



SKRIPSI – TK141581

Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate / Poly (L-Lactic Acid)* Adsorbent Bead Zat Warna Dengan Modifikasi *Maleic Anhydride*

Oleh:

**Rieza Shafianisa Prasetyarani
NRP.0221144000035**

**Natasya Fitria Ilma
NRP.0221144000042**

**Dosen Pembimbing
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D.
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI – TK141581

Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate / Poly (L-Lactic Acid) Adsorbent Bead* Zat Warna Dengan Modifikasi *Maleic Anhydride*

Oleh:

**Rieza Shafianisa Prasetyarani
NRP. 0221144000035**

**Natasya Fitria Ilma
NRP. 0221144000042**

**Dosen Pembimbing
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – TK 141581
The Making of Biocomposite Cellulose Acetate /
Poly (L-Lactic Acid) Adsorbent Bead For Dye
With Maleic Anhydride Modification

Written by :

Rieza Shafianisa Prasetyarani
NRP. 0221144000035

Natasya Fitria Ilma
NRP. 0221144000042

Advisor
Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D.
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006

CHEMICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSITUTE OF
TECHNOLOGY
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate / Poly (L-Lactic Acid)* Adsorbent Bead Zat Warna Dengan Modifikasi *Maleic Anhydride*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Rieza Shafianisa Prasetyarani 02211440000035
Natasya Fitria Ilma 02211440000042

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
(Pembimbing I)
2. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.
(Penguji I)
3. Prof. Dr. Ir. M. Rachimoellah, Dipl., E.S.T.
(Penguji II)


.....

.....

.....



Surabaya, Juli 2018

**Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate* /
Poly (*L-Lactic Acid*) Adsorbent Bead Zat Warna Dengan
Modifikasi *Maleic Anhydride***

Nama / NRP : Rieza Shafianisa Prasetyarani /
0221144000035
: Natasya Fitria Ilma /
0221144000042
Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D

ABSTRAK

Cellulose Acetate (CA) merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan. Salah satu aplikasi dari CA yang saat ini dikembangkan adalah sebagai *adsorbent bead* yang dapat menyerap zat warna. Sedangkan Poly(*L-Lactic Acid*)(*PLLA*) merupakan polimer *biodegradable* (mudah untuk terurai di alam) yang mempunyai sifat biokompatibilitas dan ketahanan termal yang baik dibandingkan biopolimer lainnya. Pada penelitian yang dilakukan Utami (2017), *blending CA/PLLA* dapat dibentuk menjadi *bead* dengan syarat perbandingan berat CA harus lebih besar dibandingkan dengan berat *PLLA*. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono (2017) *blending CA/PLLA* dengan perbandingan berat 60/40 dengan konsentrasi larutan 10% mampu membentuk *bead* yang dapat mengadsorpsi *methylene blue* dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,342 mg/gr dan % *removal* sebesar 45,80%. Lebih baik dibandingkan dengan *bead* dari CA murni, dengan nilai kapasitas adsorpsi terhadap *methylene blue* sebesar 0,14 mg/gr dan % *removal* sebesar 5,99%. Guna meningkatkan kompatibilitas antara CA dan *PLLA*, serta kemampuan adsorpsi *bead* dalam penelitian ini dilakukan modifikasi pada permukaan *PLLA* dengan menambahkan komptibilizer berupa *PLLA-g-MA*. Penelitian ini dilakukan untuk

mempelajari pengaruh morfologi, konsentrasi larutan polimer, dan perbandingan rasio berat dari *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* terhadap properti dan kinerja adsorpsi *bead* terhadap zat warna *methylene blue*. Metode penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan yaitu pembuatan kompatibilizer *PLLA-g-MA* dengan metode *grafting* dan pembuatan *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* dengan metode *solvent blending*. Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah *FTIR*, *SEM*, *BET*, dan juga uji spektrofotometer *UV-VIS*. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa *bead* dengan konsentrasi larutan 10% mempunyai bentuk yang lebih bulat dibandingkan *bead* dengan konsentrasi larutan 15%. Selain itu diketahui pula bahwa jumlah *PLLA* yang ditambahkan berbanding lurus dengan penurunan ukuran *bead* dan jumlah pori, serta peningkatan diameter pori dan kemampuan adsorpsi. Jika dibandingkan, *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* menunjukkan kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan *CA/PLLA bead*. *Bead* dengan kapasitas adsorpsi dan % *removal* terbaik adalah *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] 60/40* dengan konsentrasi larutan 15%, yaitu 0,68 mg/g dan 81%.

Kata kunci : *CA, PLLA, MA, adsorben, bead*

**The Making Of Biocomposite Cellulose Acetate /
Poly (L-Lactic Acid) Adsorbent Bead For Dye With Maleic
Anhydride Modification**

Name / NRP : Rieza Shafianisa Prasetyarani /
0221144000035
: Natasya Fitria Ilma /
0221144000042
Department : Chemical Engineering FTI-ITS
Advisor : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D.

ABSTRACT

Cellulose Acetate (CA) is a natural derivative of cellulose that has many advantages. One of the applications of CA that is currently developed is as an absorbent bead that can absorb the dye. Poly (L-Lactic Acid) (PLLA) is a biodegradable polymer that has excellent biocompatibility and thermal resistance properties compared to other biopolymers. In a study that was conducted by Utami (2017), blending of CA/PLLA could form beads, with the provision of the weight ratio of CA must be greater than the weight ratio of PLLA. Further study was conducted by Wicaksono (2017), the of blending CA/PLLA with weight ratio of 60/40 and 10% of solution concentration was capable of forming beads that can adsorb methylene blue with adsorption capacity of 0.342 mg / gr and % removal of 45.80%. Better than pure CA bead, with an adsorption capacity value of methylene blue was 0.14 mg / g and % removal was 5.99%. In order to improve the compatibility between CA and PLLA, and the bead adsorption performance, in this study the surface of PLLA was modified by adding PLLA-g-MA compatibilizer. This study was conducted to study the effect of morphology, polymer solution concentration, and weight ratio of CA/PLLA bead and CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead to the property and adsorption performance of bead. This research method was

divided into two stages: the making PLLA-g-MA compatibilizer by grafting technique and the making CA/PLLA bead and CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead by solvent blending technique. Some analysis that were done in this study were FTIR, SEM, BET, and also UV-VIS spectrophotometry test. From the study, it was found that bead with 10% solution concentration had more rounded shape than bead with 15% solution concentration. It was also known that the amount of PLLA added is directly proportional to the decrease in bead size and the number of pores, as well as the increase in pore size and adsorption capacity. When they were being compared, CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead shown better adsorption performance than CA/PLLA bead. Bead with the best adsorption capacity and % removal was CA/[PLLA/PLLA-g-MA] 60/40 with 15% solution concentration, they were 0.68 mg / g and 81%.

Keywords : CA, PLLA, MA, adsorbent, bead

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam, karena hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat mengerjakan dan menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **"Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly (l-Lactic Acid) (PLLA) Adsorbent Bead Zat Warna dengan Modifikasi Maleic Anhydride*"**. Laporan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dalam pengerjaan skripsi untuk memperoleh gelar Sarjana dari Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan laporan ini, terutama kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat dan Hidayah-Nya, serta kesempatan untuk dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini.
2. Bapak-Ibu, orang tua kami tercinta, yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis baik secara moril maupun materil, serta doa.
3. Bapak Juwari, ST., M.Eng., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Kimia FTI – ITS
4. Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Teknologi Material, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS
5. Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan arahan yang sudah diberikan.
6. Ibu Dr. Lailatul Qadariyah, ST., MT. selaku Kepala Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
7. Tak lupa teman-teman *Polymer's Crew* dan teman-teman K-54 atas dorongan dan kerja sama yang baik selama ini.

8. Serta semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan Laporan Skripsi ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Dengan menyadari keterbatasan ilmu kami, tentu laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, kami selaku penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca laporan ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah dan Batasan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 <i>Poly (L-Lactic Acid) (PLLA)</i>	6
II.2 <i>Cellulose Acetate (CA)</i>	9
II.3 <i>Maleic Anhydride (MA)</i>	11
II.4 <i>Cellulose Beads</i>	12
II.5 <i>Toluene</i>	14
II.6 <i>Benzoyl Peroxide</i>	14
II.7 Kloroform.....	15
II.8 Aseton.....	15
II.9 Dimetil Sulfoksida (DMSO).....	16
II.10 <i>Methylene Blue</i>	17
II.11 Pembentukan Pori.....	18
II.12 Biokomposit	20
II.13 Adsorpsi.....	23
II.14 Analisa yang Dilakukan.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
III. 1 Bahan Penelitian.....	38
III.2 Skema Peralatan Penelitian	39
III.3 Prosedur Penelitian.....	42
III.4 Variabel Penelitian	44

III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian.....	45
III.6 Blok Diagram Penelitian	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	49
IV.1 Analisa <i>FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)</i>	51
IV.2 Bentuk dan Distribusi Ukuran <i>Bead</i>	55
IV.3 Analisa <i>SEM (Scanning Electro Microscopy)</i>	62
IV.4 Analisa <i>BET (Brunauer, Emmett and Teller)</i>	71
IV.5 Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	82
V.1 Kesimpulan.....	82
V.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
APPENDIKS	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Rumus Bangun <i>PLLA (Poly L-Lactic Acid)</i>	7
Gambar II.2 Rumus Bangun <i>Cellulose Acetate</i>	9
Gambar II.3 Rumus Bangun <i>Maleic Anhydride</i>	11
Gambar II.4 Reaksi kimia <i>PLLA</i> dan <i>MA</i>	11
Gambar II.5 <i>Cellulose Beads</i>	12
Gambar II.6 Rumus Bangun <i>Toluene</i>	14
Gambar II.7 Rumus Bangun Kloroform.....	15
Gambar II.8 Rumus Bangun Aseton	15
Gambar II.9 Rumus Bangun Dimetil Sulfoksida	16
Gambar II.10 Rumus Bangun <i>Methylene Blue</i>	17
Gambar II.11 Mekanisme Pembentukan Pori	18
Gambar II.12 Skema Peralatan Analisa SEM	27
Gambar II.13 Peralatan Analisa BET	28
Gambar II.14 Skema Peralatan Analisa UV-VIS	30
Gambar III.1 Skema Proses Pembuatan Kompatibilizer <i>PLLA-g-MA</i>	39
Gambar III.2 Skema Proses Pembuatan <i>CA/PLLA Bead</i>	40
Gambar III.3 Skema Proses Pembuatan <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA Bead]</i>	41
Gambar IV.1 Hasil Analisa <i>FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)</i> <i>CA/PLLA bead</i> konsentrasi larutan 10%	51
Gambar IV.2 Hasil Analisa <i>FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)</i> <i>CA/PLLA bead</i> konsentrasi larutan 15%	52
Gambar IV.3 Hasil Analisa <i>FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)</i> <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA) bead</i> konsentrasi larutan 10%	52

Gambar IV.4 Hasil Analisa <i>FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)</i> CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] bead konsentrasi larutan 10%	53
Gambar IV.5 Tampak Utuh <i>Bead</i> dan Hasil <i>Scanning Electro Microscope (SEM)</i> Perbesaran 75 kali: (a) CA/ <i>PLLA</i> bead (90/10) konsentrasi larutan 10%; (b) CA/ <i>PLLA</i> bead (90/10) konsentrasi larutan 15%; (c) CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>]bead (90/10) konsentrasi larutan 10%; (d) CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] bead (90/10) konsentrasi larutan 15%;	56
Gambar IV.6 Grafik Distribusi Ukuran <i>Bead</i> : CA/ <i>PLLA</i> konsentrasi larutan 10%; CA/ <i>PLLA</i> konsentrasi larutan 15%	57
Gambar IV.7 Grafik Distribusi Ukuran CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] <i>Bead</i> : CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] konsentrasi larutan 10%; CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] konsentrasi larutan 15%	59
Gambar IV.8 Grafik Diameter Rata-rata CA/ <i>PLLA</i> <i>Bead</i>	61
Gambar IV.9 Grafik Diameter Rata-rata CA/[<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>] <i>Bead</i>	62
Gambar IV.10 Hasil Analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) CA/ <i>PLLA</i> bead dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan CA/ <i>PLLA</i> bead dengan konsentrasi 10% (b) Potongan bagian dalam CA/ <i>PLLA</i> bead dengan konsentrasi 10%	64
Gambar IV.11 Hasil Analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) CA/ <i>PLLA</i> bead dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan CA/ <i>PLLA</i> bead dengan	

	konsentrasi 15% (b) Potongan bagian dalam <i>CA/PLLA bead</i> dengan konsentrasi 15%	65
Gambar IV.12	Hasil Analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan konsentrasi 10% (b) Potongan bagian dalam <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan konsentrasi 10%	68
Gambar IV.13	Hasil Analisa SEM (<i>Scanning Electro Microscopy</i>) <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan konsentrasi 15% (b) Potongan bagian dalam <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead</i> dengan konsentrasi 15%	69
Gambar IV.14	Grafik Isotermis Adsorpsi/Desorpsi <i>Bead</i> : (a) <i>CA/PLLA</i> konsentrasi larutan 10%; (b) <i>CA/PLLA</i> konsentrasi larutan 15%, (c) <i>CA/[PLLA/PLLA-g- MA]</i> konsentrasi larutan 10%; (d) <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA]</i> konsentrasi larutan 15%.	71
Gambar IV.15	Grafik Pengaruh Penambahan <i>PLLA</i> dan <i>PLLA/PLLA-g-MA</i> terhadap Diameter Pori	73
Gambar IV.16	Grafik Pengaruh Penambahan <i>PLLA</i> dan <i>PLLA/PLLA-g-MA</i> terhadap Total Volume Pori	74
Gambar IV.17	Grafik Pengaruh Penambahan <i>PLLA</i> dan <i>PLLA/PLLA-g-MA</i> terhadap <i>Surface Area</i> Pori	75

Gambar IV.18 Grafik Pengaruh Diameter Rata-rata <i>Bead</i> terhadap Kapasitas Adsorpsi (q) dan % <i>Removal</i> (% <i>R</i>) <i>Bead</i> : (a) <i>CA/PLLA</i> konsentrasi larutan 10%; (b) <i>CA/PLLA</i> konsentrasi larutan 15%; (c) <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA]</i> konsentrasi larutan 10%; (d) <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA]</i> konsentrasi larutan 15%	78
Gambar IV.19 Grafik Hubungan Diameter Pori terhadap Kapasitas adsorpsi (q) dan % <i>Removal</i> (% <i>R</i>)	80
Gambar IV.20 Grafik Hubungan Volume Pori terhadap Kapasitas adsorpsi (q) dan % <i>Removal</i> (% <i>R</i>)	81

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Sifat Fisik dan Kimia dari PDLA, PLLA, dan PDLA	7
Tabel II.2 Teknik Blending	21
Tabel II.3 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya	32
Tabel IV.1 Daerah panjang gelombang serapan dari gugus fungsi yang terkandung di dalam <i>CA</i>	53
Tabel IV.2 Daerah panjang gelombang serapan dari gugus fungsi yang terkandung di dalam <i>PLLA</i>	54
Tabel IV.3 Diameter Rata-rata <i>CA/PLLA Bead</i>	60
Tabel IV.4 Diameter Rata-rata <i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA]</i> <i>Beads</i>	61
Tabel IV.5 Hasil Analisa BET	72
Tabel IV.6 Hasil Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	77

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dewasa ini polimer *biodegradable* merupakan bidang yang menarik dan banyak dikembangkan oleh para ilmuwan. Secara umum, polimer dari sumberdaya terbarukan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu: polimer alam seperti *Cellulose*, polimer sintesis seperti *PLA (Poly Lactic Acid)*, polimer fermentasi mikroba seperti Poli Hidroksibutat (PHB).

Salah satu turunan dari polimer alam *cellulose* yakni *Cellulose Acetate (CA)*. *CA* mempunyai begitu banyak kelebihan, di antaranya adalah mempunyai sifat kekuatan mekanik yang baik, mudah diproses, ekonomis, diperoleh dari sumber yang terbarukan dan banyak terdapat di alam. Kelebihan tersebut mendukung *CA* untuk diaplikasikan ke dalam bidang biomedik dan lingkungan. Salah satu aplikasi dari *CA* yang saat ini dikembangkan adalah sebagai *absorbent bead* yang dapat menyerap zat warna. Sedangkan *Poly(L-Lactic Acid)(PLLA)* merupakan polimer *biodegradable* (mudah untuk terurai di alam) yang mempunyai sifat biokompatibilitas dan ketahanan termal yang baik dibandingkan biopolimer lainnya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suteu, dkk (2015) tentang pengaplikasian *CA* sebagai *adsorbent bead*, diketahui bahwa *cellulose bead* mampu mengadsorp zat warna *methylene blue*, tetapi hanya mencapai % *removal* 25,8%. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan pula bahwa *cellulose bead* dapat dianggap sebagai suatu *adsorbent* baru untuk mengadsorp zat warna. Utami, dkk (2017) melakukan penelitian dengan memadukan material *CA* dan *PLLA* sebagai material penyusun utama dari *adsorbent bead*. Perpaduan kedua material ini bertujuan untuk mendapatkan *adsorbent bead* yang memiliki kapasitas adsorpsi dan kemampuan biodegradabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan *adsorbent bead* yang hanya tersusun dari

material *CA* murni. Pada penelitian tersebut, *blending CA/PLLA* dapat dibentuk menjadi *bead* dan menunjukkan potensi yang baik untuk digunakan sebagai *adsorbent bead* dalam pemisahan zat warna, dengan syarat perbandingan berat *CA* harus lebih besar dibandingkan dengan berat *PLLA*. Wicaksono, dkk (2017) juga melakukan penelitian berupa *blending CA/PLLA* dengan perbandingan berat 60/40 dengan konsentrasi larutan 10%. Penelitian ini menunjukkan bahwa campuran *CA/PLLA* mampu membentuk *bead* berwarna putih dan berbentuk bulat sempurna agak pipih. *Beads CA/PLLA* 10% ini mampu menyerap *methylene blue* dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,342 mg/gr dan % *removal* sebesar 45,80%. Lebih baik dibandingkan dengan *beads* dari *CA* murni, dengan nilai kapasitas adsorpsi terhadap metilen biru sebesar 0,14 mg/gr dan % *removal* sebesar 5,99%.

Namun, *bead* dari *blending CA/PLLA* ini masih belum menghasilkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* yang maksimal, hal ini dimungkinkan karena *blending CA/PLLA* kurang kompatibel yang disebabkan oleh kurangnya interaksi melalui ikatan hidrogen antar gugus fungsi hidroksil (-OH) pada *CA* dengan gugus fungsi karbonil (C=O) pada *PLLA*. Guna meningkatkan kompatibilitas antara *CA* dan *PLLA*, dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi pada permukaan *PLLA* dengan menambahkan komptibilizer berupa *PLLA-g-MA*. Dengan ditamhkannya komptabilizer tersebut, diharapkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* dari *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan *CA/PLLA bead* tanpa modifikasi. *MA* dipilih karena *MA* merupakan salah satu komptabilizer yang banyak digunakan karena reaktivitas kimianya yang baik, toksisitasnya yang rendah, juga memiliki potensi untuk terpolimerisasinya dirinya yang rendah dalam kondisi *grafting*. (Hwang, 2012).

Selain itu, konsentrasi larutan polimer dan perbandingan rasio berat *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]*, serta kondisi morfologi dari *bead* juga dianggap mempengaruhi kapasitas

adsorpsi dan % *removal* dari *bead* sehingga perlu dikaji lebih lanjut.

I.2 Perumusan Masalah dan Batasan Masalah

I.2.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Utami (2017) dan Wicaksono (2017) *CA/PLLA* mampu membentuk *adsorbent bead* yang mampu mengadsorpsi zat warna, tetapi belum mencapai kapasitas adsorpsi dan % *removal* yang maksimal, sehingga perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan kompatibilizer berupa *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]*. Serta berpengaruhnya kondisi morfologi *bead* terhadap kemampuan adsorpsi *bead* (Suteu, 2015). Maka dari itu, dalam penelitian ini diambil perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan polimer dan perbandingan rasio berat *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dalam pembuatan *bead* terhadap morfologi, kapasitas adsorpsi, dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*?
2. Bagaimana pengaruh morfologi *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* terhadap kapasitas adsorpsi dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan kompatibilizer *PLLA-g-MA* terhadap morfologi, kapasitas adsorpsi, dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*?

I.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proses *grafting* dalam pembuatan komposit *PLLA-g-MA* menggunakan pelarut toluen dan inisiator *benzoyl peroxide*.
2. Proses *blending* antara *CA* dengan *PLLA* dengan dan tanpa penambahan *PLLA-g-MA* menggunakan metode *solvent blending* menggunakan campuran kloroform, *acetone*, dan *dimethyl sulfoxide (DMSO)* dengan perbandingan tertentu sebagai *solvent*.
3. *CA* yang digunakan mempunyai berat molekul rendah ($M_n=30.000$).
4. Zat warna yang digunakan dalam uji adsorpsi *bead* adalah *methylene blue*
5. Karakterisasi kapasitas adsorpsi, ukuran, dan struktur biokomposit *bead* dilakukan pada pH netral (7) dan suhu kamar ($\pm 29^\circ\text{C}$).

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi larutan polimer dan perbandingan rasio berat *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dalam pembuatan *bead* terhadap morfologi, kapasitas adsorpsi *bead*, dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*.
2. Mempelajari pengaruh morfologi *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* terhadap kapasitas adsorpsi dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*.
3. Mempelajari pengaruh penambahan kompatibilizer *PLLA-g-MA* terhadap morfologi, kapasitas adsorpsi,

dan % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan material baru penyusun *adsorbent bead* dengan properti yang lebih baik , sehingga nantinya juga dapat digunakan sebagai tambahan data referensi bagi penelitian lainnya. Penelitian ini diharapkan juga mampu menambah wawasan tentang aplikasi *bead* berbasis selulosa sesuai dengan karakteristiknya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 *Poly (L-Lactic Acid) (PLLA)*

Poly (L-Lactic Acid) atau yang biasa disingkat dengan *PLA* memiliki rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$. *PLA* merupakan poliester alifatik yang dibuat dari bahan baku *lactic acid*. *PLA* pertama kali ditemukan pada tahun 1932 oleh Carothers (DuPont) melalui pemanasan *lactic acid* pada kondisi vakum. DuPont dan Ethicon selanjutnya menerapkan *PLA* sebagai bahan pembuatan aplikasi *medical grade sutures*, implan dan kemasan obat. Saat ini perusahaan seperti Shimadzu dan Mitsui Tuatsu di Jepang telah memproduksi sejumlah *PLA* untuk aplikasi plastik. *PLA* saat ini secara umum diaplikasikan dalam bidang *pharmaceutical, environmental, packaging, dan clothing*.

(Avinc, 2009)

PLA merupakan polimer dengan banyak keunggulan yaitu bersifat *biodegradable, thermoplastic* dan merupakan polimer sintesis yang terbuat dari bahan-bahan terbarukan seperti pati jagung, pati ubi dan sebagainya. *PLA* memiliki sifat fisis berupa ketahanan terhadap panas, kuat, dan memiliki sifat yang elastis. *PLA* berbentuk kristal yang tidak berwarna, dan mengkilap mirip dengan polistiren. Homopolimer dari *PLA* adalah bubuk putih pada suhu kamar dengan T_g dan T_m nilai-nilai sekitar 55°C dan 175°C . *PLLA* mempunyai kristalinitas 37%. *PLA* merupakan *polyester thermoplastic* yang memiliki atom C asimetrik atau kiral sehingga memiliki tiga jenis struktur polimer yang berbeda yaitu *poly (D-lactic acid) (PDLA)* merupakan material kristal dengan struktur rantai reguler, *poly (L-lactic acid) (PLLA)* yang merupakan hemikristal dengan struktur rantai reguler, dan *poly (D,L-lactic acid) (PDLLA)* yang merupakan material bersifat amorf (Lin, 2012). *PLA* akan terdegradasi di lingkungan mulai dari 6 bulan hingga 2 tahun, tergantung pada ukuran dan bentuk artikel, rasio isomer nya, dan suhu. Sifat tarik *PLA* dapat bervariasi tergantung pada derajat

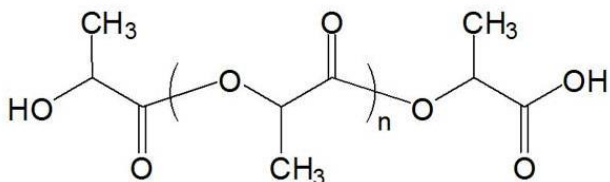
dari kristalinitas. Berikut adalah sifat fisik dan sifat kimia dari *PDLA*, *PLLA*, dan *PDLLA*.

(Lin Xiao dkk, 2013)

Tabel II.1. Sifat Fisik dan Kimia dari *PDLA*, *PLLA*, dan *PDLLA*

Properti	<i>PDLA</i>	<i>PLLA</i>	<i>PDLLA</i>
Kelarutan	Larut dalam benzene, kloroform, asetonitril		
	asetonitril, tetrahydrofuran (THF), dioxin Tidak larut dalam ethanol, metanol, dan allifatik hidrokarbon.		
Struktur Kristal	Kristalin	Hemikristalin	Amorf
Titik Leleh (Tm)/°C	~180	~180	Bervariasi
Suhu Transisi Gelas (Tg)/°C	50-60	55-60	Bervariasi
Suhu Dekomposisi/°C	~200	~200	185-200
Elongation at break/%	20-30	20-30	Bervariasi
Breaking strength/(g/d)	4.0-5.0	5.0-6.0	Bervariasi
Waktu degradasi pada 37° C	4-6 bulan	4-6 bulan	2-3 bulan

(Lin Xiao dkk., 2013)

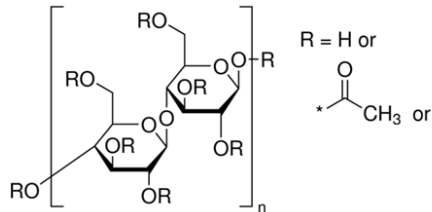


Gambar II.1 Rumus Bangun *PLLA* (*Poly L-Lactic Acid*)
(Whittayaprapakorn, 2015)

Poly (L-Lactic Acid) yang disingkat menjadi *PLLA* adalah polimer biodegradable yang banyak digunakan dan dapat diaplikasikan dalam berbagai industri. *PLLA* banyak dimanfaatkan sebagai alternatif substitusi polimer berbasis minyak bumi, hal ini dikarenakan *PLLA* memiliki sifat fisik polimer termoplastik dan modulus elastisitas. Di dalam industri polimer, *PLLA* sebagai bahan mentah dimanfaatkan sebagai solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan seperti limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah, *PLA* dimanfaatkan sebagai *biodegradable plastic* karena sifat mekanis yang baik dan tingkat hidrofob yang rendah. Akan tetapi *PLLA* masih memiliki beberapa kekurangan dalam pengaplikasiannya. Kekurangan *PLLA* antara lain seperti sifat yang kaku, laju kristalisasi yang rendah, dan mudah patah, tidak tahan terhadap suhu tinggi dan sensitif terhadap kelembaban. Meskipun kekuatan tensile/luluh (*tensile strength*) dan modulus elastisitas *PLLA* sebanding dengan plastik berbasis minyak bumi, nilai *toughness* yang rendah akan membatasi penggunaannya dalam aplikasi komersial yang membutuhkan ketahanan terhadap deformasi pada level aplikasi beban yang tinggi (*high stress level*).

Maka dari itu untuk memperbaiki kekurangannya, material *PLLA* perlu dipadukan dengan material lain. Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan properti dari *PLLA* adalah selulosa. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman berkayu yang melimpah di alam. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman. Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon tingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagellata, dan bakteri (Fengel dan Wegner, 1995). Selulosa bertindak sebagai filler yang dapat memperbaiki properti *PLLA* karena selulosa mempunyai sifat mekanik yang bagus, ketahanan minyak dan uap air, selain itu selulosa ketersediaannya tinggi dan harganya murah. Tetapi, selulosa mempunyai kelemahan, yaitu mudah rapuh, sensitif terhadap kelembaban, dan mempunyai suhu pelunakan yang rendah.

II.2 Cellulose Acetate (CA)



Gambar II.2 Rumus Bangun *Cellulose Acetate*

(Whitthayaprapakorn, 2015)

Cellulose Acetate (CA) merupakan ester asam organik dari selulosa yang telah dikenal lama di dunia. *CA* pertama kali diperkenalkan oleh Schutzenberger pada 1865. Pada tahun 1879, Franchimont melaporkan penggunaan asam sulfat sebagai katalis untuk asetilasi yang digunakan untuk produksi *CA* secara komersial. Proses pembuatan *CA* selanjutnya disempurnakan oleh Miles (1903) dan Von Bayer (1906). Selanjutnya dibawah pengawasan Camille dan Henri Dreyfus untuk pertama kalinya direalisasikan proses produksi *CA* dengan skala besar di Inggris (Mc Ketta, 1997).

CA dengan rumus molekul $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OCOCH}_3)_3]_x$ memiliki bentuk fisik berwujud padat dengan bentuk granula atau serbuk dan berwarna putih. *CA* bersifat termoplastik, dapat berikatan dengan *plasticizers*, tahan terhadap panas dan tekanan. *CA* dapat larut dalam berbagai pelarut (terutama aseton, dan beberapa pelarut organik lainnya). *CA* bersifat hidrofilik, amudah basah dengan perpindahan cairan yang baik dan memiliki absorpsi yang bagus, dalam keadaan kering ketahanan asetat berkurang, memiliki luas permukaan yang tinggi.

CA kerap diaplikasikan dalam pembuatan pakaian dan keperluan kain pada rumah tangga dikarenakan keseragamannya dalam kualitas, kemudahan dalam pewarnaan dan berbagai karakteristik estetika lainnya. *CA* merupakan serat yang paling

banyak digunakan pada bidang tekstil karena harganya yang ekonomis, warna terang, dan variasi sifat yang beraneka ragam. Pemakaian CA lainnya adalah sebagai filter pada sigaret, untuk produksi lembaran-lembaran plastik, film, dan juga cat. Hal ini dikarenakan sifat *Cellulose Acetate* yang hidrofobik dan memiliki sifat yang mudah untuk dibentuk, quick drying, tidak mudah berkerut, dan stabilitas tinggi (Mc. Ketta, 1997). Oleh karena itu, *Cellulose Acetate* merupakan bahan industri yang cukup penting perannya (Kirk & Othmer, 1977).

Sebagai material membran, CA memiliki beberapa kelebihan yakni mudah diproduksi dan bahan mentahnya merupakan sumber yang dapat diperbaharui. Akan tetapi CA memiliki kekurangan seperti sangat sensitif terhadap pH antara 2 sampai 8, dan biodegradable yaitu sangat rentan terhadap mikroba yang ada di alam (Bhongsuwan, 2008). Dalam proses pembuatan membran biasanya digunakan beberapa metode antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template leaching* dan inversi fasa. CA dapat dibuat dengan metode inversi fasa. Inversi fasa adalah suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Asam asetat secara umum adalah pelarut yang baik untuk CA. CA juga merupakan bahan baku untuk pembuatan *cellulose beads* dengan karakteristik yaitu permukaan berpori, cetakan bulat dan mempunyai permukaan spesifik yang lebih tinggi sebagai berserat selulosa. Nilai kelarutan semua CA dapat diuji dengan melarutkan di dalam aseton dan campuran diklorometana-metanol-campuran (ratio^{1/4} : 80:20). Larutan CA memberikan nilai kekeruhan yang berbeda dalam aseton. Kekeruhan menunjukkan penurunan transparansi cairan disebabkan oleh adanya zat yang belum terpecahkan. Kekeruhan terlarut CA ditentukan oleh pengukuran *nephelometric*, yaitu dengan penentuan dari radiasi yang tersebar pada sudut 90°. Solusi kekeruhan diukur dengan 2100 AN nephelometer (Hach, Loveland, Colorado, USA). Semua nilai-nilai diberikan dalam *Nephelometric Unit* kekeruhan (NTU).

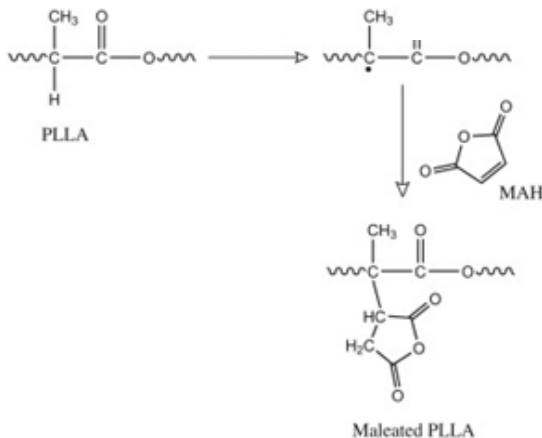
II.3 *Maleic Anhydride (MA)*



Gambar II.3 Rumus Bangun *Maleic Anhydride*

Maleic anhydride (MA) adalah salah satu kompatibilizer yang paling banyak digunakan. *MA* memiliki sifat reaktivitas kimia yang baik, toksisitas rendah dan memiliki potensi yang rendah untuk mempolimerisasi dirinya pada kondisi *grafting*. Hwang (2012) melaporkan bahwa dapat dilakukan *grafting MA* ke *PLLA*.

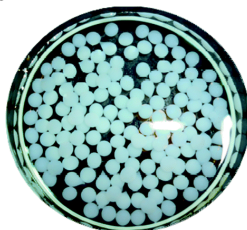
Zhang et al. Menyelidiki efek *MA* sebagai kompatibilizer. Penambahan *PLA-g-MA* ke dalam *PLA* menghasilkan kenaikan yang signifikan terhadap *tensile strength* sebesar 20% dan kelenturan sebesar 14%.



Gambar II.4 Reaksi kimia dari *PLLA* dan *MA*

(Hwang, 2011)

II.4 Cellulose Beads



Gambar II.5 Cellulose Beads

Beberapa tahun terakhir *cellulose beads* dan turunan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Keberadaan *cellulose beads* di pasaran dapat dengan mudah ditemukan dengan bentuk partikel mengembang di dalam air yang memiliki porositas tinggi dan sifat fungsional yang menarik karena sejumlah besar kelompok hidroksil reaktif. *Cellulose beads* dan turunannya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, ini dilihat dari sifat khas beads cellulose, seperti ketersediaan produk dan harga terjangkau, berbentuk spherical, kemungkinan untuk memilih ukuran partikel, serta kekuatan mekanik, porositas tinggi, hidrofilitas (toleransi struktur biologis, kinetika cepat), dan reaktivitas kimia.

Cellulose beads umumnya diaplikasikan dalam bidang biokimia dan bioteknologi, terutama enzim rekayasa. Selain itu juga dapat diaplikasikan dalam adsorpsi dan pertukaran ion kromatografi ion logam. *Cellulose beads* dapat dibuat dari larutan dengan baik menggunakan mesin “*droplet-making*” seperti *atomizers* dan *jet-splitter*, atau pada skala laboratorium, dengan jarum suntik atau dengan menekan larutan melalui material berlubang. Untuk meningkatkan beberapa spesivisitas sifat penyerapan selulosa dapat dengan beberapa polisakarida lainnya, seperti kitin atau kitosan. Pencampuran selulosa dengan ester selulosa dalam pelarut umum dapat memengaruhi aspek rasio beads.

(Gericke, 2013)

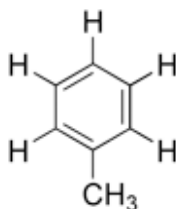
Persiapan *cellulose beads* ditemukan pertama kali pada tahun 1951. *Cellulose beads* dipersiapkan dengan meneteskan larutan *viscous* kedalam *bath* koagulasi. Sejak penemuan tersebut, berbagai prosedur untuk mendapatkan *Cellulose beads* dengan diameter mulai dari sekitar 10 μm sampai 1-3 mm telah dikembangkan menggunakan pelarut dan teknik yang berbeda. Prinsip umum pembuatan *Cellulose Beads* adalah dengan melarutkan selulosa (*viscose*, ester selulosa, atau eter), kemudian pembentukan larutan polisakarida menjadi berbentuk *spherical*, dan kemudian regenerasi selulosa dalam bak koagulasi dengan komposisi kimia yang disesuaikan untuk melakukan ‘‘ de-derivatisasi ‘‘ (Hidrolisis, deasetilasi, dll).

(Gericke, 2013)

Cellulose beads dari larutan polisakarida juga diperoleh dengan teknik *dropping* atau dispersi. Ukuran *spherical* yang didapatkan adalah 250-500 μm . Teknik *dropping* dilakukan dengan meneteskan larutan polisakarida ke dalam bak koagulasi. Dengan menekan larutan melalui nosel jarum suntik, tetesan terbentuk saat gabungan gaya gravitasi dan tekanan yang digunakan untuk ejsi melebihi nilai tertentu yang ditentukan oleh tegangan permukaan dari larutan. Secara umum, diameter *cellulose beads* yang diperoleh dengan teknik *dropping* terbatas pada kisaran sekitar 0,5-3 mm, karena terbatas pada ukuran tetesan yang bisa disiapkan. *Cellulose beads* memiliki ukuran pori yang dikategorikan menjadi *microspore* (<2 nm), *mesospore* (2-50 nm), dan *macrospore* (50-200 nm). Bentuk *bead* yaitu panjang dan lebar *bead*, ditentukan oleh tegangan mekanis yang ditimbulkan tetesan saat menabrak permukaan bak koagulasi.

(Gericke, 2013)

II.5 Toluene



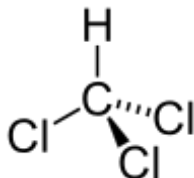
Gambar II.6 Rumus Bangun *Toluene*

Toluene merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang banyak dimanfaatkan sebagai pelarut. *Toluene* memiliki sifat fisis berupa cairan yang tidak berwarna, berbau manis, serta pedas seperti *benzene*. *Toluene* memiliki berat molekul sebesar 92,14 kg/mol, titik didih sebesar 231,1°F atau 110,6°C, titik lebur sebesar -139°F atau -95°C, tekanan uap sebesar 28,4 mmHg pada 25°C, kekentalan sebesar 0,59 cps pada 20°C; dengan densitas sebesar 0,866 gram/cm³. *Toluene* larut dalam dietil eter, etanol, *benzene*, kloroform, asam asetat glasial, karbon disulfida dan aseton, Namun *toluene* tidak larut dalam air dingin.

II.6 Benzoyl Peroxide

Benzoyl Peroxide merupakan golongan peroksida organik. *Benzoyl Peroxide* memiliki sifat fisis yaitu berbentuk kristal, granul serta tidak berwarna hingga berwarna keputihan. *Benzoyl Peroxide* memiliki bau seperti almond. *Benzoyl Peroxide* memiliki berat molekul sebesar 242,23 gram/ mol dengan rumus molekul C₁₄H₁₀O₄. Titik leleh dari *Benzoyl Peroxide* sebesar 104,5°C, dan titik dekomposisi sebesar 106-108°C.

II.7 Kloroform

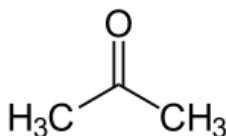


Gambar II.7 Rumus Bangun Kloroform

Kloroform adalah nama umum untuk triklorometana (CHCl_3). Kloroform dikenal karena sering digunakan sebagai bahan pembius, akan tetapi penggunaannya sudah dilarang karena telah terbukti dapat merusak liver dan ginjal. Kloroform kebanyakan digunakan sebagai pelarut nonpolar di laboratorium. Wujudnya pada suhu ruang berupa cairan bening, mudah menguap, dan berbau khas. Kloroform memiliki rumus kimia CHCl_3 dengan sifat fisis tidak berwarna. Selain itu kloroform memiliki bau yang menyengat seperti eter. Kloroform memiliki titik didih sebesar $61,15^\circ\text{C}$ dan titik lebur sebesar $-63,5^\circ\text{C}$. Kloroform merupakan senyawa yang larut dalam benzen dan memiliki kelarutannya sebesar $10\text{g}/100\text{ml}$ pada suhu 19°C di dalam aseton.

Kloroform misibel di dalam alkohol eter, benzen, karbon tertrasklorida, dan memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air (Lewis, 2007). Kelarutan kloroform di dalam air adalah $7,95\text{ mg/mL}$ pada 25°C .

II.8 Aseton



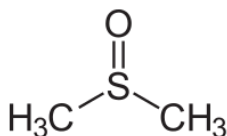
Gambar II.8 Rumus Bangun Aseton

Aseton, juga dikenal sebagai propanon, dimetil keton, 2-propanon, propan-2-on, dimetilformaldehida, dan β -ketopropana,

adalah senyawa berbentuk cairan yang tidak berwarna dan mudah terbakar. Ia merupakan keton yang paling sederhana. Aseton larut dalam berbagai pelarut dengan air, etanol, dietil eter. Aseton sendiri juga merupakan pelarut yang penting. Aseton digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Selain diproduksi secara industri, aseton juga dapat ditemukan secara alami, termasuk pada tubuh manusia dalam kandungan kecil. Aseton memiliki rumus molekul C_3H_6O . Sifat fisis aseton antara lain memiliki berat molekul sebesar 58,08 g/gmol, titik didih sebesar $56,29^{\circ}C$, titik beku sebesar $-94,6^{\circ}C$, dan viskositas pada suhu $20^{\circ}C$ sebesar 0,32 Cp.

Aseton misibel di dalam air, benzen, alkohol, dan eter, serta larut di dalam air. Kelarutan aseton di dalam air adalah 1000 mg/mL pada $25^{\circ}C$.

II.9 Dimetil Sulfoksida (DMSO)



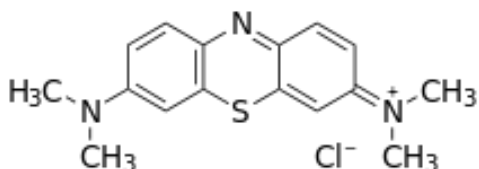
Gambar II.9 Rumus Bangun Dimetil Sulfoksida

Dimetil sulfoksida (DMSO) adalah suatu senyawa organosulfur dengan rumus kimia $(CH_3)_2SO$. Cairan tidak berwarna ini adalah pelarut relatif polar penting yang larut baik dalam senyawa polar dan nonpolar serta larut pula dalam berbagai pelarut seperti air. Senyawa ini memiliki titik leleh yang relatif tinggi. DMSO memiliki sifat yang tidak biasa yang banyak individu melihatnya sebagai rasa seperti-bawang putih di mulut setelah kontak dengan kulit.

Dimetil sulfoksida (DMSO) memiliki sifat fisis yaitu berat molekul sebesar 78,13 gram/mol, densitas sebesar $1,1004 \text{ gram/cm}^3$, dan viskositan sebesar 1,996 cP pada suhu $20^{\circ}C$. Kelarutan dimetil sulfoksida (DMSO) di dalam air adalah 1000

mg/mL pada 25°C. Dimetil sulfoksida (DMSO) juga larut di dalam etanol, aseton, eter, kloroform, dan juga etil asetat.

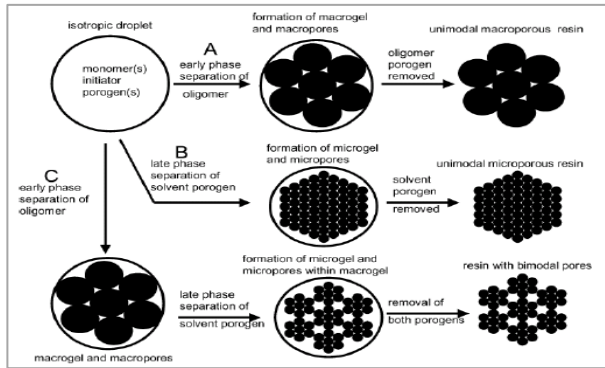
II.10 *Methylene Blue*



Gambar II.10 Rumus Bangun *Methylene Blue*

Methylene blue adalah senyawa yang memiliki rumus kimia C₁₆H₁₈N₃SCl, merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Zat warna *methylene blue* digunakan secara luas pada industri tekstil dan menjadi perhatian besar dalam proses pengolahan limbah karena warnanya yang sulit diuraikan. Senyawa ini bersifat toksik, menyebabkan mutasi genetik dan berpengaruh pada reproduksi. *Methylene blue* memiliki berat molekul 319,86 g.mol⁻¹, dengan titik lebur di 105°C, berwarna biru, tidak berbau, dan stabil dalam udara serta mudah larut dalam air (larutannya berwarna biru tua), kloroform, alkohol, dan daya larut sebesar 4,36x10⁴ mg L⁻¹ (Hawley, 1981). Ukuran dari *methylene blue* sebesar 1,4×0,6×0,18 nm (x×y×z) (Chen, 2017), atau diameternya sekitar 1,382 nm. Konsentrasi *methylene blue* pada nilai ambang batas yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5-10) mg/L. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi pengolahan limbah yang mampu mempercepat penguraian limbah zat warna. Salah satu metode alternatif yang mudah di terapkan adalah pengolahan limbah *methylene blue* dengan menggunakan *beads*.

II.11 Pembentukan Pori



Gambar II.11 Mekanisme Pembentukan Pori

(Mohamed, 2012)

Mekanisme pembentukan pori merupakan salah satu faktor penting dalam pembuatan *bead* berpori, atau yang sering disebut *porous polymer beads (PPBs)*. Secara umum ukuran dari pori ini diklasifikasikan menjadi *microporous* (< 2 nm), *mesoporous* (2-50 nm), *macroporous* (50-200 nm), dan *gigaporous* (>200 nm). *Bead* yang memiliki pori berukuran *microporous*, *mesoporous*, dan *macroporous* dengan ukuran pori yang kecil dan luas permukaan yang besar sangat cocok dimanfaatkan untuk pemisahan molekul yang berukuran kecil, seperti gas dan ion. Sedangkan *Bead* yang memiliki pori berukuran *gigaporous* yang memiliki luas permukaan kecil, dapat diaplikasikan untuk pemisahan molekul berukuran besar, seperti protein, polisakarida, dan polimer sintesis.

(Mohamed, 2012)

Properti dari suatu polimer dapat dikontrol dengan mengubah parameter fisika dan kimia. Parameter fisika ini meliputi : kecepatan pengadukan, dimensi *stirrer*, waktu reaksi, dan juga temperatur. Sedangkan parameter kimia meliputi : monomer, *cross-linker*, inisiator, porogen, serta jumlahnya. Porogen merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap luas

permukaan, porositas, dan morfologi dari polimer berbentuk *bead* (Mane, 2016). Porogen merupakan material *inert* yang akan keluar dari *bead* dan membentuk pori. Istilah “*pore-forming agent*” terkadang digunakan selain porogen. Salah satu material yang merupakan porogen adalah *solvent* atau pelarut, yang dikelompokkan lagi menjadi dua, yaitu *non-solvating* dan *solvating*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan pori diantaranya adalah berat molekul dan konsentrasi dari polimer. Dimana peningkatan berat molekul polimer dipengaruhi oleh panjang rantai dari polimer, peningkatan berat molekul akan menghasilkan struktur *bead* yang lebih padat. Adapun peningkatan konsentrasi larutan polimer akan menyebabkan turunnya porositas dan ukuran pori dari *bead* yang dihasilkan. Faktor selanjutnya yang mempengaruhi pembentukan pori adalah pemilihan *solvating* dan *non-solvating*. Porogen *solvating* merupakan porogen yang melarutkan polimer, sedangkan porogen *non-solvating* merupakan porogen yang memiliki misibilitas yang rendah pada campuran polimer (Mohamed, 2012). Persyaratan dari *solvating* adalah memiliki misibilitas yang tinggi di dalam *non-solvating*. Sedangkan *non-solvating* yang biasa digunakan adalah air sebagai *non-solvating* kuat (Cui, 2012).

Mekanisme pembentukan pori pada *bead* terjadi melalui teknik inversi fasa dimana polimer diubah dari fasa cair menjadi fasa padat. Konsep inversi fasa terjadi dengan teknik presipitasi perendaman. Larutan polimer diinjeksi dalam bentuk tetesan kemudian direndam di bak koagulasi yang berisi *non-solvating* yang menyebabkan termodinmika dari pencampuran menjadi rusak. Akibatnya terjadi proses *liquid-liquid demixing* yaitu proses terjadinya pertukaran antara *solvating* dan *non-solvating*. Hal ini menghasilkan struktur membran yang berpori yang merupakan akibat dari kombinasi perpindahan masa dan pemisahan fasa antar liquid-liquid.

II.12 Biokomposit

Biokomposit merupakan materi komposit yang tersusun dari polimer alami atau biofiber (serat alami) yang mampu terdegradasi sebagai penguat dan polimer yang tidak dapat terdegradasi atau yang dapat terdegradasi sebagai matriks. Material Biokomposit terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui sehingga pembuatannya dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi. Pengaplikasian material biokomposit sudah sangat beragam yaitu mencakup produk-produk untuk kebutuhan bahan bangunan, seperti papan partikel, kayu lapis atau papan semen dan lainnya, dan juga telah berkembang dalam produk bio-plastik atau plastik yang diperkuat dengan bahan-bahan selulosa, baik berupa produk *wood plastic composite (wpc)* atau *injection molded natural fiber-polimer*. Produk-produk plastik ini berperan penting dalam pengembangan industri otomotif yang ramah lingkungan.

- **Blending**

Blending kimia yaitu pencampuran antara dua jenis polimer atau lebih yang memiliki struktur berbeda dan ditandai dengan terjadinya ikatan-ikatan kovalen antara polimer-polimer penyusunnya. *Blending* kimia akan menghasilkan kopolimer. Interaksi yang terjadi dalam poliblen adalah ikatan Van der Waals, ikatan hidrogen atau interaksi dipol-dipol (Rabek 1980). Polimer ini bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat material yang diinginkan dan disesuaikan dengan keperluan dan meningkatkan sifat mekanik polimer (mekanikal dan termal). Poliblen komersial dapat dihasilkan dari polimer sintetik dengan polimer sintetik, polimer sintetik dengan polimer alam, dan polimer alam dengan polimer alam. Poliblen yang dihasilkan berupa poliblen homogen dan poliblen heterogen. Poliblen homogen terlihat homogen dan transparan, mempunyai titik leleh tunggal dan sifat fisiknya sebanding dengan komposisi masing-masing komponen penyusunnya, sedangkan poliblen heterogen terlihat tidak jelas dan mempunyai beberapa titik leleh (Brown 1988). Metode *blending*

bisa dilakukan melalui *melt blending* atau *solvent blending*.. *Solvent blending* merupakan metode pencampuran antar polimer dengan menggunakan pelarut (*solvent*), dimana parameter pada proses ini adalah solubility (kelarutan) antar polimer yang akan dicampur. *Blending* dapat dibentuk melalui beberapa teknik preparasi, yaitu :

Tabel II.2 Teknik *Blending*

Teknik preparasi	Deskripsi
<i>Mechanical blends</i>	Polimer/kopolimer di campur pada suhu diatas Tg atau Tm masing-masing polimer yang bersifat amorf dan semikristalin
<i>Mechanochemical blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan laju geser yang cukup tinggi sehingga polimer mengalami degradasi. Radikal-radikal bebas yang terbentuk berkombinasi menghasilkan campuran kompleks yang mengandung kopolimer blok atau cangkok
<i>Solution cast blends</i>	Polimer/kopolimer dicampur dengan melarutkannya ke dalam pelarut tertentu hingga homogeny, kemudian pelarut dihilangkan melalui penguapan sehingga dapat membentuk film polimer
<i>Latex blends</i>	Dispersi-dispersi dari polimer dalam air (lateks) dicampur lalu polimer-polimer yang bercampur tersebut dikoagulasi

Metode yang umum digunakan dalam pembentukan *Blending* adalah metode pelarutan (*solution cast blends*) dan metode pelelehan (*mechanical blends*). Pada metode ini digunakan metode pelarutan dikarenakan metode ini lebih mudah

diaplikasikan dibandingkan dengan metode pelelehan (*mechanical blends*).

- **Metode *Grafting***

Dalam memperoleh polimer dengan memiliki sifat yang sesuai pemanfaatannya, maka perlu dilakukan modifikasi melalui fungsionalisasi polimer, yaitu pemasukan gugus fungsi tertentu pada suatu polimer sebagai pembawa sifat baru pada polimer tersebut (Irwan dkk., 2002). Beberapa metode modifikasi yang dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat permukaan suatu polimer, antara lain dengan etsa kimia (Chemical etching), pengionan (High energy ion implantation), radiasi sinar x (Chan, 1994) dan elektron beam (He and Gu, 2003). Untuk tujuan tersebut, salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah metode grafting (penempelan/pencangkokan) yang diketahui efisien untuk memodifikasi dan membuat polimer memiliki sifat-sifat yang diinginkan dalam aplikasinya. Metode pencangkokan atau *grafting* yaitu penempelan suatu monomer yang berpolimerisasi pada permukaan suatu polimer dengan memanfaatkan suatu inisiator sebagai pemicu. (Irwan dkk., 2002). *Grafting* umumnya terjadi pada titik-titik yang dapat menerima reaksi transfer, seperti pada karbon-karbon yang memiliki ikatan rangkap atau pada karbon-karbon yang mempunyai gugus karbonil (Stevens, 2001). Metode *grafting* melibatkan pembentukan titik/pusat aktif berupa radikal bebas atau ion terlebih dahulu pada polimer induk. Pembentukan pusat aktif pada polimer induk dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode kimia dan metode fisika. Dengan metode kimia, radikal terbentuk pada PE akibat abstraksi atom hidrogen oleh radikal inisiator seperti BPO (*dibenzoyl peroxide*), AIBN (*azobisisobutyronitrile*) atau bahan pengoksidasi seperti garam cerium (Moad dkk., 2003). Pembentukan pusat aktif dengan metode fisika dapat dilakukan dengan berbagai cara, meliputi radiasi laser, elektron beam, sinar UV, plasma dan radiasi energi tinggi seperti sinar gamma (γ) (El-Sawy dan Sagheer, 2001).

Metode kopolimerisasi *grafting* diketahui efisien untuk memodifikasi dan membuat polimer sehingga polimer akan memiliki sifat-sifat yang diinginkan dalam aplikasinya. Berbagai gugus fungsi dapat dimasukkan ke dalam suatu polimer dengan metode grafting dengan memilih jenis atau sifat yang dimiliki oleh monomer yang akan di grafting. Metode ini telah dimanfaatkan antara lain untuk amobilisasi enzim pada polimer (Ambrosio dkk., 1997), memberikan sifat kepekaan polimer terhadap suhu (Kubota dkk., 2000), meningkatkan adhesi antara logam dengan film oksida logam (Zou dkk., 2001), mengubah komposisi dan hidrofilitas permukaan polimer (Wang dkk., 2004) dan memberikan sifat kepekaan polimer terhadap pH (Irwan, 2005).

II.13 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan dan akhirnya membentuk lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut. Materi atau partikel-partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat dan bahan yang mengadsorpsi disebut adsorben. Pada umumnya, adsorben bersifat spesifik yaitu hanya menyerap zat tertentu. Pada proses adsorpsi, penyerapan oleh padatan terjadi pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben.

Berdasarkan Interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu:

- **Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi fisika bersifat *reversible*, berlangsung secara cepat dengan penyerapan kalor kecil dan berlangsung pada temperatur rendah. Adsorpsi fisika terjadi akibat gaya Van der Waals. Ketika daya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari pada daya tarik-menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi ini mirip dengan proses kondensasi (perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, misalnya gas (uap) menjadi cairan) dan biasanya terjadi pada temperatur rendah (Agustiningrum, 2012). Pada proses ini gaya yang menahan molekul fluida pada permukaan padat relatif lemah, dan besarnya sama dengan gaya kohesi (gaya tarik-menarik antar molekul yang sejenis) molekul pada fase cair (gaya Van der Waals) sehingga hanya padatan saja yang mampu di adsorpsi oleh adsorben.

- **Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi kimia merupakan reaksi yang terjadi antara zat padat dengan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi ini bersifat spesifik dan melibatkan gaya yang jauh lebih besar daripada adsorpsi fisika, adsorpsi ini dapat terjadi pada suhu tinggi. Menurut Langmuir, molekul teradsorpsi ditahan pada permukaan oleh gaya valensi yang tipenya sama dengan yang terjadi antara atom-atom dalam molekul. Karena adanya ikatan kimia, maka pada permukaan adsorben akan terbentuk suatu lapisan dan akan menghambat proses penyerapan selanjutnya oleh batuan adsorben yang menyebabkan efektifitasnya menurun (Agustiningrum, 2012).

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

- **Sifat Serapan**

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh adsorben tergantung dari kemampuan masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi

gugus fungsi, ikatan rangkap, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

- **Temperatur**

Faktor yang mempengaruhi temperature proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatile, adsorpsi dilakukan pada temperature kamar atau bila memungkinkan pada temperature rendah.

- **pH (Derajat Keasaman)**

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan dengan penambahan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

Adsorpsi isotherm dapat digunakan untuk pengklasifikasian partikel berpori. Brunauer, Deming, Deming dan Teller mengklasifikasikan adsorpsi isotherm menjadi 5 tipe seperti gambar dibawah ini. Masing – masing tipe menunjukkan kondisi yang unik. Tipe-tipe adsorpsi isotherm yaitu :

- **Tipe I**

Tipe ini merupakan tipe untuk padatan *microporous* (diameter < 2 nm) pada adsorben dimana terdapat garis kestabilan yang mengindikasikan tanda luas permukaan eksternal adsorben relatif kecil. Tipe ini disebut juga *Langmuir isotherm* menggambarkan adsorpsi satu lapis (*monolayer*) dan biasanya diperoleh dari adsorben karbon aktif dan zeolit *molecular sieve*.

- **Tipe II**

Adsorpsi isothermal jenis ini digunakan untuk adsorpsi fisika gas dengan padatan tak berpori dan padatan dengan diameter pori lebih besar dari 50 nm (*macroporous*). Titik kelengkungan yang terjadi pada kurva adsorpsi isothermal ini biasanya terjadi pada saat lapisan *monolayer* pertama teradsorpsi sempurna sehingga

meningkatkan tekanan relatif, sedangkan lapisan (layer) kedua dan seterusnya akan sempurna sampai mencapai kejenuhan dari sejumlah lapisan yang teradsorpsi tak terbatas.

- **Tipe III**

Adsorpsi ini merupakan karakteristik dari interaksi adsorbat dan adsorben yang lemah dan biasanya digunakan untuk jenis adsorben tak berpori dan *macroporous*. Interaksi yang lemah antara adsorbat dan adsorben membuat naiknya kurva sedikit untuk tekanan relatif yang rendah. Tetapi ketika molekul mulai diadsorpsi pada sisi adsorpsi utama interaksi adsorbat-adsorbat semakin kuat yang kemudian mendorong proses adsorpsi, mempercepat kurva yang naik pada tekanan relatif yang lebih tinggi. Adsorpsi ini biasanya dapat ditemukan pada air dengan padatan yang bersifat hidrofobik.

- **Tipe IV**

Tipe ini identik dengan material yang bersifat *mesoporous*. Pada tipe IV hampir sama dengan tipe II pada rentang tekanan relatif rendah sampai menengah. Terdapatnya rentang tekanan tertentu garis desorpsi tidak berhimpit dengan garis adsorpsi. Hal ini disebut dengan fenomena histerisis. Terdapat beberapa kemungkinan yang menjadi penyebab terjadinya fenomena histerisis, salah satunya adalah perbedaan sudut kontak molekul gas pada pori saat adsorpsi dengan saat desorpsi.

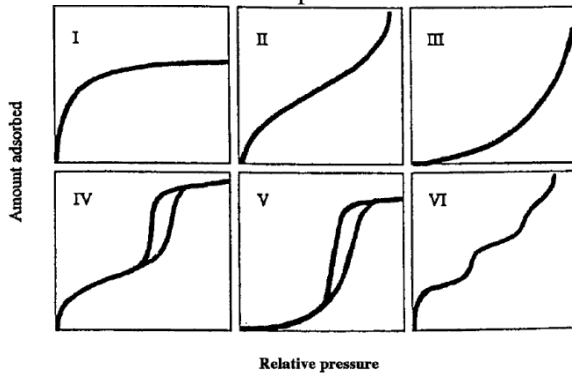
- **Tipe V**

Tipe ini hampir sama dengan tipe III. Perbedaannya adalah pada tipe V adsorpsi mencapai setimbang setelah tercapai tekanan jenuh sedangkan pada tipe III tidak demikian. Selain itu pada tipe V terdapat histerisis yang menunjukkan adsorpsi terjadi pada permukaan yang berpori (padatan *macroporous* atau *mesoporous*). Tipe ini terdapat pada adsorpsi air terhadap karbon.

- **Tipe VI**

Tipe ini timbul pada permukaan padatan tak berpori dan sangat homogen. Hal tersebut menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi

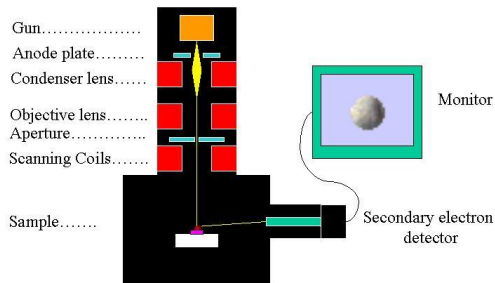
pada lapisan tunggal yang formasinya merupakan fungsi dari sistem adsorbat-adsorben dan temperatur.



Gambar II. 12 Klasifikasi adsorpsi isotherm menurut Brunauer, Deming dan Teller

II.14 Analisa yang Dilakukan

- **Analisa SEM**



Schematic diagramme of a scanning electron microscope

Gambar II.13 Skema Peralatan Analisa SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah suatu instrumen yang menghasilkan seberkas elektron pada permukaan spesimen target dan mengumpulkan serta menampilkan sinyal-

sinyal yang diberikan oleh material target. Penggunaan alat *Scanning Electron Microscopy* dalam morfologi kopolimer telah dikembangkan secara luas. Pada prinsipnya *SEM* terdiri dari kolom elektron (*electron coloum*), ruang sampel (*specimen chamber*) dan sistem vakum (*vacuum system*).

Prinsip analisis *SEM* adalah dengan menggunakan alat sinyal elektron sekunder. Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu film konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang digunakan dapat menghasilkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk menghasilkan sinyal. Sinyal ini digunakan untuk mengatur intensitas elektron pada suatu tabung televisi yang diarahkan serentak dengan sinar dari mikroskop. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur dan distribusinya, dan morfologi dari permukaan bahan.

(Wu dan Annisa, 2007)

Teknik *SEM* pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Gambar topografi diperoleh dengan penangkapan elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen.

- **Analisa BET**



Gambar II.13 Peralatan Analisa *BET*

Metode *BET* (*Brunaur, Emmett and Teller*) pertama kali ditemukan oleh Brunaur, Emmett dan Teller pada tahun 1938. Metode ini digunakan untuk permukaan yang datar (tidak ada lekukan) dan tidak ada batas dalam setiap layer yang dapat digunakan dalam menjelaskan luas permukaan. Metode ini digunakan berdasarkan asumsi bahwa pada setiap permukaan mempunyai tingkat energi yang homogen (energi adsorpsi tidak mengalami perubahan dengan adanya adsorpsi di layer yang sama) dan tidak ada interaksi selama molekul teradsorpsi. Prinsip kerja alat ini menggunakan mekanisme adsorpsi gas, pada umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu dididih dari gas tersebut. Alat tersebut mengukur jumlah gas yang dapat diadsorb oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Alat ini hanya memerlukan sampel dalam jumlah yang kecil. Biasanya berkisar 0.01 sampai 0.1 gram. Persiapan utama dari sampel sebelum dianalisis adalah dengan menghilangkan gas-gas yang terserap (*degassing*). Alat ini terdiri dari dua bagian utama yaitu *Degasser* dan *Analyzer* ((Heru Sasongko, 1988)

- **Analisa *FTIR***

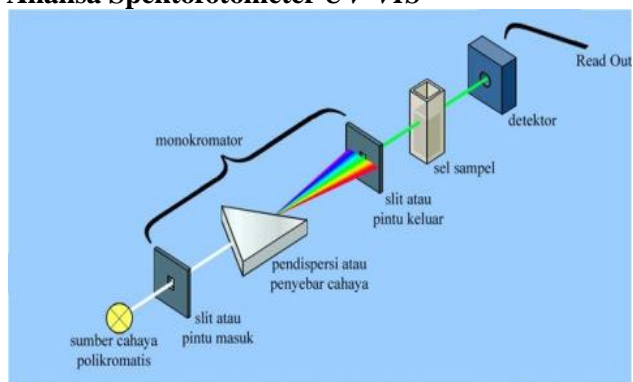
Analisa *FTIR* digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuat spektrumnya pada berbagai variasi konsentrasi.

Spektroskopi *FTIR* adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Sinar pengukuran sampel diubah menjadi interferogram. Perhitungan secara matematika *Fourier*

Transfor untuk sinyal tersebut akan menghasilkan spektrum yang identik pada spektroskopi inframerah.

Mekanisme yang terjadi pada *FTIR* dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor, dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika.

- **Analisa Spektrofotometer *UV-VIS***



Gambar II.14 Skema Peralatan Analisa *UV-VIS*

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, *UV* dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi. Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri Ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu 3 materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi. Jika zat menyerap cahaya tampak dan *UV* maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat hanya akan bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio. Atas dasar inilah spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi dalam suatu sampel. Dimana zat yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan. Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya masuk atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah I_t/I_0 atau I_0/I_t (perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi (sampel)).

II.15 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel II.3 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
Persiapan, Karakterisasi, dan Aplikasi dari <i>Bead</i> Selulosa.	Martin Gericke, Jany Trygg, dan Pedro Fardim	Material : Selulosa Hasil Penelitian :Selulosa <i>Bead</i> dapat dibentuk dengan metode konvensional seperti melalui pelarutan dan pembentukan sederhana. Beberapa metode yang digunakan seperti pelarutan dan koagulasi. Preparasi bead dengan cara tersebut dapat menghemat biaya dengan kualitas produk yang dihasilkan baik.
Pelet Selulosa Sebagai Adsorben Jenis Baru Untuk Penyisihan Pewarna dari Air Media	Daniela Suteu, Gabriela Biliuta, Lacramioara Rusu, Sergiu Coseri, Gabriela Nacu.	Material : <i>Cellulose</i> , Larutan metilen biru, Larutan <i>brilliant red</i> HE-3B Variabel : Pengaruh <i>cellulose bead</i> terhadap sifat struktural dan daya serap sebagai adsorbent untuk menghilangkan zat warna reaktif <i>brilliant red</i> HE-3B dan pewarna kationik larutan metilen biru, Pengaruh pH larutan bergantung pada muatan

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
		<p>permukaan pada <i>cellulose beads</i> sebagai adsorbent</p> <p>Hasil Penelitian :</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ struktur <i>cellulose beads</i> dari spheroids ukuran kecil dengan kisaran 200-350 μm untuk <i>cellets</i> 200 dan kisaran 350-500 μm untuk <i>cellets</i> 350 ~ Permukaan <i>cellulose bead</i> positif mampu mengikat zat warna anionik yaitu brilliant red HE-3B, tetapi ketika permukaan <i>cellulose bead</i> negatif tidak mampu mengikat zat warna anionik melainkan mampu mengikat zat warna kationik yaitu metilen biru.
<p>Properties dan Aplikasi <i>Cellulose Acetate</i></p>	<p>Steffen Fischer, Katrin Thu'mmler, Bert Volkert, Kay Hettrich, Ingeborg Schmidt, Klaus Fischer.</p>	<p>Material : Selulosa Asetat, etil asetat, metanol, etanol, metil selulose, Triton X-100, Sodium Asetat Trihidrat, Sodium Hidroksid</p> <p>Variabel : Kecepatan putar pengadukan</p> <p>Hasil Penelitian : Besar kecilnya ukuran partikel <i>cellulose bead</i> dipengaruhi oleh tinggi rendahnya dari kecepatan putar saat</p>

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
		dispersi. Semakin tinggi kecepatan putar maka ukuran partikel dari cellulose bead semakin kecil.
Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit <i>Poly (l-Lactic Acid)/Cellulose Acetate Bead</i> sebagai <i>Biodegradable Adsorbent</i>	Eko Vindy Utami dan Nugrahaning Dwi Prastiwi (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Material : <i>Cellulose Acetate</i> dan <i>Poly (L-Lactic Acid)</i> • Variabel : <ul style="list-style-type: none"> ~ Variabel Tetap : Konsentrasi larutan campuran film 5 %, Konsentrasi larutan campuran <i>Beads</i> 10%, pH larutan <i>methylenec blue</i> yaitu pH asam dan pH basa. ~ Variabel Berubah: Perbandingan berat <i>CA/PLLA</i> : (a) 100/0 ; (b) 75/25 ; (c) 50/50 ; (d) 25/75 ; (e) 0/100. • Hasil Penelitian: Pengaruh perubahan perbandingan berat <i>CA/PLLA film</i> yaitu, semakin banyak <i>CA</i> yang ditambahkan nilai <i>tensile strength</i> dan <i>elongation at break</i> semakin menurun, tetapi nilai <i>modulus young</i> semakin

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
		<p>meningkat, dan semakin tinggi suhu yang diperlukan untuk degradasi. Sedangkan untuk properti <i>CA/PLLA Beads</i> semakin banyak kandungan <i>Cellulose Acetate</i> pada <i>Beads</i> maka akan didapatkan permukaan <i>beads</i> yang semakin berpori dengan luas permukaan yang semakin besar juga, sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi semakin meningkat dengan penambahan material <i>PLLA</i> dalam <i>CA/PLLA Beads</i>. Nilai % <i>removal</i> pada pH netral lebih besar dibandingkan % <i>removal</i> pada pH basa dan pH asam.</p>
<p>Pembuatan Biokomposit <i>Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid) Bead</i>: Pengaruh Kontrasi Larutan dan Ratio Berat</p>	<p>Gilmar Wicaksono dan Fiky Prima Utama.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material : <i>Cellulose Acetate</i> dan <i>Poly (L-Lactic Acid)</i> • Variable : • Variabel tetap : Proses adsorpsi menggunakan suhu ruang untuk adsorpsi, dan dosis

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
<p><i>Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)</i></p>		<p><i>beads</i> untuk adsorpsi selama pengamatan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variabel berubah : Konsentrasi larutan campuran polimer 10% dan 15%, perbandingan berat <i>CA/PLLA</i>: (a) 100/0 ; (b) 90/10 ; (c) 80/20 ; (d) 70/30 ; (e) 60/40 dengan waktu pengamatan larutan <i>Methylenee Blue</i> yang diadsorpsi oleh <i>Beads</i> selama 36 jam dengan rentang waktu pengamatan setiap 4 jam. • Hasil Penelitian : Dari penelitian diperoleh hasil untuk <i>CA/PLLA beads</i> bahwa semakin banyak <i>PLLA</i> yang ditambahkan akan semakin kecil diameter beads, fenomena ini terjadi pada kedua variable larutan yaitu 10% dan 15%. Dan untuk uji <i>TGA</i> didapatkan hasil semakin banyak <i>PLLA</i> yang ditambahkan akan semakin rendah suhu

Judul	Nama Peneliti	Material, Variabel, dan Hasil Penelitian
		yang diperlukan untuk terdegradasi. Persen removal variable 10% lebih tinggi dari pada % removal untuk variable 15%.
Grafting <i>Maleic Anhydride</i> pada Poly (L-Lactic Acid), Efek terhadap physical dan mekanikal properti.	Sung Wook Hwang, Song Bong Lee, Chang Kee Lee, Jun Young Lee. Dkk (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Material : <i>PLLA</i>, <i>DCP</i>, <i>MAH</i> • Variabel : ~ Perbandingan jumlah <i>MAH</i> dan <i>DCP</i> yang ditambahkan. <p>Hasil Penelitian: Grafting antara <i>MAH</i> dan <i>PLLA</i> berhasil dilakukan berdasarkan FTIR yang diperoleh. Penambahan sedikit jumlah <i>MAH</i> memiliki efek yang baik untuk mengurangi <i>gel content</i>. Penambahan <i>MAH</i> dapat meningkatkan mobilitas rantai <i>PLLA</i>. Thermal stability makin turun seiring dengan penambahan <i>MAH</i>.</p>

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

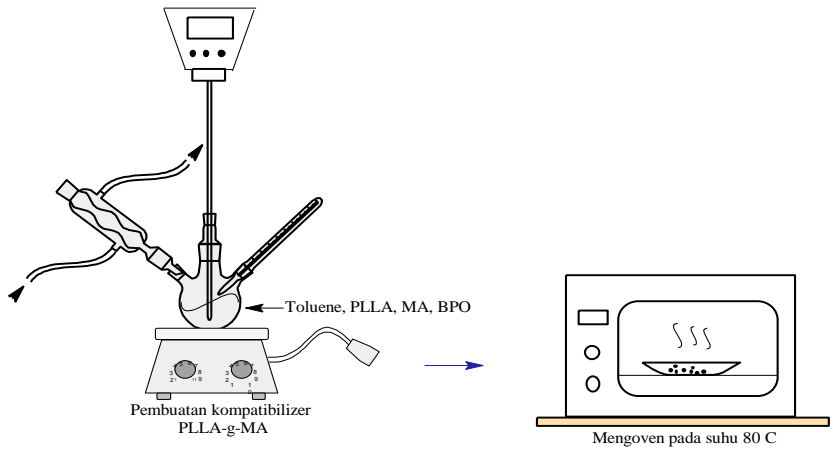
Metode penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan kompatibilizer *PLLA-g-MA* dengan teknik *grafting*. Tahap kedua adalah tahap pembuatan *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*. *PLLA* dilarutkan dalam kloroform, *CA* dilarutkan dalam aseton dan *DMSO*, kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga homogen. Setelah terbentuk larutan homogen *CA/PLLA*, larutan disuntikkan ke dalam *bath* koagulasi untuk membentuk *bead* yang kemudian direndam dalam larutan *NaOH* setelah itu dioven pada suhu 60°C selama 24 jam. Pembuatan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* dilakukan dengan cara yang sama.

III. 1 Bahan Penelitian

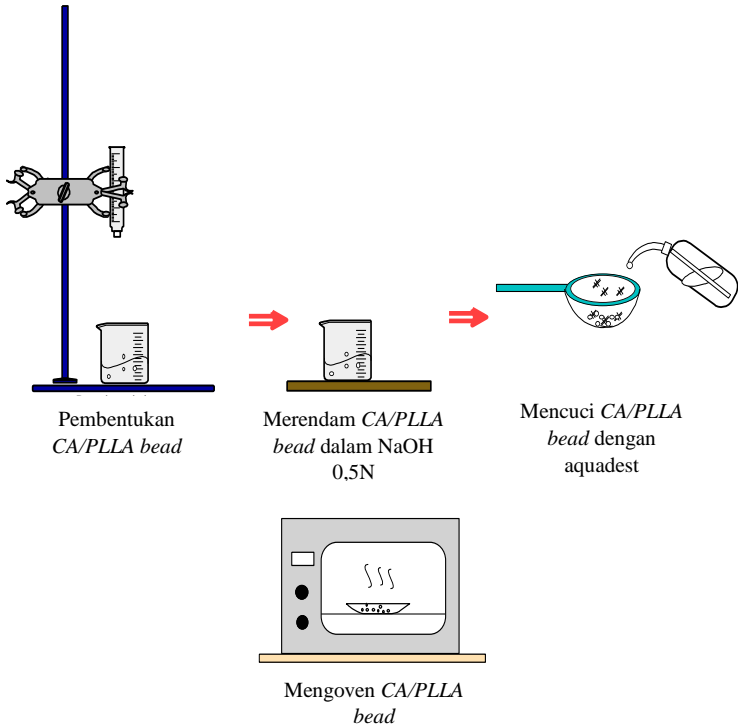
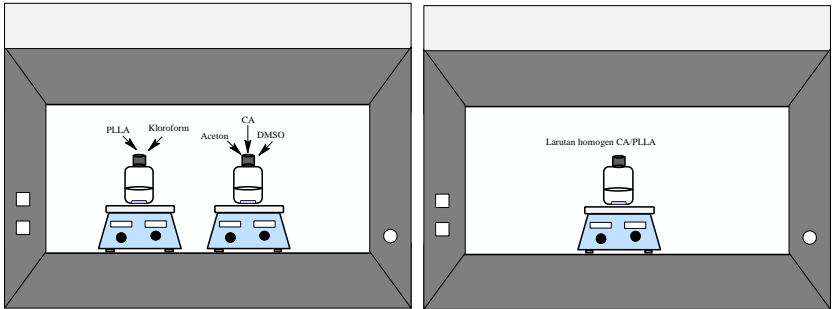
Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

- a) *PLLA (Poly L-Lactic Acid)*
- b) *MA (Maleic Anhydride)* sebagai bahan kompatibilizer *PLLA-g-MA*
- c) Kloroform sebagai pelarut
- d) Toluene sebagai pelarut pada proses *grafting*
- e) *Benzoyl peroxide* sebagai inisiator
- f) *DMSO (Dimethyl Sulfoxide)*
- g) *Aquadest*
- h) *NaOH*
- i) *Methylene Blue*

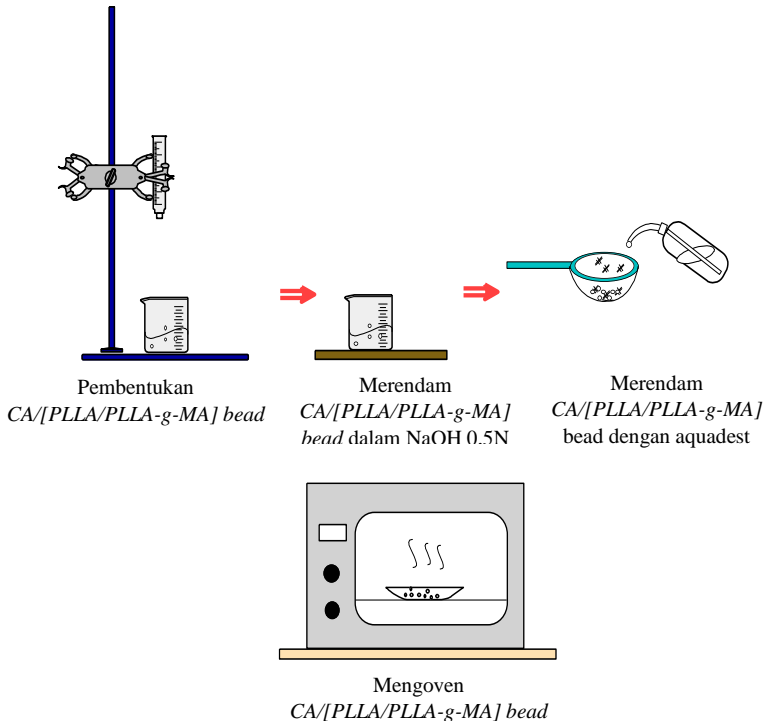
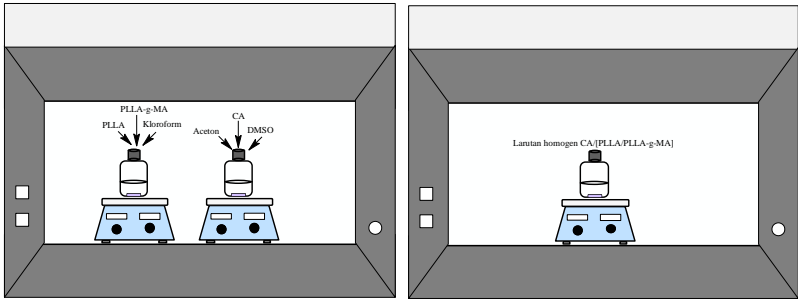
III.2 Skema Peralatan Penelitian



Gambar III.1 Skema Proses Pembuatan Kompatibilizer *PLLA-g-MA*



Gambar III.2 Skema Proses Pembuatan CA/PLLA Bead



Gambar III.3 Skema Proses Pembuatan
CA/[PLLA/PLLA-g-MA Bead]

Keterangan :

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1. Ruang Asam | 5. Suntikan |
| 2. <i>Hotplate</i> | 6. Corong |
| 3. <i>Stirrer</i> | 7. Botol pencuci |
| 4. <i>Beaker glass</i> | 8. Oven |

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Pembuatan Kompatibilizer *PLLA-g-MA*

1. Memanaskan toluen hingga suhu 60°C dalam labu leher tiga.
2. Memasukkan *PLLA* dan *MA* kedalam labu leher tiga
3. Mengaduk campuran dengan kecepatan 60 rpm pada suhu 60°C
4. Memasukkan *benzoyl peroxide* ke dalam campuran
5. Mengaduk campuran pada kecepatan 60 rpm hingga homogen (kurang lebih 6 jam)
6. menguapkan solven yang terkandung dalam kopolimer *PLLA-g-MA* dengan dipanaskan di dalam oven vakum pada suhu 80°C selama 2 jam.
7. Mencuci hasil kopolimer dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan *MA* yang tidak tergrafting pada *PLLA*.

III.3.2 Pembuatan *CA/PLLA Bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead*

1. Melarutkan *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* dengan pelarut kloroform dan mengaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50°C hingga homogen (\pm selama 2,5 jam). Di mana *PLLA/PLLA-g-MA* memiliki perbandingan rasio berat 90/10.
2. Mencampur *CA* dengan pelarut aseton dan DMSO dengan perbandingan 60% : 40%, mengaduk pada

- kecepatan 200 rpm dan suhu 50°C hingga homogen (\pm selama 2,5 jam).
3. Setelah *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* larut, menambahkan larutan *CA* dan kemudian memanaskan dan mengaduk pada suhu 50°C hingga homogen (\pm selama 24 jam) menggunakan *hotplate* hingga menjadi larutan homogen.
 4. Setelah terbentuk larutan homogen *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]*, memasukkan larutan ke dalam suntikan.
 5. Menyuntikkan larutan homogen *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* ke dalam *bath* koagulasi pada suhu ruang (29-30 °C), dimana jarak antara ujung suntikan dengan *bath* koagulasi dipertahankan pada 10 cm untuk mendapatkan ukuran *bead* yang seragam.
 6. Merendam *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* yang telah terbentuk dalam larutan NaOH 0,5 N sehari semalam untuk menghilangkan kandungan *acetate*.
 7. Mencuci *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* beberapa kali dengan menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral (diukur dengan *pH paper*).
 8. Mengeringkan *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* menggunakan oven pada suhu 60°C selama 16 jam
 9. Melakukan pengamatan *methylene blue* yang diadsorpsi oleh *bead* saat *equilibrium time*.
 10. Melakukan langkah 1-9 untuk setiap variabel penelitian.

III.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Variabel tetap

Variabel tetap yang digunakan adalah

- Perbandingan berat *PLLA/PLLA-g-MA* adalah 90/10.
- Suhu pada saat adsorpsi yaitu suhu ruang (29-30 °C).
- Konsentrasi *methylene blue* saat adsorpsi adalah 5 ppm sebanyak 50 mL.
- Dosis *bead* saat adsorpsi untuk setiap variabel adalah 0,3 gr.
- pH pada saat adsorpsi yaitu netral atau 7.
- Waktu pengamatan adsorpsi pada saat *equilibrium time* (36 jam).

2. Variabel tidak tetap

Variabel tidak tetap yang digunakan adalah

- Perbandingan antara *PLLA*, *MA*, *BPO*, dan *toluene* saat pembuatan kompatibilizer *PLLA-g-MA* yaitu

Material	Variabel 1	Variabel 2	Variabel 3	Variabel 4
<i>PLLA</i>	5 gram	5 gram	5 gram	5 gram
<i>MA</i>	0,5 gram	1 gram	0,5 gram	1 gram
<i>BPO</i>	0,1 gram	0,1 gram	0,2 gram	0,2 gram
<i>Toluene</i>	30 mL	30 mL	30 mL	30 mL

- Konsentrasi larutan campuran polimer yang digunakan yaitu 10% dan 15%.
- Perbandingan rasio berat *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* yaitu 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, dan 60/40.

III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian

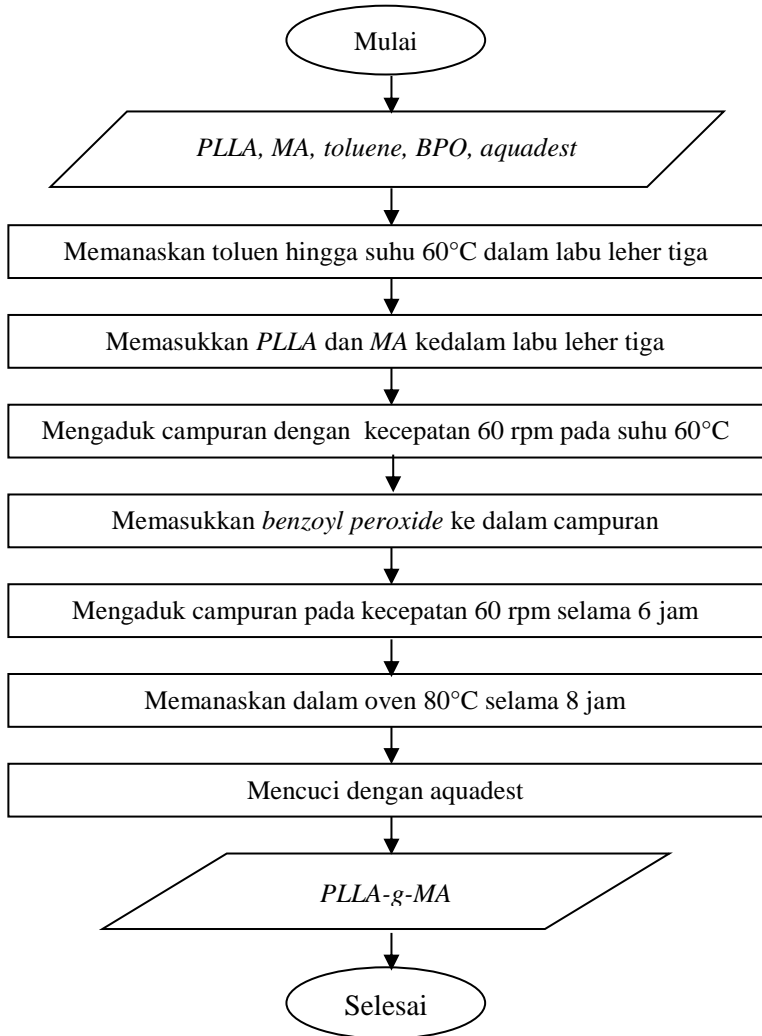
1. Uji morfologi *beads* (*SEM*)
SEM digunakan untuk mengetahui morfologi senyawa padatan dan komposisi unsur yang terdapat dalam suatu senyawa.
2. Uji ukuran pori (*BET*)
BET digunakan untuk karakterisasi permukaan suatu material yang meliputi *surface area SA* pori (m^2/g), diameter pori (*D*) dan volume pori ($\text{V}_{\text{pr,cc/g}}$).
3. Karakterisasi Analisa Gugus Fungsi (*FTIR*)
Spektroskopi *FTIR* (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan karakterisasi sampel yang bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. *FTIR* juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu.
4. Uji Adsorpsi *Bead* (Spektrofotometri *UV-VIS*)
Uji *UV-VIS*, dilakukan pada panjang gelombang serapan maksimum dari zat warna *methylene blue*, yaitu 666 nm. Untuk menghitung *q* (*Adsorption Capacities*) dan % *R* (% *removal*), digunakan persamaan sebagai berikut.

$$q = \frac{C_0 - C}{G} \times V$$
$$\% R = \frac{(C_0 - C) \times 100}{C_0}$$

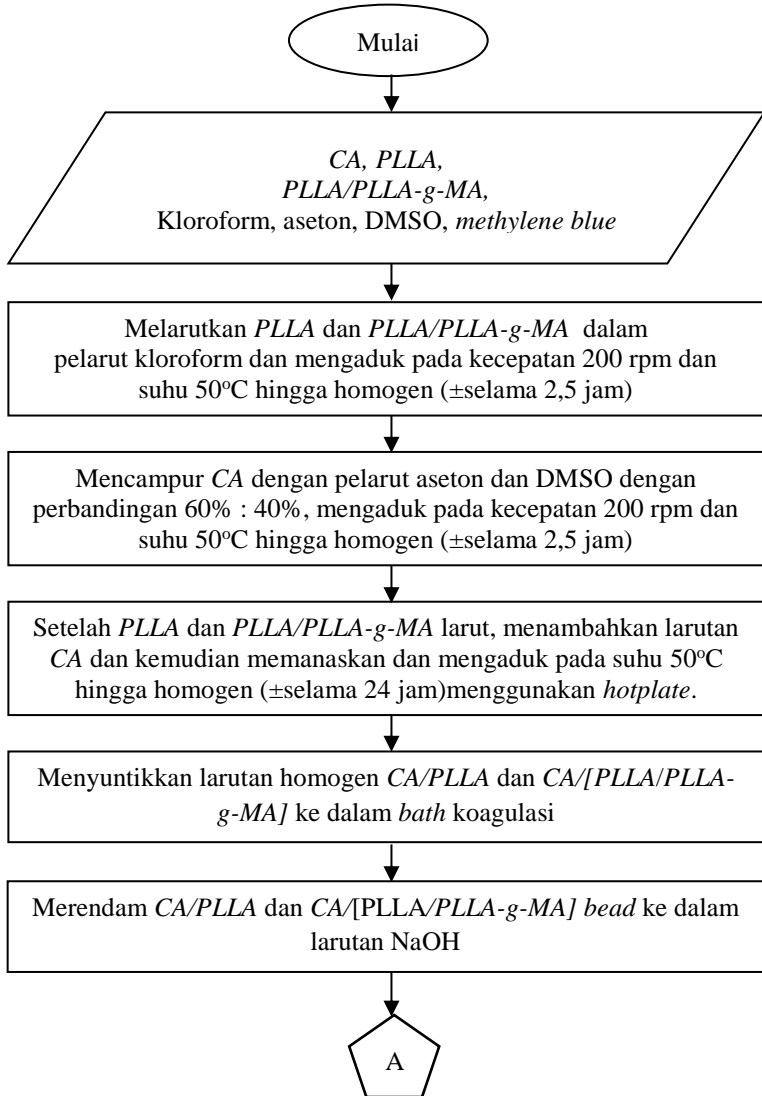
(Nasrullah, 2018)

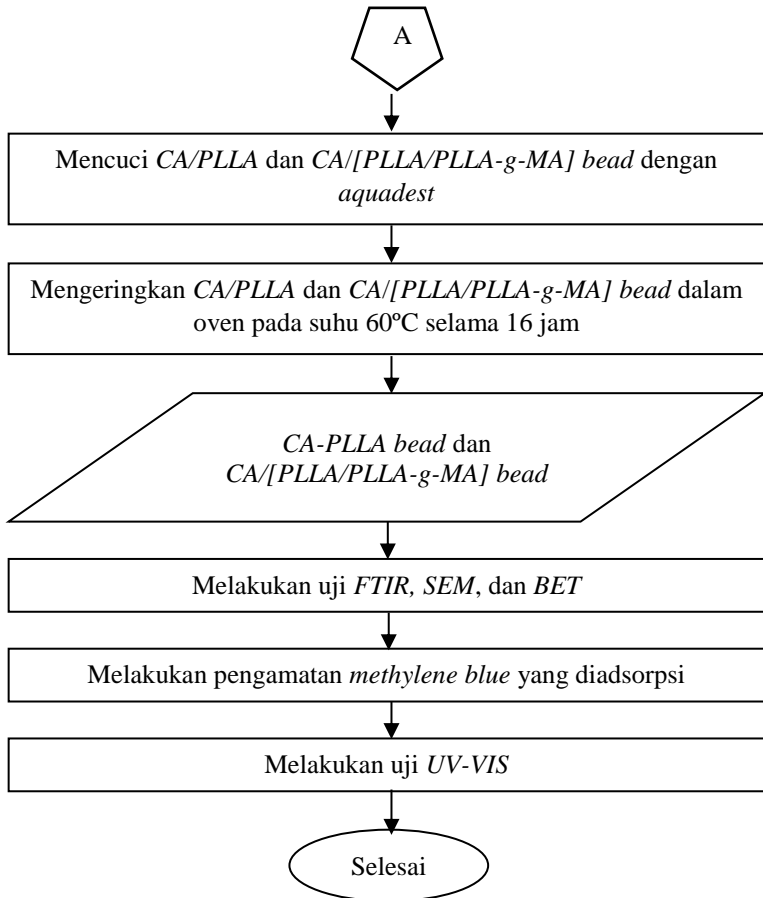
III.6 Blok Diagram Penelitian

III.6.1 Pembuatan Kompatibilizer *PLLA-g-MA*



III.6.2 Pembuatan *CA/PLLA Bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA Bead]*





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Poly(*L-Lactic Acid*)(*PLLA*) merupakan *biodegradable* polimer dari sumber daya terbarukan yang mempunyai sifat biokompatibilitas dan biodegradabilitas yang baik. Sedangkan, *Cellulose Acetate (CA)* merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan, di antaranya adalah mempunyai stabilitas terhadap suhu dan biokompatibiliti yang baik, sehingga *CA* dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan misalnya sebagai *absorbent bead* yang dapat menyerap zat warna. Dengan mempertimbangkan kelebihan dari masing-masing komponen, pencampuran *PLLA* dan *CA* diharapkan dapat menghasilkan material yang memiliki sifat unggul dan kinerja lebih baik sehingga dapat diaplikasikan secara luas. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, komposit *CA/PLLA* ini dapat dibentuk menjadi *bead* dan menunjukkan potensi yang baik untuk digunakan sebagai absorben *bead* dalam pemisahan zat warna. Akan tetapi *beads* dari komposit *CA/PLLA* masih belum menghasilkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* yang maksimal, hal ini dimungkinkan karena komposit *CA/PLLA* ini kurang kompatibel. Guna meningkatkan kompatibilitas antara *CA* dan *PLLA*, dalam penelitian ini juga dilakukan modifikasi pada permukaan *PLLA* dengan menambahkan kompatibilizer berupa *PLLA-g-MA*. Dengan ditamhkannya kompatibilizer tersebut, diharapkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* dari *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* *bead* yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan *CA/PLLA bead* tanpa modifikasi.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi larutan polimer, perbandingan rasio berat *CA/PLLA*, pengaruh morfologi, serta pengaruh penambahan kompatibilizer *PLLA-g-MA* terhadap kinerja adsorpsi *bead*. Dalam pembuatan *CA/PLLA bead*, pertama-tama *CA* dilarutkan ke dalam aseton dan *DMSO*, sedangkan *PLLA* dan *PLLA-g-MA* dilarutkan ke dalam

kloroform. Selanjutnya kedua larutan dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen pada kecepatan 200 rpm dan temperatur 50°C. Larutan *CA/PLLA* yang telah homogen kemudian disuntikkan ke dalam *bath* koagulasi untuk dibentuk menjadi *bead*. Pembuatan *bead* ini dilakukan dengan menggunakan suntikan, dengan diameter lubang $\pm 1,85$ mm, dan jarak antara lubang suntikan ke permukaan air adalah 10 cm.

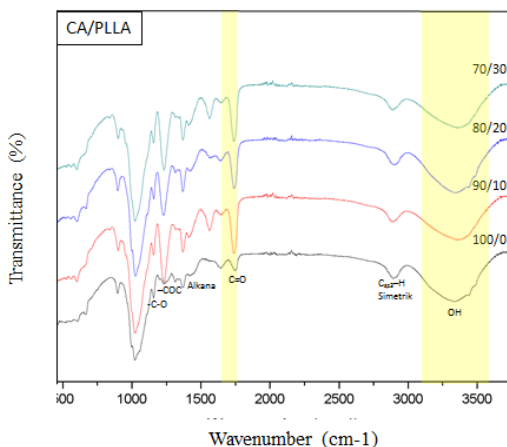
Pada waktu droplet larutan memasuki *bath* koagulasi terjadi suatu proses inversi fasa yaitu proses perubahan polimer dari fasa cair ke padat. Hal ini menyebabkan terjadinya proses *liquid-liquid demixing* yaitu pertukaran antara pelarut (aseton, DMSO, dan kloroform) dengan non-pelarut (air). Hal inilah yang menyebabkan terbentuknya pori pada *bead*. Adapun variabel yang berhasil untuk dibentuk menjadi *bead* antara lain; (i) *bead CA/PLLA* dengan konsentrasi larutan 10% dan perbandingan rasio 100/0, 90/10, 80/20, dan 70/30. (ii) *bead CA/PLLA* dengan konsentrasi larutan 15% dan perbandingan rasio 100/0, 90/10, 80/20, dan 70/30. (iii) *bead CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dengan konsentrasi larutan 10% dan perbandingan rasio 100/0, 90/10, 80/20, dan 70/30. (iv) *bead CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dengan konsentrasi larutan 15% dan perbandingan rasio 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, dan 60/40. *Bead* dengan variabel *CA/PLLA* 60/40 konsentrasi 10%, *CA/PLLA* 60/40 konsentrasi 15%, *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* 60/40 konsentrasi 10% tidak berhasil untuk disintesis. Hal ini disebabkan karena larutan polimer pada variabel tersebut terlalu encer sehingga tegangan permukaan yang dihasilkan oleh *droplet* menjadi terlalu rendah dan tidak stabil. Hal ini menyebabkan *droplet* menjadi pecah ketika menyentuh permukaan *bath* koagulasi (Gericke, 2013).

Bead yang sudah terbentuk kemudian direndam ke dalam larutan NaOH 0,5 N untuk menghilangkan kandungan asetat pada *bead* dan selanjutnya dioven selama 16 jam pada suhu 60°C. Beberapa analisa dilakukan pada penelitian ini, yaitu uji karakterisasi analisa gugus fungsi dengan menggunakan *FTIR*, uji morfologi *bead* dengan menggunakan *SEM*, karakterisasi

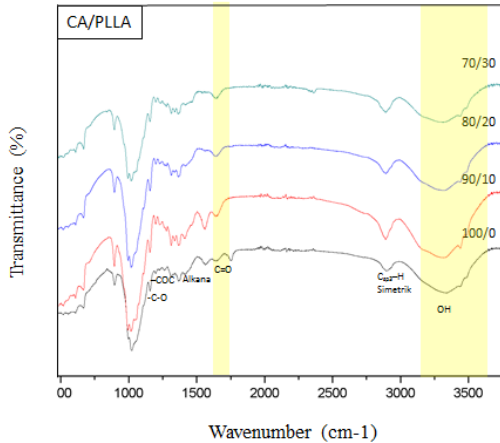
permukaan dan pori *bead* dengan menggunakan *BET*, dan yang terakhir adalah uji adsorpsi dengan *methylene blue* sebagai bahan yang diserap di mana konsentrasi larutan yang tersisa akan diukur dengan spektrofotometri *UV-VIS*.

IV.1 Analisa *FTIR* (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*)

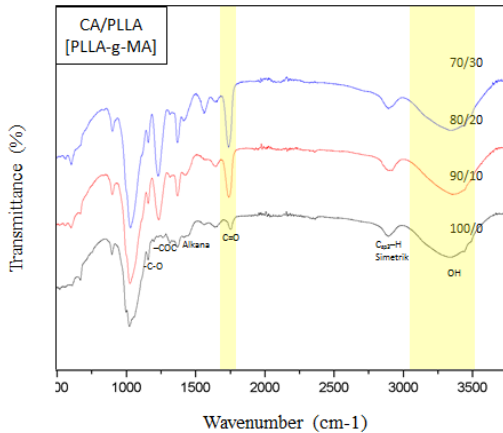
Analisa *FTIR* pada penelitian ini dilakukan terhadap sampel *bead*. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui apakah sampel *bead* yang telah dihasilkan menunjukkan kesesuaian terhadap variasi jumlah *PLLA* yang ditambahkan. Analisa dilakukan melalui penginterpretasian gugus fungsi yang terkandung pada sampel dalam bentuk puncak serapan yang dihasilkan pada spektrum inframerah *FTIR*.



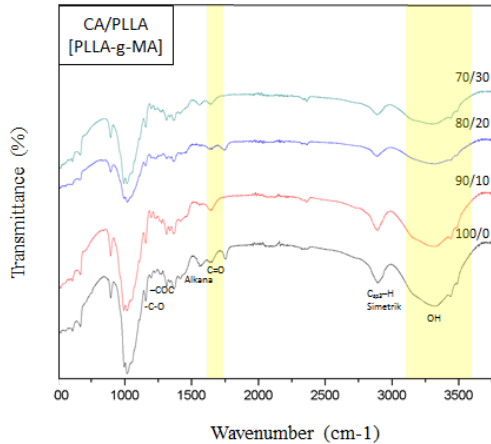
Gambar IV.1 Hasil Analisa *FTIR* (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) CA/PLLA *bead* konsentrasi larutan 10%



Gambar IV.2 Hasil Analisa *FTIR* (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 15%



Gambar IV.3 Hasil Analisa *FTIR* (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 10%



Gambar IV.4 Hasil Analisa *FTIR* (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* bead konsentrasi larutan 15%

Berdasarkan literatur, *CA* dapat dianalisa berdasarkan kemunculan puncak-puncak serapan pada daerah panjang gelombang sebagai berikut :

Tabel IV.1 Daerah panjang gelombang serapan dari gugus fungsi yang terkandung di dalam *CA*

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)
-OH	3200-3600
C _{sp³} -H metil simetrik	2850-2970
C=O ester	1735-1750
-C-O asetil	1000-1300

(Souhoka, 2018)

Gugus fungsi yang diperoleh pada spektrum *FTIR* masing-masing sampel *bead* menyerupai gugus fungsi yang dimiliki spektrum *FTIR* yang diperoleh dari referensi. Hal ini membuktikan keberadaan *CA* di dalam sampel *bead*. Terlihat pada hasil analisa teramati perbedaan yang cukup signifikan antara hasil spektra

FTIR sampel dengan konsentrasi larutan polimer 10% dan sampel dengan konsentrasi larutan 15%.

Berdasarkan literatur, *PLLA* dapat dianalisa berdasarkan kemunculan puncak-puncak serapan pada daerah panjang gelombang sebagai berikut :

Tabel IV.2 Daerah panjang gelombang serapan dari gugus fungsi yang terkandung di dalam *PLLA*

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)
-OH (Hidroksil)	3200-3600
C _{sp3} -H alkana	1430-1520
C=O ester (Karbonil)	1735-1750
C-O-C	1230-1250

(Johnner, 2016)

Pembacaan *FTIR* menunjukkan masing-masing sampel *bead* yang telah disintesis memiliki gugus fungsi yang mirip dengan gugus fungsi *PLLA* sesuai dengan referensi. Puncak serapan gugus karbonil (C=O) mengalami peningkatan intensitas seiring dengan peningkatan jumlah *PLLA* yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa *blending* yang dilakukan antara komponen *CA* dan *PLLA* berhasil dilakukan. Akan tetapi puncak serapan gugus karbonil (C=O) mengalami penurunan intensitas seiring dengan peningkatan konsentrasi. Hal ini dimungkinkan dikarenakan proses de-asetilisasi pada *CA* yang belum sempurna pada konsentrasi 10% sehingga masih menyisakan gugus karbonil pada sampel *bead* yang dihasilkan (Witthayaprapakorn, 2015). Dapat diperhatikan dari hasil analisa *FTIR* diperoleh bahwa puncak serapan untuk gugus fungsi -OH memiliki area yang makin landai seiring dengan kenaikan jumlah *PLLA* yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah *PLLA* yang ditambahkan akan meningkatkan interaksi antar *PLLA* dan *CA*, dimana interaksi yang terjadi merupakan interaksi antara gugus fungsi hidroksil (-OH) pada *CA* yang berikatan secara hidrogen dengan gugus fungsi karbonil (C=O) pada *PLLA* (Witthayaprapakorn, 2015). Hal ini

juga terjadi seiring dengan penambahan biokompatibilizer *PLLA-g-MA*.

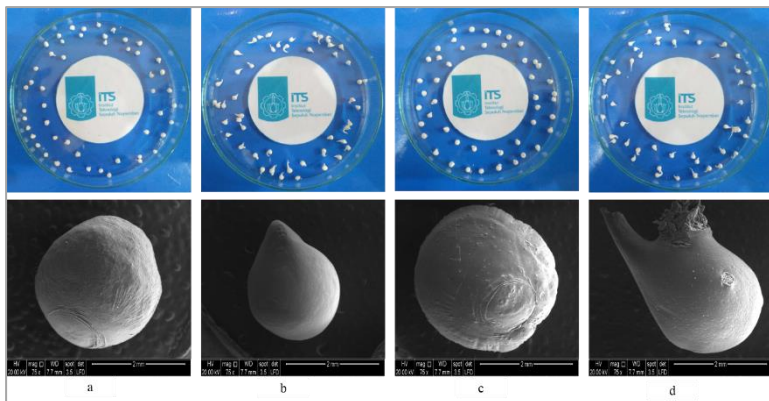
Untuk pembuktian keberadaan *MA* dapat diinterpretasikan melalui gugus C=O dari cincin anhidrida pada panjang serapan 1850 cm^{-1} (Detyothin, 2013). Akan tetapi puncak serapan tersebut tidak terlalu terlihat dikarenakan jumlah *MA* yang ditambahkan sangat kecil. Hal ini juga mungkin disebabkan puncak serapan tertutupi oleh puncak serapan dari gugus fungsi hidroksil (-OH) yang sangat curam. Selanjutnya, *MA* yang belum ter-*grafting* ke dalam *PLLA* memiliki gugus fungsi C=C yang diinterpretasikan dengan puncak serapan pada panjang gelombang 1650 cm^{-1} , di mana ketiadaan puncak serapan pada panjang gelombang tersebut dari hasil analisa *FTIR* yang didapat menunjukkan bahwa *MA* telah ter-*grafting* ke dalam *PLLA* (Detyothin, 2013). Hal ini disebabkan oleh gugus C=C pada *MA* yang memutuskan ikatan rangkap untuk berikatan dengan rantai aktif *PLLA* membentuk *PLLA-g-MA*.

IV.2 Bentuk dan Distribusi Ukuran *Bead*

Berdasarkan pengamatan terhadap bentuk fisik *bead* yang dilakukan, pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* *bead* dengan konsentrasi larutan polimer 10% memiliki bentuk yang lebih bulat dibandingkan *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* *bead* dengan konsentrasi larutan 15% yang berekor, bahkan menyerupai tetesan air.

Gericke, dkk (2013) menyatakan bahwa bentuk dari *bead* yang dibuat dengan teknik *dropping* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan saat jatuh, ketinggian, dan juga viskositas dari larutan. Berdasarkan pernyataan tersebut, karena pada penelitian yang dilakukan ketinggian jatuh dari droplet telah diatur sedemikian rupa, maka faktor yang berpengaruh adalah viskositas, dimana larutan dengan konsentrasi 15% memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan larutan dengan konsentrasi 10%. Karena lebih viskos (lebih pekat), maka larutan *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dengan konsentrasi 15% saat keluar dari

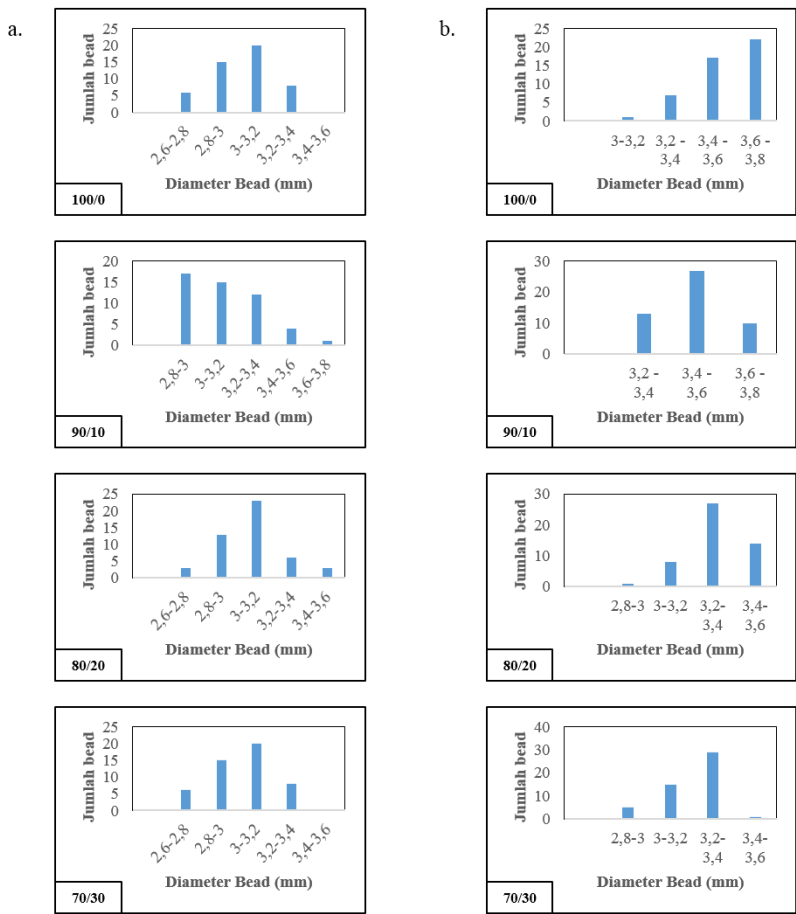
ujung suntikan tidak langsung jatuh ke *bath* koagulasi, tetapi menempel dahulu pada dinding suntikan sehingga menyebabkan kecepatan jatuh dari *droplet* lebih lambat dan terbentuk ekor pada *bead*.



Gambar IV.5 Tampak Utuh *Bead* dan Hasil *Scanning Electro Microscope (SEM)* Perbesaran 75 kali: (a) *CA/PLLA bead* (90/10) konsentrasi larutan 10%; (b) *CA/PLLA bead* (90/10) konsentrasi larutan 15%; (c) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]bead* (90/10) konsentrasi larutan 10%; (d) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* (90/10) konsentrasi larutan 15%;

Sesuai gambar IV.5, *bead* yang terbentuk pada konsentrasi larutan 15% tidak berbentuk bulat sempurna, tetapi menyerupai tetesan air, maka pengukuran diameter *bead* dengan konsentrasi larutan polimer 15% ini dilakukan pada bagian dasar *bead* yang memiliki diameter cenderung bulat.

Diameter rata-rata *bead* ditentukan dengan mengukur diameter dari 50 buah *bead* untuk setiap variabel. Diameter *bead* diukur dengan menggunakan jangka sorong yang memiliki ketelitian 0,02 mm. Untuk lebih lengkapnya berikut adalah grafik yang menyatakan distribusi ukuran dari 50 buah *bead* yang diukur untuk tiap variabelnya.

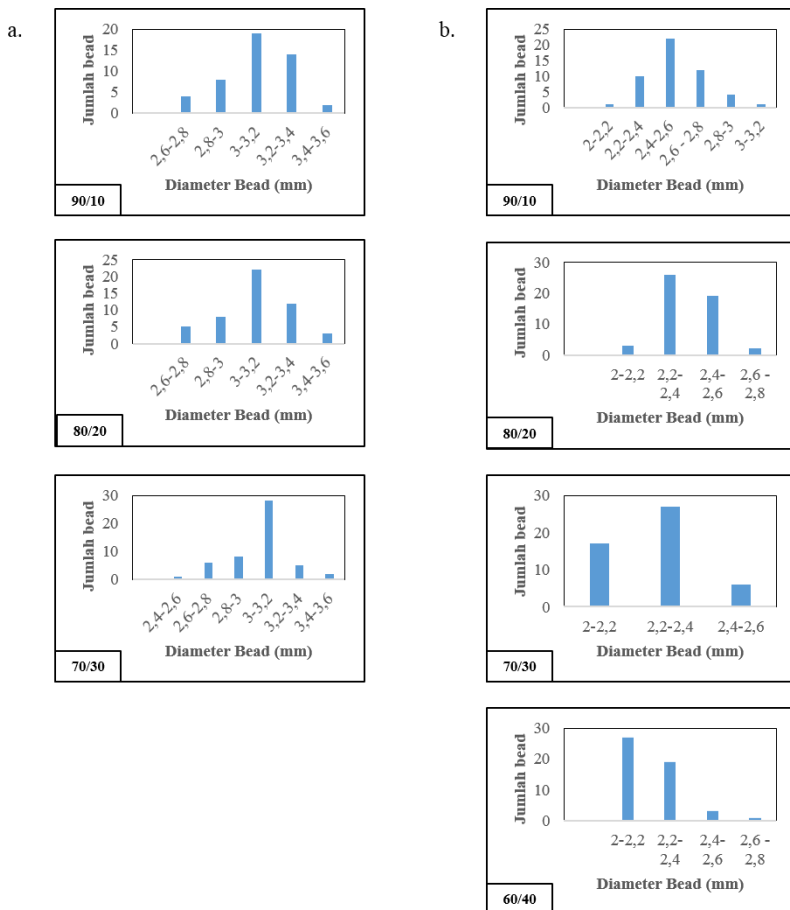


Gambar IV.6 Grafik Distribusi Ukuran *Bead* : (a) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 10%; (b) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 15%

Berdasarkan grafik IV.6 dapat diketahui bahwa *CA/PLLA bead* yang dihasilkan memiliki *range* diameter 2,6-3,8 mm, yang mana telah sesuai dengan literatur. Menurut Gericke, dkk (2013) sebagian besar *cellulose bead* memiliki *range* diameter 10 μ m

sampai dengan 2 - 3mm. Ukuran dari diameter *bead* yang memiliki *range* tidak terlalu jauh ini (hampir seragam), dipengaruhi oleh ukuran suntikan yang digunakan pada pembuatan *bead* di setiap variabel adalah sama. Menurut penelitian yang dilakukan Von, dkk (2015) diketahui bahwa diameter *cellulose bead* berbanding lurus dengan ukuran suntikan yang digunakan.

Sedangkan untuk $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar IV.7 Grafik Distribusi Ukuran $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ Bead :

- (a) $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ konsentrasi larutan 10%;
 (b) $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ konsentrasi larutan 15%

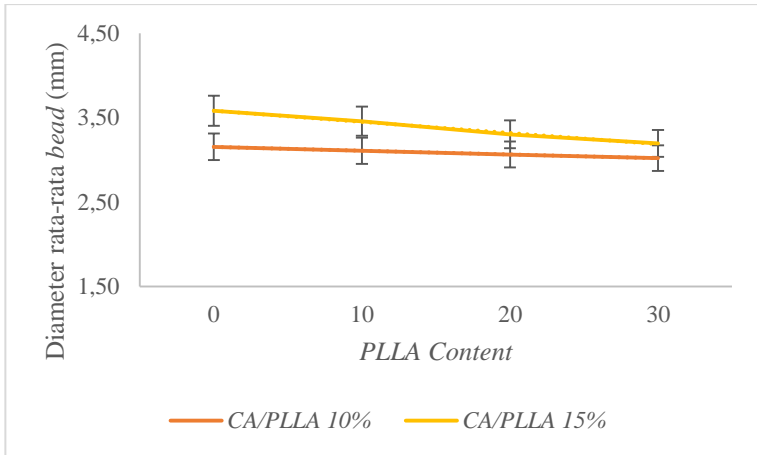
Berdasarkan gambar IV.7, *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan *CA/PLLA bead*, dimana *range* diameter dari *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* adalah 2-3,2 mm. Berdasarkan percobaan yang dilakukan, diketahui bahwa kompatibilizer *PLLA/PLLA-g-MA* ternyata larut dalam larutan NaOH 0,5 N yang digunakan untuk merendam *bead* saat proses saponifikasi. Hilangnya *PLLA/PLLA-g-MA* karena larut dalam NaOH 0,5 N inilah yang menyebabkan ukuran dari *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* lebih kecil dibandingkan *CA/PLLA bead*.

Setelah mengukur diameter dari 50 *bead* untuk tiap variabel, berikutnya dihitung pula diameter rata-rata untuk tiap variabel.

Tabel IV.3 Diameter Rata-rata *CA/PLLA Bead*

Varibel	Diameter rata-rata (mm)	
	10%	15%
100/0	3,16 ± 0,21	3,58 ± 0,17
90/10	3,11 ± 0,22	3,46 ± 0,13
80/20	3,06 ± 0,21	3,30 ± 0,14
70/30	3,02 ± 0,18	3,20 ± 0,13

Berdasarkan tabel IV.3 dapat diketahui pada *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 10% maupun 15%, semakin banyak *PLLA*, semakin kecil ukuran *bead* yang dihasilkan.



Gambar IV.8 Grafik Diameter Rata-rata *CA/PLLA Bead*

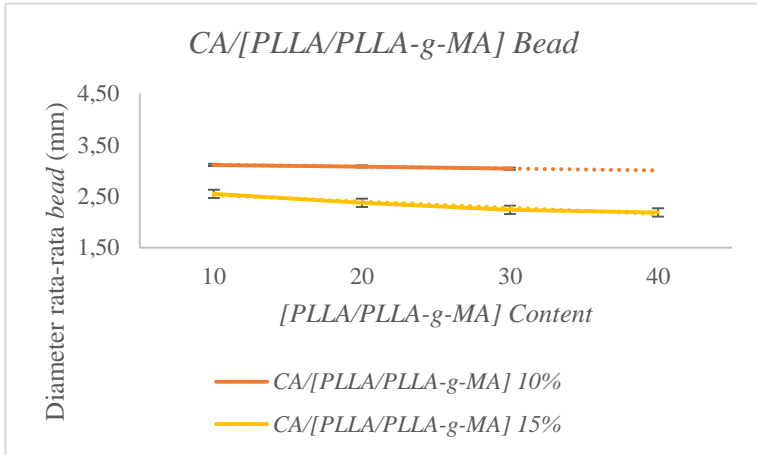
Selain itu, berdasarkan gambar IV.8 dapat diketahui bahwa *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 10% memiliki diameter rata-rata yang lebih kecil dibandingkan *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 15%.

Tabel IV.4 Diameter Rata-rata *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead*

Varibel	Diameter rata-rata (mm)	
	10 wt %	15 wt %
90/10	3,11 ± 0,22	2,55 ± 0,18
80/20	3,08 ± 0,20	2,38 ± 0,12
70/30	3,04 ± 0,20	2,24 ± 0,14
60/40	-	2,19 ± 0,14

Sama halnya dengan *CA/PLLA bead*, berdasarkan data tabel IV.4 dapat dilihat bahwa pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* juga menunjukkan kecenderungan yang sama, dimana diameter *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* untuk konsentrasi larutan 10% dan 15%, semakin banyak *PLLA* yang ditambahkan maka ukuran dari *bead* semakin mengecil. Hal ini disebabkan karena penambahan *PLLA* menyebabkan larutan menjadi semakin viskos dan kecepatan jatuh dari droplet pun semakin cepat. Wang (2014) menyebutkan

bahwa ukuran dari *droplet* akan menurun seiring dengan peningkatan kecepatan jatuh dari larutan campuran.



Gambar IV.9 Grafik Diameter Rata-rata $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ Bead

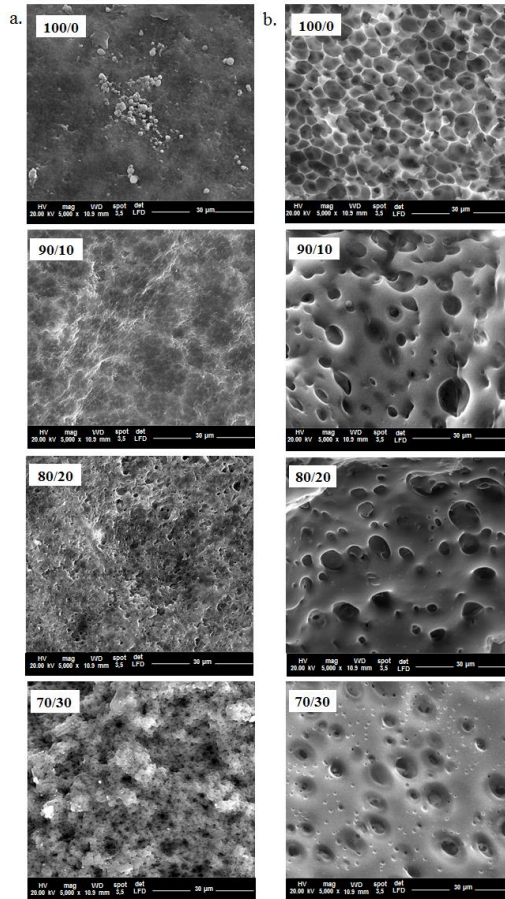
Namun, berbeda dengan $CA/PLLA$ bead, berdasarkan gambar IV.9 dapat diketahui bahwa diameter $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead dengan konsentrasi larutan 10% justru lebih besar dibandingkan $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead dengan konsentrasi larutan 15%.

IV.3 Analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*)

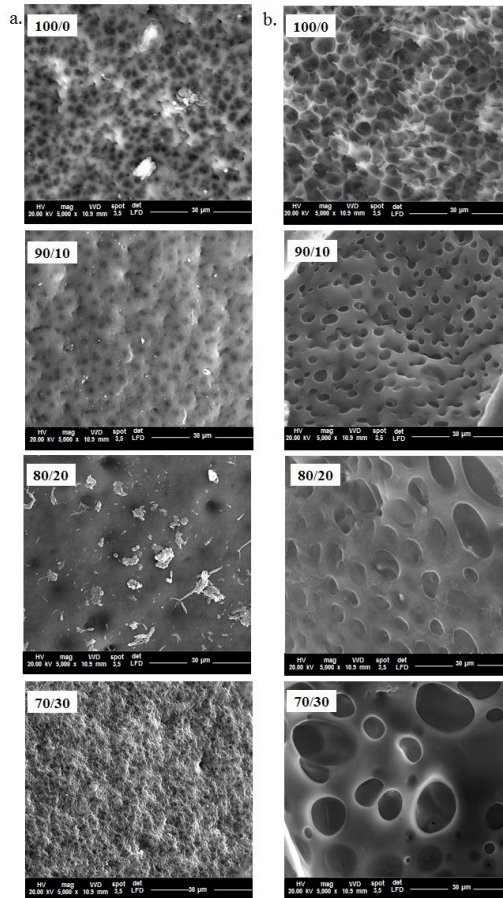
Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi larutan polimer, perbandingan rasio berat $CA/PLLA$, serta penambahan kompatibilizer $PLLA-g-MA$ pada $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead terhadap morfologi bead. Analisa SEM dilakukan dengan menggunakan perbesaran tertentu.

Gambar IV.10 (a) merupakan penampakan bagian permukaan $CA/PLLA$ bead dengan konsentrasi 10% pada perbesaran 5000 kali. Gambar IV.10 (b) merupakan penampakan

potongan bagian dalam *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 10% pada perbesaran 5000 kali. Terlihat pada gambar IV.10 (a) bahwa pada *CA/PLLA bead* dengan perbandingan jumlah *PLLA* lebih kecil, memiliki permukaan yang lebih halus dibandingkan dengan *bead CA/PLLA* yang memiliki perbandingan *CA* lebih besar. Hal ini dikarenakan terdapatnya partikel aglomerat *PLLA* pada permukaan *bead* yang membuktikan bahwa campuran masih kurang kompatibel. Pada *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 70/30 memiliki struktur yang lebih kasar yang disebabkan oleh makin banyaknya partikel *PLLA* yang terdapat pada permukaan *bead* (Whittayaprapakorn, 2015). Terlihat pada gambar IV.1 (b) bahwa terdapat pori-pori berbentuk *conical* pada patahan bagian dalam *bead* di mana hal ini sesuai dengan sifat dari *Cellulose Acetate (CA)* yang memiliki porosifitas tinggi (Gericke, 2013). Berdasarkan gambar dapat diketahui bahwa penambahan jumlah *PLLA* berbanding lurus dengan peningkatan ukuran pori dan penurunan jumlah pori dari *bead*, terlihat dari gambar untuk *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 90/10 memiliki ukuran pori yang paling kecil, dan dari gambar untuk *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 70/30 memiliki ukuran pori yang paling besar. Hal ini disebabkan oleh sifat *CA* yang memiliki porosifitas lebih tinggi dibandingkan dengan *PLLA*, sehingga penambahan jumlah *PLLA* menyebabkan penurunan sifat porosifitas pada *bead* yang berkaitan dengan penurunan jumlah pori.



Gambar IV.10 Hasil Analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) *CA/PLLA bead* dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 10% (b) Potongan bagian dalam *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 10%



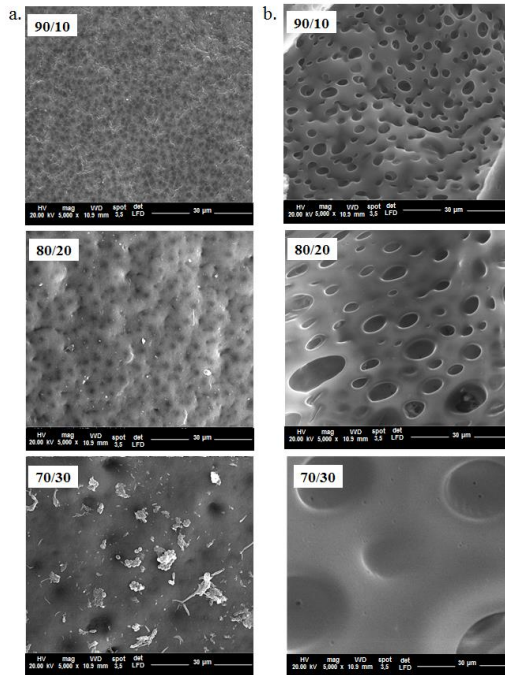
Gambar IV.11 Hasil Analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) *CA/PLLA bead* dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 15% (b) Potongan bagian dalam *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 15%.

Dari gambar IV.11 (a), dan IV.11 (b) yang merupakan hasil analisa SEM untuk *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 15% dengan perbesaran 5000 kali memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil analisa untuk *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi 10%. Terlihat pada gambar IV.11 (a) untuk bagian permukaan *bead* memiliki struktur yang lebih kasar dan berongga seiring dengan peningkatan jumlah *PLLA* yang ditambahkan. Selanjutnya penambahan jumlah *PLLA* berbanding lurus dengan peningkatan ukuran pori dan penurunan jumlah pori pada patahan bagian dalam *bead*, terlihat dari gambar untuk *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 90/10 memiliki ukuran pori yang paling kecil, sedangkan *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 70/30 memiliki ukuran pori yang paling besar.

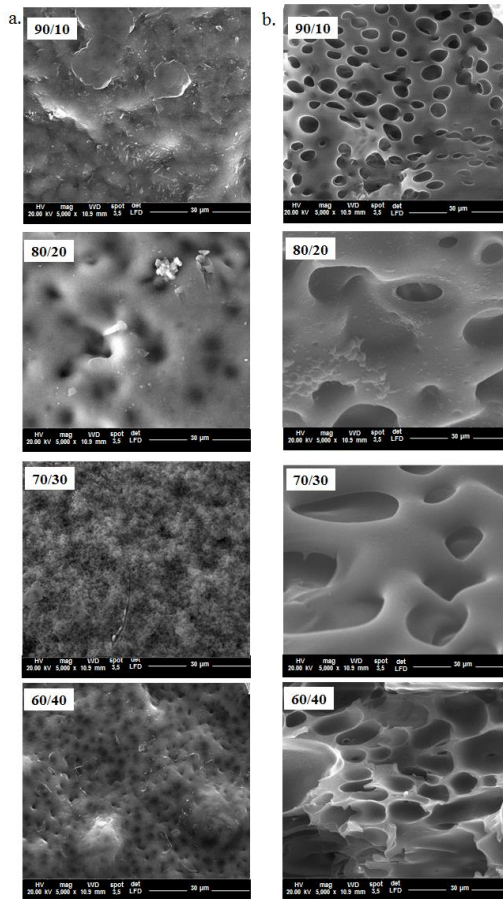
Dari hasil SEM pada gambar IV.10 (a) dan IV.10 (b) untuk *CA/PLLA bead* konsentrasi 10% serta gambar IV.11 (a) dan IV.11 (b) untuk *CA/PLLA bead* konsentrasi 15% dapat diperoleh perbandingan morfologi *bead* dari kedua konsentrasi. Dari gambar dapat diketahui bahwa peningkatan konsentrasi *bead* berbanding lurus dengan penurunan ukuran pori-pori dari *bead*. Hal ini dapat dilihat dengan jelas melalui gambar untuk *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 90/10 konsentrasi 10% yang memiliki jumlah pori lebih sedikit serta ukuran pori yang lebih besar dibandingkan dengan gambar untuk *CA/PLLA bead* dengan perbandingan rasio 90/10 konsentrasi 15%. Penurunan ukuran pori seiring dengan peningkatan konsentrasi polimer dikarenakan pada konsentrasi yang lebih tinggi polimer lebih mengisi bagian *bead* sehingga pori yang dihasilkan ukurannya menjadi semakin kecil dan struktur menjadi lebih padat (Gericke, 2013).

Gambar IV.12 (a) merupakan penampakan bagian permukaan *bead CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dengan konsentrasi 10% ; IV.12 (b) merupakan penampakan potongan bagian dalam *bead CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dengan konsentrasi 10% . Dari gambar IV.12 (a) terlihat bahwa permukaan *bead* yang sudah dimodifikasi dengan kompatibilizer menunjukkan struktur yang lebih halus dengan lebih sedikit aglomerat dibandingkan dengan *bead* tanpa

modifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *PLLA-g-MA* pada *CA/PLLA bead* dapat meningkatkan kompatibilitas dari *bead* yang dihasilkan. Dari gambar IV.12 (b) terlihat bahwa *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* memiliki struktur yang lebih uniform dibandingkan dengan *CA/PLLA bead*. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kompatibilitas dari larutan setelah penambahan *maleic anhydride*. Peningkatan kompatibilitas larutan berkaitan dengan peningkatan ikatan hidrogen pada rantai polimer yang menyebabkan komponen penyusun menjadi lebih kompatibel dan saling mengisi. Hal ini memungkinkan molekul didistribusikan lebih merata sehingga menyebabkan peningkatan keseragaman (Hwang, 2011).



Gambar IV.12 Hasil Analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) dengan perbesaran 5000 kali: (a) Permukaan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* bead dengan konsentrasi 10% (b) Potongan bagian dalam *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* bead dengan konsentrasi 10%



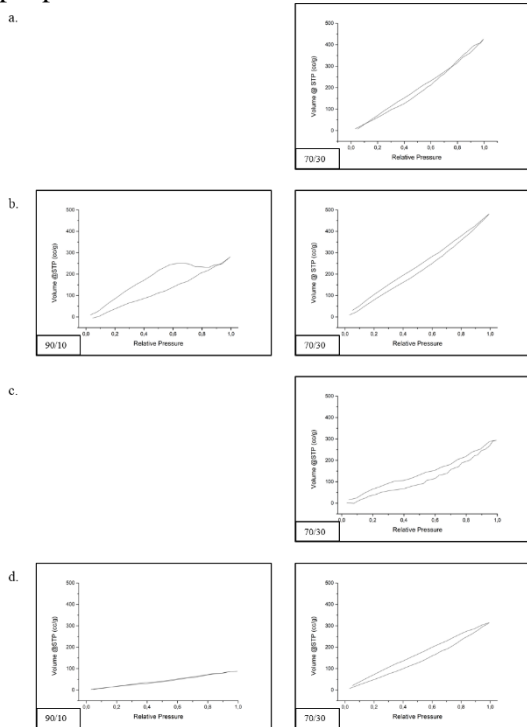
Gambar IV.13 Hasil Analisa SEM (*Scanning Electro Microscopy*) dengan perbesaran 5000 kali : (a) Permukaan *bead* CA/PLLA(PLLA-*g*-MA) dengan konsentrasi 15% (b) Potongan bagian dalam CA/PLLA(PLLA-*g*-MA) *bead* dengan konsentrasi 15%

Gambar IV.13 (a) merupakan penampakan bagian permukaan $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead dengan konsentrasi 15% ; IV.4 (b) merupakan penampakan potongan bagian dalam $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ bead dengan konsentrasi 15%. Dari gambar tersebut, terlihat kecenderungan yang dihasilkan sama seperti pada bead $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$ dengan konsentrasi 10%

Dari hasil analisa SEM yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbandingan rasio berat $CA/PLLA$ dan $CA/[PLLA/PLLA-g-MA]$, konsentrasi larutan polimer, serta penambahan kompatibilizer $PLLA-g-MA$ memiliki pengaruh terhadap morfologi dari bead yang dihasilkan. Peningkatan rasio jumlah $PLLA$ yang ditambahkan berbanding lurus dengan peningkatan ukuran pori pada struktur bagian dalam bead, serta meningkatkan kekasaran dan aglomerat yang terdapat pada permukaan bead. Selanjutnya peningkatan konsentrasi dari larutan polimer berbanding lurus dengan penurunan ukuran pori pada bagian dalam bead. Adapun penambahan kompatibilizer $PLLA-g-MA$ menghasilkan struktur permukaan bead yang lebih halus dengan lebih sedikit aglomerat dan menghasilkan bagian dalam bead yang lebih uniform.

IV.4 Analisa *BET* (*Brunauer, Emmett and Teller*)

Analisa *BET* dilakukan terhadap sampel *bead* untuk mengetahui *surface area BET*, diameter, serta volume dari pori yang terdapat pada *bead*.



Gambar IV.14 Grafik Isotermis Adsorpsi/Desorpsi *Bead* : (a) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 10%; (b) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 15%, (c) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* konsentrasi larutan 10%; (d) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* konsentrasi larutan 15%.

Gambar IV.14 merupakan grafik isotermis adsorpsi/desorpsi nitrogen dari *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*, dimana berdasarkan IUPAC

menunjukkan bahwa seluruh variabel tersebut termasuk dalam tipe IV. Material pada tipe ini identik dengan material yang bersifat *mesoporous*. *Mesoporous* merupakan salah satu tipe pori yang memiliki ukuran diameter antara 2-50 nm.

Konsentrasi larutan dan perbandingan rasio berat *CA/PLLA* serta *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* dalam *bead* berpengaruh pada diameter, volume, dan *surface area* dari *bead*. Hubungan tersebut dapat dilihat dalam tabel IV.4 berikut.

Tabel IV.4 Hasil analisa BET

Variabel	<i>CA/PLLA Bead</i>						<i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead</i>					
	10%			15%			10%			15%		
	D _p	V _p	S _{BET}	D _p	V _p	S _{BET}	D _p	V _p	S _{BET}	D _p	V _p	S _p
90/10	-	-	-	1,34	0,43	1.293,67	-	-	-	4,32	0,14	125,16
70/30	4,21	0,66	625,34	2,82	0,75	1.056,59	7,87	0,45	230,89	4,48	0,49	434,29

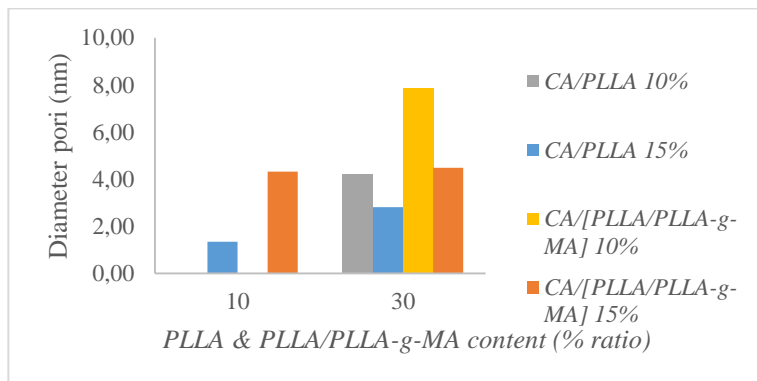
Keterangan : D_p (Diameter pori, nm), V_p (Volume pori, cm³gr⁻¹), S_{BET} (*Surface Area* BET, m²g⁻¹)

Berdasarkan tabel IV.4 pada *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 15%, semakin banyak jumlah *PLLA* yang ditambahkan maka semakin besar diameter dari pori. Dimana hasil ini juga didukung data hasil analisa *SEM* pada sub bab IV.3. Hasil yang sama juga didapatkan pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* pada konsentrasi larutan 15%.

Kenaikan diameter pori ini berbanding lurus dengan peningkatan total volume dari pori. Namun, kenaikan diameter pori justru berbanding terbalik dengan *surface area* pori. Hal ini disebabkan karena sesuai hasil analisa *SEM*, peningkatan jumlah *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* yang ditambahkan berbanding lurus dengan ukuran pori, tetapi berbanding terbalik dengan jumlah pori pada *bead*. Berkurangnya jumlah pori dalam *bead*, setelah

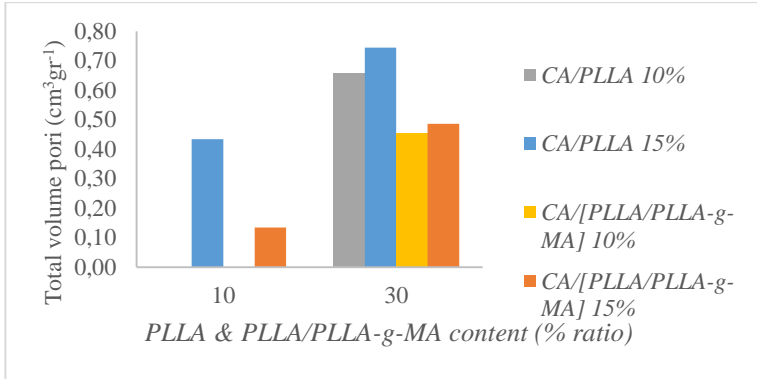
penambahan *PLLA* dan *PLLA-g-MA* inilah yang menyebabkan turunnya *total surface area* pori.

Untuk lebih jelasnya dapat diamati melalui grafik IV.16, IV.17, IV.18 di bawah ini.



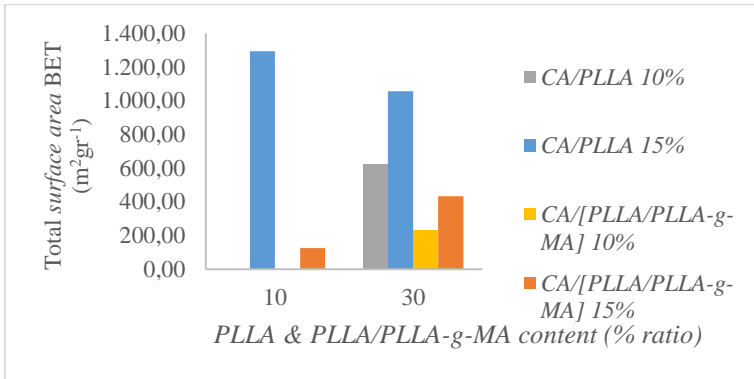
Gambar IV.15 Grafik Pengaruh Penambahan *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* terhadap Diameter Pori

Berdasarkan gambar IV.15 terlihat dengan jelas bahwa pada *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 15% dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 15%, semakin banyak *PLLA* dan *PLLA-g-MA* yang ditambahkan, diameter pori semakin meningkat. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 15% memiliki diameter pori lebih besar dibandingkan *CA/PLLA bead*.



Gambar IV.16 Grafik Pengaruh Penambahan *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* terhadap Total Volume Pori

Sama halnya dengan diameter pori, total volume pori berbanding lurus dengan jumlah *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* yang ditambahkan. Namun, dari gambar IV.15 berbeda halnya dengan diameter, total volume pori *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 15% justru lebih besar dibandingkan dengan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 15%. Hal ini bisa disebabkan meskipun diameter *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* lebih besar dibandingkan *CA/PLLA bead*, tetapi kedalaman dari porinya lebih kecil.



Gambar IV.17 Grafik Pengaruh Penambahan *PLLA* dan *PLLA/PLLA-g-MA* terhadap Total Surface Area Pori

Berdasarkan grafik IV.17 dapat diketahui bahwa semakin banyak *PLLA* yang ditambahkan, *total surface area* pori dari *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 15% akan menurun. Penurunan tersebut dapat disebabkan karena sesuai dengan gambar IV.15, diameter *bead* meningkat seiring penambahan *PLLA*. Peningkatan diameter yang disertai penurunan jumlah pori, sesuai dengan hasil analisa *SEM* pada sub bab IV.3 inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan *total surface area BET*. Namun, berbeda dengan *CA/PLLA bead*, pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*, justru terjadi sebaliknya, penambahan jumlah *PLLA/PLLA-g-MA* pada *bead* yang meningkatkan diameter pori, juga disertai dengan peningkatan *surface area*. Hasil *BET* untuk *total surface area CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 15% ini kurang sesuai dengan hasil analisa *SEM* yang didapat. Perbedaan tren ini bisa disebabkan karena dalam penentuan *surface area BET*, bukan hanya *surface area* dari pori saja yang diukur, melainkan seluruh permukaan *bead* yang terkena gas N_2 saat analisa. Sehingga, jarak antarpori dan juga ukuran *bead* juga mempengaruhi nilai *surface area BET*. Hal inilah yang menyebabkan nilai dari *surface area* ini cenderung fluktuatif. Untuk mendapatkan hasil yang lebih jelas,

akan dilakukan analisa *BET* lagi, untuk beberapa sampel *bead* dengan variabel lainnya.

IV.5 Adsorpsi *Methylene Blue*

Untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dari tiap variabel, dilakukan uji *UV-VIS* menggunakan spektrofotometer *UV-VIS GENESYS 10S*. Adapun *pre-treatment* yang dilakukan adalah *bead* yang telah jadi dioven pada suhu 60°C selama 16-24 jam, hingga tidak mengandung air. Kemudian *bead* telah dioven, ditimbang sebanyak 0,3 gram untuk tiap variabelnya dan direndam dalam 50 ml larutan *methylene blue* konsentrasi 5 ppm selama 36 jam yang merupakan *equilibrium time*, dimana konsentrasi penyerapan *methylene blue* oleh *bead* sudah maksimal. Adapun panjang gelombang yang digunakan pada analisa *UV-VIS* ini adalah 666 nm.

Proses adsorpsi selama 36 jam ini, juga dibantu menggunakan *shaker* sehingga larutan *methylene blue* yang diadsorp tetap homogen dan juga agar tidak ada *bead* yang mengapung dipermukaan sehingga tidak terkena larutan *methylene blue*. Proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi secara fisika dimana proses adsorpsi terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Daya tarik menarik antara zat terlarut (*methylene blue*) dengan adsorben (*bead*) lebih besar dari pada daya tarik-menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya, maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben.

Pengaruh Konsentrasi dan Rasio Berat *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA-g-MA]* terhadap Kemampuan Adsorpsi

Tabel IV.5 Hasil Adsorpsi *Methylene Blue*

Variabel	<i>CA/PLLA Bead</i>				<i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead</i>			
	10%		15%		10%		15%	
	q	% R	q	% R	q	% R	q	% R
100/0	0,44	53%	0,34	41%	0,44	53%	0,34	41%
90/10	0,61	73%	0,57	69%	0,61	73%	0,48	58%
80/20	0,58	71%	0,53	64%	0,62	74%	0,55	66%
70/30	0,64	77%	0,57	69%	0,65	78%	0,59	70%
60/40	-	-	-	-	-	-	0,68	81%

Keterangan : kapasitas adsorpsi (q), % removal (%R)

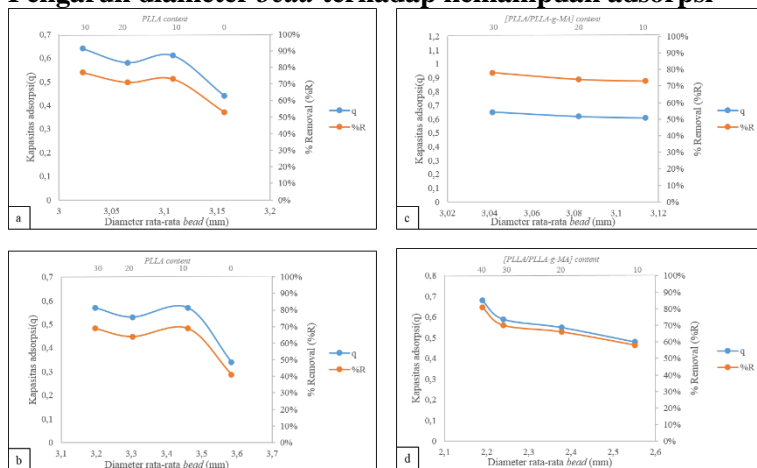
Dari tabel IV.5 dapat diketahui bahwa secara umum kapasitas adsorpsi (q) dan % *removal* (%R) meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah *PLLA* dalam *bead*. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *PLLA* pada *cellulose bead* dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari *bead*. Dari tabel IV.5 juga terlihat dengan jelas bahwa kemampuan adsorpsi *CA bead* murni, untuk konsentrasi larutan polimer 10% maupun 15% jauh di bawah ketika ditambahkan *PLLA* dan *[PLLA/PLLA-g-MA]*.

Jika dibandingkan antara *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 10% dan 15%, *bead* yang dibuat dengan konsentrasi larutan 10% memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 15%. Hasil demikian juga didapat pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*. Sesuai dengan hasil perhitungan pada tabel IV.5 pada *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 10% didapatkan kapasitas adsorpsi terbaik pada rasio berat *CA/PLLA* 70/30 yaitu 0,64 mg/g untuk kapasitas adsorpsi dan 77% untuk % *removal*. Begitu pula pada *CA/PLLA bead* dengan konsentrasi larutan 15%, pada rasio berat *CA/PLLA* 70/30

didapatkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* terbaik pula, yaitu 0,57 mg/g dan 69%.

Jika dibandingkan antara *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*, pada konsentrasi larutan 10%, *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan *CA/PLLA bead*. Kemampuan adsorpsi *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 10% yang terbaik didapat pada rasio berat 70/30 yaitu 0,65 mg/g untuk kapasitas adsorpsi dan 78% untuk % *removal*. Hal yang sama juga terjadi pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* 60/40 yang dibuat dari larutan dengan konsentrasi 15%, dimana kapasitas adsorpsi terbaik adalah 0,68 mg/g dengan % *removal* 81% yang didapat pada rasio berat *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] 60/40*.

Pengaruh diameter *bead* terhadap kemampuan adsorpsi



Gambar IV.18 Grafik Pengaruh Diameter Rata-rata *Bead* terhadap Kapasitas Adsorpsi (*q*) dan % *Removal* (%*R*) *Bead* : (a) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 10%; (b) *CA/PLLA* konsentrasi larutan 15%; (c) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* konsentrasi larutan 10%; (d) *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* konsentrasi larutan 15%

Berdasarkan gambar IV.18 dapat dilihat bahwa semakin banyak *PLLA* dan [*PLLA/PLLA-g-MA*] yang ditambahkan pada *cellulose bead*, maka akan semakin kecil diameter *bead* yang dihasilkan, tetapi kapasitas adsorpsi (q) dan % *removal* (%R) dari *bead* akan meningkat. Peningkatan kemampuan adsorpsi dari *bead* seiring menurunnya ukuran *bead* ini disebabkan karena semakin kecil *bead*, maka untuk mendapatkan 0,3 gr *bead* yang digunakan dalam adsorpsi, dibutuhkan lebih banyak *bead* yang menyebabkan meningkatkan luas permukaan dari *bead*.

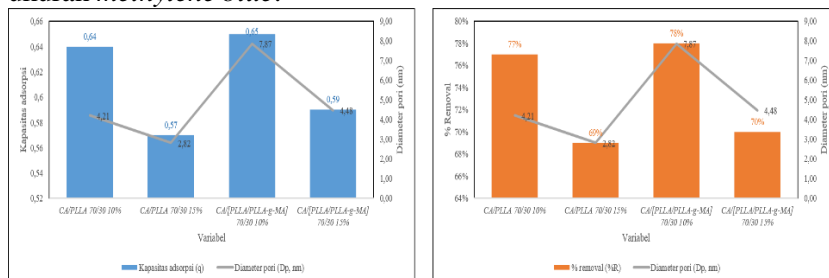
Pengaruh Morfologi *Bead* terhadap Kemampuan Adsorpsi

Dilihat dari morfologi *bead*, hasil analisa *SEM*, seperti dijelaskan pada sub bab IV.3 bahwa semakin banyak *PLLA* yang ditambahkan maka makin besar ukuran pori pada *bead*, hal ini sebanding dengan peningkatan kapasitas adsorpsi dan juga % *removal bead* terhadap zat warna *methylene blue*. Pada *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 10%, pori terbesar didapatkan pada rasio antara *CA* dan *PLLA* 70/30 dan pada variabel ini pula didapatkan kapasitas adsorpsi dan % *removal* terbaik. Hasil yang sama juga didapatkan untuk *CA/PLLA bead* konsentrasi larutan 15%, *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 10%, serta *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* konsentrasi larutan 15%.

Pengaruh Porositas *Bead* terhadap Kemampuan Adsorpsi

Berdasarkan hasil analisa *BET* pada sub bab IV.4 dapat diketahui bahwa penambahan jumlah *PLLA* dan *PLLA-g-MA* berbanding lurus dengan peningkatan diameter pori dan total volume pori. Jika dihubungkan dengan hasil adsorpsi yang dianalisa dengan spektro fotometer *UV-VIS*, juga diketahui bahwa penambahan jumlah *PLLA* dan *PLLA-g-MA* berbanding lurus dengan peningkatan kapasitas adsorpsi dan % *removal*. Maka dapat disimpulkan bahwa peningkatannya kapasitas adsorpsi dan % *removal bead* ketika mengadsorpsi zat warna *methylene blue* disebabkan karena meningkatnya ukuran diameter pori dan total volume pori. Karena, ukuran minimal diameter pori yang mampu

mengadsorp *methylene blue* adalah 1,382 nm yang merupakan ukuran *methylene blue*.

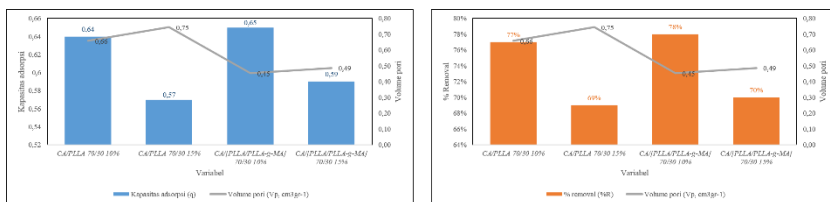


Gambar IV.19 Grafik Hubungan Diameter Pori terhadap Kapasitas adsorpsi (q) dan %Removal (%R)

Dari gambar IV.19 yang merupakan grafik hubungan diameter pori terhadap kapasitas adsorpsi dan % removal dari *CA/PLLA bead* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* dengan perbandingan rasio 70/30, dapat diketahui bahwa kenaikan nilai kapasitas adsorpsi dan % removal dari *bead* berbanding lurus dengan besarnya diameter rata-rata pori. Berdasarkan gambar IV.19, terlihat dengan jelas bahwa *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* 70/30 dengan konsentrasi larutan 10% memiliki ukuran diameter pori yang paling besar di antara data lainnya yaitu 7,87 nm, dan diikuti juga dengan kapasitas adsorpsi dan % removal yang paling baik, yaitu 78% dan 0,65 mg/g.

Jika dibandingkan antara *CA/PLLA 70/30 bead* dengan konsentrasi larutan 10% dan *CA/PLLA 70/30 bead* dengan konsentrasi larutan 15%, ukuran diameter pori pada konsentrasi larutan 10% lebih besar dibandingkan ukuran diameter pori pada konsentrasi larutan 15%. Hal serupa juga terjadi pada *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead*.

Selanjutnya, apabila *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA-g-MA] bead* dibandingkan, terlihat pula bahwa diameter, kapasitas adsorpsi, % removal dari *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead* pada tiap konsentrasi, lebih tinggi dibandingkan *CA/PLLA bead*.



Gambar IV.20 Grafik Hubungan Volume Pori terhadap Kapasitas adsorpsi (q) dan %Removal (%R)

Gambar IV.20 yang merupakan grafik hubungan total volume pori terhadap kapasitas adsorpsi dan % *removal* dari CA/PLLA bead dan CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bead dengan perbandingan rasio 70/30. Berbeda dengan diameter pori yang seluruhnya berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi dan % *removal*, kenaikan volume pori pada CA/PLLA bead 70/30 dengan konsentrasi larutan 15% dibandingkan CA/PLLA bead 70/30 dengan konsentrasi larutan 10%, tidak disertai dengan peningkatan kapasitas adsorpsi dan % *removal*. Kapasitas adsorpsi dan % *removal* CA/PLLA bead 70/30 pada konsentrasi larutan 15% justru lebih rendah. Hal ini disebabkan karena tidak seluruh volume dari pori tersebut mampu mengadsorpsi zat warna *methylene blue*, hanya pori yang memiliki diameter lebih dari 1,382 nm saja yang mampu mengadsorpsi *methylene blue*. Karena rata-rata diameter pori CA/PLLA bead dengan konsentrasi larutan 10% lebih besar dibandingkan diameter pori CA/PLLA bead dengan konsentrasi 15%, maka CA/PLLA bead dengan konsentrasi 10% memiliki lebih banyak pori yang diameternya melebihi ukuran. Hal demikian juga terjadi pada CA/[PLLA/PLLA-g-MA] bea

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi larutan polimer dan perbandingan rasio berat dari *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* mempengaruhi morfologi, kapasitas adsorpsi, dan % *removal* dari *bead*.
 - *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* *bead* yang dibuat dengan konsentrasi larutan polimer 10% mempunyai bentuk yang cenderung lebih bulat dibandingkan *bead* yang dibuat dengan konsentrasi larutan 15% yang mempunyai bentuk menyerupai tetesan air. Penambahan jumlah *PLLA* dan *[PLLA/PLLA-g-MA]* berbanding lurus dengan penurunan ukuran *bead*, peningkatan ukuran pori, dan penurunan jumlah pori.
 - *CA/PLLA* dan *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]* *bead* yang dibuat dengan konsentrasi larutan polimer 10% mempunyai kapasitas adsorpsi dan % *removal* terhadap zat warna *methylene blue* yang lebih baik dibandingkan *bead* yang dibuat dengan konsentrasi larutan 15%. Penambahan jumlah *PLLA* dan */[PLLA/PLLA-g-MA]* berbanding lurus dengan peningkatan kapasitas adsorpsi dan % *removal*.
2. Penurunan ukuran *bead* dan peningkatan diameter pori berbanding lurus dengan peningkatan kapasitas adsorpsi dan % *removal bead*.
3. Penambahan kompatibilizer *PLLA-g-MA* menghasilkan struktur permukaan *bead* yang lebih halus dengan lebih sedikit aglomerat dan menghasilkan bagian dalam *bead* yang lebih uniform, serta mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi dan % *removal bead*.

V.2 Saran

Adapun saran untuk kelanjutan penelitian ini ke depannya adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait *solvent* yang digunakan, sehingga mampu menjadi porogen yang menghasilkan ukuran pori lebih besar.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dosis *bead* dan konsentrasi *methylene blue*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhongsuwan, D., T. Bhongsuwan, dan J. NaSuwan. 2008. *Preparation of Cellulose Acetate Membranes for Ultra-NanoFiltrations*. Kasetsart J. (Nat. Sci.) Vol.42 : 311 – 317.
- Brown, G.G. 1950. *Unit Operations*. John Wiley & Sons, Inc., New York
- Chen, Long, dkk. 2016. *Pore Size Dependent Molecular Adsorption of Cationic Dye in Biomass Derived Hierarchically Porous Carbon*. Journal of Environmental Management, Vol. 196 : 168-177.
- Detyothin, Sukeewan, dkk. 2013. *Reactive Functionaliation of Poly(L-lactic acid), PLA : Effect of the Reactive Modifier, Initiator and Processing Conditions on The Final Grafted Maleic Anhydride Content and Molecular Weight of PLA*. Polymer Degradation and Stability, Vol. 98 : 2697-2708.
- El-Sawy, N. M dan Sagheer, F. A. 2001. *Radiation-induced graft polymerization of acrylic acid onto poly(tetrafluoroethylene-perfluorovinyl ether) copolymer films: complexation with some transition metals and biological activity*. Eur. Polym. J., Vol. 37: 161–166.
- Greckie, Martin, Jani Trygg, dan Pedro Farmin. 2013. *Functional Cellulose Beads : Peparation, Characteriztion, and Application*. Chem. Rev., Vol.113 : 4812-4836.
- He, C and Z. Gu. 2003. *Studies on Acrylic Acid grafted Polyester Fabrics by Electron Beam Preirradiation Method. I. Effects of Process Parameters on Graft Ratio and Characterization of Grafting*. J. Appl. Polym. Sci., Vol. 89: 3931–3938.
- Hwang, Sung Wook. 2012. *Grafting of Maleic Anhydride on Poly(L-Lactic Acid). Effect on Physical and Mechanical Properties*. Polymer Testing, Vol.31 : 333-334.

- Imre, B. And B. Pukanszky. 2013. *Cmpatibilization in Bio-Based and Biodegradable Polymer Blends*. European Polymer Journal, Vol. 49 : 1215-1233.
- Kirk, R.E dan Othmer, D.F. 1977. *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 1, 3 ed., New York : John Wiley and Sons.
- Mc Ketta, J.J. and Cunningham, W.A. 1977. *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. Vol 5. New York : Marcel Decker inc.
- Mohamed, Mohamed H. dan Lee D. Wilson. 2012. *Porous Copolymer Resins : Tuning Pore Structure and Surface Area with Non Reactive Porous*. Nanomaterial Journal, Vol.2 : 163-186.
- Nasrullah, Asma, dkk. 2018. *High Surface Area Mesoporous Activated Carbon-Alginated Beads for Efficient Removal of Methylene Blue*. International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 107 : 1792-1799.
- Sitompul, J.P., dkk. 2016. *Improvement of Properties of Poly(L-lactic acid) through Solution Blending of Biodegradable Polymers*. J. Eng. Tecnol. Sci., Vol. 48(2) : 430-441.
- Souhoka, F.A. and Jolantje, L. 2018. *Synthetic and Characterization of Cellulose Acetate (CA)*. Indo. J. Chem. Res, Vol. 5 (2) : 470-474.
- Suteu, Daniela, dkk. 2015. *Cellulose Cellets as New Type of Adsorbent for The Removal of Dyes from Aqueous Media*. Environmental Engineering and Management Journal, Vol.14 (3) : 525-532.
- Trygg, Jani, dkk. 2012. *Physicochemical Design of the Morphology and Ultrastructure of Cellulose Beads*.
- Utami, Eko Vindy dan Nugrahaning Dwi Prastiwi. 2017. *Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit Poly (L-Lactic Acid)/*

Cellulose Acetate Bead sebagai Biodegradable Adsorben.
Surabaya : ITS

- Voon, Lee Ken, Suh Cem Pang, dan Suk Fun Chin. 2015. *Highly Porous Cellulose Beads of Controllable Sizes derived from Regenerated Cellulose of Printed Paper Wastes.* Material Letters..
- Wang, Wei-cai, dkk. 2014. *Hierarchical Porous Polymer Beads Prepared by Polymerization-induced Phase Separation and Emulsion-template in Microfluid Device.* Chinese Journal of Polymer Science, Vol.32 (12) : 1646 – 1654.
- Wicaksono, Gilmar dan Fiky Prima Utama. 2017. *Pembuatan Biokomposit Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid) Bead : Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid).* Surabaya : ITS.
- Witthayaprapakorn, Chinanat, dkk. 2015. *Composition Optimization and Characterizations of Poly(L-lactic acid)/Cellulose Acetate Blends Films in Solvent Mixture System.* Science and Technology RMUTT Journal, Vol.5 (10).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

1. G : massa *bead* (gr)
2. V : volume larutan (L)
3. C_0 : konsentrasi awal *methylene blue* (mg/L)
4. C : konsentrasi akhir *methylene blue* (mg/L)
5. A : adsorbansi
6. ρ : massa jenis (gr/cm³)
7. m : massa (gr)
8. q : kapasitas adsorpsi (mg/g)
9. % R : % *Removal* (%)
10. D_p : Diameter pori (nm)
11. V_p : Volume pori (cm³/g)
12. SA_{BET} : *Surface Area BET* (m²/g)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

APPENDIKS A PERHITUNGAN KOMPOSISI BAHAN

- A. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk *CA/PLLA Beads* konsentrasi larutan 10% wt
- Perbandingan berat solute dan solvent : 10%
 - Berat solute : 5 gr
 - Densitas kloroform : 1,49 gr/ml
 - Densitas aseton : 0,791 gr/ml
 - Densitas DMSO : 1,1 gr/ml
 - Perbandingan berat (Aseton+DMSO) : kloroform : 80% : 20%
 - Perbandingan berat Aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

1. *CA/PLLA Bead* 100/0

- 10% x berat larutan total = berat solute
 $10\% \times \text{berat larutan total} = 5 \text{ gr}$
 Berat CA = $100\% \times 5 \text{ gr} = 5 \text{ gr}$
- Berat larutan total = 50 gr
- 90% x berat larutan total = berat solvent
 $90\% \times 50 \text{ gr} = 45 \text{ gr}$
- Volume *solvent* CA yang dibutuhkan
 $100\% \times 45 \text{ gr} = 45 \text{ gr}$
 - Aseton = $60\% \times 45 \text{ gr} = 27 \text{ gr}$
 Volume aseton = $\frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}} = \frac{27 \text{ gr}}{0,791 \text{ gr/ml}} = 34,13 \text{ ml}$
 - DMSO = $40\% \times 45 \text{ gr} = 18 \text{ gr}$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume DMSO} &= \frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}} \\
 &= \frac{18 \text{ gr}}{1,1 \text{ gr/ml}} \\
 &= 16,36 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 100/0.

2. *CA/PLLA Bead* 70/30

- 10% x berat larutan total = berat solute
- 10% x berat larutan total = 5 gr
- Berat *CA* = 70% x 5 gr
- = 3,5 gr
- Berat *PLLA* = 30% x 5 gr
- = 1,5 gr
- Berat larutan total = 50 gr
- 90% x berat larutan total = berat solvent
- 90% x 50 gr = 45 gr
- Volume *solvent CA* yang dibutuhkan
- 80 % x 45 gr = 36 gr
- Aseton = 60% x 36 gr
- = 21,60 gr
- Volume aseton = $\frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}}$
- = $\frac{21,60 \text{ gr}}{0,791 \text{ gr/ml}}$
- = 27,31 ml
- DMSO = 40% x 36 gr
- = 14,40 gr
- Volume DMSO = $\frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}}$
- = $\frac{14,40 \text{ gr}}{1,1 \text{ gr/ml}}$
- = 13,09 ml

- Volume *solvent PLLA* yang dibutuhkan
 - 20 % x 45 gr = 9 gr
 - Kloroform = 100% x 9 gr
 - = 9 gr
 - Volume kloroform = $\frac{\text{massa kloroform}}{\text{densitas kloroform}}$
 - = $\frac{9 \text{ gr}}{1,49 \text{ gr/ml}}$
 - = 6,04 ml

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 70/30, 80/20, dan 90/10.

B. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk *CA/PLLA Beads* konsentrasi larutan 15% wt

- Perbandingan berat solute dan solvent : 15%
- Berat solute : 5 gr
- Densitas kloroform : 1,49 gr/ml
- Densitas aseton : 0,791 gr/ml
- Densitas DMSO : 1,1 gr/ml
- Perbandingan berat
(Aseton+DMSO) : kloroform : 70% : 30%
- Perbandingan berat Aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

1. *CA/PLLA Bead* 100/0

- 15% x berat larutan total = berat solute
- 15% x berat larutan total = 5 gr
- Berat CA = 100% x 5 gr
- = 5 gr
- Berat larutan total = 33,33 gr
- 85% x berat larutan total = berat solvent
- 85% x 33,33 gr = 28,33 gr
- Volume *solvent CA* yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 & 100 \% \times 28,33 \text{ gr} & = 28,33 \text{ gr} \\
 - \text{ Aseton} & & = 60\% \times 28,33 \text{ gr} \\
 & & = 17 \text{ gr} \\
 \text{Volume aseton} & & = \frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}} \\
 & & = \frac{17 \text{ gr}}{0,791 \text{ gr/ml}} \\
 & & = 21,49 \text{ ml} \\
 - \text{ DMSO} & & = 40\% \times 28,33 \text{ gr} \\
 & & = 11,33 \text{ gr} \\
 \text{Volume DMSO} & & = \frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}} \\
 & & = \frac{11,33 \text{ gr}}{1,1 \text{ gr/ml}} \\
 & & = 10,30 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 100/0.

2. *CA/PLLA Bead* 70/30

- 15% x berat larutan total = berat solute
- 15% x berat larutan total = 5 gr
- Berat *CA* = 70% x 5gr
- = 3,5 gr
- Berat *PLLA* = 30% x 5 gr
- = 1,5 gr
- Berat larutan total = 33,33 gr
- 85% x berat larutan total = berat solvent
- 85% x 33,33 gr = 28,33 gr
- Volume *solvent CA* yang dibutuhkan
- 70 % x 28,33 gr = 19,83 gr
- Aseton = 60% x 19,83 gr
- = 11,90 gr
- Volume aseton = $\frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}}$
- = $\frac{11,90 \text{ gr}}{0,791 \text{ gr/ml}}$
- = 15,04 ml

-	DMSO	=40% x 19,83 gr
		= 7,93 gr
	Volume DMSO	= $\frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}}$
		= $\frac{7,93 \text{ gr}}{1,1 \text{ gr/ml}}$
		= 7,21 ml
•	Volume <i>solvent PLLA</i> yang dibutuhkan	
	30 % x 28,33 gr	= 8,5 gr
-	Kloroform	= 100% x 8,5 gr
		= 8,5 gr
	Volume Kloroform	= $\frac{\text{massa kloroform}}{\text{densitas kloroform}}$
		= $\frac{8,5 \text{ gr}}{1,49 \text{ gr/ml}}$
		= 5,7 ml

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 70/30, 80/20, dan 90/10.

C. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Beads* konsentrasi larutan 10% wt

1. *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead* 70/30

•	10% x berat larutan total	= berat solute
	10% x berat larutan total	= 5 gr
	Berat <i>CA</i>	= 70% x 5 gr
		= 3,5 gr
	Berat [<i>PLLA/PLLA-g-MA</i>]	= 30% x 5 gr
		= 1,5 gr
	Berat <i>PLLA</i>	= 90% x 1,5 gr
		= 1,35 gr
	Berat <i>PLLA-g-MA</i>	= 10% x 1,5 gr
		= 0,15 gr
	Berat larutan total	= 50 gr
•	90% x berat larutan total	= berat solvent
	90% x 50 gr	= 45 gr

- Volume *solvent* CA yang dibutuhkan
 $80\% \times 45 \text{ gr} = 36 \text{ gr}$
- Aseton
 $= 60\% \times 36 \text{ gr}$
 $= 21,60 \text{ gr}$
 Volume aseton
 $= \frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}}$
 $= \frac{21,60 \text{ gr}}{0,791 \text{ gr/ml}}$
 $= 27,31 \text{ ml}$
- DMSO
 $= 40\% \times 36 \text{ gr}$
 $= 14,40 \text{ gr}$
 Volume DMSO
 $= \frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}}$
 $= \frac{14,40 \text{ gr}}{1,1 \text{ gr/ml}}$
 $= 13,09 \text{ ml}$
- Volume *solvent* PLLA yang dibutuhkan
 $20\% \times 45 \text{ gr} = 9 \text{ gr}$
- Kloroform
 $= 100\% \times 9 \text{ gr}$
 $= 9 \text{ gr}$
 Volume kloroform
 $= \frac{\text{massa kloroform}}{\text{densitas kloroform}}$
 $= \frac{9 \text{ gr}}{1,49 \text{ gr/ml}}$
 $= 6,04 \text{ ml}$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 70/30, 80/20, dan 90/10.

- D. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Beads* konsentrasi larutan 15% wt
- Perbandingan berat solute dan solvent : 15%
 - Berat solute : 5 gr
 - Densitas kloroform : 1,49 gr/ml
 - Densitas aseton : 0,791 gr/ml
 - Densitas DMSO : 1,1 gr/ml
 - Perbandingan berat
 (Aseton+DMSO) : kloroform : 70% : 30%

- Perbandingan berat Aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

1. *CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead 70/30*

- $15\% \times \text{berat larutan total}$ = berat solute
 $15\% \times \text{berat larutan total}$ = 5 gr
 Berat CA = $70\% \times 5\text{gr}$
 = 3,5 gr
 Berat [PLLA/PLLA-g-MA] = $30\% \times 5\text{ gr}$
 = 1,5 gr
 Berat PLLA = $90\% \times 1,5\text{ gr}$
 = 1,35 gr
 Berat PLLA-g-MA = $10\% \times 1,5\text{ gr}$
 = 0,15 gr
 Berat larutan total = 33,33 gr
- $85\% \times \text{berat larutan total}$ = berat solvent
 $85\% \times 33,33\text{ gr}$ = 28,33 gr
- Volume *solvent* CA yang dibutuhkan
 $70\% \times 28,33\text{ gr}$ = 19,83 gr
- Aseton = $60\% \times 19,83\text{ gr}$
 = 11,90 gr
 Volume aseton = $\frac{\text{massa aseton}}{\text{densitas aseton}}$
 = $\frac{11,90\text{ gr}}{0,791\text{ gr/ml}}$
 = 15,04 ml
- DMSO = $40\% \times 19,83\text{ gr}$
 = 7,93 gr
 Volume DMSO = $\frac{\text{massa DMSO}}{\text{densitas DMSO}}$
 = $\frac{7,93\text{ gr}}{1,1\text{ gr/ml}}$
 = 7,21 ml
- Volume *solvent* PLLA yang dibutuhkan
 $30\% \times 28,33\text{ gr}$ = 8,5 gr
- Kloroform = $100\% \times 8,5\text{ gr}$
 = 8,5 gr

Volume kloroform

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{massa kloroform}}{\text{densitas kloroform}} \\ &= \frac{8,5 \text{ gr}}{1,49 \text{ gr/ml}} \\ &= 5,7 \text{ ml} \end{aligned}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan bahan pada pembuatan *CA/PLLA Bead* variabel 60/40, 70/30, 80/20, dan 90/10.

Tabel A-1 Variabel Perbandingan Matriks *CA/PLLA*

Variabel	Berat <i>CA</i> (gr)	Berat <i>PLLA</i> (gr)
100/0	5	0
90/10	4,5	0,5
80/20	4	1
70/30	3,5	1,5

Tabel A-2 Variabel Perbandingan Matriks *CA/[PLLA/PLLA-g-MA]*

Variabel	Berat <i>CA</i> (gr)	Berat <i>PLLA</i> (gr)	Berat <i>PLLA-g-MA</i> (gr)
90/10	4,5	0,45	0,05
80/20	4	0,9	0,1
70/30	3,5	1,35	0,15
60/40	3	1,8	0,2

APPENDIKS B PERHITUNGAN LARUTAN METHYLENE BLUE

1. Larutan Induk Metilen Blue 5 ppm

Pembuatan larutan induk *methylene blue* 5 ppm dilakukan dengan cara melarutkan kristal *methylene blue* sebanyak 5 miligram dengan aquades kemudian diencerkan sampai 1000 mL menggunakan labu ukur 1000 mL. Penimbangan kristal *methylene blue* sebanyak 5 miligram berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sim 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ mg/l} \\ 5 \text{ ppm} &= 1000 \text{ ml} \end{aligned}$$

2. Larutan Standar

Larutan induk 5 ppm diencerkan masing-masing menjadi 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ppm sebanyak 50 mL sebagai larutan standar, menggunakan rumus berikut :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

dengan: V_1 = volume larutan sebelum pengenceran

M_1 = konsentrasi larutan sebelum pengenceran

V_2 = volume larutan setelah pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan setelah pengenceran

a) Larutan 4,5 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{50 \text{ ml} \times 4,5 \text{ ppm}}{5 \text{ ppm}} \\ &= 4,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

b) Larutan standar 2 ppm

$$\begin{aligned}V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\&= \frac{50\text{ml} \times 0,5\text{ppm}}{5\text{ppm}} \\&= 5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Perhitungan ini analog untuk larutan standar 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ; 5 ppm, sehingga volume larutan 5 ppm yang dibutuhkan untuk membuat masing-masing larutan standar tersebut adalah 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 35 ; 40 ; 45 ; 50 ml.

3. Larutan Adsorbat

Konsentrasi larutan adsorbat adalah 5 ppm sebanyak 50 ml. Banyaknya larutan yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\&= \frac{50\text{ml} \times 5\text{ppm}}{5\text{ppm}} \\&= 50 \text{ ml}\end{aligned}$$

APPENDIKS C

PERHITUNGAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

1. Menghitung nilai absorbansi dari larutan pengenceran, hingga didapatkan data di bawah ini :

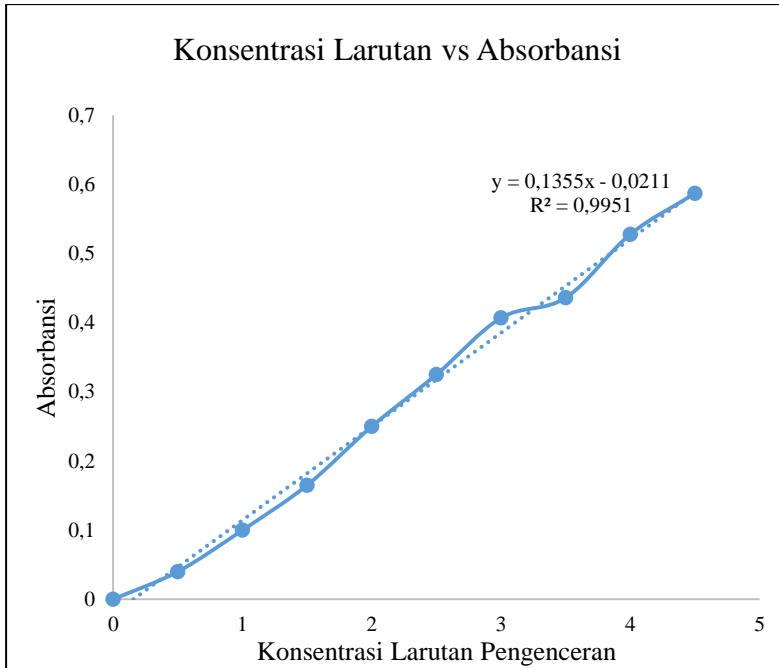
Konsentrasi Larutan (ppm)	Rata-Rata Absorbansi
0,5	0,04
1	0,1
1,5	0,165
2	0,25
2,5	0,325
3	0,407
3,5	0,436
4	0,528
4,5	0,587
5	0,619

2. Membuat grafik larutan pengenceran hingga didapatkan persamaan $y = mx + c$

Persamaan

$$: y = 0,1587x - 0,0307$$

$$: R^2 = 0,9914$$



Persamaan ini digunakan untuk menghitung konsentrasi akhir dari larutan, q dan % removal.

3. Menghitung konsentrasi akhir (C) dari larutan.

Variabel	<i>CA/PLLA Bead</i>				<i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead</i>			
	10%		15%		10%		15%	
	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C
100/0	5	2,35	5	2,931	-	-	-	-
90/10	5	1,35	5	1,573	5	1,329	5	2,119
80/20	5	1,45	5	1,816	5	1,307	5	1,691
70/30	5	1,15	5	1,558	5	1,086	5	1,484
60/40	-	-	-	-	-	-	5	0,938

4. Menghitung q dan persen removal dari larutan saat pHasam, netral, dan basa.

Menghitung q (*Adsorpsi Capacities*) dan % R (*% removal*)

$$q = \frac{C_0 - C}{G} \times V$$

$$\% R = \frac{(C_0 - C) \times 100}{C_0}$$

Dimana :

C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)

C₀ = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)

G = Berat PLLA/CA (g)

V = Volume larutan (L)

Variabel	<i>CA/PLLA Bead</i>				<i>CA/[PLLA/PLLA-g-MA] Bead</i>			
	10%		15%		10%		15%	
	q	% R	Q	% R	q	% R	q	% R
100/0	0,44	53	0,34	41	-	-	-	-
90/10	0,61	73	0,57	69	0,61	73	0,48	58
80/20	0,58	71	0,53	64	0,62	74	0,55	66
70/30	0,64	77	0,57	69	0,65	78	0,59	70
60/40	-	-	-	-	-	-	0,68	81

(keterangan: q = kapasitas adsorpsi; %R = % Removal (%))

BIODATA PENULIS



PENULIS I

Rieza Shafianisa Prasetyarani, atau yang akrab disapa Rieza (re: Rieza), merupakan seorang mahasiswa asli kota batik, Pekalongan. Putri kedua dari pasangan Bapak Handi Prastiany dan Ibu Nirmala Shinta ini dilahirkan pada tanggal 3 April 1996 silam. Penulis telah mengikuti pendidikan formal di TK ABA Bendan Pekalongan, SD Muhammadiyah 02 Bendan Pekalongan, SMP Negeri 2 Pekalongan, dan SMA Negeri 1 Pekalongan. Setelah lulus SMA pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan program sarjananya di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pada tahun keempat perkuliahan, penulis mengambil tugas akhir pra desain pabrik dan skripsi atau penelitian di Laboratorium Teknologi Material. Di bawah bimbingan Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D., penulis menyelesaikan tugas pra desain pabrik "Pigmen Merah *Iron Oxide* (Fe_2O_3) dari Pasir Besi". Penulis juga telah menyelesaikan skripsi berupa penelitiannya yang berjudul "Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate /Poly (L-Lactic Acid) Adsorbent Bead* Zat Warna dengan Modifikasi *Maleic Anhydride*".

Alamat email: riezaprasetyarani@gmail.com

BIODATA PENULIS



PENULIS II

Penulis dilahirkan di Pekanbaru 20 April 1996, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Nurul Ukhuwah, SD Cendana Pekanbaru, SMP Al-Ittihadiyah Pekanbaru dan SMAN Plus Riau. Setelah lulus dari SMAN Plus Riau. Penulis sedang menempuh pendidikan di Departemen S1 Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP. 02211440000042. Selama kuliah, penulis Penulis merupakan mahasiswa aktif di Laboratorium Teknologi Material. Di bawah bimbingan Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D., penulis menyelesaikan tugas pra desain pabrik “Pigmen Merah *Iron Oxide* (Fe_2O_3) dari Pasir Besi” dan melakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate / Poly (L-Lactic Acid) Adsorbent Bead* Zat Warna Dengan Modifikasi *Maleic Anhydride*”

Alamat email: natasyailma96@yahoo.com