struktur

Berdasarkan strukturnya polimer dapat diklasifikasikan menjadi polimer rantai lurus, bercabang dan ikatan silang [15].



Gambar 2.3 Struktur Polimer Rantai Lurus, Cabang dan Ikat Silang
Sumber: Odian, 2004

Molekul polimer rantai lurus merupakan polimer yang tidak memiliki cabang. Sedangkan molekul polimer bercabang adalah molekul-molekul di mana terdapat cabang-cabang dari molekul monomer yang terhubung dari berbagai titik cabang di sepanjang rantai utama polimer. Adanya cabang dalam polimer memiliki efek besar terhadap sifat polimer tersebut, perubahan sifat yang paling signifikan adalah penurunan kristalinitas [15].

Ketika polimer terhubung satu sama lain pada titik selain ujungnya, polimer tersebut disebut berikatan silang. Apabila digunakan derajat silang rendah maka akan memberikan sifat elastis yang baik ke polimer, sedangkan derajat silang tinggi akan memberikan kekakuan tinggi untuk polimer [15].

4. Berdasarkan Reaksi Polimerisasi

Polimerisasi merupakan proses terbentuknya polimer. Polimerisasi dapat berlangsung dalam fase gas, cair maupun padat. Pada proses polimerisasi semakin

besar molekul maka berat molekul juga semakin besar dan mengakibatkan polimer cenderung mengental hingga memadat [16].

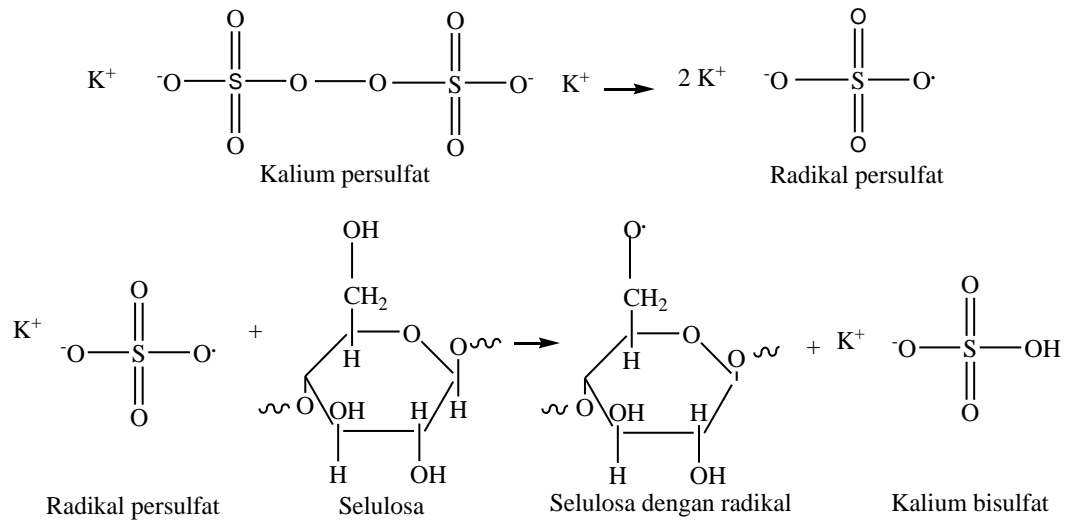
Reaksi polimerisasi secara garis besar dibagi menjadi dua yaitu polimerisasi adisi (poliadisi) dan polimerisasi kondensasi (polikondensasi). Reaksi polimerisasi kondensasi mempunyai ciri bahwa jumlah atom pada polimer yang terbentuk lebih sedikit dari jumlah atom monomer. Ini berarti terdapat atom-atom yang terlepas dari monomer yang kemudian menjadi hasil samping dalam bentuk molekul sederhana [16].

Reaksi polimerisasi adisi merupakan reaksi polimerisasi yang menghasilkan produk polimer dimana bangun molekul polimer terbentuk dari pengulangan unit monomer tanpa adanya pemisah sebagian atom dari monomer untuk membentuk hasil samping [16]. Proses polimerisasi adisi terjadi dalam tiga cara yaitu radikal bebas, kation dan anion. Dimana ketiganya melalui mekanisme reaksi yang sama yaitu inisiasi, propagasi dan terminasi [17].

a. Inisiasi

Inisiasi melibatkan perolehan sisi aktif oleh monomer. Inisiasi dapat dimulai dengan pemanasan monomer atau memaparkan monomer pada radiasi cahaya atau energi tinggi seperti sinar-X, sinar- γ dan sinar- α . Iradiasi energi tinggi dari monomer dapat dilakukan dalam polimerisasi massal atau dalam polimerisasi larutan. Pada pemilihan inisiator untuk polimerisasi radikal bebas, parameter penting yang harus dipertimbangkan adalah rentang suhu yang akan digunakan untuk polimerisasi dan reaktivitas radikal yang terbentuk [14].

Proses inisiasi radikal dalam tekanan atmosfer dapat dihambat oleh zat seperti oksigen. Radikal bebas dilemahkan oleh reaksi dengan oksigen untuk membentuk peroksida atau hidroperoksida. Untuk monomer seperti stiren dan metilmetakrilat yang rentan terhadap penghambatan tersebut, reaksi inisiasi dilakukan dalam suasana bebas oksigen seperti nitrogen. Inisiasi polimerisasi terjadi dalam dua tahap. Tahap pertama merupakan pembentukan radikal dan tahap kedua adalah penambahan radikal inisiator ke molekul lain [14]. Proses inisiasi dapat digambarkan sebagai berikut.

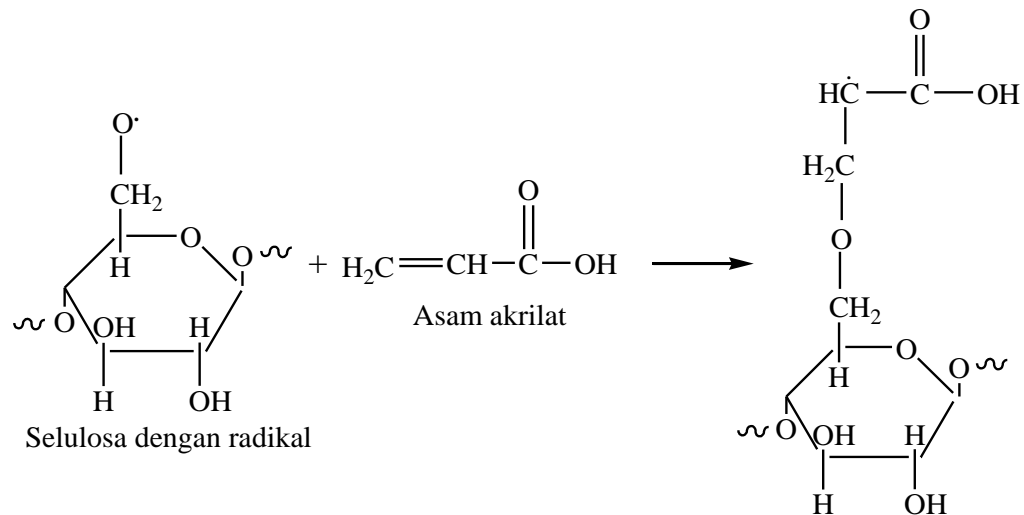


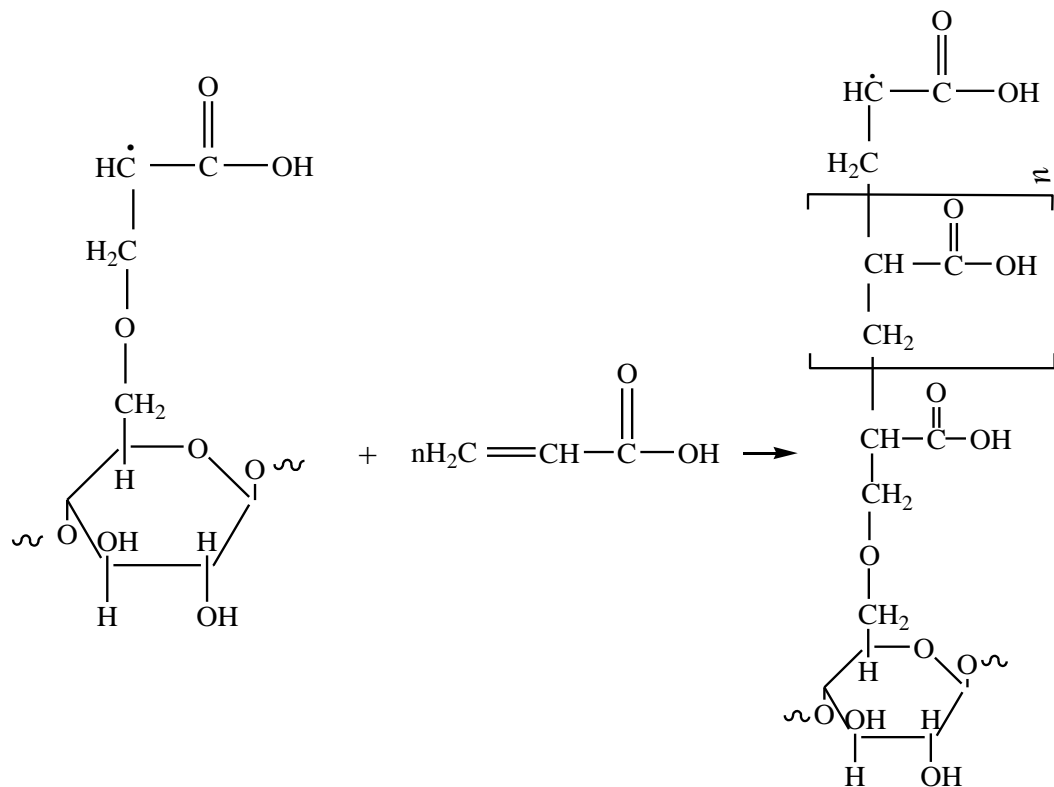
Gambar 2.4 Mekanisme Reaksi Inisiasi

Sumber: Modifikasi Saesario, 2012

b. Propagasi

Proses propagasi meliputi proses penambahan monomer lebih lanjut untuk menumbuhkan rantai radikal bebas, sehingga menghasilkan rantai yang lebih panjang [17]. Propagasi berlanjut sampai radikal dimatikan oleh terminasi atau transfer rantai [14].





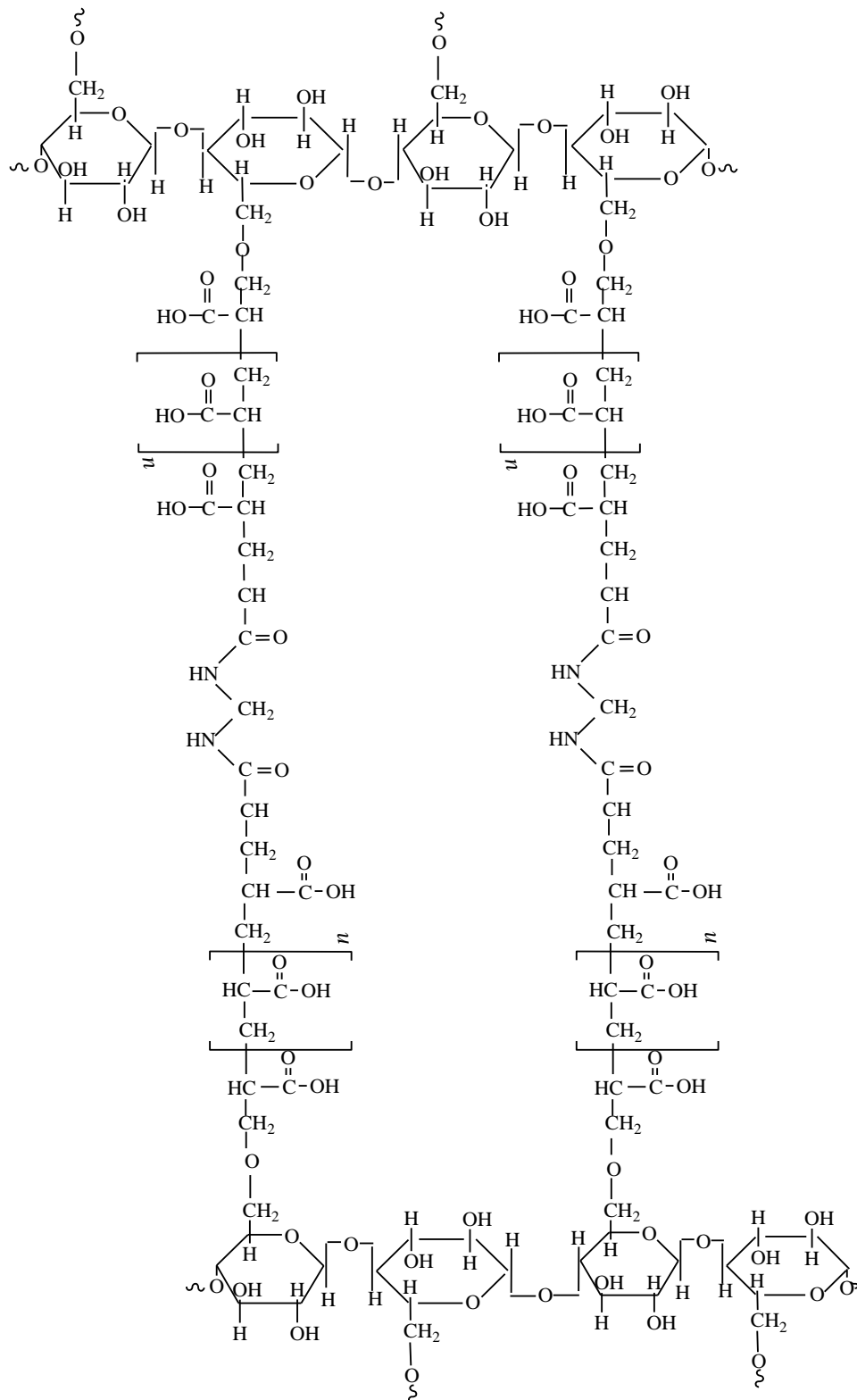
Gambar 2.5 Mekanisme Reaksi Propagasi

Sumber: Modifikasi Saesario, 2012

c. Terminasi

Terminasi merupakan tahap berakhirnya polimerisasi. Terminasi berakhir dengan dua cara yaitu kombinasi dan disproporsionasi. Pada terminasi kombinasi terjadi dimana *chain-growth* radikal bebas bertumbukan satu dengan yang lain. Masing-masing molekul tersebut kemudian saling berinteraksi memasangkan elektron bebas [16]. Sedangkan dalam terminasi disproporsionasi sebuah atom tidak stabil (biasanya hidrogen) dipindahkan dari satu radikal polimer ke yang lain [14].

Tahap terminasi pada kopolimerisasi *grafting* rantai yang dicangkok diakhiri oleh kombinasi (kopling) untuk menghasilkan kopolimer *grafting*. Kemudian terjadi ikatan silang dengan adanya agen pengikat silang. Mekanisme ikat silang mirip dengan “*grafting*”, namun terdapat agen pengikat silang. Keterlibatan *crosslinker* ditunjukkan pada gambar berikut [18].

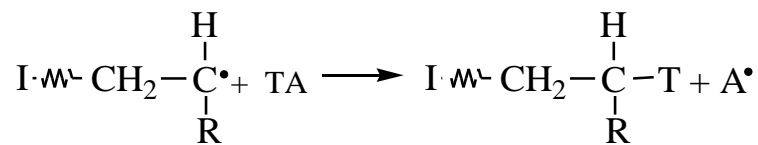


Gambar 2.6 Keterlibatan *Crosslinker* pada Polimer Ikat Silang

Sumber: Modifikasi Saesario, 2012

Dalam tahapan terminasi, reaksi antar rantai yang sedang tumbuh sematamata untuk mengakhiri tahap propagasi, bukan karena tidak ada lagi monomer yang dapat diikat menjadi rantai baru (memperpanjang rantai) [16].

Umumnya mekanisme reaksi polimerisasi adisi terdiri dari inisiasi, propagasi dan terminasi. Namun terdapat langkah keempat yang disebut transfer rantai. Dalam transfer rantai, rantai polimer yang sedang tumbuh dimatikan dengan memindahkan aktivitas pertumbuhannya ke spesies yang sebelumnya tidak aktif, seperti persamaan yang digambarkan pada gambar 2.7 berikut [14].



Gambar 2.7 Mekanisme Reaksi Transfer Rantai

Sumber: Ebewele, 2000

Transfer rantai terjadi apabila radikal bebas pada rantai yang sedang tumbuh memindahkan radikal bebasnya ke molekul pelarut atau molekul lain, selanjutnya radikal baru tersebut mencari monomer baru untuk membentuk rantai polimer baru [16].

2.2 Hidrogel

Sebuah jaringan polimer tiga dimensi yang terikat silang dan mampu membengkak setelah penambahan sejumlah besar pelarut disebut gel polimer [19]. Sesuai definisi, hidrogel adalah jaringan polimer yang memiliki sifat hidrofilik yang secara umum disusun berdasarkan monomer hidrofilik. Tiga bahan dari pembuatan hidrogel adalah monomer, inisiator dan *cross-linker* [1]. *Cross-linker* atau ikatan silang harus ada dalam hidrogel untuk mencegah pembubaran rantai polimer hidrofilik dalam air [20].

Berbagai macam metode untuk membentuk ikatan silang telah digunakan untuk memproduksi hidrogel [20]. Jaringan ikatan silang dibentuk oleh ikatan silang kimia atau fisika dari rantai polimer hidrofilik. Dalam gel kimia, ikatan polimer dihubungkan dengan ikatan kovalen. Namun dalam gel fisika, ikatan polimer dihubungkan dengan ikatan nonkovalen seperti ikatan Van der Waals, ikatan ionik dan ikatan hidrogen [21]. Hidrogel yang terbentuk dari ikatan silang fisika bersifat tidak permanen, tetapi cukup untuk membuat hidrogel tidak larut

dalam media berair. Sedangkan hidrogel dengan ikat silang kimia bersifat permanen [22].

Perbedaan jenis pembentukan ikatan silang akan membedakan metode polimerisasi yang digunakan. Hidrogel ikat silang kimia disintesis dengan polimerisasi pertumbuhan rantai (adisi), polimerisasi kondensasi, polimerisasi sinar gamma dan polimerisasi berkas elektron. Polimerisasi pertumbuhan rantai meliputi polimerisasi radikal bebas, polimerisasi anionik dan kationik [22].

Hidrogel yang diikat silang secara fisika disintesis oleh interaksi ionik, kristalisasi, pembentukan stereokompleks, polisakarida terhidrofobik, interaksi protein dan ikatan hidrogen. Dalam interaksi ionik, hidrogel dapat dihubungkan silang dalam suhu kamar dan pH fisiologis [22].

Mekanisme penyerapan air terdiri dari tiga tahap yaitu penyerapan di pori-pori pada permukaan, ionisasi muatan dalam jaringan dan kesetimbangan pembengkakan [23].

Polimer alami bersifat biokompatibel dan biasanya memiliki berat molekul tinggi, yang cocok untuk beberapa aplikasi. Namun, hidrogel berbasis polimer alami secara mekanis lemah, sehingga terjadi degradasi yang tidak terkontrol. Di sisi lain, polimer sintesis dengan berat molekul yang tepat dapat disintesis untuk membentuk hidrogel dimana kerapatan *crosslink*, keseimbangan hidrofobik dan hidrofilik dan kinetika degradasi dapat dengan mudah dikontrol [18].

Pencemaran air adalah masalah lingkungan yang sangat besar karena berbagai pewarna yang digunakan dalam industri plastik, kertas, kosmetik dan tekstil dibuang dalam jumlah besar dan tidak dapat terurai. Pendekatan konvensional seperti koagulasi, filtrasi membran, oksidasi dan pengolahan biologis dilibatkan untuk menghilangkan zat warna ini dari limbah cair industri, namun tidak selalu efisien. Oleh karena itu, konsep penyerapan dianggap sebagai metode yang ekonomis dan efektif untuk menghilangkan zat warna ini, dengan sifat-sifat seperti fleksibilitas dalam pemilihan sorben yang memadai dalam operasi dan pembuatan efluen yang cocok untuk digunakan kembali. Demikian pula, ion logam berat, yang sangat beracun, *non-biodegradable* dan karsinogenik juga dianggap sebagai polutan air. Beberapa hidrogel dengan kapasitas

penyerapan kesetimbangan maksimum untuk ion logam berat dan zat warna ionik digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut [3].

Sebagian besar pupuk yang digunakan untuk tanah dapat hilang karena pencucian, terutama di tanah yang sangat berpori, dalam proses kimia dan hujan yang berlebihan. Hidrogel diaplikasikan dalam bidang pertanian untuk mengatasi permasalahan tersebut. Keuntungan utama hidrogel dalam bidang pertanian adalah karena dapat mengontrol pelepasan air yang tersimpan saat tanah mengering, menjaga kelembaban tanah dalam waktu yang relatif lama. Selain itu, hidrogel meningkatkan juga porositas tanah, memberikan oksigenasi yang lebih baik ke akar tanaman [3].

Hidrogel dapat meniru perilaku organ pada manusia dalam menanggapi kondisi lingkungan seperti pH, suhu, enzim dan medan listrik. Sehingga hidrogel dapat diaplikasikan dalam biomedis seperti implan medis, otot atau organ prostetik, perangkat diagnostik untuk otot buatan dan stabilisasi implan. Hidrogel juga digunakan dalam kateter urin sehingga dapat mencegah kolonisasi bakteri di permukaan dan memberikan permukaan yang licin dan meningkatkan biokompatibilitasnya [3]. Selain itu, hidrogel dapat diterapkan sebagai pelapis pada implan untuk aplikasi ortopedi [24].

Dalam produk farmasi para peneliti terdorong untuk menemukan dan mengeksplorasi bahan baru untuk aplikasi pengiriman obat. Dari sudut pandang aplikasi banyak polimer alami seperti pati, selulosa, kitosan, karagenan dan alginat, telah dieksplorasi karena stabilitas, ketersediaan, keberlanjutan dan tingkat toksisitas yang rendah. Biopolimer ini juga memberikan keuntungan seperti biodegradabilitas, biokompatibilitas dan kemampuan modifikasi kimia yang memberi mereka sifat-sifat prinsip untuk aplikasi sistem pengiriman obat [25].

Salah satu biopolimer yang sangat menarik adalah selulosa bakteri (SB) yang disintesis oleh *Acetobacter xylinum* seperti *nata de coco*. Selulosa yang dihasilkan dari *nata de coco* memiliki banyak sifat struktural dan biokimia yang unik, termasuk struktur jaringan *nanofibrous*, ultrafine, stabilitas kimia dan non-toksisitas. Karena struktur jaringan berserat seragam dan ultrafine, selulosa yang

dihasilkan dari *nata de coco* memiliki kapasitas penyerapan air dan sifat mekanik yang sangat baik, termasuk kekuatan tarik tinggi dan modulus elastisitas. Sifat menguntungkan ini membuat SB menjadi bahan yang menarik untuk pembuatan bahan-bahan penyerap untuk diaplikasikan pada pengiriman obat, seperti hidrogel [25].

Sebuah studi menunjukkan bahwa hidrogel berbasis polimer alam seperti selulosa bakteri yang dihasilkan dari *nata de coco* bersifat responsif terhadap suhu dan pH. Hal tersebut menunjukkan bahwa hidrogel berbasis polimer alam seperti selulosa bakteri yang dihasilkan dari *nata de coco* dapat dieksploitasi sebagai komponen dalam sistem pengiriman terkontrol untuk obat berbasis protein [25].

2.3 Selulosa Bakteri

Selulosa bakteri merupakan polimer alam yang dihasilkan dari aktivitas bakteri pada media yang mengandung glukosa sebagai sumber karbon [26]. Selulosa bakteri diperoleh melalui biosintesis yang diinduksi oleh bakteri milik genus *Glucanacetobacter*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, dll. Di antara bakteri tersebut, yang memiliki efisiensi terbaik untuk menghasilkan selulosa adalah *Glucanacetobacter xylinus* (juga dikenal sebagai *Acetobacter xylinum*) [27]. *Gluconacetobacter* yang dapat menghasilkan selulosa pada tingkat komersial dengan jumlah selulosa bakteri yang dihasilkan bervariasi dari 1,0 hingga 4,0% (w/v) media fermentasi [28].

Produk selulosa bakteri yang paling sering dijumpai adalah *nata de coco* yang dihasilkan dari fermentasi air kelapa dengan menggunakan *Acetobacter xylinum* [10]. Dalam media air kelapa yang diperkaya dengan karbon dan nitrogen dan melalui proses yang terkontrol *Acetobacter xylinum* dapat menghasilkan enzim yang dapat disusun menjadi seribu rantai gula atau serat selulosa. Kemudian jutaan potongan benang selulosa berwarna putih pekat hingga transparan, yang disebut *nata* [29].

Pembudidayaan statis adalah metode produksi *nata* yang relatif sederhana dan banyak digunakan. Medium ditempatkan ke dalam wadah datar, diinokulasi dan dibudidaya selama 5-20 hari sampai selulosa hampir memenuhi wadah [28].

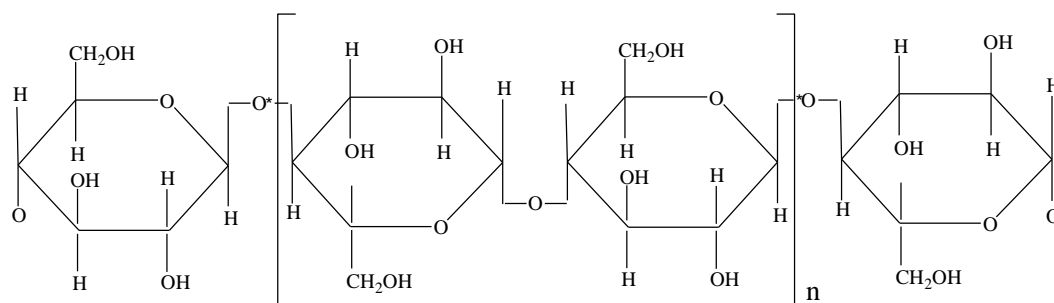
Produk *nata* yang dihasilkan memiliki sifat unik seperti kemurnian selulosa yang tinggi, kristalinitas tinggi, kekuatan tarik tinggi dan *biodegradable*. Hal tersebut membuatnya berpotensi untuk diterapkan dalam penelitian ilmu polimer, bahkan telah banyak diaplikasikan di industri kertas, industri tekstil, industri makanan dan sebagai biomaterial dalam kosmetik atau obat-obatan. Struktur serat selulosa yang dihasilkan oleh bakteri dalam produk *nata de coco* berupa α -selulosa [10].

Selulosa bakteri dapat digunakan di industri sebagai serat makanan, juga banyak diaplikasikan di bidang medis sebagai kulit buatan untuk menutupi luka sementara dan untuk pembuluh darah buatan [9].

Selain diproduksi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan alga, selulosa juga diproduksi oleh tumbuhan. Namun selulosa yang diproduksi oleh mikroorganisme lebih disukai daripada selulosa tanaman karena dapat diperoleh dengan kemurnian yang lebih tinggi. Selulosa bakteri adalah selulosa murni yang tidak mengandung pengotor apapun seperti hemiselulosa, pektin dan lignin [8].

Selulosa yang dihasilkan secara alami terdapat dalam dua bentuk asli (selulosa asli). Yang pertama disebut selulosa murni, yaitu selulosa yang diproduksi dalam keadaan alami seperti kapas, selulosa bakteri dan yang ada di beberapa alga. Kemudian yang kedua disebut selulosa kompleks yaitu yang mencakup sebagian besar selulosa yang ada di alam sebagai komponen mendasar dari dinding sel tanaman yang lebih tinggi [27].

Selulosa merupakan polisakarida yang paling umum selain pati. Selulosa dan pati dihasilkan dari hidrolisis asam atau enzim menjadi molekul karbohidrat yang lebih ringan dan membentuk D-glukosa. Selanjutnya membentuk bagian dari polimer karbohidrat dan yang tidak dapat dihidrolisis lebih lanjut dinamakan monosakarida. Selobiosa dan maltosa merupakan unit pengulang dari selulosa dan pati, yang merupakan disakarida yang terdiri dari molekul D-glukosa yang bergabung bersama melalui atom karbon 1 dan 4 [30].



Gambar 2.8 Struktur Molekul Selulosa

Sumber: Carraher, 2003

Selulosa adalah polisakarida (polimer alami) yang tersusun dari cincin glikosidik yang dihubungkan melalui jembatan oksigen. Unit berulang selulosa memiliki tiga gugus hidroksil. Ikatan β -(1 \rightarrow 4) antara unit-unit D-glukosa memberi linieritas pada molekul selulosa. Faktor ini ditambah dengan pembentukan ikatan hidrogen yang kuat melalui gugus hidroksil membuat selulosa menjadi polimer kristal yang sangat tinggi [14].

Meskipun selulosa merupakan polimer linier, umumnya selulosa tidak larut dalam air karena adanya ikatan hidrogen intermolekular yang kuat. Selulosa kristalin memiliki densitas sebesar $1,63 \text{ g cm}^{-3}$, sedangkan selulosa amorf memiliki densitas $1,47 \text{ g cm}^{-3}$. Selulosa dengan berat molekul tinggi, tidak larut dalam 17,5% larutan natrium hidroksida disebut α -selulosa. Fraksi yang larut dalam larutan natrium hidroksida 17,5% tetapi tidak larut dalam larutan 8% disebut β -selulosa dan yang larut dalam larutan natrium hidroksida 8% disebut γ -selulosa [30].

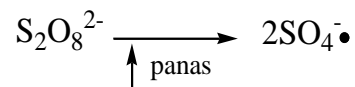
Salah satu cara untuk memodifikasi sifat fisika dan kimia selulosa yaitu kopolimerisasi cangkok. Kopolimer bisa terjadi dengan membuat cabang (cangkok) dari polimer sintetik [31]. Untuk memperoleh kopolimer cangkok selulosa dengan daya serap air yang tinggi, monomer hidrofilik seperti asam akrilat (AA) atau akrilamida harus dicangkokkan ke selulosa [32].

2.4 Kalium Persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)

Kalium persulfat yang mempunyai rumus molekul $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, merupakan bahan berwujud bubuk putih, dapat larut dalam air. Umumnya amonium persulfat, kalium persulfat atau besi persulfat digunakan sebagai inisiator untuk polimerisasi

cangkok. Ketika larutan persulfat dipanaskan, kalium persulfat terdekomposisi untuk menghasilkan radikal bebas [33].

Panas, sinar UV, dan ultrasonik dapat memberikan energi pada anion persulfat yang menghasilkan pembelahan ikatan peroksida dan membentuk dua radikal sulfat. Persulfat membentuk dua radikal sulfat melalui pemotongan ikatan peroksida yang dihasilkan dari penyerapan energi panas sesuai dengan reaksi berikut:



Persulfat yang diaktifkan melalui sinar UV juga membentuk radikal sulfat dengan memecah ikatan O–O, seperti persulfat yang diaktifkan melalui panas [34].

2.5 Asam Akrilat (C₃H₄O₂)

Asam akrilat yang mempunyai rumus molekul C₃H₄O₂, berwujud cair, tidak berwarna dan berbau tajam. Asam akrilat adalah salah satu jenis monomer hidrofilik yang merupakan bahan baku pembuatan polimer poliasam akrilat (PAA). Struktur kimia dari poliasam akrilat (PAA) memiliki unit gugus -COOH yang dapat diionisasi [5].



Gambar 2.9 Struktur Asam Akrilat

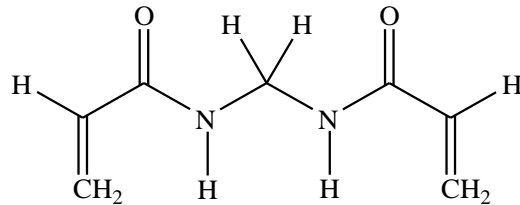
Sumber: Ebelewe, 2000

Asam akrilat telah banyak digunakan sebagai monomer dalam sintesis hidrogel karena asam akrilat relatif ekonomis dan mudah terpolimerisasi ke polimer dengan berat molekul yang lebih tinggi dengan berbagai teknik formulasi [35]. Asam akrilat dicangkokkan ke selulosa untuk memperoleh kopolimer cangkok dengan daya serap air tinggi karena sifat hidrofiliknya [32].

2.6 N,N'-Metilenbisakrilamida (C₇H₁₀N₂O₂)

N,N'-Metilenbisakrilamida (MBA) mempunyai rumus molekul C₇H₁₀N₂O₂. Senyawa ini mengandung dua ikatan rangkap reaktif yang dapat digabungkan ke dalam dua rantai berbeda saat polimerisasi berlangsung, sehingga menghasilkan ikatan sambung silang. Ikatan silang digunakan agar polimer tidak dapat larut dalam air. Namun, kemampuan polimer untuk membengkak menurun

apabila ikatan silang mengalami peningkatan. Meskipun MBA memiliki gugus fungsi amina, namun MBA cukup tahan terhadap hidrolisis [36].

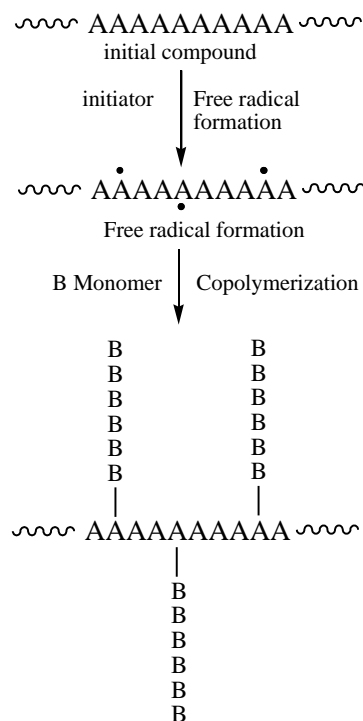


Gambar 2.10 Struktur N,N'-Metilenbisakrilamida (MBA)

Sumber: Garner *et al*, 1997

2.7 Kopolimerisasi *Grafting*

Teknik utama untuk modifikasi polimer adalah pencangkakan, pengikatan silang, pencampuran dan pembentukan komposit, yang semuanya adalah sistem polimer multikomponen [18]. Kopolimerisasi *grafting* (cangkok) adalah metode paling umum yang digunakan untuk modifikasi polimer, termasuk modifikasi sifat fisik dan kimia dari polimer [32]. Kopolimer cangkok adalah kopolimer cabang dengan tulang punggung satu monomer yang ditempelkan satu atau lebih sisi rantai monomer lain [15].



Poly (A)-g-Poly (B) Copolymer

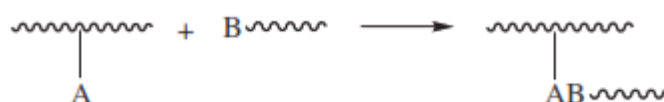
Gambar 2.11 Kopolimerisasi *Grafting*

Sumber: Kumar, 2017

Pada kopolimer cangkok, satu atau lebih blok homopolimer B dicangkokkan sebagai cabang ke rantai utama homopolimer A. Kopolimer cangkok diberi nama dengan memasukkan *-graft-* di antara nama-nama homopolimer yang sesuai, rantai utama diberi nama pertama (misalnya, polyA-*graft*-polyB) [15].

Sebagian besar metode sintesis kopolimer cangkok melibatkan polimerisasi radikal, tetapi memungkinkan juga polimerisasi cangkok ion. Ada tiga metode untuk mensintesis kopolimer cangkok [15]:

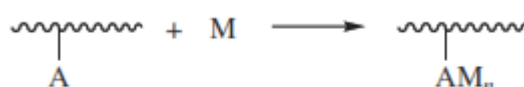
- a. *Grafting onto* melibatkan reaksi antara gugus fungsional pada dua polimer yang berbeda:



Gambar 2.12 Metode *Grafting Onto* Kopolimer Cangkok

Sumber: Odian, 2004

- b. *Grafting from* melibatkan polimer dengan gugus fungsional yang mengawali polimerisasi monomer:



Gambar 2.13 Metode *Grafting From* Kopolimer Cangkok

Sumber: Odian, 2004

- c. *Grafting through* melibatkan polimerisasi (atau kopolimerisasi) dari *macromonomer*, biasanya *macromonomer* vinil:



Gambar 2.14 Metode *Grafting Through* Kopolimer Cangkok

Sumber: Odian, 2004

2.8 Radiasi Microwave

Dalam membahas gelombang elektromagnetik dan interaksinya dengan materi, kita akan menganggap bahwa dielektrik dapat terpapar medan elektromagnetik dalam frekuensi apapun dengan mengisi kapasitor atau kumparan dengan materi yang bersangkutan dan menghubungkannya dengan sumber tegangan bolak-balik [37].

Kumparan digunakan untuk frekuensi dari 0 hingga 10^8 Hz (frekuensi radio). Untuk *microwave* ada di wilayah 10^8 hingga 10^{12} Hz (panjang gelombang 1 m sampai 1 mm) dimensi dielektrik menjadi sebanding dengan panjang gelombang dan pola gelombang dapat diukur dalam bahan. Dalam frekuensi yang lebih tinggi (inframerah, sinar tampak atau sinar UV) kita dapat mengukur sifat dielektrik bahan dengan pengukuran transmisi cahaya dan refleksi. Pada wilayah sinar-X, ukuran atom menjadi sebanding dengan panjang gelombang dan teknik interferensi dapat digunakan untuk mengukur sifat dielektrik bahan dalam rentang frekuensi ini [37].

Dalam gelombang elektromagnetik kecepatan adsorpsi oleh pemrosesan *microwave* lebih cepat daripada adsorpsi di bawah medan *ultrasound*. Iradiasi oleh radiasi UV atau sinar- γ tidak membawa perubahan substansial dari kecepatan adsorpsi [37].

Gelombang mikro (*microwave*) adalah gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik mengandung komponen medan listrik dan magnet. Medan listrik memberikan gaya pada partikel bermuatan karena partikel bermuatan mulai bermigrasi atau memutar. Karena pergerakan partikel bermuatan, polarisasi lebih lanjut dari partikel polar terjadi. Kekuatan gabungan komponen listrik dan magnetik dari gelombang mikro berubah dengan cepat, sehingga menyebabkan pemanasan dari pergerakan molekul [13].

Bentuk dan ukuran benda yang dipanaskan oleh iradiasi gelombang mikro memiliki dampak yang jauh lebih besar dan sangat berbeda pada distribusi temperatur daripada cara pemanasan klasik. Energi gelombang mikro disimpan langsung di dalam material yang dipanaskan, sehingga bagian dalam material dapat dipanaskan tanpa mediasi pemanasan konduktif dan biasanya suhu di dalam material yang dipanaskan jauh lebih tinggi daripada dekat permukaan [37].

Kontrol dan pengukuran suhu yang dapat diandalkan memberikan tantangan teknis yang signifikan ketika menggunakan pemanasan dielektrik. Karena tidak ada logam yang dapat digunakan dalam *microwave*, maka dicari metode alternatif. Beberapa contoh termometer yang telah diterapkan adalah termometer gas dan termokopel yang terlindungi [13].

2.9 Rasio Swelling

Swelling atau mengembang adalah salah satu sifat fisika yang khas dari hidrogel, menggambarkan kemampuan hidrogel dalam menyerap air [38]. Perbandingan berat hidrogel dalam keadaan menyerap air (*swelling*) terhadap berat keringnya atau rasio *swelling* merupakan salah satu parameter utama dari hidrogel khususnya untuk pengujian suatu bahan sebagai absorben [5]. Pengujian dilakukan dengan metode *tea bag* dengan langkah pertama adalah sekitar 0,1 g sampel dimasukkan kedalam kantung yang terbuat dari nilon, kemudian kantung dicelupkan kedalam air. Kenaikan berat kantung ditimbang sesuai dengan waktu yang ditentukan [23]. Daya serap pada perendaman dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$S \text{ (g H}_2\text{O/g hidrogel kering)} = \frac{G_s - G_d}{G_d}$$

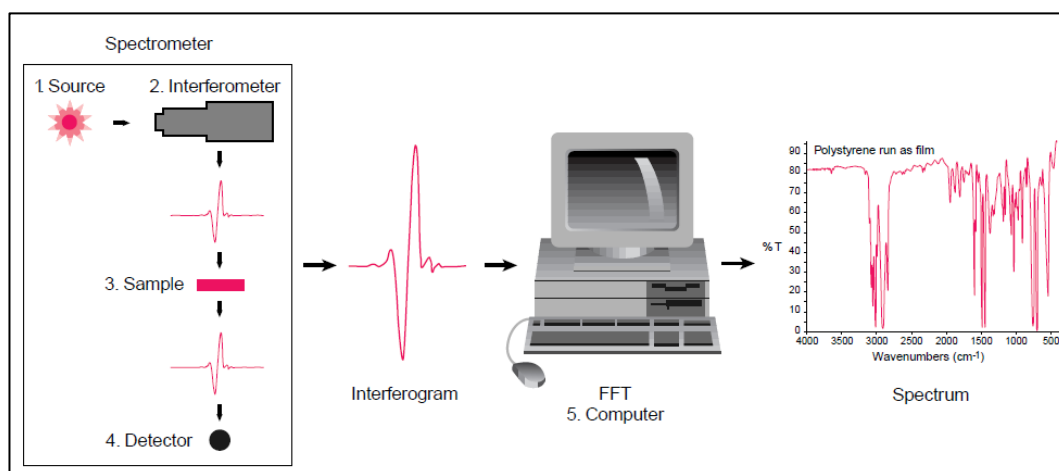
Di mana S adalah daya serap produk, G_s adalah berat produk setelah mengembang dan G_d adalah berat kering produk [12].

2.10 Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FTIR sangat berguna untuk mengidentifikasi bahan kimia organik atau anorganik. Selain itu juga dapat digunakan untuk menghitung beberapa komponen campuran yang tidak diketahui. Dan dapat diterapkan pada analisis padatan, cairan dan gas. Istilah *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) mengacu pada perkembangan yang cukup baru dimana data dikumpulkan dan diubah dari pola interferensi menjadi spektrum. Dalam analisis kualitatif FTIR dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahan kimia dari cat, polimer, pelapis, obat-obatan dan kontaminan. FTIR mungkin merupakan alat yang paling kuat untuk mengidentifikasi jenis ikatan kimia (gugus fungsi) [39].

Dalam spektroskopi inframerah, radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian dilewatkan (ditransmisikan). Setiap material yang berbeda adalah kombinasi atom yang unik, tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang sama persis. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dapat menghasilkan identifikasi positif (analisis kualitatif) dari setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran

puncak spektrum merupakan indikasi langsung dari jumlah materi yang ada [40]. Serapan dalam spektrum FTIR produk cangkok yang tidak ada dalam spektrum substrat cangkok adalah bukti terjadinya pencangkokan [32]. Proses instrumental dapat dilihat pada gambar berikut [40]:



Gambar 2.15 Proses instrumental pada Spektrofotometer FTIR

Sumber: Thermo Nicolet Corporation, 2001

1. Sumber

Energi inframerah dipancarkan dari sumber yang disebut *glowing black-body*. Sinar ini melewati celah yang dapat mengontrol jumlah energi yang mengenai sampel (dan akhirnya ke detektor).

2. Interferometer

Sinar memasuki interferometer dimana "*spectral encoding*" berlangsung. Sinar tersebut nantinya akan diubah menjadi sinyal interferogram yang akan keluar dari interferometer.

3. Sampel

Sinar masuk ke ruang sampel, sinar ini akan ditransmisikan atau dipantulkan oleh permukaan sampel, tergantung pada jenis analisis yang diinginkan.

4. Detektor

Sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir. Detektor yang digunakan secara khusus dirancang untuk mengukur sinyal interferogram khusus.

5. Komputer

Sinyal yang diukur didigitalkan dan dikirim ke komputer dimana transformasi fourier terjadi. Spektrum inframerah terakhir kemudian disajikan kepada pengguna untuk interpretasi [40].

2.11 Scanning Electron Microscope (SEM)

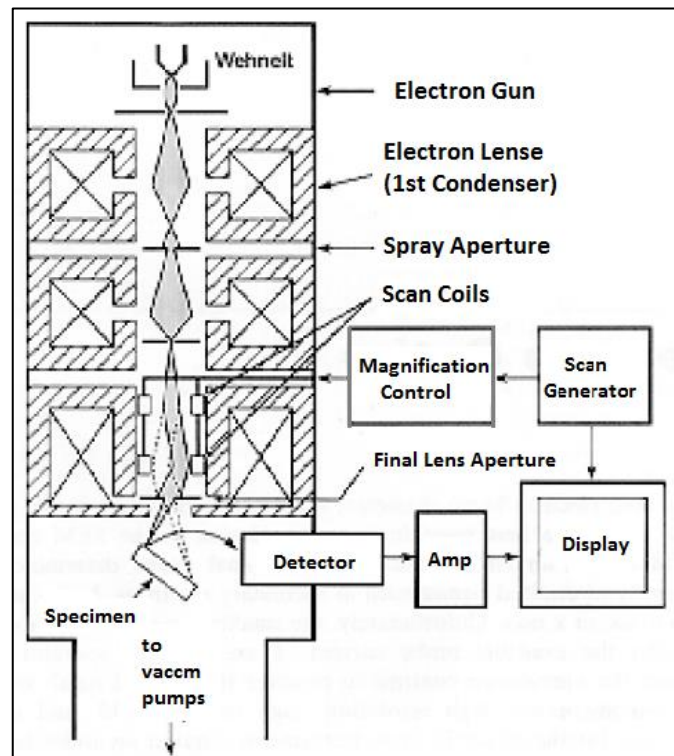
SEM adalah mikroskop yang menggunakan elektron untuk membentuk gambar. SEM digunakan untuk mengamati permukaan spesimen. Ketika spesimen diiradiasi dengan berkas elektron (disebut probe elektron), elektron sekunder dipancarkan dari permukaan spesimen [41].

Ketika elektron memasuki spesimen, elektron akan tersebar di dalam spesimen dan secara bertahap akan kehilangan energi, kemudian diserap dalam spesimen. Berbagai hamburan dari elektron di dalam spesimen berbeda tergantung pada energi elektron, nomor atom unsur-unsur menyusun spesimen dan kerapatan atom. Jika energinya lebih tinggi, hamburan jangkauannya akan lebih besar. Sebaliknya, jika nomor atom dan densitasnya besar, kisaran hamburannya lebih kecil [41].

Ketika berkas elektron memasuki spesimen, maka akan menghasilkan elektron sekunder. Karena energi elektron sekunder sangat kecil, energi yang dihasilkan kedalam wilayah dengan cepat diserap oleh spesimen. Energi elektron sekunder hanya dihasilkan di permukaan atas. Hal ini menunjukkan bahwa elektron sekunder sangat sensitif terhadap permukaan. Jika dibandingkan jumlah elektron yang masuk, elektron yang masuk tegak lurus ke spesimen memiliki jumlah emisi elektron sekunder yang lebih kecil dengan berkas elektron yang masuk masuk secara miring. Perbedaan sudut datangnya sinar elektron menyebabkan adanya perbedaan kecerahan permukaan kristal. Dengan demikian, elektron sekunder digunakan untuk mengamati topografi permukaan spesimen [41].

Secara teoritis dalam gambar elektron sekunder, permukaan spesimen yang tegak lurus dengan elektron insiden probe tampak lebih gelap, sedangkan ketika permukaan spesimen gambar tampak lebih cerah [41].

Topografi permukaan dapat diamati dengan pemindaian dua dimensi probe elektron di atas permukaan dan perolehan gambar dari elektron sekunder yang terdeteksi [41].



Gambar 2.16 Komponen SEM

Sumber: Kaur, 2015

Komponen utama dari SEM yang umum adalah *electron beam*, sistem pemindaian, detektor, tampilan, sistem vakum dan kontrol elektronik. Sinar berinteraksi dengan spesimen untuk menghasilkan berbagai sinyal yang meliputi elektron sekunder, *Back-Scattered Electrons* (BSE), karakteristik sinar-X. Elektron berinteraksi dengan atom pada atau dekat dengan permukaan sampel dan menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi dan sifat lain seperti konduktivitas listrik [42].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Loka Penelitian Teknologi Bersih-LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari s.d Mei 2018. Untuk pengujian menggunakan FTIR dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada tanggal 28 Juni 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. *Thermostat Oil Bath*
2. *Microwave*
3. *Magnetic stirrer*
4. *Stirring bar*
5. Pengaduk mekanik IKA-Laborstechnik
6. Kondensor
7. Oven
8. Seperangkat alat vakum
9. *Blender*
10. Neraca analitik
11. Neraca teknis
12. Labu leher tiga 250 mL
13. Gelas kimia 50 dan 600 mL
14. Gelas ukur 50 mL
15. Corong
16. Pipet tetes
17. Spatula
18. Batang pengaduk
19. Jaring nilon

20. Seperangkat ayakan
21. Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) jenis *Attenuated Total Reflection* (ATR)
22. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

3.2.2 Bahan

1. *Nata de coco*
2. Asam Akrilat (AA)
3. Kalium Persulfat (KPS)
4. N,N'-Metilenbisakrilamida (MBA)
5. Akuades
6. Gas Nitrogen
7. Minyak Goreng
8. NaOH
9. Kertas pH
10. Aseton

3.3 Variabel

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan dalam penelitian. Dalam pembuatan hidrogel terdapat beberapa variabel yang dapat mempengaruhi hasil.

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini meliputi massa inisiator, massa pengikat silang dan waktu reaksi pada *thermostat oil bath*.

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan dalam penelitian. Variabel bebas digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Dalam penelitian ini variabel bebas yang ditetapkan meliputi rasio bakteri selulosa dengan asam akrilat dan waktu iradiasi menggunakan *microwave*.

Tabel 3.1 Matriks Sampel Penelitian Sintesis Hidrogel SB-g-AA Menggunakan *Thermostat Oil Bath* dan *Microwave*

Alat	SB (g)	AA (g)	KPS (g)	MBA (g)	t (detik)
<i>Thermostat Oil bath</i>	0,75	10,5	0,125	0,0175	21600
		12			
		13,5			
		15			
		16,5			
<i>Microwave</i>	0,75	13,5	0,125	0,0175	50
		13,5			60
		13,5			70
		13,5			80
		13,5			90
		13,5			100
		10,5			80
		12			
		15			
		16,5			

Keterangan:

SB = Selulosa bakteri

KPS = Kalium Persulfat

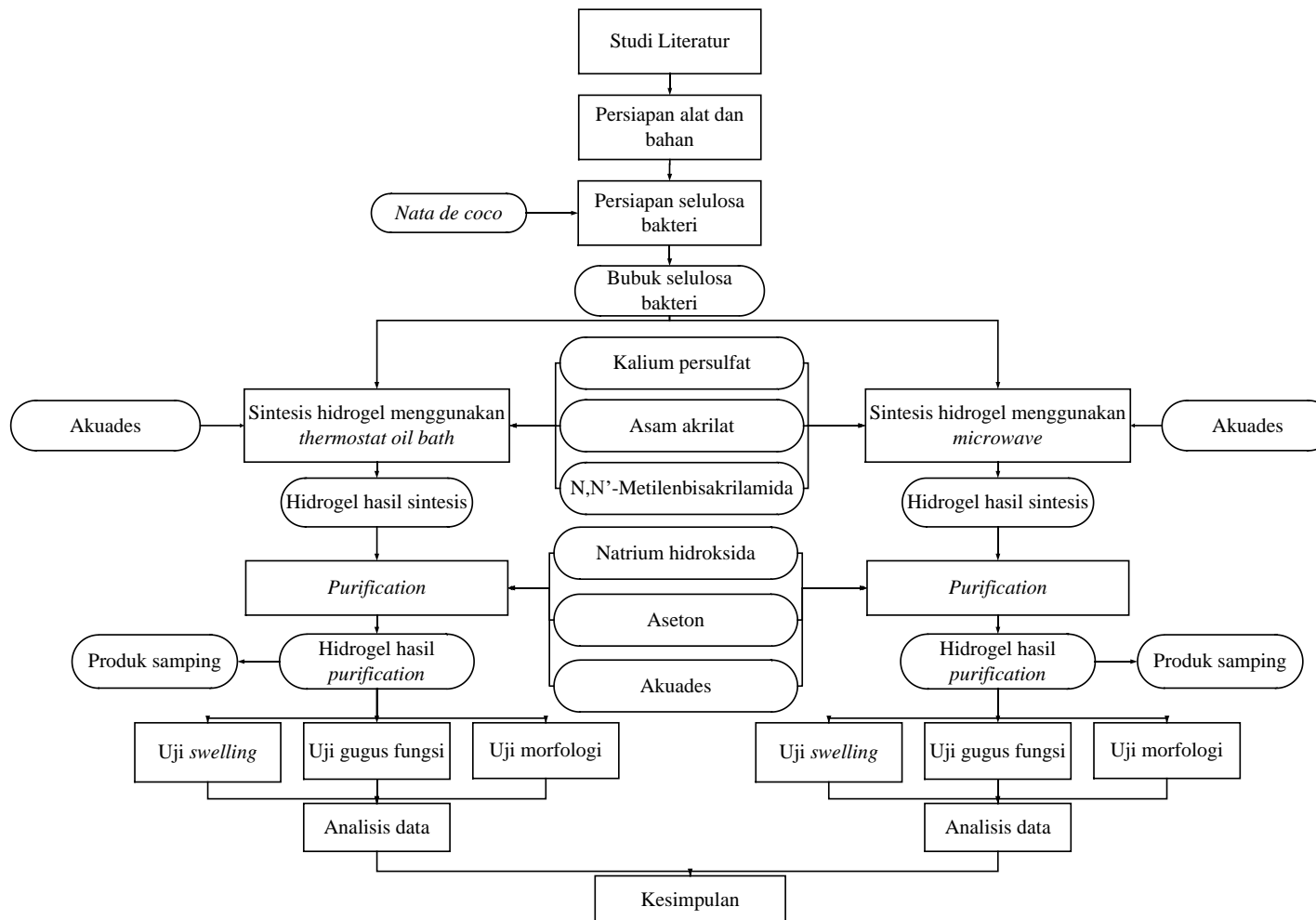
AA = Asam Akrilat

MBA = N,N'-Metilenbisakrilamida

t = Waktu reaksi (detik)

3.4 Prosedur

Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan pengambilan data, sehingga didapat hasil yang di harapkan. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap yaitu tahap persiapan selulosa bakteri, tahap sintesis hidrogel SB-g-AA, tahap *purification* dan tahap pengujian hidrogel SB-g-AA. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahap persiapan selulosa bakteri merupakan tahapan untuk mendapatkan bubuk selulosa bakteri dari *nata de coco*. Kemudian dilanjutkan dengan sintesis hidrogel SB-g-AA menggunakan dua alat berbeda yaitu *thermostat oil bath* dan *microwave*. Kemudian produk yang dihasilkan masuk ke tahap *purification* dan terakhir yaitu tahap pengujian produk yang meliputi uji *swelling*, uji gugus fungsi menggunakan FTIR dan uji morfologi menggunakan SEM.

3.4.1 Persiapan Selulosa Bakteri

Lembaran *nata de coco* dicuci dengan air keran kemudian direbus dengan NaOH 1% b/v selama 1 jam untuk menghilangkan senyawa non selulosa dan untuk menghilangkan sel bakteri, terakhir dicuci lagi dengan air keran untuk menghilangkan sisa larutan alkali pada *nata de coco* sampai didapat pH 7 lalu disimpan dalam lemari es [26]. Lembaran *nata de coco* kemudian divakum hingga tipis dan tidak ada air yang menetes, selanjutnya lembaran tipis selulosa bakteri dioven pada suhu 80°C hingga kering. Lembaran kering *nata de coco* selanjutnya dihancurkan dengan *blender* dan diayak menggunakan mesh 170 (88 µm) [12]. Sehingga menghasilkan bubuk selulosa bakteri.

3.4.2 Sintesis Hidrogel Menggunakan *Thermostat Oil Bath*

Dimasukkan 0,75 g bubuk selulosa bakteri dan 38 mL akuades ke dalam reaktor labu leher tiga kapasitas 250 mL yang di lengkapi dengan pengaduk mekanik, kondensor dan aliran gas nitrogen. Campuran bubuk selulosa bakteri dan akuades dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit. Kemudian suhu diturunkan menjadi 60°C, setelah suhu yang diinginkan tercapai ditambahkan kalium persulfat 0,125 g yang sudah dilarutkan dalam 6 mL akuades dan dilakukan pengadukan selama 15 menit. Selanjutnya ditambahkan asam akrilat (10,5; 12; 13,5; 15 dan 16,5 gram) yang diikuti dengan penambahan N,N'-metilenbisakrilamida sebanyak 0,0175 g dalam 40 mL akuades. Selanjutnya suhu polimerisasi dijaga 70°C selama 3 jam [11].

3.4.3 Sintesis Hidrogel Menggunakan *Microwave*

Dimasukkan 0,75 g bubuk selulosa bakteri dan 38 mL akuades ke dalam gelas kimia 500 mL dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Kemudian ditambahkan kalium persulfat 0,125 g yang sudah dilarutkan dalam 6

mL akuades. Setelah itu asam akrilat (10,5; 12; 13,5; 15 dan 16,5 gram) yang diikuti dengan penambahan N,N'-metilenbisakrilamida sebanyak 0,0175 g dalam 40 mL akuades. Masing-masing bahan diaduk selama 15 menit sebelum ditambahkan bahan selanjutnya. Setelah semua bahan masuk ke dalam gelas kimia, gelas kimia di masukkan ke *microwave* selama (50; 60; 70; 80; 90 dan 100 detik). Pada penelitian ini digunakan *microwave* Sharp R-298H(S) dengan *input* 1,21 kW; *output* 800 W dan frekuensi 2450 MHz.

3.4.4 Purification

Produk keluaran yang berupa gel didinginkan di suhu ruang, kemudian dicuci beberapa kali dengan akuades, diberi NaOH 6 N hingga pH 7, kemudian ditambahkan aseton. Selanjutnya produk dikeringkan di dalam oven dengan suhu 70°C hingga mencapai berat konstan [43].

3.4.5 Uji Swelling

Untuk mengetahui kemampuan polimer dalam menyerap air dilakukan uji *swelling*, uji ini sangat menentukan aplikasi dari produk yang dihasilkan [5].

3.4.6 Uji Gugus Fungsi Hidrogel

Uji gugus fungsi dilakukan pada selulosa bakteri dan sampel hidrogel yang disintesis menggunakan alat yang berbeda. Uji gugus fungsi dilakukan menggunakan alat Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* jenis *Attenuated Total Reflectance* (ATR) nicolet iS10 pada bilangan gelombang 4000 cm^{-1} hingga 500 cm^{-1} untuk mengetahui gugus fungsi yang terjadi.

3.4.7 Uji Morfologi Hidrogel

Morfologi permukaan hidrogel diuji menggunakan SEM. Contoh hidrogel dilapisi dengan lapisan tipis dari logam emas dan selanjutnya dipantulkan dengan instrument SEM. Pada penelitian ini digunakan SEM tipe JSM IT-300.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Waktu Iradiasi *Microwave* Terhadap Kemampuan *Swelling* Hidrogel SB-g-AA

Pada sintesis hidrogel SB-g-AA menggunakan radiasi gelombang mikro dilakukan variasi waktu iradiasi selama 50; 60; 70; 80; 90 dan 100 detik. Dari hasil variasi diperoleh hasil berupa data *swelling* dengan variasi iradiasi. Data-data tersebut diuraikan pada Tabel 4.1 dan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.1. Data perhitungan uji *swelling* terlampir pada lampiran C.

Tabel 4.1 Hasil *Swelling* Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi *Microwave*

SB (g)	AA (g)	KPS(g)	MBA (g)	t (detik)	S (g/g)
0,75	13,5	0,125	0,0175	50	443,10
				60	482,90
				70	488,17
				80	507,33
				90	495,00
				100	483,33

Keterangan:

SB = Selulosa bakteri

KPS = Kalium Persulfat

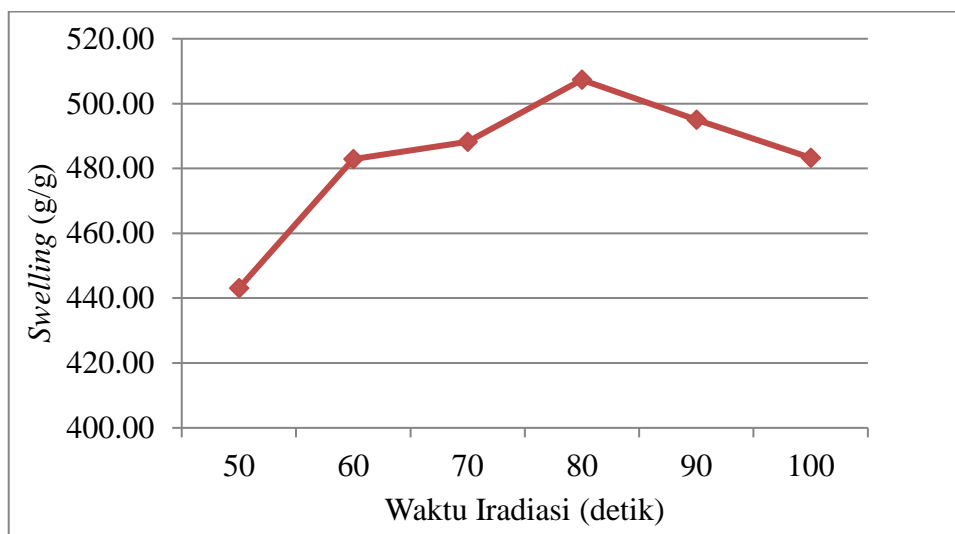
AA = Asam Akrilat

MBA = N,N'-Metilenbisakrilamida

t = Waktu reaksi (detik)

S = Rasio *Swelling* (g H₂O/g hidrogel kering)

Tabel 4.1 dan gambar 4.1 menunjukkan daya serap yang dihasilkan (g/g) melalui pengujian dengan metode *tea bag* dengan perendaman selama 24 jam. Dari tabel 4.1 dan gambar 4.1 terlihat bahwa semakin lama waktu iradiasi meningkatkan hasil *swelling*. Namun, pada waktu iradiasi lebih dari 80 detik *swelling* yang dihasilkan menurun.



Gambar 4.1 Hasil *Swelling* Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi *Microwave*

Hasil yang didapat dalam penelitian ini serupa dengan Zhang (2007), dimana peningkatan waktu penyinaran gelombang mikro meningkatkan daya serap air. Sedangkan pada waktu penyinaran lebih lama menyebabkan penurunan daya serap. Menurut Zhang (2007) penurunan tersebut dikaitkan dengan adanya homopolimerisasi seiring dengan kenaikan waktu iradiasi [44].

Menurut Rochmadi (2015) dalam tahapan terminasi, reaksi antar rantai yang sedang tumbuh semata-mata untuk mengakhiri tahap propagasi, bukan karena tidak ada lagi monomer yang dapat diikat menjadi rantai baru (memperpanjang rantai). Pada penelitian ini dimungkinkan terjadi tahap transfer rantai antara monomer asam akrilat dan radikal bebas yang tidak terikat silang, sehingga menghasilkan homopolimer berupa poliasam akrilat.

Tercangkoknya asam akrilat pada selulosa ditandai dengan banyaknya asam akrilat yang tercangkok seiring dengan penambahan waktu iradiasi. Meningkatnya *swelling* pada 50 hingga 80 detik karena semakin lama waktu iradiasi, maka struktur polimer yang dihasilkan semakin sempurna.

4.2 Pengaruh Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat Terhadap Kemampuan *Swelling* Hidrogel SB-g-AA

Pada pengaruh rasio selulosa bakteri dan asam akrilat terhadap kemampuan *swelling* dilakukan dengan variasi 1:14; 1:16; 1:18; 1:20 dan 1:22. Dari variasi tersebut diperoleh hasil berupa data *swelling*. Data-data tersebut

diuraikan pada tabel 4.2 dan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 4.2.

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.2 didapat semakin rendah rasio menghasilkan peningkatan *swelling*. Kapasitas *swelling* tertinggi terdapat pada rasio 1:18 dengan komposisi selulosa bakteri 0,75 g dan asam akrilat 13,5 g, kapasitas *swelling* yang didapat sebesar 236,10 g/g untuk alat *thermostat oil bath* dan 507,33 g/g untuk alat *microwave*.

Tabel 4.2 Hasil *Swelling* Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat

Alat	SB (g)	AA (g)	KPS(g)	MBA (g)	t (detik)	S (g/g)
<i>Thermostat Oil bath</i>	0,75	10,5	0,125	0,0175	21600	144,17
		12				216,30
		13,5				236,10
		15				224,90
		16,5				133,90
<i>Microwave</i>	0,75	10,5	0,125	0,0175	80	364,30
		12				462,00
		13,5				507,33
		15				432,40
		16,5				389,75

Keterangan:

SB = Selulosa bakteri

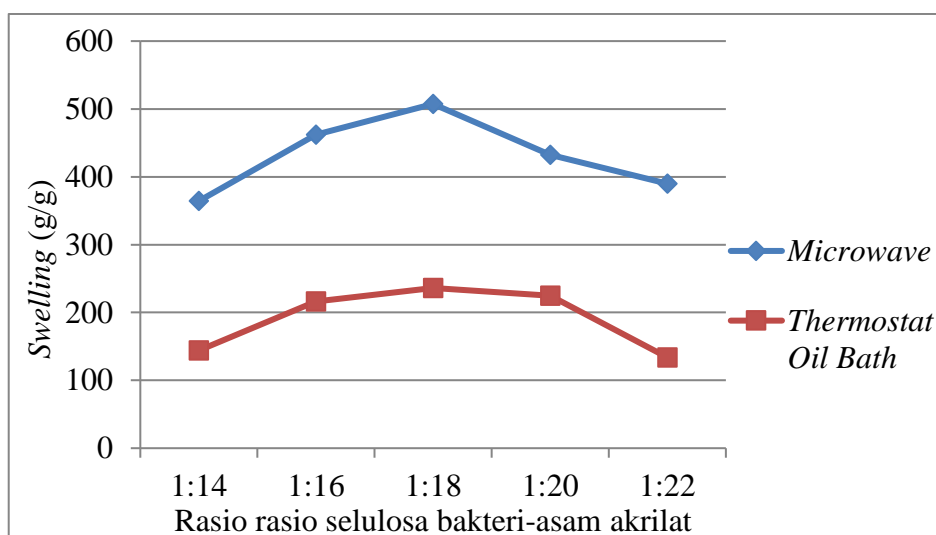
KPS = Kalium Persulfat

AA = Asam Akrilat

MBA = N,N'-Metilenbisakrilamida

t = Waktu reaksi (detik)

S = Rasio *Swelling* (g H₂O/g hidrogel kering)



Gambar 4.2 Hasil *Swelling* Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat

Kenaikan awal pada kapasitas *swelling* dapat dihubungkan dengan ketersediaan molekul-molekul monomer di sekitar selulosa dan meningkatnya sifat hidrofilik dari hidrogel SB-g-AA sehingga gaya tarik menarik lebih kuat untuk banyak menyerap air. Sedangkan menurunnya kapasitas *swelling* berkaitan dengan lebih banyaknya homopolimerisasi yang terjadi selama polimerisasi cangkok [45].

Pada grafik di atas juga menunjukkan bahwa kapasitas tertinggi didapat dengan menggunakan alat *microwave*, hal ini disebabkan karena *microwave* memiliki kelebihan dibandingkan dengan alat *thermostat oil bath*. Kelebihan yang dimiliki oleh *microwave* yaitu sifat penetrasi yang cepat dan seragam, selain itu juga energi gelombang mikro dapat secara instan menyerap dan secara langsung memanaskan seluruh volume material [35].

4.3 Uji Gugus Fungsi dengan FTIR

Pada pengujian ini, sampel yang digunakan adalah bahan baku berupa selulosa bakteri, hidrogel SB-g-AA dari variasi waktu pada *microwave*, hidrogel SB-g-AA dari variasi rasio selulosa bakteri-asam akrilat menggunakan *microwave* dan *thermostat oil bath*. Hasil spektrum dari FTIR dari bahan baku dan produk disajikan dalam bentuk tabel pada tabel 4.3; 4.4; 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.3 Spektrum FTIR Selulosa Bakteri

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Keterangan
3338,41	Regang OH
2895,30	Regang CH
1427,06 dan 1315,72	Lentur CH
1157,81 ; 1104,71 dan 1028,57	Regang C-O

Tabel 4.4 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Waktu Iradiasi *Microwave*

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)						Keterangan
50 detik	60 detik	70 detik	80 detik	90 detik	100 detik	
-	3335,37	3344,11	3387,41	3366,29	3360,30	Regang OH
2927,72	2930,21	2926,89	2922,28	2928,95	2932,63	Regang CH
1709,09	1711,36	1712,14	1711,12	1711,59	1711,97	Regang C=O
1546,91	1556,68	1556,70	1565,34	1559,20	1557,62	Lentur NH

Tabel 4.5 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave*

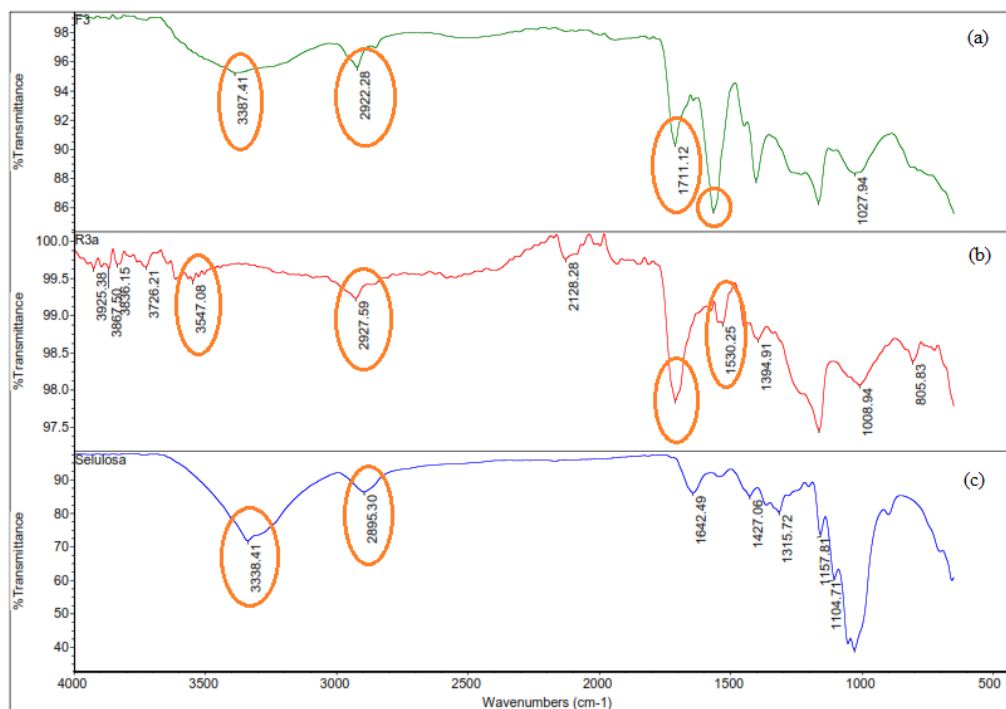
Bilangan gelombang (cm^{-1})					Keterangan
1:14	1:16	1:18	1:20	1:22	
3347,55	3370,27	3387,41	3367,83	3369,19	Regang OH
2933,72	2931,70	2922,28	2942,96	2941,57	Regang CH
1712,81	1712,48	1711,12	1711,66	1711,29	Regang C=O
1558,04	1561,96	1565,34	1561,12	1562,19	Lentur NH

Tabel 4.6 Spektrum FTIR Hidrogel SB-g-AA dari Variasi Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat Oil Bath*

Bilangan gelombang (cm^{-1})					Keterangan
1:14	1:16	1:18	1:20	1:22	
-	3613,73	3547,08	3613,52	3613,33	Regang OH
2928,14	2921,85	2927,59	2921,52	2921,65	Regang CH
1708,63	1711,53	1710,15	1711,73	1710,28	Regang C=O
1548,50	1550,57	1530,25	1550,44	1530,61	Lentur NH

Munculnya gugus fungsi disekitar bilangan gelombang 3000-3700 cm^{-1} menunjukkan adanya regang OH. Serapan pada bilangan gelombang disekitar 2700-3300 cm^{-1} menunjukkan adanya regang CH. Kemudian bilangan gelombang disekitar 1300-1450 cm^{-1} menunjukkan adanya lentur CH. Dan munculnya bilangan gelombang disekitar 900-1300 cm^{-1} menunjukkan adanya regang C-O. Terdapat pula serapan gugus fungsi regang C=O pada bilangan gelombang 1600-1800 cm^{-1} dan munculnya gugus fungsi lentur NH pada bilangan gelombang 1500-1650 cm^{-1} [46].

Untuk memudahkan melihat perbedaan gugus fungsi antara bahan baku dan produk yang dihasilkan, data disajikan dalam bentuk gambar 4.3. Produk yang di muat pada gambar 4.3 adalah produk yang memiliki hasil *swelling* tertinggi dari masing-masing variasi.



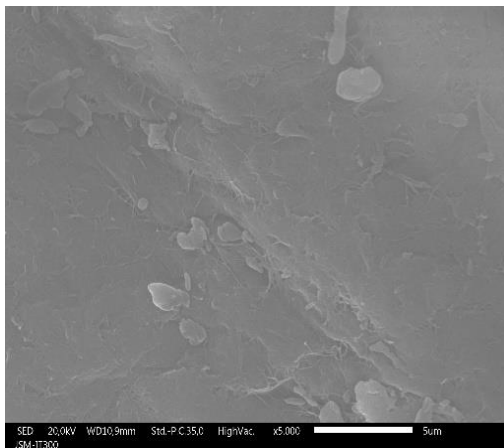
Gambar 4.3 Spektrum FTIR (a) Hidrogel SB-g-AA dari variasi Rasio SB-AA menggunakan *Microwave*; (b) Hidrogel SB-g-AA dari variasi Rasio SB-AA menggunakan *Thermostat Oil Bath* dan (c) Selulosa Bakteri.

Data diatas menunjukkan adanya perubahan serapan gugus fungsi antara bahan baku berupa selulosa bakteri dengan produk setelah dilakukan pecangkakan berupa hidrogel SB-g-AA. Pada spektrum produk menunjukkan adanya gugus fungsi karbonil (C=O). Menurut Gurdag (2013) dalam kopolimer cangkok yang terdiri dari monomer vinil seperti akrilamida atau asam akrilat dan selulosa, serapan yang diberikan untuk vibrasi regang karbonil umumnya digunakan untuk konfirmasi pencangkakan [32]. Di sisi lain, terdapatnya serapan gugus fungsi pada NH dari N,N'-metilenbisakrilamida menunjukkan ikatan silang pada polimer berhasil terbentuk.

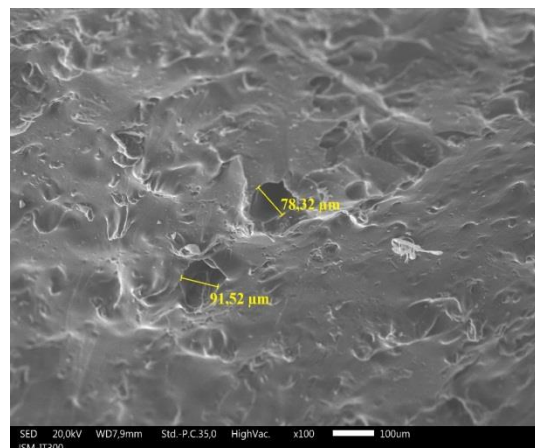
Penelitian yang dilakukan oleh Kurniadi (2010) menyatakan adanya pembentukan reaksi kopolimerisasi *grafting* oleh monomer asam akrilat pada substrat onggok ditandai dengan adanya perubahan atau pergeseran bilangan gelombang pada masing-masing gugus fungsinya [47].

4.4 Uji Morfologi dengan SEM

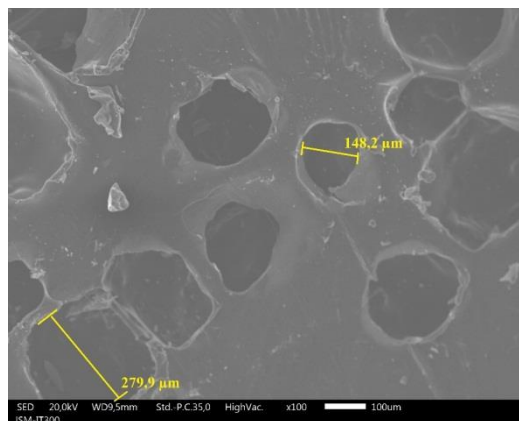
Selain spektroskopi FTIR, sampel juga diuji menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan. Sampel yang digunakan berupa selulosa bakteri sebelum tercangkok dan selulosa bakteri sesudah tercangkok (SB-g-AA) yang memiliki hasil *swelling* tertinggi. Adapun foto dari ketiga sampel masing-masing dapat dilihat pada gambar 4.4.



(a) Selulosa bakteri sebelum tercangkok (perbesaran 5000×)



(b) Selulosa bakteri sesudah tercangkok (SB-g-AA) menggunakan *thermostat oil bath* (perbesaran 100×)



(c) Selulosa bakteri sesudah tercangkok (SB-g-AA) menggunakan *microwave* (perbesaran 100×)

Gambar 4.4 Penampakan Permukaan Selulosa Bakteri Sebelum (perbesaran 5000×) dan Sesudah (perbesaran 100×) Tercangkok

Pada gambar (a) menunjukan bahwa permukaan selulosa bakteri sebelum tercangkok terlihat halus pada pembesaran 5000×, gambar (b) permukaan dari selulosa bakteri sesudah tercangkok (SB-g-AA) menggunakan *thermostat oil bath* menunjukkan permukaan berpori-pori, sedangkan pada gambar (c) permukaan selulosa bakteri sesudah tercangkok (SB-g-AA) menggunakan *microwave* menunjukkan permukaan yang pori-pori nya lebih besar dibandingkan dengan gambar (b). Pada gambar (b) dan (c) dilakukan pembesaran 100×. Pori-pori yang besar memudahkan air berdifusi ke dalam hidrogel (SB-g-AA) selama proses *swelling*, sehingga hasil *swelling* hidrogel (SB-g-AA) yang disintesis menggunakan *microwave* lebih besar di banding hidrogel (SB-g-AA) yang disintesis menggunakan *thermostat oil bath* [35].

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh waktu iradiasi *microwave* terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA yaitu semakin lama waktu iradiasi menghasilkan peningkatan *swelling*, namun dengan waktu iradiasi yang melebihi waktu optimum terjadi penurunan *swelling*. Diperoleh waktu optimum yaitu 80 detik.
2. Pengaruh rasio selulosa bakteri-asam akrilat terhadap kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA yaitu semakin rendah rasio menghasilkan peningkatan *swelling*, namun rasio yang semakin rendah dari rasio optimum akan menurunkan kemampuan *swelling*. Diperoleh rasio optimum yaitu 1:18.
3. Perbandingan kemampuan *swelling* hidrogel SB-g-AA yang disintesis menggunakan alat *thermostat oil bath* didapat hasil *swelling* tertinggi sebesar 236,10 g/g, hasil ini lebih kecil dibandingkan menggunakan alat *microwave* dengan hasil 507,33 g/g.
4. Hasil FTIR menunjukkan adanya perubahan serapan spektrum FTIR dari bahan baku dengan spektrum FTIR dari produk yang menunjukkan terjadinya pencangkakan.
5. Hasil SEM menunjukkan adanya pori-pori pada hidrogel SB-g-AA yang disintesis menggunakan dua alat berbeda. Namun hidrogel SB-g-AA yang disintesis menggunakan menggunakan *microwave* menunjukkan pori-pori yang lebih besar.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan adanya perlakuan lebih lanjut untuk memisahkan homopolimer berupa poliasam akrilat dari produk yang dihasilkan agar didapat kopolimer murni. Selain itu diperlukan pengkajian

dari segi ekonomi untuk kedua alat yang digunakan agar dapat dipertimbangkan alat yang lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmed, E. M., "Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review", *Journal of Advanced Research*, 2013.
2. Dragan, E. S., "Design and applications of interpenetrating polymer network hydrogels. A review", *Chemical Engineering Journal*, 243, 572-590, 2014.
3. Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M., "Classification, processing and application of hydrogels: A review", *Materials Science and Engineering C*, 57, 414-433, 2015.
4. Andriyanti, W., & Suyanti, N., "Pembuatan dan karakterisasi polimer superabsorben dari ampas tebu", *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya*, Vol. 13, 1-7, 2012.
5. Astrini, N., Anah, L., & Haryono, A., "Pengaruh Metilen Bisakrilamid (MBA) pada Pembuatan Superabsorben Hidrogel Berbasis Selulosa terhadap Sifat Penyerapan Air", *J. Kimia dan Kemasan*, Vol. 38, No. 1, 15-20, 2016.
6. Mohite, B., V., Koli, S., H., & Patil, S., V., "Bacterial Cellulose-Based Hydrogels: Synthesis, Properties, and Applications", *Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels*, 2018.
7. Bacakova, L., Novotna, K., & Parizek, M., "Polysaccharides as Cell Carriers for Tissue Engineering: the Use of Cellulose in Vascular Wall Reconstruction", *Physiol. Res.* 63 (Suppl. 1): S29-S47, 2014.
8. Gayathry, G., & Gopaldaswamy, G., "Production and characterisation of microbial cellulosic fibre from *Acetobacter xylinum*", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 39, PP, 93-96, 2014.
9. Keshk, S. M. A. S., "Bacterial cellulose production and its industrial applications", *J Bioprocess Biotech*, 4(150), 2, 2014.
10. Suryanto, H., "Analisis Struktur Serat Selulosa Dari Bakteri", *Prosiding SNTT 2017 - Politeknik Negeri Malang*, Volume 3 -ISSN: 2476-9983, 2017.
11. Muhammad Irvan Saesario, "Sintesis Polimer Superabsorben Onggok Tapioka-Akrlamida: Pengaruh Konsentrasi Monomer Dan Inisiator", *Skripsi*, Institut Pertanian Bogor, 2012.

12. Pandey, M., & Amin, M. C. I. M., "Accelerated Preparation of Novel Bacterial Cellulose/Acrylamide-Based Hydrogel by Microwave Irradiation", *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 62: 402–405, 2013.
13. Galema, S. A., "Microwave chemistry", *Chemical Society Reviews*, volume 26, 1997.
14. Ebewele, R. O., "Polymer Science And Technology" CRC Press, 2000.
15. Odian, G., "Principles of Polymerization Fourth Edition", John Wiley & Sons, Inc., 2004.
16. Rochmadi, Permono, A., "Mengenal Polimer dan Polimerisasi", Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 2015.
17. Akay, M., "Introduction to Polymer Science and Technology", 2012.
18. Bhattacharya, A., Rawlins, J. W., & Ray, P. (Eds), "Polymer grafting and crosslinking", John Wiley & Sons, Inc., 2008.
19. Khan, A., Othman, M.B.H., Razak, K.A., & Alkil, H.M., "Synthesis and physicochemical investigation of chitosan-PMAA-based dual-responsive hydrogels", *Journal of Polymer Research*, 20: 273, 2013.
20. Hennink, W. E., & van Nostrum, C. F., "Novel crosslinking methods to design hydrogels", *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64, 223-226, 2012.
21. Ostrowska-Czubenko, J., & Gierszewska-Druzynska, M., "Effect of ionic crosslinking on the water state in hydrogel chitosan membranes", *Carbohydrate Polymers*, 77, 590-598, 2009.
22. Maitra, J., & Shukla, V. K., "Cross-linking in Hydrogels - A Review", *American Journal of Polymer Science*, 4(2), 25-31, 2014.
23. Hua, F., & Qian, M., "Synthesis of self-crosslinking sodium polyacrylate hydrogel and water-absorbing mechanism", *Journal of Materials Science*, 36, 731-738, 2001.
24. Van Nieuwenhove, Ine., Salamon, Achim., Peter, Kristen., Graulus, Geert-Jan., Martins, Jose C., Frankel, Daniel., Kersemans, Ken., De Vos, Filip., Van Vlierberghe, Sandra., & Dubruel, Peter., "Gelatin- and starch-based hydrogels.

- Part A: Hydrogel development, characterization and coating”, Carbohydrate Polymers, 2016.
25. Amin, M. C. I. M., Ahmad, N., Halib, N., & Ahmad, I., “Synthesis and characterization of thermo-and pH-responsive bacterial cellulose/acrylic acid hydrogels for drug delivery”, Carbohydrate Polymers, 88(2), 465-473, 2012.
 26. Indrarti, L., Indriyati, Syampurwadi, A., & Pujiastuti, S., “Physical and mechanical properties of modified bacterial cellulose composite films”, AIP Conference Proceedings, 1711, 050007, 2016.
 27. Belgacem, M. C., & Gandini, A. (Eds), “Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources”, Elsevier, Ltd, 2008.
 28. Lin, S. P., Calvar, I. L., Catchmark, J. M., Liu, J. R., Demirci, A., & Cheng, K. C., “Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. Cellulose”, 20(5), 2191-2219, 2013
 29. Nugroho, D. A., & Aji, P., “Characterization of Nata de Coco produced by fermentation of immobilized *Acetobacter xylinum*”, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 3, 278-282, 2015
 30. Carraher, Jr, C.E., “Polymer Chemistry Sixth Edition Revised and Expanded”, Marcel Dekker, Inc., 2003.
 31. Roy, D., Semsarilar, M., Guthrie, J. T., & Perrier, S., “Cellulose modification by polymer grafting: a review”, Chemical Society Reviews, 38(7), 2046-2064, 2009.
 32. Gurdag, G., & Sarmad, S., “Cellulose Graft Copolymers: Synthesis, Properties, and Applications”, Polysaccharide Based Graft Copolymers, pp 15-57, 2013.
 33. Kumar, D., Pandey, J., Raj, V., & Kumar, P., “A Review on the Modification of Polysaccharide Through Graft Copolymerization for Various Potential Applications”, The Open Medicinal Chemistry Journal, 11, 109-126, 2017.
 34. Matzek, L. W., & Carter, K. E., “Activated persulfate for organic chemical degradation: a review”, Chemosphere, 151, 178-188, 2016.
 35. Iqbal, F. M., Ahmad, M., & Tulain, U. R., “Microwave Radiation Induced Synthesis Of Hydroxypropyl Methylcellulose-Graft-(Polyvinylalcohol-Co-

- Acrylic Acid) Polymeric Network And Its In Vitro Evaluation”, *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research*, Vol. 74, No. 2, pp. 527-541, 2017.
36. Garner, C. M., Nething, M., & Nguyen, P., “Synthesis of a Superabsorbent Polymer”, *Journal of Chemical Education*, Vol. 74, No. 1, 1997.
 37. Zlotorzynski, A., “The application of microwave radiation to analytical and environmental chemistry”, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 25(1), 43-76, 1995.
 38. Erizal, Dewi S.P., & Darmawan D., “Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Poli (Akrilamida) Hasil Iradiasi Gamma”, *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Bahan*, 2002.
 39. Upadhyay, M., Prajapati, N., Patel, N. M., & Patel, P.M., “Fourier Transform Infrared Spectroscopy”, *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive*, 2(6):1636-1642, 2011.
 40. “Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry”, Thermo Nicolet Corporation, 2001.
 41. “SEM-Scanning Electron Microscope A to Z Basic knowledge for using SEM”, JEOL Serving Advanced Technology.
 42. Kaur, R., “Scanning Electron Microscope”, *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, Volume 4, No. 7, July 2015.
 43. Astrini, N., Anah, L., & Haryono, A., “Water absorbency of chitosan grafted acrylic acid hydrogels”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 223, 012045, 2017.
 44. Zhang, J., Zhang, S., Yuan, K., & Wang, Y., “Graft copolymerization of artemisia seed gum with acrylic acid under microwave and its water absorbency”, *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 44, 881-885, 2007.
 45. Sorour, M., El-Sayed, M., Moneem, N. A. E., Talaat, H. A., Shalaan, H., & Marsafy, S. E., “Characterization of hydrogel synthesized from natural polysaccharides blend grafted acrylamide using microwave (MW) and ultraviolet (UV) techniques”, *Starch/Starke*, 65, 172-178, 2013.

46. Unang Supratman, "Elusidasi Struktur Senyawa Organik metode spektroskopi untuk penentuan struktur senyawa organik", Widya Padjajaran, 2010.
47. Tedi Kurniadi, "Kopolimerisasi *Grafting* Monomer Asam Akrilat Pada Onggok Singkong dan Karakteristiknya", Tesis, Institut Pertanian Bogor, 2010.

LAMPIRAN A
GAMBAR ALAT DAN BAHAN



Magnetic stirrer



Seperangkat ayakan



Microwave



Blender



FTIR jenis ATR



Seperangkat SEM



Seperangkat alat proses pemanasan konvensional



Oven



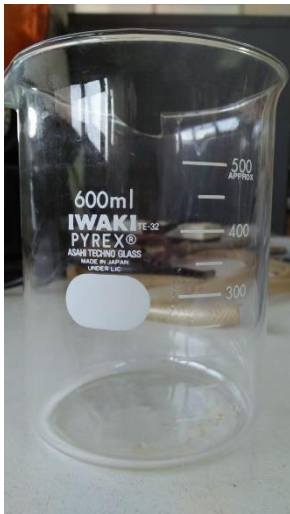
Spatula



Corong



Pipet tetes



Gelas kimia 600 mL



Gelas kimia 50 mL



Batang pengaduk



Labu leher tiga 250 mL



Neraca teknis



Jaring nilon



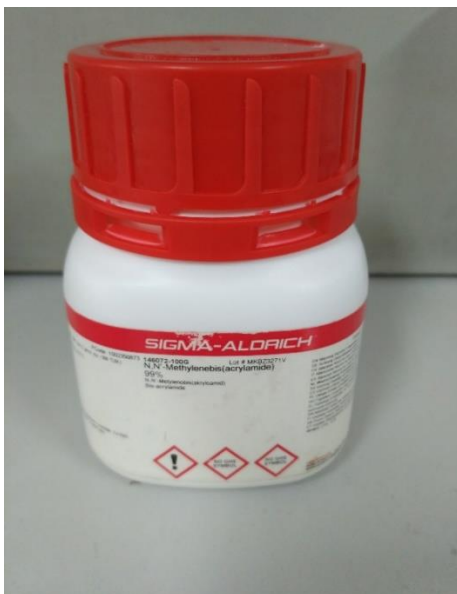
Neraca analitik



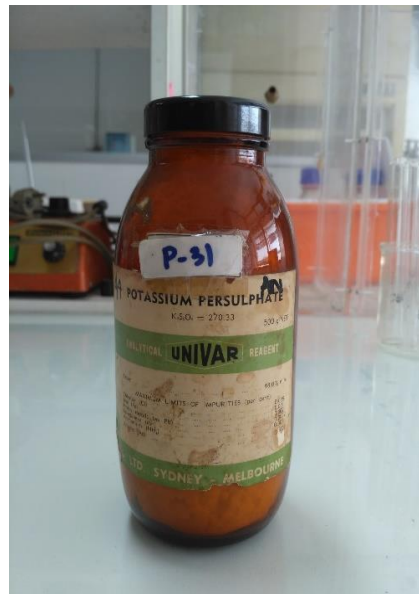
Nata de coco setelah melalui tahap pengeringan



Bubuk selulosa bakteri



N,N'-Metilenbisakrilamida (MBA)



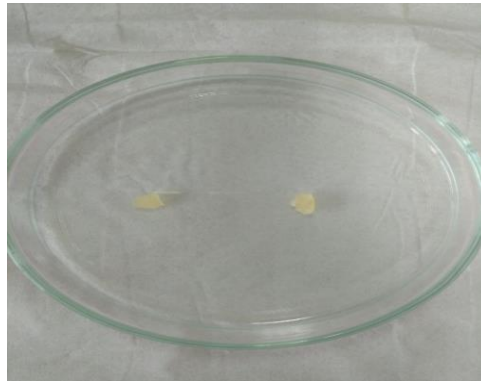
Kalium persulfat



Natrium hidroksida

LAMPIRAN B
GAMBAR SAMPEL PENELITIAN

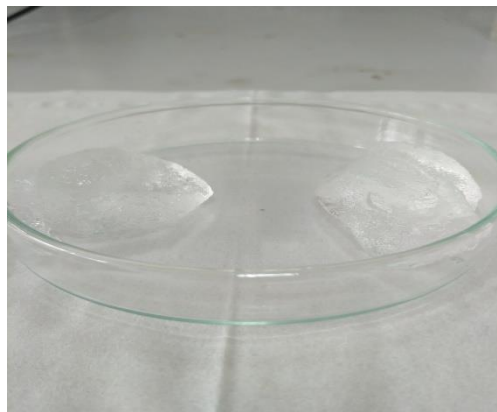
1. Gambar hidrogel menggunakan alat *thermostatic oil bath* (a) sebelum *swelling*, (b) sesudah *swelling* tampak atas, (c) sesudah *swelling* tampak samping



(a)



(b)



(c)

2. Gambar hidrogel menggunakan alat *microwave* (a) sebelum *swelling*, (b) sesudah *swelling* tampak atas, (c) sesudah *swelling* tampak samping.



(a)



(b)



(c)

LAMPIRAN C

DATA PERHITUNGAN

1. Uji *swelling* berdasarkan waktu iradiasi

Waktu (detik)	Ulangan	Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	<i>Swelling</i> (g/g)	Rata-Rata (g/g)
50	1	0,03	18,72	263,2	443,10
	2	0,05	13,21	623	
60	1	0,05	23,58	470,6	482,9
	2	0,05	24,81	495,2	
70	1	0,06	29,64	493	488,17
	2	0,06	29,06	483,33	
80	1	0,04	17,24	430	507,33
	2	0,03	17,57	584,67	
90	1	0,04	22,24	555	495
	2	0,04	17,44	435	
100	1	0,06	25,51	424,17	483,33
	2	0,04	21,74	542,5	

2. Uji *swelling* hidrogel dengan alat *microwave*

Rasio	Ulangan	Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	<i>Swelling</i> (g/g)	Rata-Rata (g/g)
1:14	1	0,05	17,84	355,8	364,3
	2	0,05	18,69	372,8	
1:16	1	0,04	15,72	392	462
	2	0,03	15,99	532	
1:18	1	0,04	17,24	430	507,33
	2	0,03	17,57	584,67	
1:20	1	0,04	18,4	459	432,4
	2	0,05	20,34	405,8	
1:22	1	0,04	17,74	442,5	389,75
	2	0,05	16,9	337	

3. Uji *swelling* hidrogel dengan alat *thermostatic oil bath*

Rasio	Ulangan	Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	<i>Swelling</i> (g/g)	Rata-Rata (g/g)
1:14	1	0,06	7,7	127,33	144,17
	2	0,05	8,1	161	
1:16	1	0,05	10,44	207,8	216,3
	2	0,05	11,29	224,8	
1:18	1	0,05	11,73	233,6	236,1
	2	0,05	11,98	238,6	
1:20	1	0,05	11,79	234,8	224,9
	2	0,05	10,8	215	
1:22	1	0,05	8,55	170	133,9
	2	0,05	4,94	97,8	

Contoh Perhitungan :

$$\text{Swelling (g/g)} = \frac{\text{bobot akhir} - \text{bobot awal}}{\text{bobot awal}}$$

$$\text{Swelling (g/g)} = \frac{7,7-0,06}{0,06}$$

$$\text{Swelling (g/g)} = 127,33$$

4. Perhitungan pembuatan larutan NaOH 6 N sebanyak 1 Liter

Diketahui : Mr NaOH 40

Ditanya : berapa gram NaOH yang harus ditimbang?

Jawab :

$$N = \frac{\text{gram} \times \text{valensi}}{\text{Mr} \times \text{volume}}$$

$$6 N = \frac{\text{gram} \times 1}{40 \times 1}$$

$$\text{Gram} = 240$$

5. Perhitungan pembuatan larutan NaOH 1% b/v

Diketahui : NaOH 1% b/v

Ditanya : Berapa gram NaOH yang harus ditimbang?

Jawab :

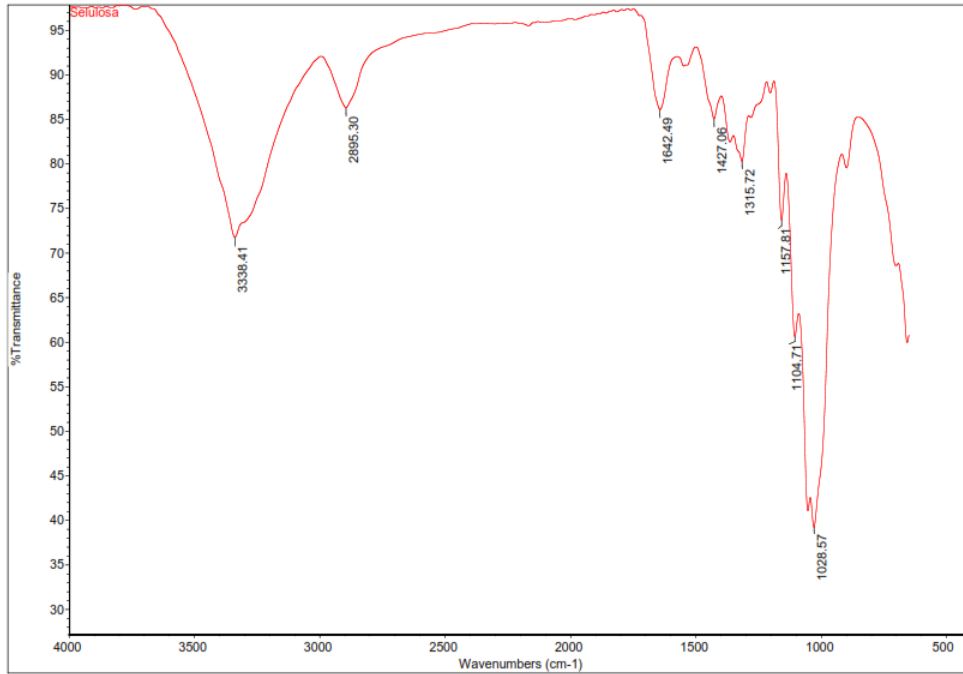
$$\% \text{ b/v} = \text{gram zat terlarut} \times 100 \text{ mL larutan}$$

$$1 \% = \text{gram zat terlarut} \times 100 \text{ mL larutan}$$

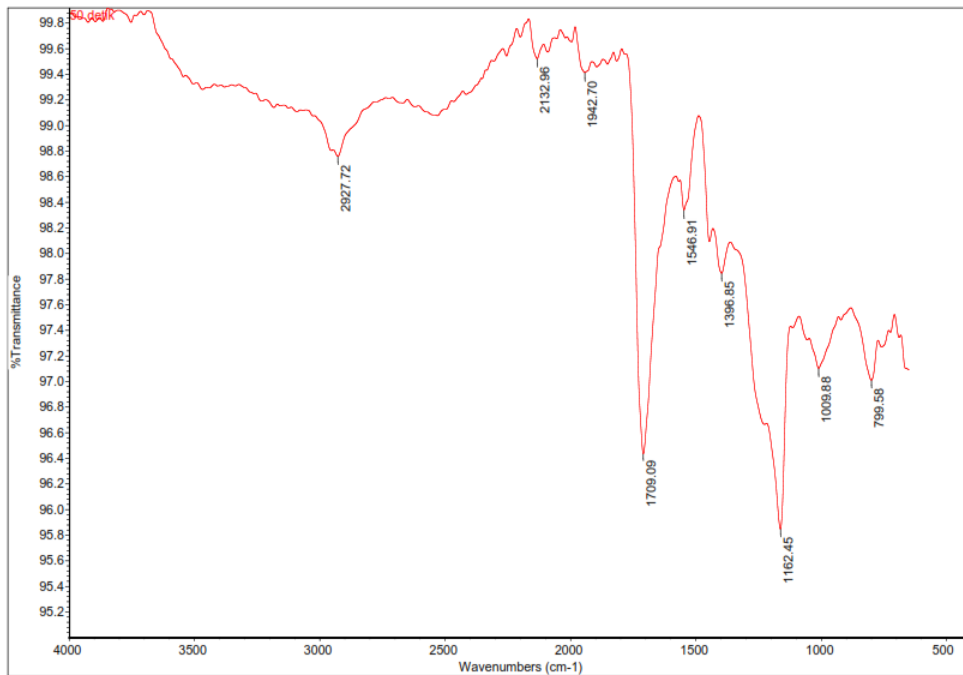
$$\text{Gram} = \frac{1}{100} \times 100 \text{ mL} = 1$$

LAMPIRAN D

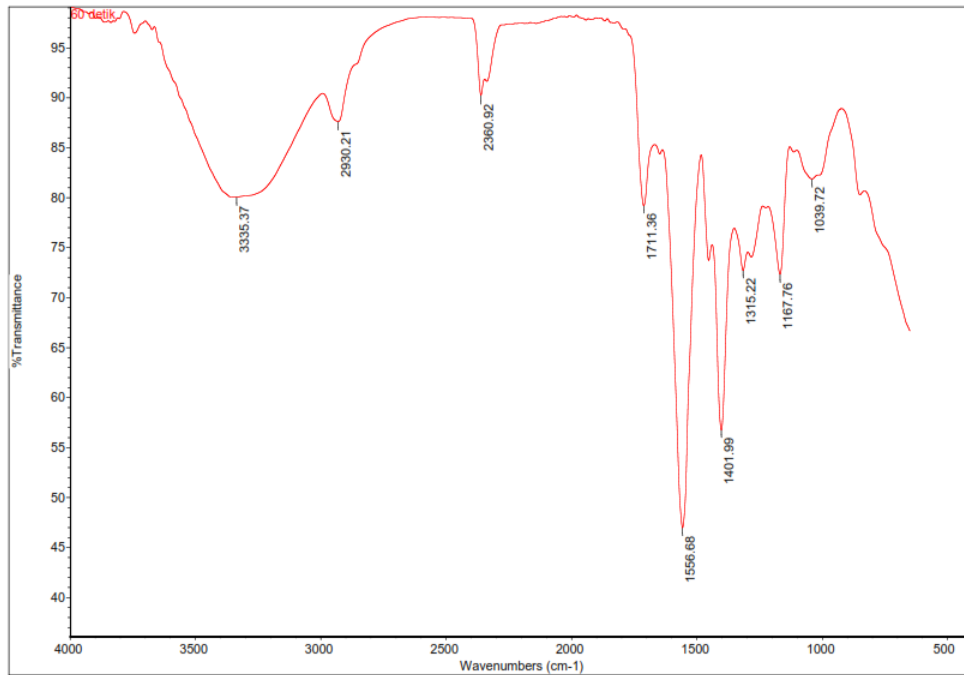
HASIL SPEKTRUM FTIR



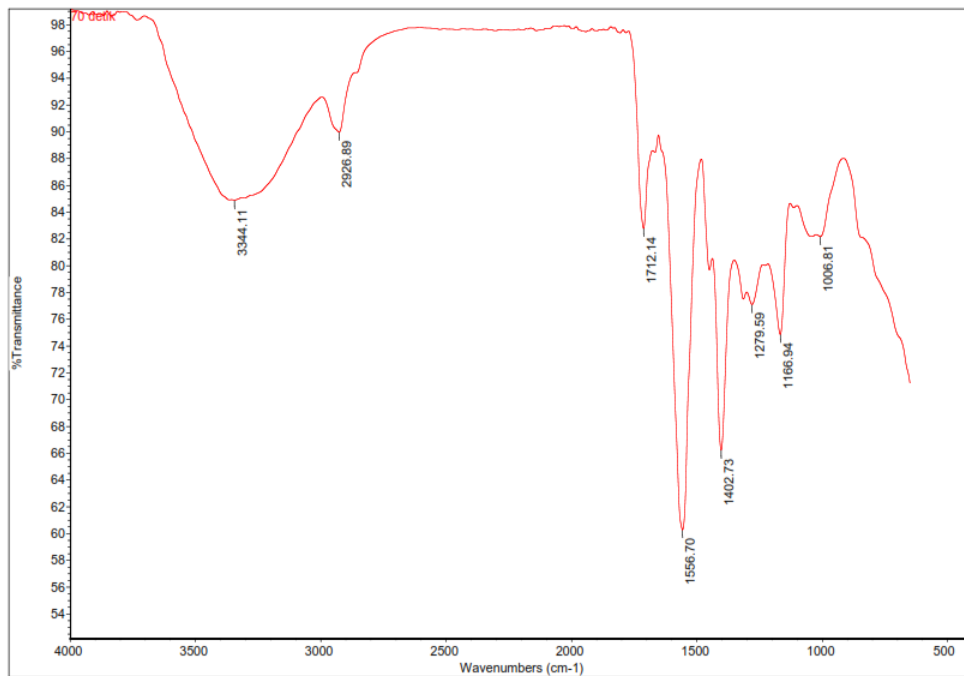
Spektrum FTIR Selulosa Bakteri



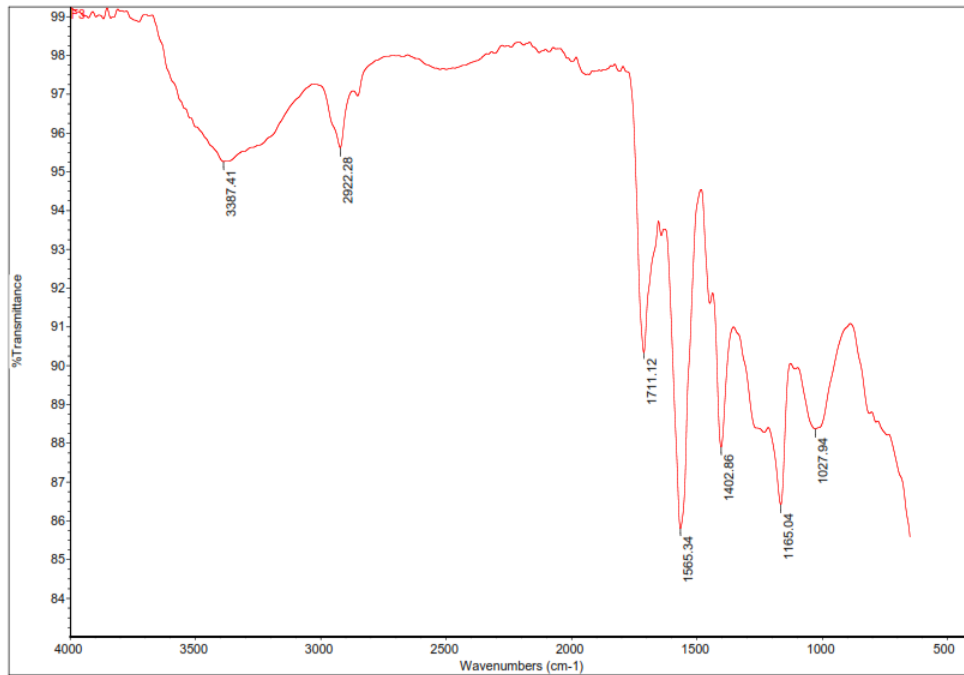
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (50 detik)



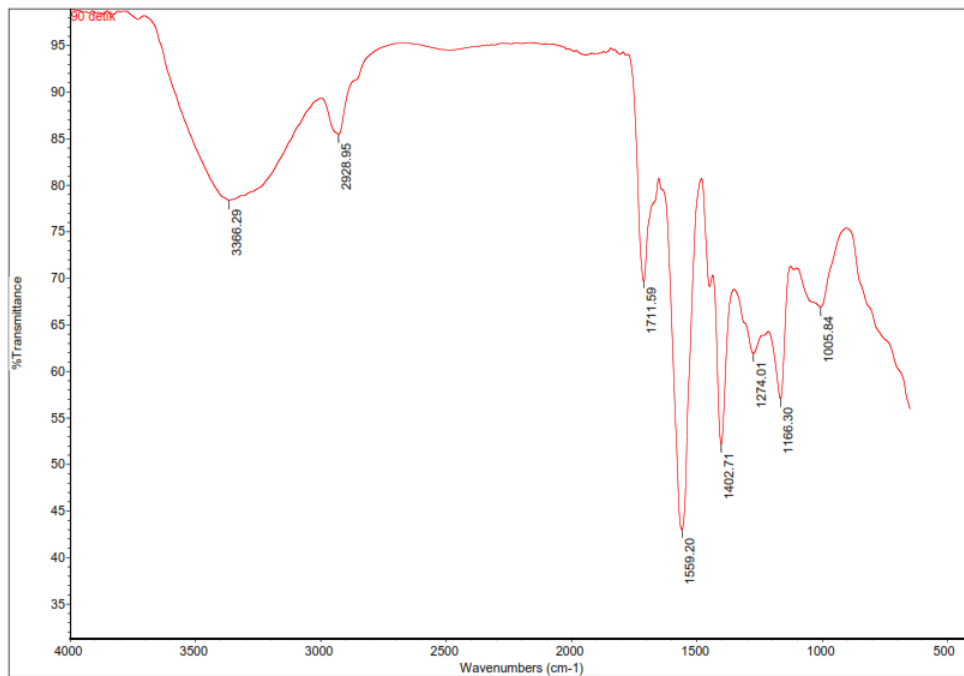
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (60 detik)



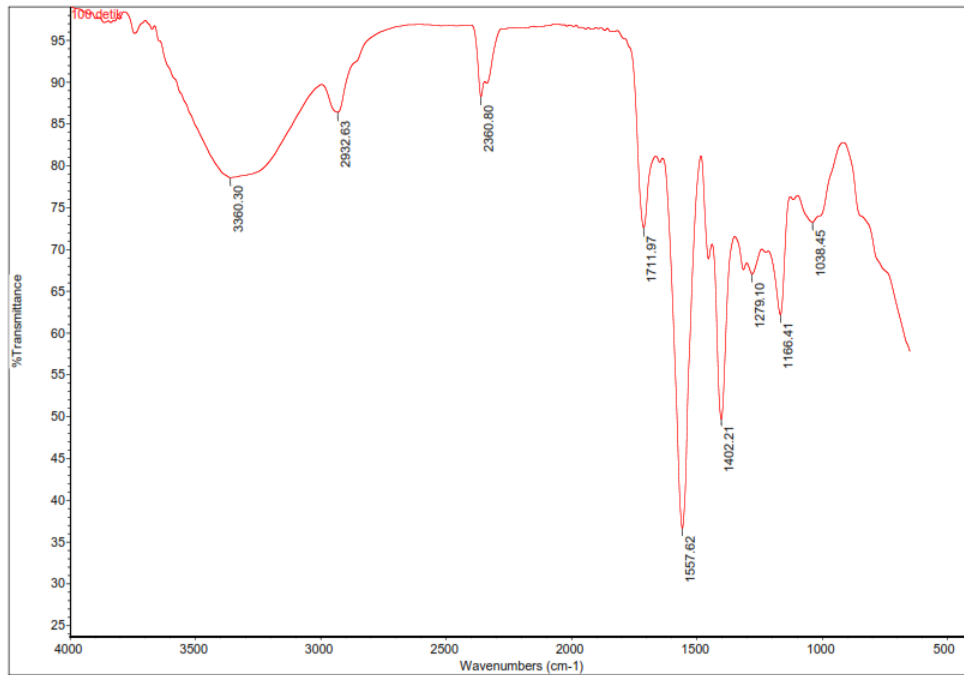
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (70 detik)



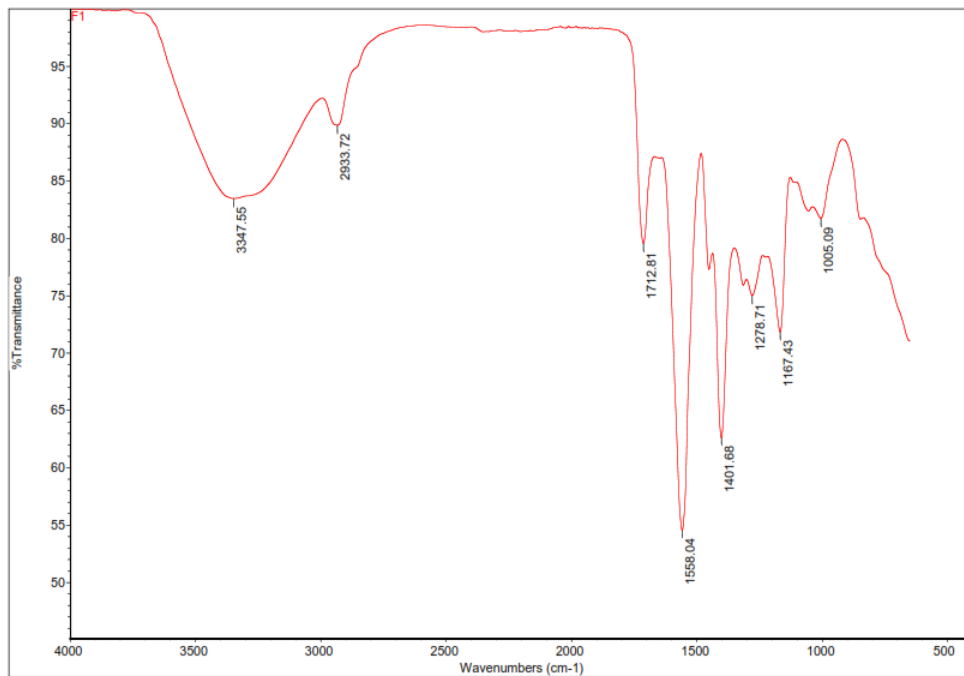
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (80 detik)



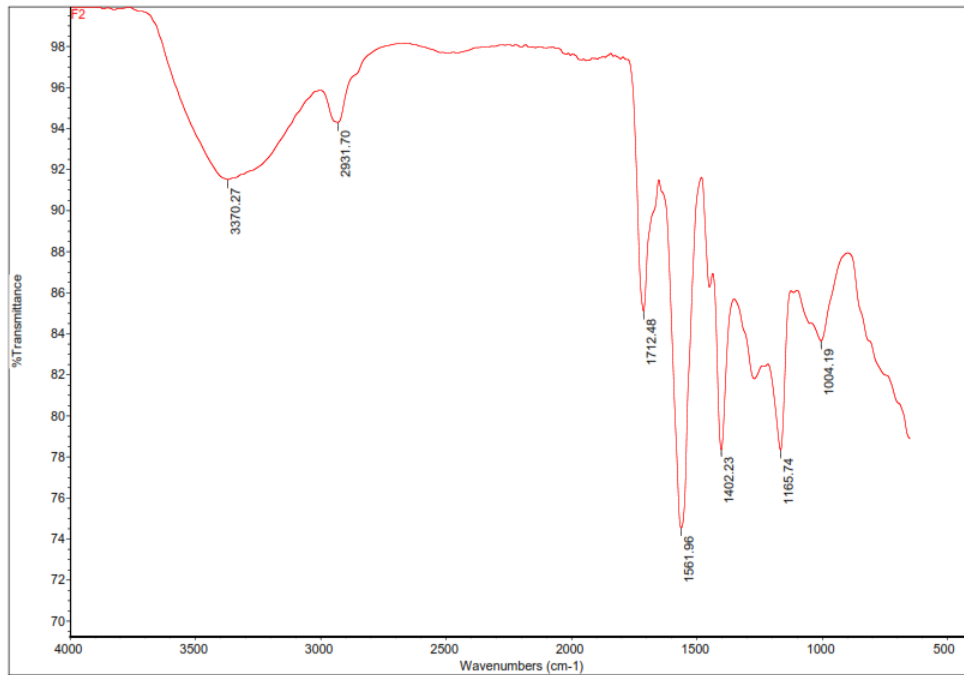
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (90 detik)



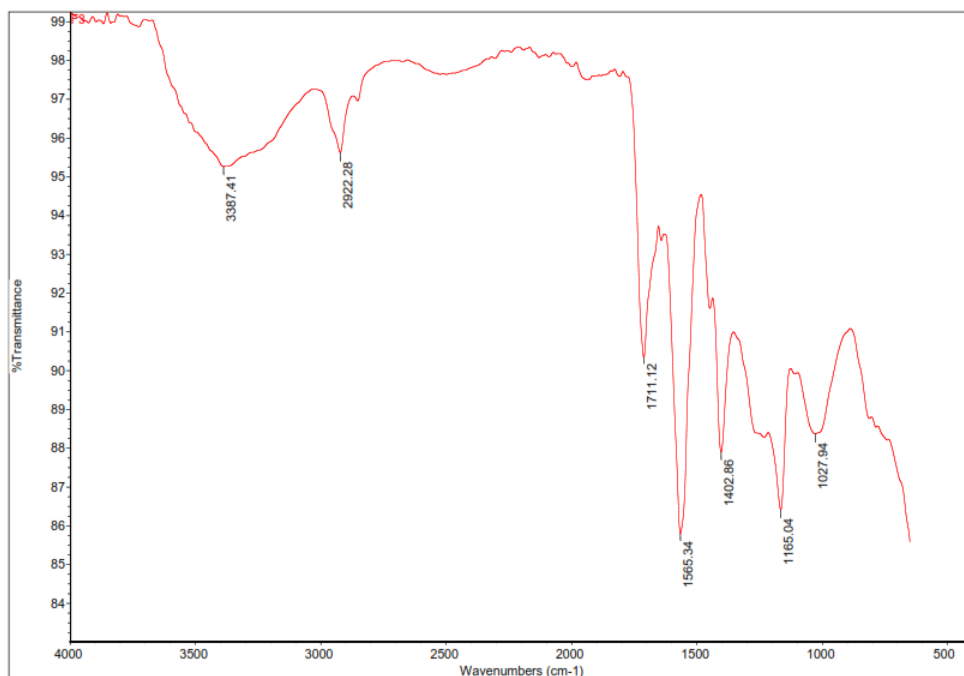
Spektrum FTIR hidrogel dari waktu iradiasi *microwave* (100 detik)



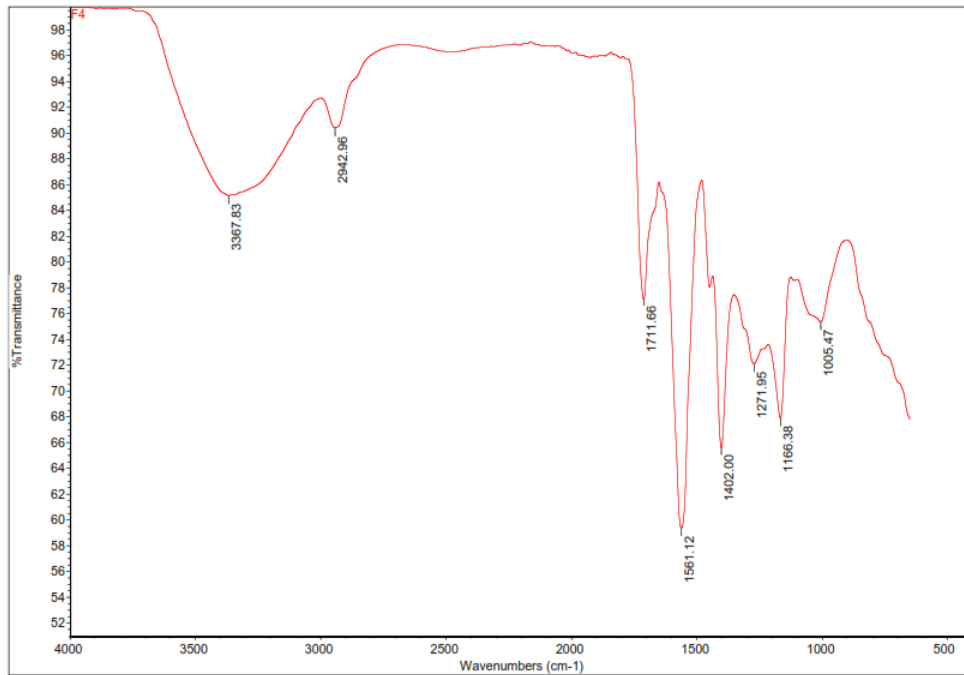
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave* (1:14)



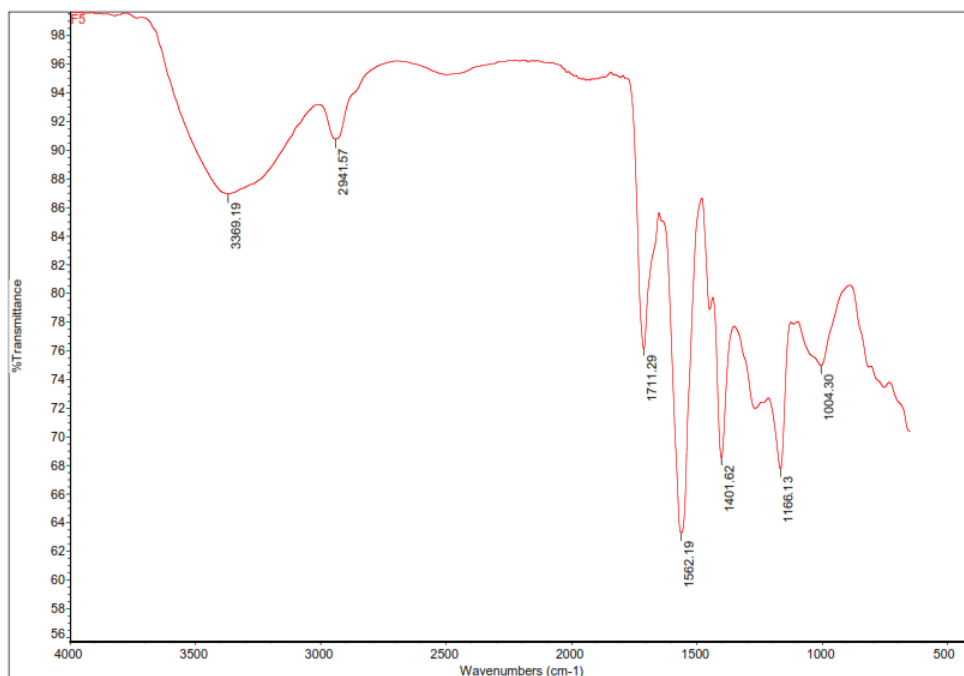
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave* (1:16)



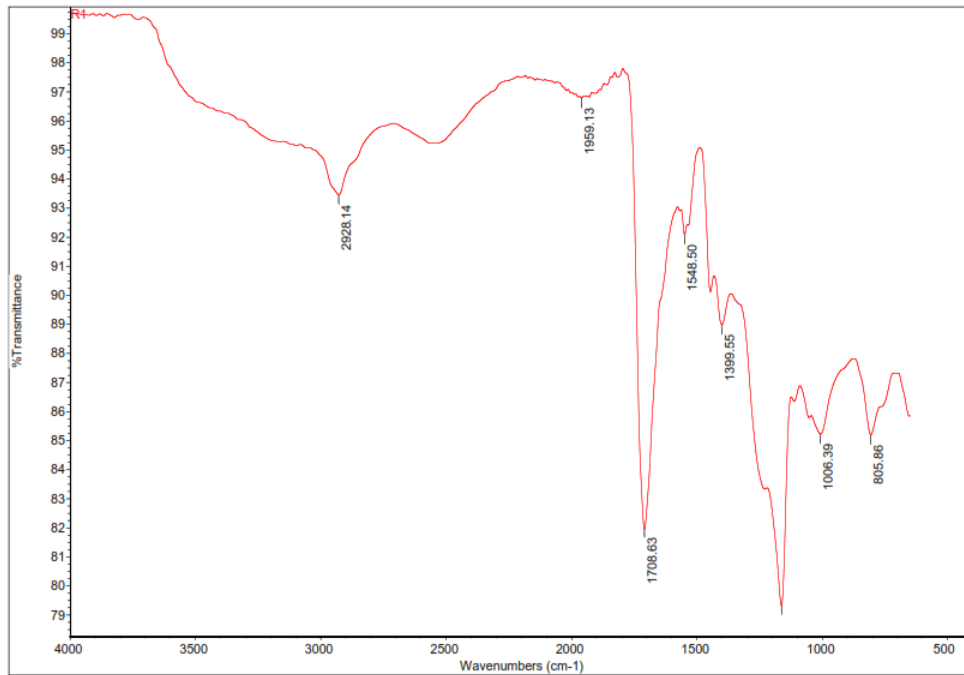
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave* (1:18)



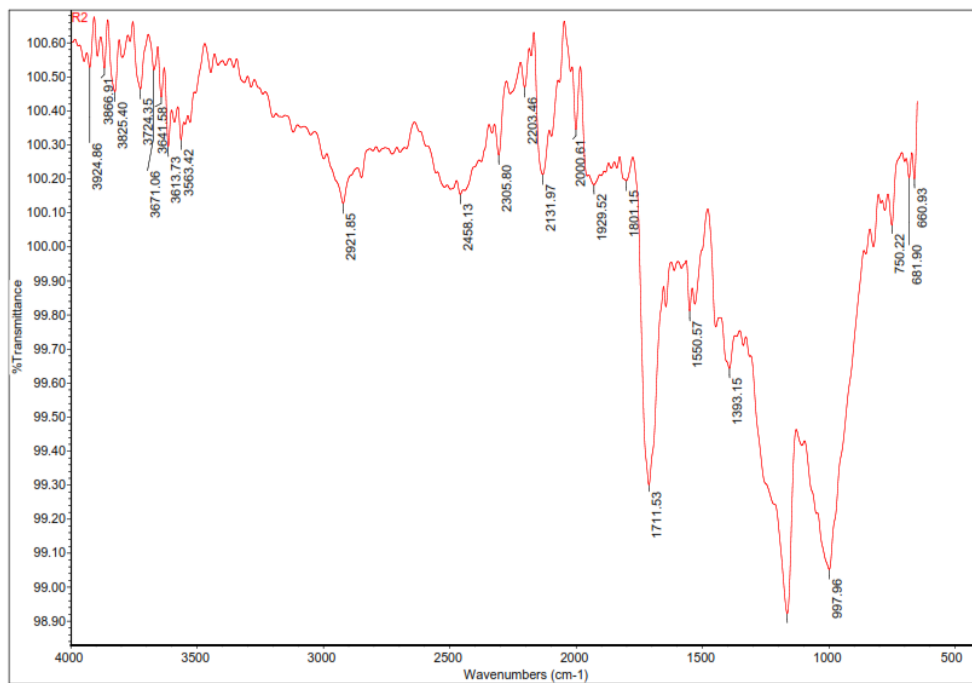
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave* (1:20)



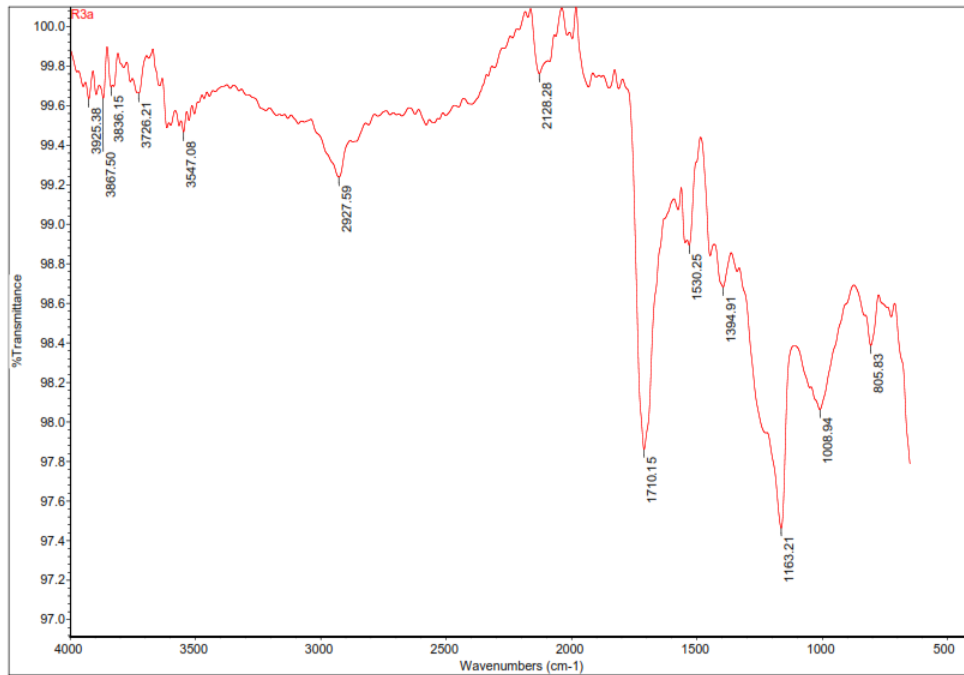
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Microwave* (1:22)



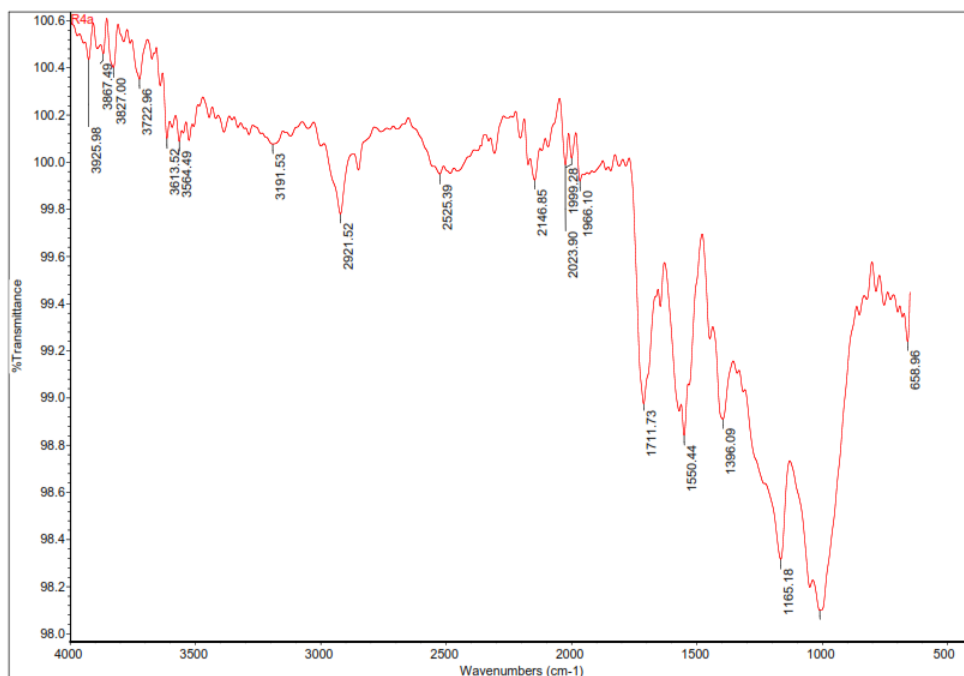
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat oil bath* (1:14)



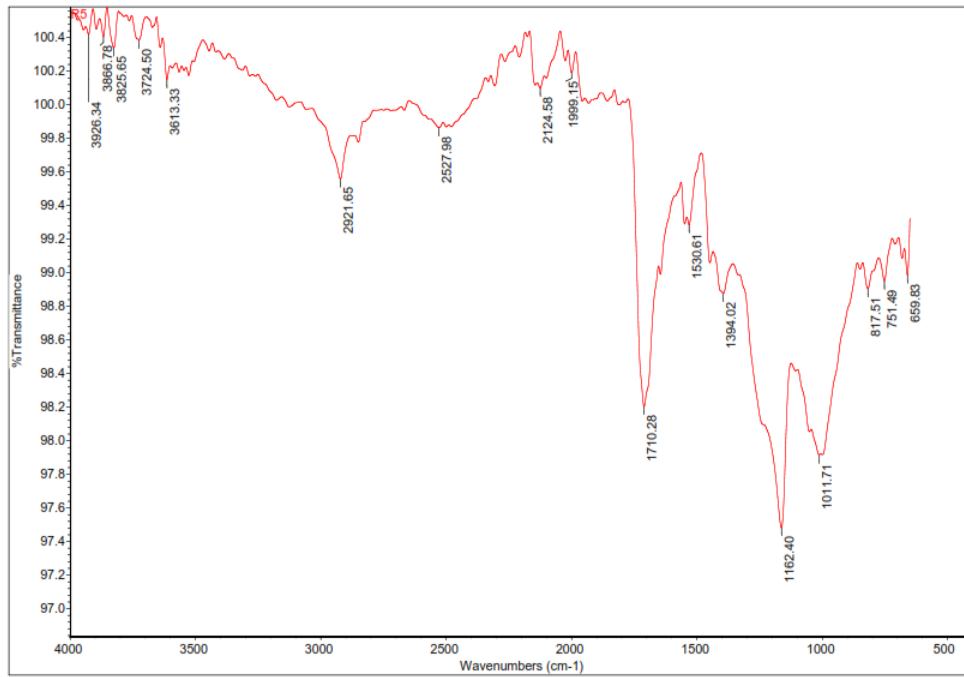
Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat oil bath* (1:16)



Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat oil bath* (1:18)



Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat oil bath* (1:20)



Spektrum FTIR hidrogel dari Rasio Selulosa Bakteri-Asam Akrilat menggunakan *Thermostat oil bath* (1:22)