



SKRIPSI – TK 141581

**SINTESA DAN KARAKTERISASI KOPOLIMER
BERBASIS ZWITTERIONIC SULFOBETAINE DAN
THERMOSENSITIVE DALAM
LARUTAN IONIK**

Oleh:

Asep Bagus

NRP. 0221154600008

Galuh Chynintya R.P.

NRP. 0221154600029

Dosen Pembimbing:

Dr. Eva Oktavia Ningrum, ST., MS.

NIP. 1984 10 23 2009 12 2009

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



THESIS – TK 141581

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF THE
ZWITTERIONIC SULFOBETAINE AND
THERMOSENSITIVE BASED
COPOLYMER IN IONIC
SOLUTION**

**Asep Bagus
NRP. 0221154600008**

**Galuh Chynintya R.P.
NRP. 0221154600029**

**Academic Supervisor:
Dr. Eva Oktavia Ningrum, ST., MS.
NIP. 1984 10 23 2009 12 2009**

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

SINTESA DAN KARAKTERISASI KOPOLIMER BERBASIS ZWITTERIONIC SULFOBETAINE DAN THERMOSENSITIVE DALAM LARUTAN IONIK

Nama/NRP : Asep Bagus 0221154600008
Galuh Chynintya R.P. 0221154600029

Jurusan : Teknik Kimia FTI – ITS
Dosen Pembimbing: Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S

ABSTRAK

Kopolimer NIPAM-co-DMAAPS yang terdiri dari monomer *N-isopropylacrylamide* (NIPAM) dan *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) akan disintesa kemudian dikarakterisasi. Hal ini dilakukan untuk mendukung penelitian sebelumnya yang fokus pada penyelidikan mengenai kemampuan adsorpsi dan desorpsi NIPAM-co-DMAAPS gel. DMAAPS bersifat *thermosensitive* dan *zwitterionic*. *Zwitterion* ini memiliki dua muatan sekaligus yaitu positif dan negatif yang dapat digunakan untuk menyerap kation dan anion secara simultan. Sedangkan NIPAM bersifat *thermosensitive* digunakan sebagai spacer untuk menghindari ikatan *inter chain*, *intra chain*, dan *intra group* antar grup bermuatan pada homopolimer *zwitterion poly(DMAAPS)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh rasio konsentrasi monomer pada kopolimer NIPAM-co-DMAAPS terhadap viskositas kopolimer, sifat ketertarikan air kopolimer, sifat fasa transisi termosensitif kopolimer dalam larutan $Zn(NO_3)_2$, pengaruh suhu transisi terhadap daya adsorpsi ion Zn^{2+}

kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS serta mempelajari korelasi antara viskositas, sifat fasa transisi thermosensitive kopolimer poly[NIPAM-*co*-DMAAPS] dalam larutan Zn(NO₃)₂. Kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS disiapkan melalui reaksi polimerisasi radikal bebas dengan menggunakan *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (TEMED) sebagai akselerator, *ammoniumperoxodisulfate* (APS) sebagai inisiator dengan variasi konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS yaitu 9:1, 8:2 dan 7:3. Semakin tinggi rasio konsentrasi monomer NIPAM pada kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS, viskositas kopolimer akan semakin tinggi. Semakin tinggi suhu transisi maka jumlah ion yang teradsorp cenderung menurun. Pada rasio konsentrasi monomer 9:1, sifat fasa transisi dalam larutan Zn(NO₃)₂ sebesar 56 °C.

Kata kunci : DMAAPS, kopolimer, NIPAM,
thermosensitive, zwitterionic

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF COPOLYMER BASED ON ZWITTERIONIC SULPHOBETAINE AND THERMOSENSITIVE IN IONIC SOLUTION

Name/NRP : Asep Bagus 0221154600008
Galuh Chynintya R.P. 0221154600029

Department : Teknik Kimia FTI – ITS

Advisor : Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.

ABSTRACT

Copolymer NIPAM-*co*-DMAAPS, consists of monomers N-isopropylacrylamide (NIPAM) and N,N-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate (DMAAPS), will be synthesized and characterized. It is to support previous research focusing on investigations on the adsorption and desorption capacity of NIPAM-*co*-DMAAPS gel. DMAAPS is thermosensitive and zwitterionic. Zwitterion has two charges in the same time i.e. positive and negative that can be used to adsorption and anion, simultaneously. While NIPAM, which thermosensitive, is use as spacer to avoid inter-chain, intra-chain, and intra-group between charged groups on the zwitterion homopolymer poly(DMAAPS). This study aims to determine the effect of monomer concentration ratio on NIPAM-*co*-DMAAPS copolymers on copolymer viscosity, water properties of copolymer, transitional thermosensitive transition phase (UCST and LCST) copolymer in $Zn(NO_3)_2$ solution, transition temperature influence on adsorption ability of Zn^{2+} ions NIPAM-*co*-DMAAPS copolymer and study the correlation between viscosity, thermosensitive transition phase of poly (NIPAM-*co*-

DMAAPS) copolymer in $Zn(NO_3)_2$ solution. $Zn(NO_3)_2$ is employ as the interaction media between the copolymer and ions. Copolymer NIPAM-*co*-DMAAPS will be prepared by free radical polymerization with N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine (TEMED) as the accelerator, ammonium peroxydisulfate (APS) as the initiator and the variation of monomer concentration NIPAM:DMAAPS i.e. 9:1, 8:2, and 7:3. The higher the ratio of NIPAM monomer concentration to NIPAM-*co*-DMAAPS copolymer, the higher the copolymer viscosity. The higher the transition temperature the amount of adsorbed ions tends to decrease. At a monomer ratio of 9: 1, the transition phase properties in $Zn(NO_3)_2$ solution were 56 °C.

Keywords : copolymer, DMAAPS, NIPAM, thermosensitive, zwitterionic

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah.....	4
I.3 Tujuan Penelitian.....	6
I.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Polimer	7
II.2 Polimerisasi Radikal Bebas.....	7
II.3 Kopolimer	9
II.4 <i>Polyzwitterionic</i>	10
II.5 <i>Contact Angle</i> (Sudut Kontak) Air terhadap Permukaan Material	13
II.6 Sifat Fasa Transisi <i>Thermoresponsive: Upper Critical Solution Temperature</i> (UCST) dan <i>Lower Critical Solution Temperature</i> (LCST)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Bahan yang Digunakan.....	20
III.2 Peralatan Penelitian	21
III.3 Prosedur Penelitian.....	24
III.4 Variabel Penelitian	26
III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian.....	26
III.6 Blok Diagram Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Sintesa Kopolimer <i>Poly</i> [NIPAM- <i>co</i> -DMAAPS]	31
IV.1.1 Distilasi DMAPAA.....	31

IV.1.2 Sintesa DMAAPS	32
IV.1.3 Rekrystalisasi NIPAM.....	33
IV.1.4 Sintesa Kopolimer.....	34
IV.2 Karakterisasi Kopolimer NIPAM-co-DMAAPS.....	35
IV.2.1 Analisa <i>Fourier Transform Infra Red Spectroscopy</i> (FTIR)	35
IV.2.2 Viskositas.....	40
IV.2.3 Sifat Fasa Transisi.....	41
IV.2.4 Korelasi Karakteristik Kopolimer dan Kemampuan Adsorpsi gel	43
BAB V KESIMPULAN	44
DAFTAR PUSTAKA	ix
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1

DAFTAR TABEL

Tabel III.1	Kondisi Sintesa Kopolimer Gel	20
--------------------	-------------------------------------	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kegiatan industri ditambah perkembangan pesat pertumbuhan populasi manusia menjadi salah satu penyebab pencemaran air oleh ion logam berat meningkat di beberapa wilayah perairan di Indonesia. Adsorpsi menggunakan adsorben *thermosensitive* gel berbahan baku polimer *zwitterionic betaine* dipandang sebagai salah satu metode paling efektif untuk penanggulangan limbah cairan atau kontaminasi ion logam berat di lingkungan perairan. Ion logam berat akan diikat oleh partikel ion zwitter yang terdapat pada rantai polimer *betaine* (Liu dkk, 2010). *Zwitterionic betaine* lebih menjanjikan dalam mengatasi permasalahan diatas karena menunjukkan selektivitas ion akibat interaksi antara ion dan muatan positif dan negatif yang terletak di perulangan unit yang sama pada *betaine* (Neagu, 2010). *Zwitterionic betaine* mampu mengikat secara simultan baik anion maupun kation pada limbah cairan (*simultaneous adsorption*) (yang dilaporkan oleh Ningrum, pada 2014).

Zwitterionic betaine polimer pada umumnya *thermosensitive* di dalam larutan *aqueous*, tidak larut di dalam air di bawah suhu *Upper Critical Solution Temperature* (UCST), namun larut di atas suhu UCST. Pada suhu di bawah UCST, *zwitterionic* polimer berada dalam kondisi *collapse coil* karena adanya interaksi *intra-* dan/atau *inter-chain*. Namun, pada suhu di atas UCST energi termal dapat mengatasi hambatan dari interaksi *intra-* dan/atau *inter-chain* (Salamone dkk, 1978). UCST *zwitterionic* polimer naik seiring dengan kenaikan konsentrasi polimer tersebut. Hal ini diakibatkan adanya peningkatan interaksi *intra-* dan/atau *inter-chain* sehingga kenaikan energi termal juga diperlukan untuk mengatasi interaksi tersebut (Takahashi dkk, 2011). Interaksi antara grup yang bermuatan pada *zwitterionic betaine* dengan larutan *aqueous* juga

menentukan properti dari *zwitterionic betaine* (Kudaibergenov dkk, 2006).

Poly(N-isopropylacrylamide) [*poly(NIPAM)*] adalah salah satu contoh *thermosensitive* polimer dengan suhu *Low Critical Solution Temperature* (LCST) sekitar 32 °C (Hirokawa dkk, 1984). NIPAM mengalami *swelling* pada suhu rendah dan *shrinking* pada suhu tinggi karena transisinya dari sifat hidrofilik ke hidrofobik dan memiliki muatan netral (Takahashi, 2011).

Teknik kopolimerisasi *thermosensitive* polimer dengan menggunakan *zwitterionic* telah banyak digunakan sebagai alternatif untuk berbagai macam aplikasi seperti biosensor, katalisator, sistem *drug delivery*, dan media separasi (Liu dkk, 2010). Penggunaan polimer *hybrid zwitterionik* berdasarkan reaksi *ring-opening* polimerisasi dari asam *pyromellitic dianhydride* (PMDA) dan proses sol-gel untuk menghilangkan Pb^{2+} dari larutan campuran Pb^{2+}/Cu^{2+} yang diteliti oleh (Liu dkk, 2005).

Terdapat tiga jenis *zwitterionic* polimer yaitu *sulfobetaine*, *phosphobetaine* dan *carboxybetaine* yang terdiri dari *sulfonate*, *phosphate* dan *carboxylate* sebagai grup anionik dan *quaternary ammonium* sebagai grup kationik (Kudaibergenov, 2006). *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) merupakan salah satu contoh dari *zwitterionic sulfobetaine* polimer.

Ning dkk (2013) melakukan penelitian karakteristik properti *thermosensitive Poly(N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate)* [*poly(DMAAPS)*] dalam larutan garam natrium klorida (NaCl) 0,1M. Karakterisasi *yield* polimer, viskositas intrinsik, berat molekul, fraksi gel dan sifat fasa transisi *thermoresponsive* dilakukan pada variasi konsentrasi monomer DMAAPS. Kondisi fisik dan transparansi *poly(DMAAPS)* sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dan temperatur. Pada konsentrasi monomer yang tinggi, larutan *poly(DMAAPS)* secara fisik membentuk gel karena adanya ikatan *interchain* pada grup *zwitterionic*. Larutan polimer DMAAPS menunjukkan fasa transisi *thermoresponsive*

pada temperatur UCST. Polimer terlarut secara sempurna dalam larutan NaCl pada suhu lingkungan sama seperti larut dalam air pada temperatur diatas UCST.

Takahashi dkk (2011) melakukan penelitian karakteristik properti *thermosensitive* polimer NIPAM-*co*-DMAAPS dalam larutan garam. Konsentrasi monomer yang digunakan adalah 5%, 10% dan 20% DMAAPS. Selain itu, karakterisasi sifat fasa transisi *thermoreponsive poly*(NIPAM-*co*-DMAAPS) dilakukan pada variasi jenis dan konsentrasi larutan garam. Larutan garam yang digunakan adalah NaCl (konsentrasi: 0 g/L; 5 g/L; 12,5 g/L; 25 g/L dan 50 g/L), $C_6H_5Na_3O_7$ (konsentrasi: 0 g/L; 5 g/L; 12,5 g/L dan 25 g/L) dan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) (konsentrasi: 0 %wt; 0,1 %wt; 0,2 %wt dan 0,3 %wt). LCST *poly*(NIPAM-*co*-DMAAPS) meningkat seiring peningkatan konsentrasi monomer DMAAPS dan turun seiring peningkatan konsentrasi larutan garam NaCl dan $C_6H_5Na_3O_7$. Berbeda pada larutan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) yang pada dasarnya adalah surfaktan, LCST meningkat seiring peningkatan konsentrasi SDS.

Ningrum dkk (2014) melakukan penelitian tentang hubungan antara properti adsorpsi ion dan *swelling* pada *sulfobetaine* gel. Pada konsentrasi polimer dalam gel lebih tinggi dari 180 g/l gel pada *swelling degree yang rendah* jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi tidak mengalami perubahan. Sebaliknya, apabila konsentrasi polimer dalam gel kurang 180 g/l pada *swelling degree yang tinggi* jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi menurun. Namun pada gel yang memiliki *swelling degree* yang sama, jumlah ion Zn^{2+} yang teradsorpsi akan meningkat seiring kenaikan konsentrasi dari larutan $Zn(NO_3)_2$.

Febryanita dan Firdaus (2016) melakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi monomer terhadap property adsorpsi dan desorpsi desorpsi *thermosensitive* NIPAM-*co*-DMAAPS gel. Pada penelitian ini menggunakan variasi perbandingan konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS yaitu 8:2, 8,5:1,5 dan 9:1 dengan variasi suhu saat adsorpsi dan desorpsi yaitu 10 °C, 30 °C, 50 °C dan 70 °C dengan menggunakan larutan

$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa adsorpsi terbaik terjadi pada gel dengan konsentrasi monomer 9:1. Akan tetapi pada hasil uji desorpsi didapatkan nilai desorpsi yang rendah pada suhu operasi tinggi.

Suharto (2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi *cross-linker* terhadap properti adsorpsi dan desorpsi *thermosensitive* NIPAM-*co*-DMAAPS gel. Pada penelitian ini digunakan variasi perbandingan konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS yaitu 8:2 dengan variasi suhu saat adsorpsi dan desorpsi yaitu 10 °C, 30 °C, 50 °C dan 70 °C dengan menggunakan larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai *swelling degree* akan menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *cross-linker*, namun nilai *swelling degree* akan naik seiring dengan penurunan suhu. Kemampuan adsorpsi dari NIPAM-*co*-DMAAPS gel mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya suhu operasi. Kemampuan desorpsi dari NIPAM-*co*-DMAAPS gel naik seiring dengan bertambahnya suhu. Nilai *swelling degree* dan adsorpsi dari NIPAM-*co*-DMAAPS gel berbanding lurus seiring dengan naiknya suhu.

Penelitian yang dilakukan oleh Ning (2013) lebih fokus pada karakterisasi properti *thermosensitive* homopolimer DMAAPS dalam larutan NaCl. Penelitian Takahashi (2011) menjadi referensi paling mendekati tema penelitian ini. Fokus penelitian Takahashi (2011) adalah karakterisasi sifat fasa transisi *poly*(NIPAM-*co*-DMAAPS) dalam variasi larutan garam. Hanya saja larutan garam yang digunakan tidak mengandung ion logam berat. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ningrum dkk (2014), Febryanita - Firdaus (2016) dan Suharto (2017) lebih fokus pada sintesa kopolimer gel serta aplikasinya dalam mengadsorpsi dan mendesorpsi ion logam berat seperti Zn^{2+} dalam larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$. Belum ada penelitian yang fokus pada korelasi antara sifat fasa transisi kopolimer *poly*(NIPAM-*co*-DMAAPS) terhadap kemampuan adsorpsi dan desorpsi ion logam berat kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS gel-nya.

Dalam mengetahui sifat fasa transisi dan properti larutan kopolimer *poly(NIPAM-co-DMAAPS)* pada larutan $Zn(NO_3)_2$, UCST/LCST harus ditentukan pada variasi kondisi. Walaupun UCST *poly(DMAAPS)* umumnya ditinjau pada suhu 20°C, telah diketahui bahwa UCST bisa bervariasi pada rentang yang berbeda tergantung karakteristik polimer dan kondisi lingkungan. Lebih jauh lagi, beberapa penelitian menunjukkan faktor-faktor yang mempengaruhi UCST/LCST. Contohnya adalah UCST menjadi lebih tinggi seiring dengan peningkatan berat molekul dan konsentrasi polimer *sulfobetaine*, selain itu UCST menjadi lebih rendah dengan penambahan garam pada larutan polimer atau ketika pH berubah dari 7 (Ning., 2013). Kopolimerisasi antara NIPAM yang bersifat LCST dan DMAAPS yang bersifat UCST juga akan mempengaruhi sifat *thermosensitive* dari polimer.

Pada penelitian ini, karakteristik properti seperti viskositas, berat molekul dan sifat fasa transisi *thermoreponsive* UCST atau LCST dievaluasi dengan variasi konsentrasi monomer pada kopolimerisasi tanpa *cross-linker* dalam media interaksi antara ion dan kopolimer berupa larutan $Zn(NO_3)_2$. Viskositas diukur menggunakan viskosimeter ostwald, berat molekul dievaluasi dengan menggunakan *Gel Permeation Chromatography* (GPC), dan analisa UCST atau LCST dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV/Vis yang dilengkapi dengan *thermostatic cell*.

I.2. Perumusan dan Pembatasan Masalah

I.2.1 Perumusan Masalah

Penelitian mengenai kopolimerisasi *sulfobetaine zwitterionic* polimer dan *thermosensitive* gel telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, sebagian besar penelitian hanya menekankan pada sintesa dan properti kopolimer serta aplikasi gel dari kopolimer tersebut dalam adsorpsi ion logam berat. Sehingga belum diketahui hubungan yang jelas antara karakteristik kopolimer NIPAM-co-DMAAPS dengan

kemampuan adsorpsi gel-nya untuk konsentrasi monomer yang sama. Efektifitas NIPAM-co-DMAAPS gel sebagai adsorben berbasis *thermosensitive* ditentukan oleh sifat fasa transisi polimernya. Penelitian yang dilakukan Takahashi dkk (2011) pada variasi konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS menunjukkan semakin menurunnya suhu LCST dengan peningkatan konsentrasi DMAAPS dalam larutan NaCl dan $C_6H_5Na_3O_7$. Sedangkan pada larutan SDS menunjukkan hasil yang sebaliknya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jenis larutan mempengaruhi karakteristik sifat fasa transisi polimer.

Penelitian Ningrum (2014), Febryanita-Firdaus (2016) dan Suharto (2017) bertujuan untuk mendapatkan adsorben unggul dalam mengadsorpsi ion logam berat pada berbagai jenis larutan. Oleh karena itu untuk mendukung beberapa penelitian sebelumnya perlu dilakukan karakterisasi sifat fasa transisi kopolimer tersebut dalam larutan garam logam berat seperti $Zn(NO_3)_2$ yang diteliti oleh Suharto (2017). Karakterisasi properti *thermosensitive* ini akan berguna untuk penelitian sintesa gel adsorben berbasis *zwitterionic betaine* berikutnya karena telah didapatkan korelasi antara sifat fasa transisi polimer pembentuk gel dan kemampuan adsorpsi gel tersebut. Adsorben unggul bisa didapatkan dengan mengetahui sifat fasa transisi lewat komposisi monomernya.

I.2.2 Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kopolimer yang dikarakterisasi dalam penelitian ini disintesa dari monomer *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) dan *N-isopropylacrylamide* (NIPAM) dengan reaksi polimerisasi radikal bebas.
2. Ion logam berat yang digunakan sebagai *sample* ion yang berinteraksi dengan polimer adalah Zn^{2+} . Sedangkan larutan garam yang digunakan sebagai media interaksi dalam penelitian ini adalah $Zn(NO_3)_2$.

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh rasio konsentrasi monomer pada kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS terhadap viskositas kopolimer.
2. Mengetahui pengaruh rasio konsentrasi monomer pada kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS terhadap sifat ketertarikan air kopolimer.
3. Mengetahui pengaruh rasio konsentrasi monomer pada kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS terhadap sifat fasa transisi *thermosensitive* UCST dan LCST kopolimer dalam larutan $Zn(NO_3)_2$.
4. Mengetahui pengaruh suhu transisi UCST dan LCST terhadap daya adsorpsi dan desorpsi ion Zn^{2+} kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS.
5. Mempelajari korelasi antara viskositas, sifat fasa transisi *thermosensitive* UCST dan LCST kopolimer *poly*[NIPAM-*co*-DMAAPS] dalam larutan $Zn(NO_3)_2$.

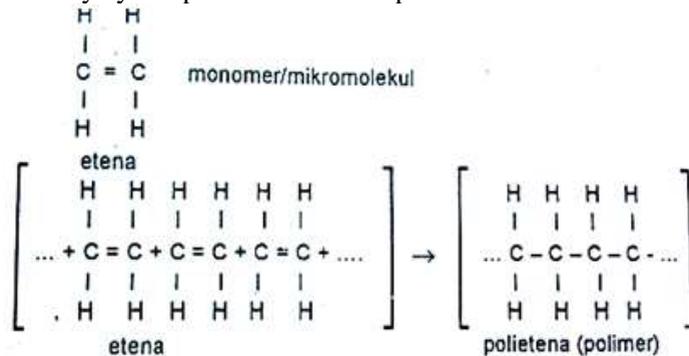
1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui data karakteristik properti *thermosensitive* kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS pada variasi rasio konsentrasi monomer guna mendapatkan spesifikasi adsorben yang unggul dalam mengadsorpsi dan mendesorpsi ion secara reversibel melalui perubahan suhu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Polimer

Menurut Hart (2003), polimer atau yang kadang-kadang disebut makromolekul ialah molekul besar yang dibangun dari perangkaian berulang sejumlah besar satuan yang lebih kecil yang disebut monomer. Polimer dapat digolongkan berdasarkan sumbernya yaitu polimer alam dan polimer sintetik.



Gambar II.1 Struktur Molekul Etena Dan Polietena (Polimer)

II.2 Polimerisasi Radikal Bebas

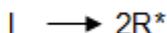
Reaksi polimerisasi adalah reaksi penggabungan molekul-molekul kecil (monomer) yang membentuk molekul yang besar. Secara garis besar reaksi polimerisasi dibagi menjadi dua jenis yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi.

Polimerisasi radikal bebas adalah metode polimerisasi dimana suatu polimer terbentuk dari penambahan berturut-turut gugus radikal bebas atau atom-atom lalu membentuk molekul. Radikal bebas dapat dibentuk melalui sejumlah mekanisme yang berbeda, biasanya melibatkan molekul inisiator terpisah. Setelah penciptaan radikal bebas monomer unit, rantai polimer tumbuh pesat dengan penambahan berurutan dari bangunan gugus ke situs radikal bebas.

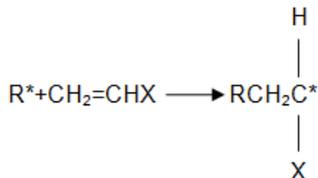
Polimerisasi radikal bebas adalah rute sintesis kunci untuk mendapatkan berbagai macam polimer yang berbeda dan material komposit. Sifat relatif non-spesifik dari interaksi kimia radikal bebas membuat polimerisasi menjadi salah satu bentuk polimerisasi yang paling berguna. Berikut adalah mekanisme reaksi polimerisasi meliputi tahap inisiasi, propagasi dan terminasi.

a. Tahap Inisiasi (Tahap Pemicuan)

Pemicuan dapat dipandang sebagai penguraian pemicu dan adisi molekul monomer pada salah satu radikal bebas yang terbentuk. Jika kita nyatakan radikal bebas (terbentuk dari pemicu I) sebagai R^* , dan molekul monomer dinyatakan dengan $CH_2=CHX$. Proses pemicuan dapat digambarkan sebagai berikut:



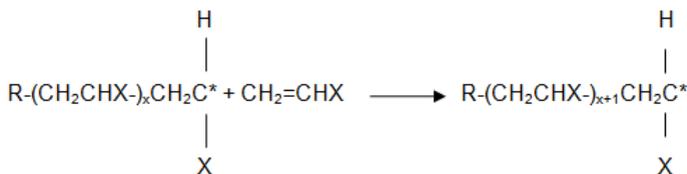
Kemudian,



Gambar II.2 Tahap Inisiasi pada Polimerisasi Radikal Bebas

b. Tahap Propagasi (Tahap Perambatan)

Pada tahap ini terbentuk rantai radikal dan dapat berturut-turut bereaksi dengan monomer sehingga memperbanyak rantai:

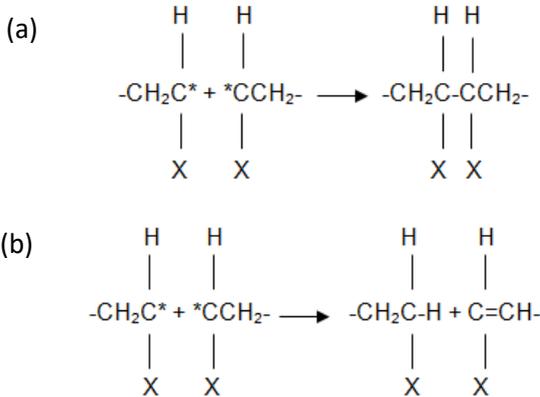


Gambar II.3 Tahap Propagasi pada Polimerisasi Radikal Bebas

Tahap ini berjalan terus-menerus sampai suplai monomer habis.

c. Tahap Terminasi

Tahap terminasi dapat dicapai dengan 2 cara, yaitu:

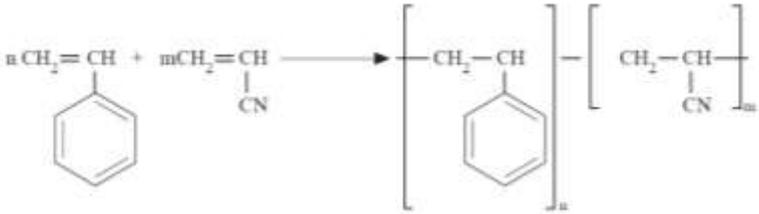


Gambar II.4 Tahap Terminasi pada Polimerisasi Radikal Bebas :
 (a) Kombinasi dan (b) Dispropionasi

Dispropionasi melibatkan pengalihan atom hidrogen dari satu radikal ke radikal lainnya, menghasilkan dua molekul polimer tak aktif. Satu mempunyai ikatan rangkap dua pada ujung molekulnya sedangkan yang lain mengandung ikatan jenuh (Cowd, 1991).

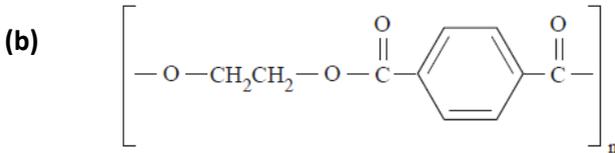
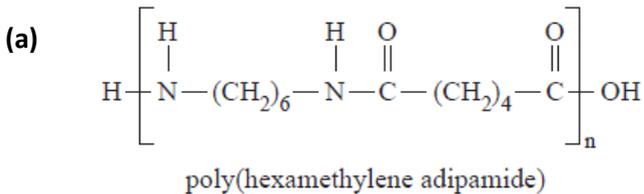
II.3 Kopolimer

Polimer bisa berupa homopolimer atau kopolimer tergantung pada komposisinya. Polimer yang disusun dari hanya satu unit pengulangan dalam molekul polimer yang dikenal sebagai homopolimer. Polimer yang terdiri dari dua unit pengulangan yang berbeda dalam molekul polimer didefinisikan sebagai kopolimer. Contohnya adalah kopolimer pada gambar di bawah yang terbentuk saat stirena dan akrilonitril dipolimerisasi dalam reaktor yang sama.



Gambar II.5 Kopolimerisasi Monomer Stirena dan Akrilonitril

Unit pengulangan dan unit struktural polimer tidak harus sama. Beberapa polimer seperti nilon 6,6 (**Gambar II.6 (a)**) dan poli (etilena tereftalat) (**Gambar II.6 (b)**) memiliki unit pengulangan yang terdiri dari lebih dari satu unit struktural. Polimer semacam itu masih dianggap homopolimer.



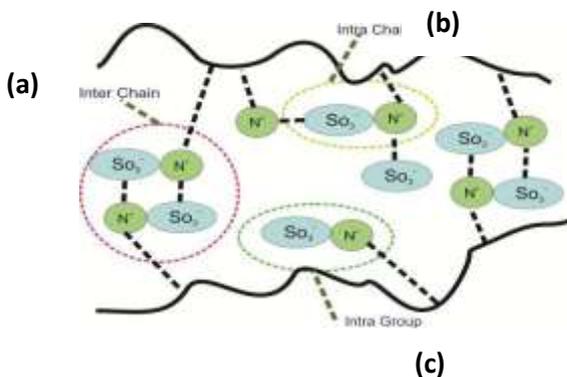
Gambar II.6 Struktur Molekul Kopolimer : (a) Nilon 6,6 dan (b) dan poli(Etilena Tereftalat)

II.4 *Polyzwitterionic*

Polyzwitterions atau yang biasa disebut dengan *polymeric betaine* merupakan makromolekul yang terdiri dari sejumlah anionik dan kationik yang sama pada unit monomer yang sama. *Zwitterionic betaine* polimer sangat berbeda dari polimer ionik,

dimana polimer ionik mengandung grup-grup fungsional bermuatan negatif dan positif.

Zwitterionic betaine polimer juga memiliki daya selektivitas ion karena kemampuannya untuk mengikat ion-ion melalui kedua muatan positif dan negatif (Neagu dkk. 2010). Keunikan karakter dari *zwitterionic betaine* yaitu kemampuan fragmen-fragmennya dalam membentuk sebuah konformasi siklik dari grup anionik kationik yang berdekatan dalam satu rantai polimer (*intra-chain*), atau antar grup anionik kationik dalam satu makromolekul (*inter-chain*), serta konformasi siklik *head-to-tail* dalam satu makromolekul (*intra-group*) sehingga mampu menghalangi kelarutan *zwitterionic betaine* dalam air. Interaksi diatas dipengaruhi oleh fleksibilitas dan panjang *alkylene* yang memisahkan dua muatan yang berlawanan yang juga menentukan solubilitas fase, volume, kemampuan ionisasi dan konformasi polimer betaine di dalam larutan *aqueous*.

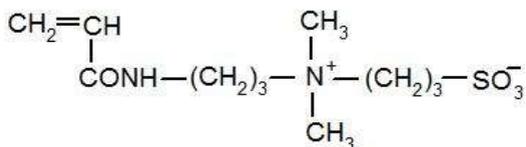


Gambar II.7 Interaksi (a) *Inter-chain*, (b) *intra-chain*, dan (c) *intra-group* pada *polybetaine*.

Berdasarkan sifat alami dari grup ionik, *polymeric betaine* dapat dikelompokkan dalam berbagai jenis, yang kebanyakan tersebar luas yaitu *sulfobetaine*, *phosphobetaine*, dan *carbobetaine* (Kudaibergenov dkk. 2006).

II.4.1 *Polysulfobetaine*

Polysulfobetaine mengandung *sulfonate* sebagai grup yang bermuatan negatif dan *quaternery ammonium* sebagai grup yang bermuatan positif. *Sulfobetaine* disintesis melalui reaksi alkilsulfonasi dari monomer atau polimer amin tersier dengan *sultone*, sebagai contoh *1,3-propanesultone* or *1,4-butanessultone*. Pada awal ditemukannya, polimer *betaine* diturunkan dari senyawa sulfo. Struktur kimia dari *polysulfobetaine* juga dapat diturunkan dari beberapa senyawa berikut: *ester* atau *amida* quatener dari asam metakrilat, senyawa *polypyrrolidinium* quatener, ion, dan senyawa *polyvinylpyridinium* atau *polyvinylimidazolium* (Kudaibergenov dkk. 2006). Pada penelitian ini *sulfobetaine* monomer pada NIPAM-co-DMAAPS dipilih sebagai agen pengadsorpsi karena mudah dalam mensintesis, stabil dalam mengadsorpsi ion, tidak dipengaruhi oleh pH, dan menunjukkan properti *thermosensitive* seperti NIPAM dalam larutan *aqueous*. Contoh *sulfobetaine* polimer atau gel adalah *N,N-dimethyl(acrylamidopropil)-ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) yang ditunjukkan oleh **Gambar II.8**.

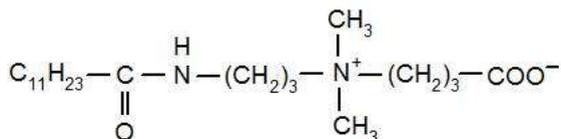


Gambar II.8 Struktur Kimia dari *N,N-dimethyl(acrylamidopropil) ammonium propane sulfonate* (DMAAPS)

II.4.2 *Polycarbobetaine*

Polycarbobetaine mengandung karboksilat sebagai grup yang bermuatan negatif sedangkan *quaternery ammonium* sebagai grup yang bermuatan positif. Struktur kimia *polycarbobetaine* dibagi kedalam tiga grup yaitu: *polyzwitterion* yang diturunkan dari heterosiklik polimer atau senyawa vinil

aromatik, *quaternery* ester atau *amide* dari asam metakrilat dimana *quaternery* nitrogen disubstitusi oleh grup alkoksi dari rantai yang berbeda, dan *quaternery polypyrolidinium* mengandung grup *alkylcarboxy* linear dan bercabang. *Polycarbobetaine* lebih larut di dalam air jika dibandingkan dengan *polysulfobetaine*. Salah satu contoh dari *polycarbobetaine* adalah *lauroyl amino propyl dimethyl carbobetaine* yang ditunjukkan pada **Gambar II.9**.

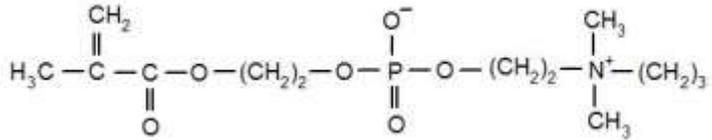


Gambar II.9 Struktur Kimia *lauroyl amino propyl dimethyl carbobetaine*

Perbedaan utama antara *polycarbobetaine* dan *polysulfobetaine* adalah tingkat kebasaaan, karboksil grup dalam *carbobetaine* lebih basa dibandingkan dengan *sulfonate* grup dalam *polysulfobetaine*. Dengan menurunkan pH larutan *aqueous*, karboksilat grup dapat menjadi non ionik, sedangkan grup *sulfonate* tetap anionik bahkan pada saat pH rendah karena rendahnya pKa. Hal ini mengakibatkan turunnya viskositas *polycarboxybetaine* sampai mencapai minimum dengan transisi dari *polyanion* ↔ *polyzwitterion* ↔ *polycation*. Sedangkan pada pH rendah, *polysulfobetaine* tidak dapat menurunkan viskositasnya karena rendahnya tingkat kebasaaan dari grup *sulfonate*.

II.4.3 *Polyphosphobetaine*

Polyphosphobetaine mengandung *phosphate* sebagai grup bermuatan negatif dan juga ammonium sebagai grup yang bermuatan positif. Polimerisasi dari *polyphosphobetaine* sebagian besar diaktifasi oleh reaksi inisiasi redok atau fotokimia menjadi polimerisasi radikal bebas. Contoh dari polimer tipe *polyphosphobetaine* adalah *2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine* (MPC) yang ditunjukkan pada **Gambar II.10**.



Gambar II.10 Struktur kimia dari 2-*methacryloyloxyethyl phosphorylcholine* (MPC)

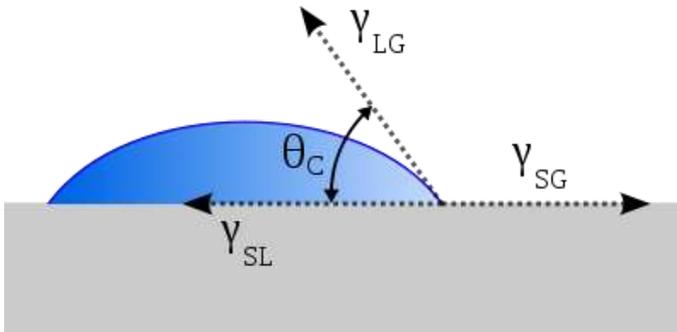
Phosphobetaine kopolimer MPC dengan asam metakrilat disiapkan oleh polimerisasi radikal dalam air untuk meningkatkan sifat gel dimetakrilat *cross-linker* baru dengan linkage *phosphorylcholine* seperti yang digunakan dalam kopolimerisasi MPC dan 2-hidroksietil metakrilat. Hal tersebut ditemukan oleh Wang et al. bahwa turunan silang akrilamida dengan *N,N*-methylenebisacrylamide menyebabkan penurunan *swelling* gel dengan meningkatnya suhu.

Interaksi kelompok antara *zwitterionic betaine* gel dan larutan garam encer juga sangat menentukan sifat *zwitterionic betaine* gel. Kelarutan polimer *zwitterionic betaine* dan *swelling degree* gel dalam larutan garam tergantung pada sifat dari anion dan kation dan baik dijelaskan oleh Hofmeister dan teori Pearson. Untuk garam dengan anion umum (Cl^-) dan kation monovalen, kelarutan berkurang sebagai $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Li}^+$, sedangkan untuk kation divalen kelarutan berkurang dalam urutan $\text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. Selanjutnya, kelarutan berkurang dalam urutan $\text{ClO}_4^- > \text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{F}^-$ di hadapan garam dengan kation umum (K^+) tetapi spesies anion yang berbeda. *Polybetaine* memiliki kapasitas mengikat kuat terhadap garam dengan berat molekul rendah karena kepadatan tinggi di unit dipolar dan momendipol, dan digunakan secara luas sebagai elektrolit padat untuk baterai energi tinggi. Perilaku seperti ditunjukkan untuk sejumlah *polybetaine* dicampur dengan LiClO_4 , NaClO_4 , NaNO_3 , NaBr , atau NaI .

II.5 Contact Angle (Sudut Kontak) Air terhadap

Permukaan Material

Contact Angle adalah sudut yang secara konvensional diukur melalui liquid saat kontak dengan permukaan padatan (solid). *Contact Angle* mengukur kebasahan permukaan solid menggunakan persamaan Young. Sistem padat, cair dan uap memiliki kesetimbangan sudut kontak yang unik. Sudut kontak memiliki kisaran maksimal dan minimal. Kesetimbangan sudut kontak mencerminkan kekuatan relatif dan interaksi molekuler cair, padat dan gas.



Gambar II.11 Skema tetesan liquid dalam persamaan Young

Bentuk antarmuka liquid-solid ditentukan oleh persamaan Young-Laplace. Deskripsi teoritis sudut kontak muncul dari pertimbangan kesetimbangan termodinamika antara tiga fase: Liquid (L), Solid (S) dan Gas (G) yang bisa berupa campuran atmosfer sekitar dan konsentrasi kesetimbangan uap cair.

$$\gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta_c = 0$$

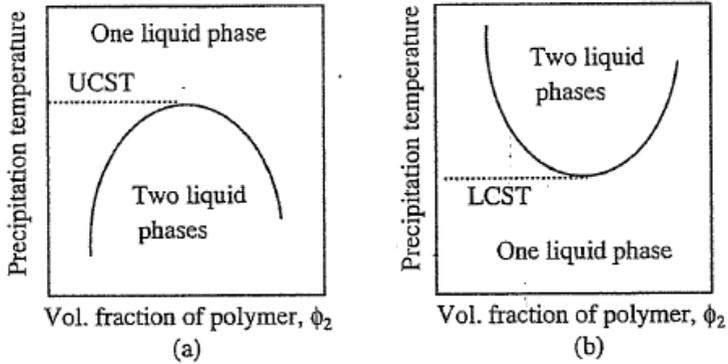
Dimana γ_{SG} adalah energi antarmuka solid-gas, γ_{SL} adalah energi antarmuka solid-liquid dan γ_{LG} adalah energi antarmuka liquid-gas.

Sudut kontak sangat sensitif terhadap kontaminasi. Nilai yang tepat dapat hanya diperoleh dibawah kondisi laboratorium dengan cairan murni dan permukaan padatan yang bersih. Jika molekul cairan sangat tertarik pada molekul padat maka tetesan

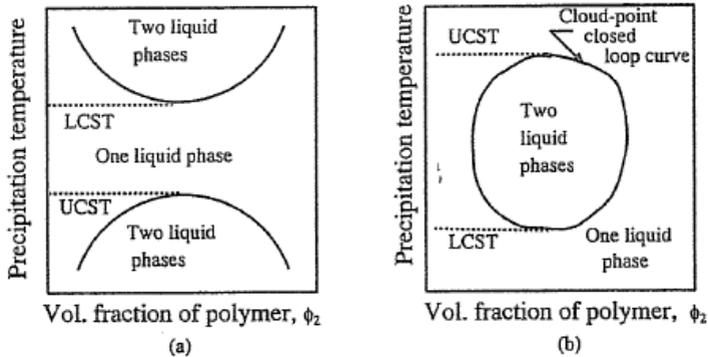
cairan akan benar-benar menyebar sehingga sudut kontak 0° . Umumnya jika sudut kontak air lebih kecil dari 90° , permukaan solid dianggap hidrofilik dan jika sudut kontak air lebih besar dari 90° , permukaan padat dianggap hidrofobik. Banyak polimer menunjukkan permukaan hidrofobik. Permukaan hidrofobik yang sangat tinggi yang terbuat dari energi permukaan rendah memiliki sudut kontak air sebesar 120° . Beberapa bahan dengan permukaan yang sangat kasar mungkin memiliki sudut kontak lebih besar dari 150° karena adanya kantong udara dibawah tetesan cair. Permukaan ini disebut superhidrofobik.

II.6 Sifat Fasa Transisi *Thermoresponsive*: *Upper Critical Solution Temperature* (UCST) dan *Lower Critical Solution Temperature* (LCST)

Kurva *cloud-point* atau kurva presipitasi untuk sistem polimer-solvent yang berbeda akan memiliki bentuk yang berbeda pula (**Gambar II.12 dan Gambar II.13**). Titik maksimum dan minimum pada kurva tersebut menggambarkan *Upper Critical Solution Temperature* (UCST) dan *Lower Critical Solution Temperature* (LCST). Seperti pada gambar di bawah, diagram fase larutan polimer memiliki dua daerah batas kelarutan. Sistem polimer-solven yang berbeda mungkin memiliki diagram fase yang sangat berbeda. Untuk beberapa sistem, seperti *polystyrene-cyclohexane*, $UCST < LCST$ namun contoh lainnya pada sistem polar seperti *polyoxyethylene-water*, $UCST > LCST$ and memiliki *closed solubility loop*.



Gambar II.12 Diagram Fase Skematik untuk Sistem Polimer-Pelarut: (a) UCST dan (b) LCST



Gambar II.13 Diagram Fase untuk Sistem Polimer-Pelarut Ketika: (a) $UCST < LCST$ dan (b) $UCST > LCST$

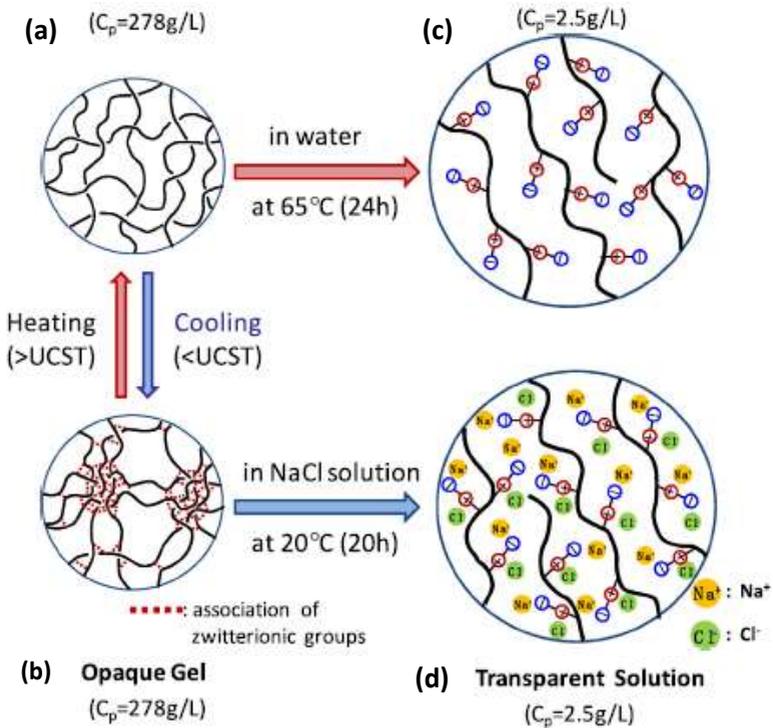
(Chanda.2006)

Kelarutan umumnya meningkat dengan suhu, ada juga polimer yang menunjukkan koefisien kelarutan suhu negatif pada pelarut tertentu. Seperti *poly(ethylene oxide)*, *poly(iV-isopropylacrylamide)*, atau *poly(methyl vinyl ether)* larut dalam air pada suhu kamar tapi mengendap pada pemanasan. Perilaku ini ditemukan untuk semua sistem pelarut polimer yang

menunjukkan *Lower Critical Solution Temperature* (LCST). LCST mungkin dapat turun atau naik dengan penambahan garam tertentu (Braun,dkk.2005).

II.6.1 Pengaruh Larutan Garam Anorganik Terhadap Sifat Fasa Transisi Polimer

Ning (2013) dalam penelitiannya, meninjau sifat *poly*(DMAAPS) dalam larutan NaCl. Untuk menentukan apakah gel secara fisik atau kimiawi saling berikatan silang, sampel ($C_m = 1 \text{ M}$) direndam dalam larutan garam encer ($0,1 \text{ M NaCl}$, 10 g/g polimer-gel) pada suhu ruang, karena diketahui bahwa garam anorganik dapat mempercepat pelarutan polimer *betaine* dalam air. Di sini, jumlah NaCl yang digunakan setara dengan jumlah unit DMAAPS. Hasil pengamatan menunjukkan *poly*(DMAAPS) larut sempurna dalam larutan NaCl tanpa pemanasan. Oleh karena itu, selama sintesis *poly*(DMAAPS) pada $C_m \geq 0.6 \text{ M}$ ($= 167 \text{ g/L}$) secara fisik berikatan silang. Jaringan rantai polimer dengan berat molekul tinggi yang terjerat berasosiasi *intra* dan atau *inter-chain* pada grup *zwitterionic*. Skema representasi dari struktur molekul polimer yang secara fisik gel ($C_m = 1 \text{ M}$) dalam kondisi yang disiapkan pada suhu $20 \text{ }^\circ \text{C}$ ($< \text{UCST}$) ditunjukkan pada **Gambar II.14 (b)** Polimer itu buram akibat adanya sedikit agregasi heterogen dari rantai polimer oleh interaksi ionik. Peningkatan suhu sampai $50 \text{ }^\circ \text{C}$ ($> \text{UCST}$) menyebabkan perubahan keadaan transparan polimer dimana hanya belitan dari rantai polimer yang beroperasi, karena pasangan ion dari grup *zwitterionik* tidak ada karena mereka terdisosiasi pada suhu di atas UCST.



Gambar II.14 Skema Representasi dari Ilustrasi Model Struktur Variasi Bentuk Fisik *Poly(DMAAPS)* dalam Larutan Encer (a) Polymer-Gel Transparan (b) Polymer-Gel Buram (c) Larutan Encer dalam Air Transparan (65°C) dan (d) Larutan Encer dalam NaCl Transparan (20°C)

(Ning, 2013)

Dengan demikian, struktur molekul berubah secara reversibel sebagai respons untuk siklus termal, seperti yang diilustrasikan pada **Gambar II.14 (a) dan (b)**. Selain itu, perendaman polimer yang secara fisik gel *poly(DMAAPS)* dalam larutan NaCl encer menghasilkan pelarutan bahkan di bawah UCST, karena ikatan *interchain zwitterionic* hancur sebagai hasil interaksi ionik baru dari kelompok tersebut dengan ion Na^+ dan

Cl. Ilustrasi skematik ditunjukkan pada **Gambar II.14 (c)**. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa *poly*(DMAAPS) diperoleh dengan polimerisasi radikal bebas dalam sistem redoks encer yang ditunjukkan dengan karakteristik *thermoreponsive* tipe UCST dan pembentukan gel dengan jaringan yang terhubung secara fisik saat C_m lebih tinggi dari C_m^* . Di sini, perlu dicatat bahwa, karena polimer berfisik gel *poly*(DMAAPS) tidak secara kimiawi tapi secara fisik saling terkait. Padahal, saat polimer-gel ($C_m = 1 \text{ M}$) direndam dalam air panas dg jumlah besar (65°C : $110 \text{ g H}_2\text{O/g}$ polimer-gel) dan disimpan dalam keadaan tersebut untuk sementara waktu dengan pengadukan lambat, ditemukan bahwa gel tersebut secara bertahap larut. Ini jelas menunjukkan bahwa jaringan dengan ikatan silang secara fisik, secara bertahap dihancurkan dengan membiarkan gel tetap dalam air panas ($>\text{UCST}$), dan gel akhirnya larut sepenuhnya. Demikian pula dengan penambahan NaCl. Model yang mewakili struktur ini disajikan pada **Gambar II.14 (d)**.

BAB III

METODE PENELITIAN

Sintesa *N*-isopropylacrylamide (NIPAM; KJ Chemicals Co., Ltd., Japan) sebagai monomer primer untuk kopolimer dimurnikan dengan metode rekristalisasi dengan menggunakan *N*-hexane. Sintesa *N,N*-dimethyl-(acrylamido propyl) ammonium propane sulfonate (DMAAPS) dengan menggunakan metode yang dikenalkan oleh (Lee dan Tsai, 1994) yaitu reaksi *ring opening* dari *N,N*-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA; KJ Chemicals Co., Ltd., Japan) dan 1,3-propanesultone (PS dan BS; Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., Japan). Larutan campuran dari PS (75 g) dan acetonitrile (75 g) ditambahkan tetes demi tetes kedalam larutan campuran DMAPAA (100 g) dan acetonitrile (200 g) selama 90 menit disertai dengan pengadukan pada suhu 30 °C. Pengadukan dilanjutkan sampai 16 jam, selanjutnya kristal DMAAPS dicuci menggunakan acetone 500 mL. Pengadukan dilanjutkan kembali pada suhu kamar selama 2 hari. Kristal putih yang terbentuk kemudian difiltrasi dan dicuci kembali menggunakan 500 mL acetone, lalu dikeringkan pada oven kurang lebih selama 24 jam pada suhu 50 °C.

Sedangkan kopolimer NIPAM-co-DMAAPS disintesa melalui reaksi polimerisasi radikal bebas. Pertama *N*-isopropylacrylamide (NIPAM), DMAAPS, dan *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (TEMED) dilarutkan kedalam distilled water hingga volume larutan total mencapai 100 mL. Larutan monomer ini kemudian dituangkan ke dalam separable flask berleher empat. Larutan di-purging dengan menggunakan ultra high purity nitrogen gas untuk menghilangkan oksigen terlarut selama 10 menit, kemudian larutan ammonium peroxodisulfate (APS) sebanyak 20 mL yang telah di-purging sebelumnya ditambahkan ke dalam larutan monomer. Reaksi polimerisasi berlangsung selama 6 jam pada suhu 10 °C dengan tetap mengalirkan nitrogen gas selama reaksi berlangsung. Kondisi sintesa kopolimer dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel III.1 Kondisi Sintesa Kopolimer Gel

Komponen		Konsentrasi (mmol/L)			
Monomer 1	<i>N,N-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate (DMAAPS)</i>	0	100	200	300
Monomer 2	<i>N-isopropylacrylamide (NIPAM)</i>	1000	900	800	700
Akselerator	<i>N,N,N',N'-tetramethylenediamine (TEMED)</i>	10			
Inisiator	<i>Ammonium peroxodisulfate (APS)</i>	2			

Kopolimer NIPAM-co-DMAAPS akan dianalisa sifat *thermosensitive*-nya dalam larutan $Zn(NO_3)_2$ dengan menggunakan *spectrophotometer UV-VIS with temperature controller equipped*. Viskositas polimer akan dianalisa menggunakan Viskometer Brookfield.

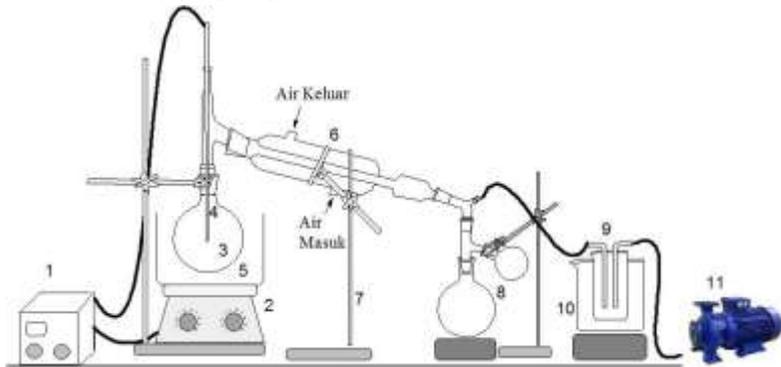
III.1 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Monomer : *N-isopropylacrylamide (NIPAM), N,N-dimethyl acrylamido propyl ammonium propane sulfonate (DMAAPS)*.
2. Akselerator: *N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine (TEMED)*
3. Inisiator : *Ammonium peroxodisulfate (APS)*
4. *N,N-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA)*
5. *1,3-propanesultone (PS)*
6. *1,4-butanestone (BS)*
7. *4-methoxyphenol*
8. *Acetonitrile*
9. *Acetone*
10. *Hexane*
11. *Benzene*
12. *Distilate Water*
13. Larutan $ZnNO_3$
14. Nitrogen liquid
15. Nitrogen gas

III.2 Peralatan Penelitian

1. Pemurnian DMAPAA



Gambar III.1 Proses Pemurnian *N,N*-dimethylaminopropylacrylamide DMAPAA
Keterangan Gambar :

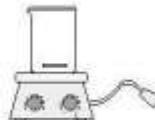
1. *Temperature Controller*
2. *Heater*
3. Labu Distilasi
4. *Termocouple*
5. *Oil Bath*
6. *Kondensor Liebig*
7. Statif
8. Labu Distilat
9. *Trap*
10. Wadah N_2 Cair
11. Pompa *Vacuum*

2. Pembuatan monomer DMAAPS/DMAABS

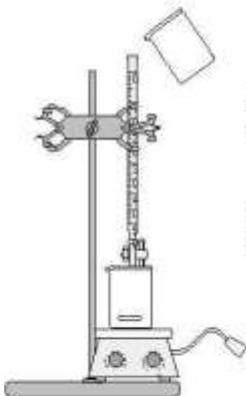
1. Larutan A (DMPAA 100 gr + *Acetonitril* 200 gr) dengan pengadukan 10 menit



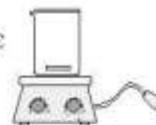
2. Larutan B (1,3 *Propane sulfone* 75 gr + *Acetonitril* 75 gr) dengan pengadukan 10 menit



3. Menambahkan tetes demi tetes larutan B ke larutan A selama 90 menit suhu 30°C



4. Pengadukan larutan pada suhu 30°C selama 16 jam



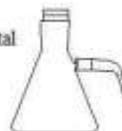
5. Pencucian kristal dengan acetone 500mL



6. Menambahkan acetone 500 mL dan diaduk selama 2 hari pada suhu kamar



7. Penyaringan kristal

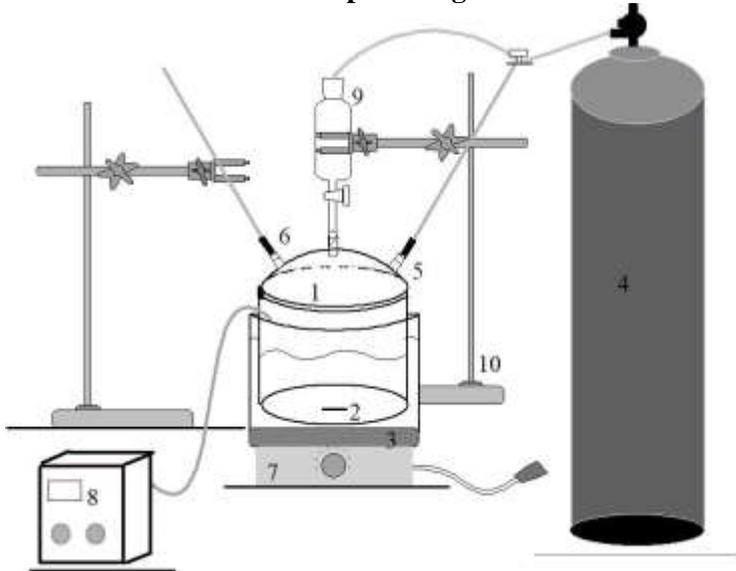


8. Pengeringan DMAAPS pada suhu 50°C selama 2 jam



Gambar III.2 Tahapan proses pembuatan monomer DMAAPS

3. Pembuatan kopolimer gel NIPAM-*co*-DMAAPS



Gambar III.3 Sketsa pembuatan kopolimer gel NIPAM-*co*-DMAAPS

1. Reaktor polimerisasi
2. *Magnetic stirrer*
3. *Water Bath*
4. Tabung N₂ UHP
5. N₂ Inlet
6. Gas Outlet
7. *Stirrer*
8. *Temperature Controller*
9. Inlet Inisiator
10. Statif dan klem holder

III.3 Prosedur Penelitian

1. Pemurnian *N,N*-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA)

1. Mempersiapkan DMAPAA sebanyak 2 x 450 mL
2. Memasukkan DMAPAA kedalam labu leher 2.
3. Menambahkan padatan 4-methoxyphenol sebanyak 0.5 gram kedalam larutan DMAPAA.
4. Memulai proses distilasi larutan DMAPAA sehingga diperoleh hasil distilat DMAPAA yang berwarna kuning transparan dengan kondisi operasi suhu 180 °C dan tekanan vakum.
5. Produk *raffinate* sebagai residu berwarna kuning pekat

2. Pembuatan Monomer *N,N*-dimethyl (*acrylamidopropyl*) ammonium propane sulfonate (DMAAPS)

1. Mempersiapkan DMAPAA sebanyak 100 gram dan *acetonitril* sebanyak 200 gram, kemudian mencampurkan kedua komponen dan diaduk selama 10 menit.
2. Mempersiapkan *1,3-propane sultone* sebanyak 75 gram dan *acetonitrile* sebanyak 75 gram, kemudian mencampurkan kedua komponen dan diaduk selama 10 menit.
3. Menambahkan tetes demi tetes larutan PS kedalam larutan DMAPAA selama 90 menit pada suhu 30°C dengan pengadukan
4. Melakukan pengadukan pada suhu 30°C selama 16 jam sampai terbentuk kristal DMAAPS
5. Produk presipitasi kristal DMAAPS kemudian dicuci menggunakan larutan acetone 500 mL.
6. Menambahkan acetone 500 mL pada produk kristal DMAAPS selanjutnya dilakukan pengadukan pada suhu kamar selama 2 hari.
7. DMAAPS dipisahkan dari larutannya menggunakan *vacuum filter*.
8. Produk DMAAPS kemudian dikeringkan dalam

vacuum oven selama 2 jam pada suhu 50°C

9. Produk monomer DMAAPS siap dipergunakan untuk pembuatan kopolimer.

3. Pemurnian monomer N-isopropylacrylamide (NIPAM)

1. Mempersiapkan benzene sebagai solven untuk NIPAM sebanyak 510 mL.
2. Mempersiapkan NIPAM sebanyak 300 gram.
3. Mempersiapkan hexane (non solven untuk NIPAM) sebanyak 10 x dari total larutan (NIPAM+benzene) sebanyak kurang lebih 5 liter.
4. Mempersiapkan 6 buah erlenmeyer berukuran masing-masing 1000 mL.
5. Campurkan benzene dan NIPAM dan lakukan pengadukan sampai NIPAM terlarut homogen.
6. Membagi larutan NIPAM+benzene kedalam 6 buah erlenmeyer yang telah dipersiapkan sebelumnya.
7. Menambahkan hexane kedalam erlenmeyer tersebut sehingga total larutan NIPAM+benzene+hexane sebanyak kurang lebih 1 liter.
8. Menutup erlenmeyer dengan plastik film dan masukkan ke dalam almari pendingin selama 1 hari.
9. Produk kristal NIPAM yang diperoleh kemudian dipisahkan dengan *vacuum filter*
10. Produk kristal NIPAM kemudian dikeringkan kedalam *vacuum oven* selama 2 jam pada suhu 50°C.
11. Produk monomer NIPAM siap dipergunakan untuk pembuatan kopolimer.

4. Pembuatan kopolimer NIPAM-co-DMAAPS

1. Mempersiapkan monomer DMAAPS dan NIPAM dengan total konsentrasi 1000 mmol/L (total volume larutan 120 mL).
2. Menambahkan akselerator TEMED 10 mmol/L.
3. Melarutkan kedalam *distilled water* dengan total volume 100 mL sehingga diperoleh larutan A.

4. Masukkan larutan kedalam labu leher empat dengan suhu 10°C.
5. *Purging* menggunakan gas N₂ dengan *flowrate* (500 mL/min).
6. Melakukan pengadukan selama 10 menit dengan kecepatan tinggi untuk menghomogenkan larutan.
7. Setelah 10 menit, persiapkan inisiator APS 2 mmol/L dalam 20 mL *distilled water*.
8. Masukkan ke dalam labu inisiator sehingga diperoleh larutan B dan *purging* dengan gas N₂, kemudian tunggu selama 30 menit.
9. Campurkan kedua larutan A dan larutan B dengan *stirrer* dan tetap mem-*purging* dengan gas N₂.
10. Menunggu 15 detik hingga tercampur sempurna.
11. Masukkan polimer kedalam filter membran, tekan sampai tidak ada gelembung udara
12. Polimer di purifikasi dengan cara dialisis didalam water bath selama 1 minggu.

III.4 Variabel Penelitian

Variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel tetap
 - a. Sintesa kopolimer dilakukan pada temperatur 10 °C
 - b. Konsentrasi total monomer adalah 1000 mmol/L
 - c. Konsentrasi larutan (Zn(NO₃)₂) : 10 mmol/L
2. Variabel Input
 - a. Komposisi monomer :
 - NIPAM:DMAAPS = 900 mmol/L : 100 mmol/L
 - NIPAM:DMAAPS = 800 mmol/L : 200 mmol/L
 - NIPAM:DMAAPS = 700 mmol/L : 300 mmol/L.
 - b. Suhu transisi : 10-70 °C
3. Variabel Respon
 - Suhu transisi
 - Viskositas kopolimer
 - *Contact Angle* air terhadap kopolimer

III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian

III.5.1 Uji FTIR

Fourier-transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dilakukan dengan tujuan mengidentifikasi gugus fungsional dalam senyawa. Pertama mempersiapkan NIPAM, DMAAPS dan *poly*[NIPAM-*co*-DMAAPS] yang selanjutnya akan di teliti menggunakan *spectrofotometri infrared*. Pada uji ini diperoleh data *wavenumbers* (cm^{-1}) dimana dari data tersebut kita dapat mengidentifikasi gugus fungsional dalam senyawa tersebut sesuai dengan data *range* gugus fungsi yang tersedia.

III.5.2 Uji Viskositas

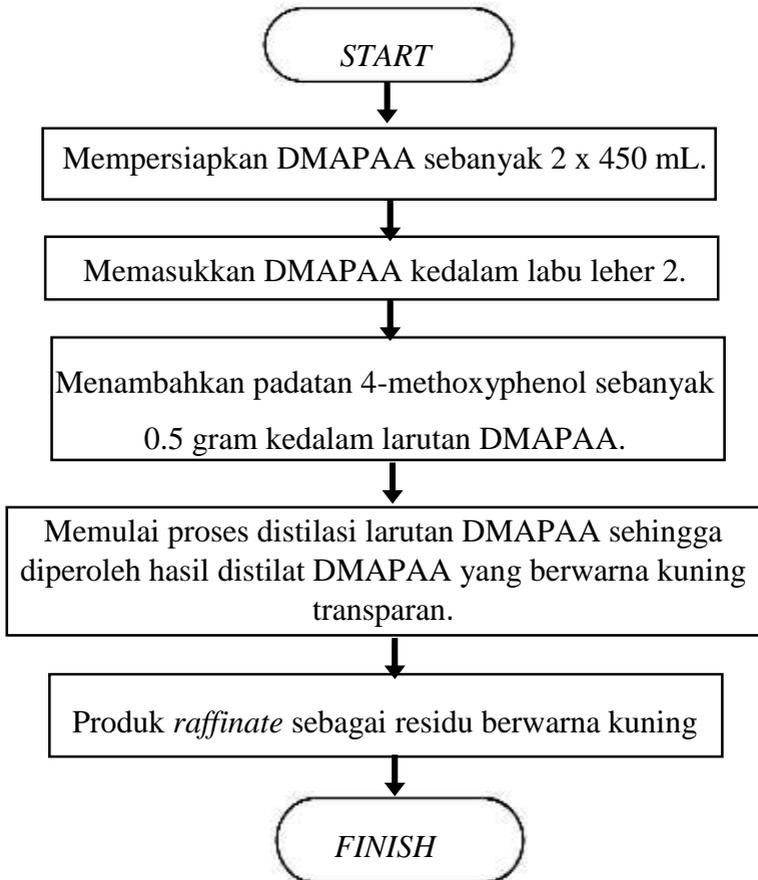
Viskometer adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur viscositas atau kekentalan suatu larutan. Viskometer Brookfield yang digunakan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai viskositas dengan mengukur gaya puntir sebuah rotor silinder (*spindle*) yang dicelupkan ke dalam *sample*.

III.5.3 Uji Suhu Transisi

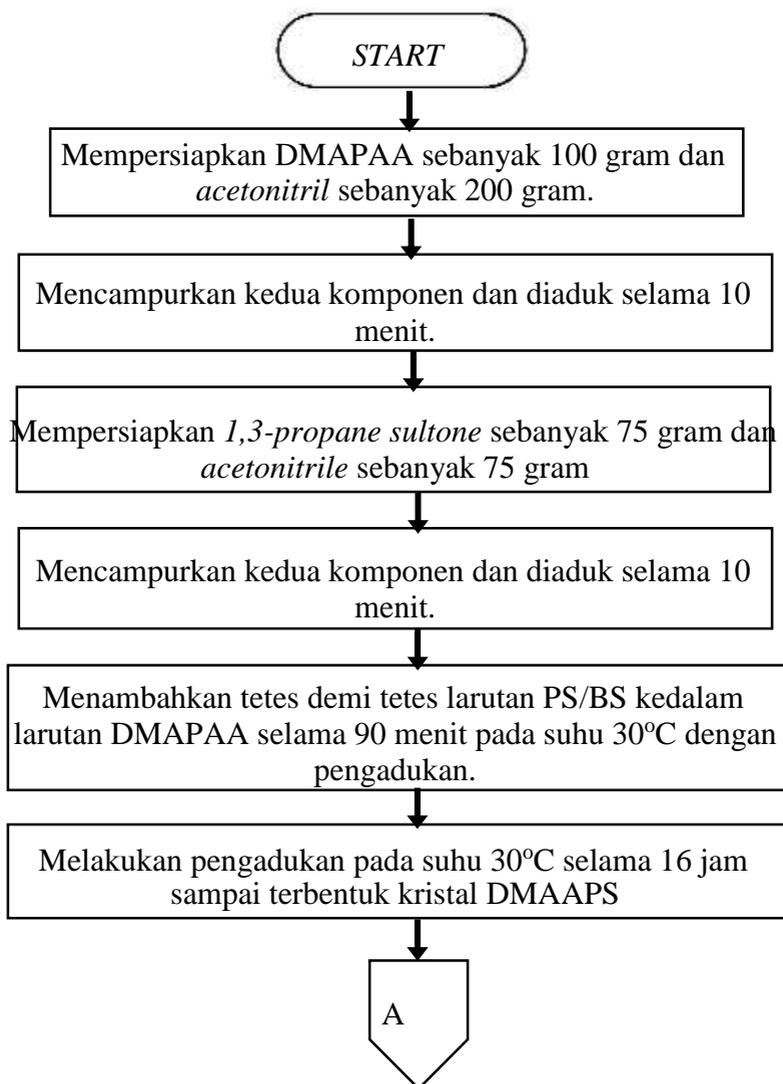
Perubahan transmitan sebagai fungsi temperatur diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan UV/VIS *Spectrophotometer* dilengkapi dengan *thermostatic cell* untuk larutan polimer encer. *Ultrapure water* digunakan sebagai referensi. UCST atau LCST dapat ditentukan pada saat temperatur dimana transmitan turun atau naik setengah dari sebelumnya. Perubahan transmitansi ditinjau pada laju perubahan suhu $1^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

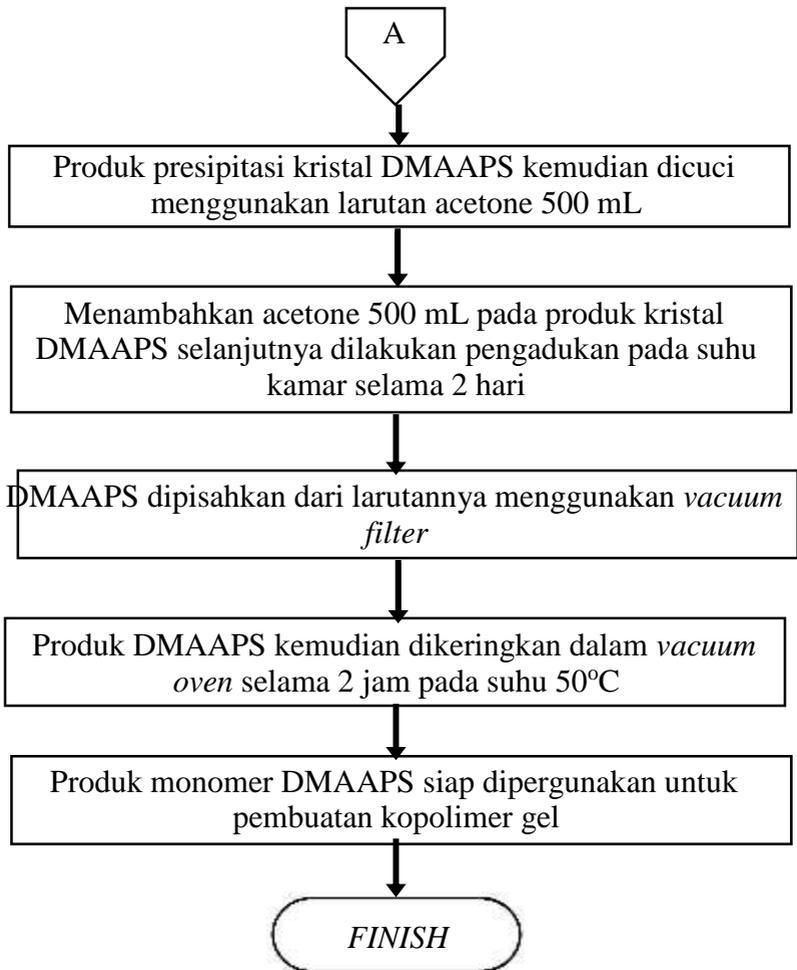
III.6 Diagram Blok Penelitian

1. Pemurnian DMAPAA

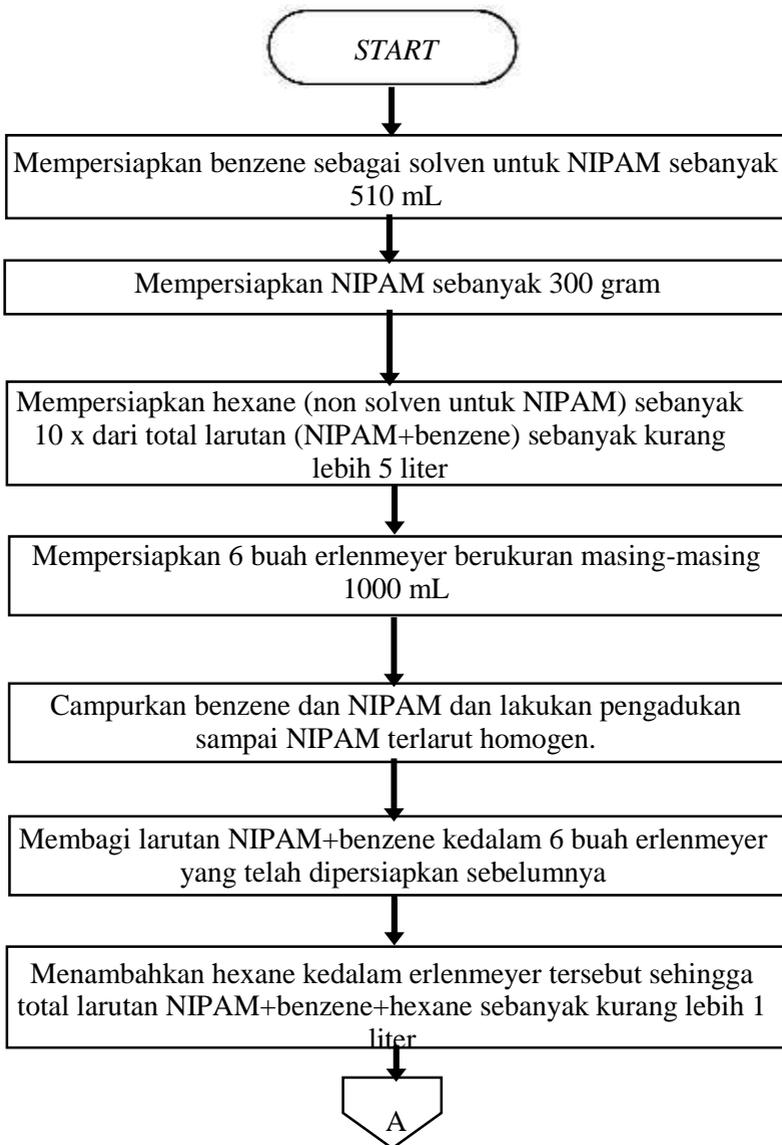


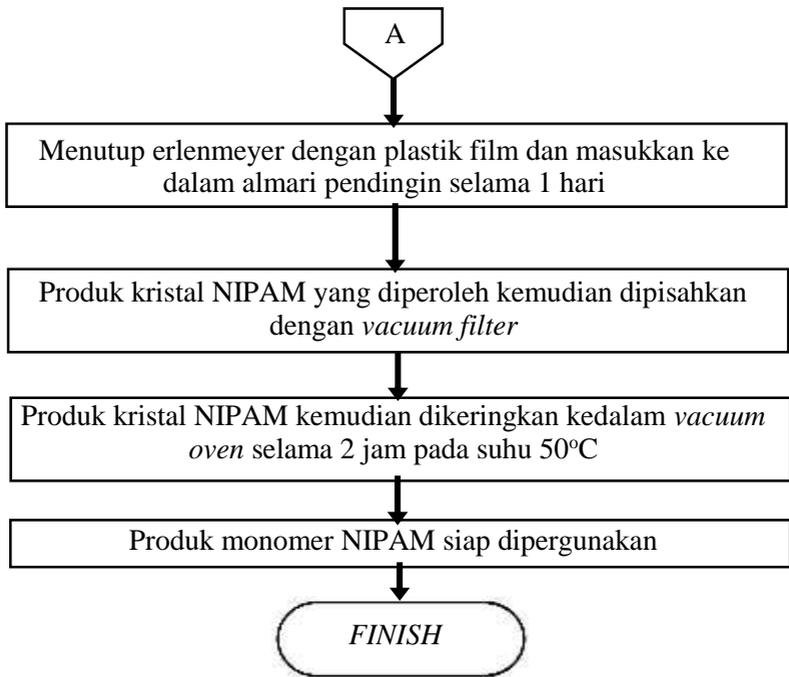
2. Pembuatan monomer DMAAPS



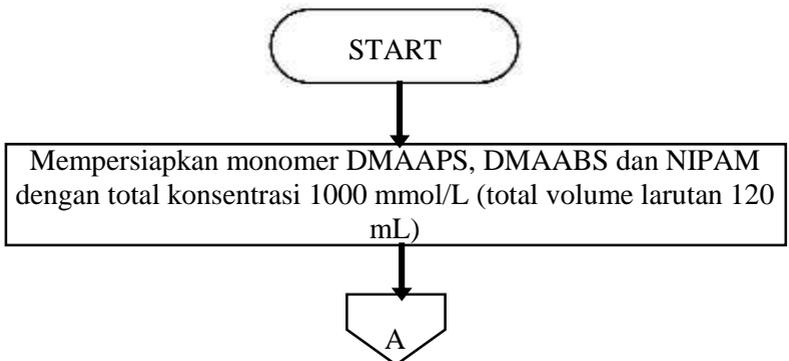


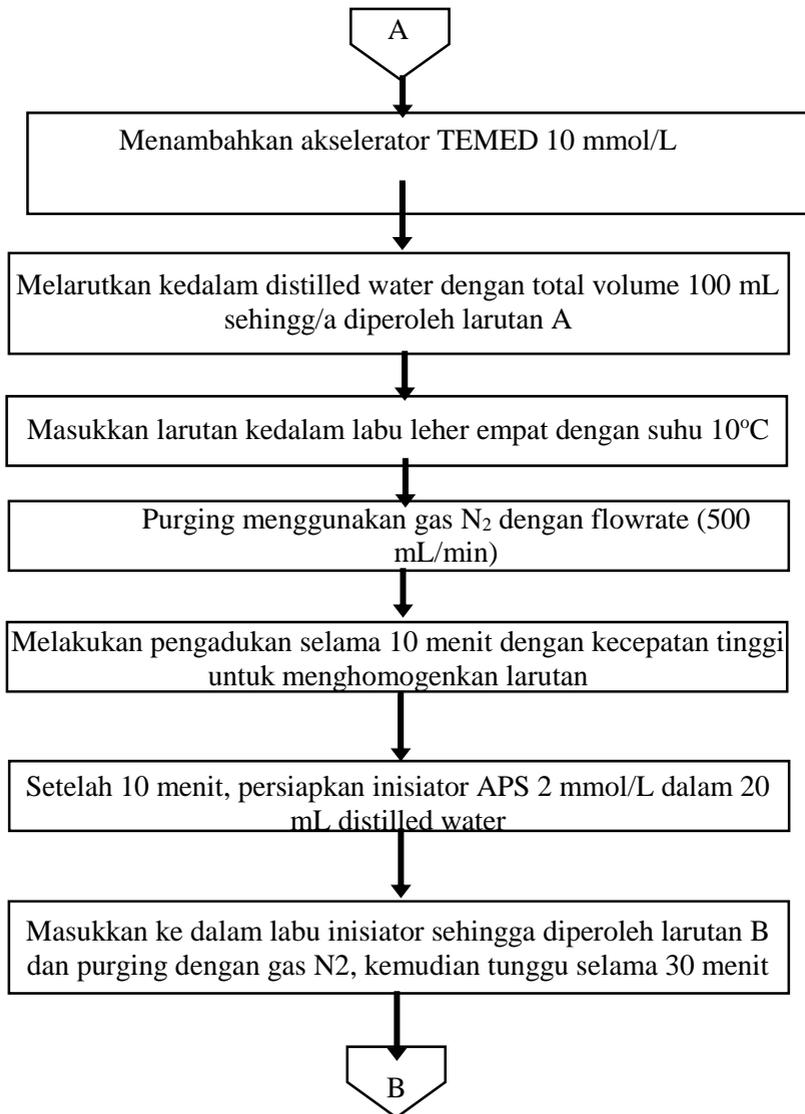
3. Pemurnian monomer NIPAM

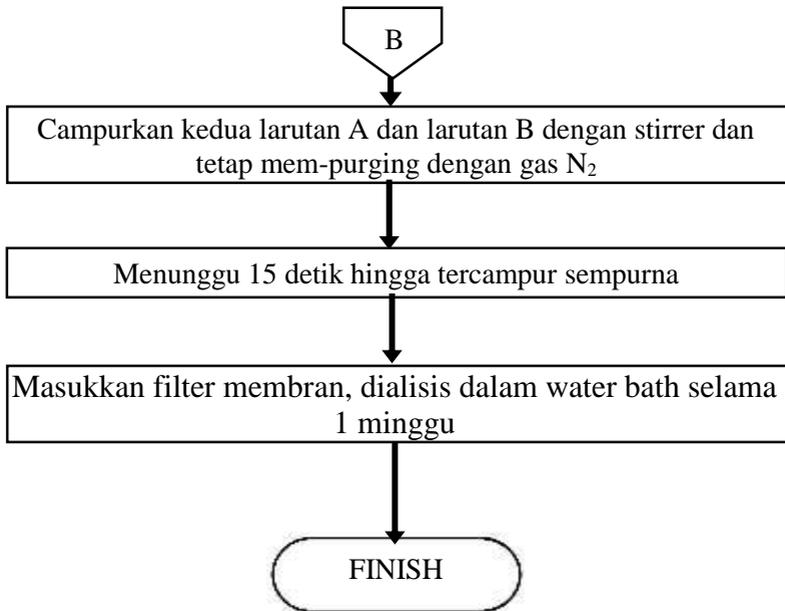




3. Pembuatan kopolimer gel NIPAM-co-DMAAPS







BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Sintesa Kopolimer *Poly*[NIPAM-co-DMAAPS]

Kopolimer yang terdiri dari *zwitterionic betaine* dan *thermosensitive* polimer dikarakterisasi untuk mengetahui sifat fasa transisi nya serta pengaruhnya pada kemampuan adsorpsi ion logam berat bentuk kopolimer tersebut. Dalam penelitian ini agen *thermosensitive* yang digunakan adalah *N-isopropylacrylamide* (NIPAM) dan agen pengadsorb ion *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate* (DMAAPS). Pembuatan NIPAM-co-DMAAPS dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pemurnian bahan dan pembuatan kopolimer. Tahap pemurnian bahan meliputi pemurnian NIPAM serta DMAPAA yang dilanjutkan dengan pembuatan monomer DMAAPS melalui reaksi pembukaan rantai (*ring opening*) melekul 1,3-Propanesultone (PS) dengan *N,N'*-Dimethyl-aminopropylacrylamide (DMAPAA). Monomer NIPAM dan DMAAPS ini kemudian dipolimerisasikan membentuk kopolimer NIPAM-co-DMAAPS.

IV.1.1 Distilasi DMAPAA

DMAPAA (*N,N*-dimethylaminopropylacrylamide) memiliki sifat yang mudah terpolimerisasi satu sama lain, sehingga pada penyimpanannya ditambahkan *hydroquinone* sebagai inhibitor agar tidak terjadi reaksi polimerisasi. Oleh karena itu sebelum digunakan, DMAPAA harus dipisahkan terlebih dahulu dengan *hydroquinone* melalui distilasi vakum. Distilasi dilakukan pada tekanan vakum 2 cmHg dan suhu 160°C. Vakum dilakukan untuk menurunkan titik didih DMAPAA, karena pada tekanan atmosfer (76 cmHg) titik didih DMAPAA 287,7°C (KJ Chemicals).

Sumber vakum berasal dari pompa vakum yang beroperasi sampai -74cmHg menarik udara dari sistem. Pada sistem ini, sebelum pompa ditempatkan trap N₂ cair untuk mengkondensasikan uap DMAPAA sisa yang belum terkondensasi di kondensor. Suhu N₂ cair pada -196 °C akan secara otomatis membekukan DMAPAA dengan Titik beku -40°C. (KJ Chemicals).

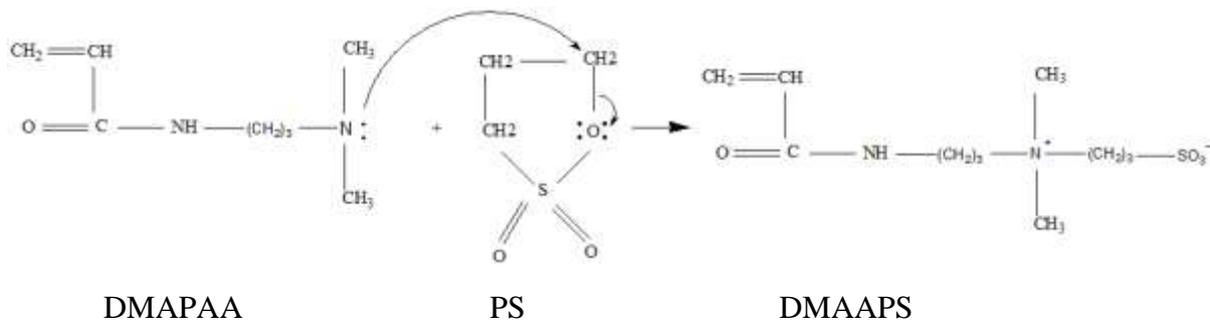


Gambar IV.1 (a). Umpan DMAPAA sebelum di distilasi dan (b). Distilat DMAPAA setelah di distilisasi

Dari produk yang dihasilkan, distilat berwarna bening kekuningan sedangkan umpan berwarna kuning kecokelatan yang lebih gelap. Rafinat atau residu memiliki warna yang lebih pekat lagi. Dari visualisasi warna produk yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa proses purifikasi/separasi DMAPAA dari pengotornya berhasil dilakukan.

IV.1.2 Sintesa DMAAPS

Sintesa monomer *N,N*-dimethyl-(acrylamido propyl) ammonium propane sulfonate (DMAAPS) dengan menggunakan metode yang dikenalkan oleh (Lee dan Tsai, 1994) yaitu reaksi *ring opening* dari *N,N*-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA) dan 1,3-propanesultone (PS). Berikut reaksi ring opening yang terjadi



DMAAPS ini berbentuk kristal putih (**Gambar IV.2**) serta memiliki melting point 105°C dan yield sebesar 92%. Pembentukan DMAAPS juga melibatkan proses kristalisasi. Kristalisasi adalah proses perubahan struktur material dari fasa amorf menjadi kristal. Kristalisasi merupakan proses pembentukan kristal yang terjadi pada saat perubahan dari fasa cair ke fasa padat. Mekanisme kristalisasi dapat terjadi melalui dua tahap, yaitu pengintian dan pertumbuhan kristal. Molekul zat terlarut akan membentuk agregat dengan molekul pelarut dan terus tumbuh menjadi kristal yang lebih besar. Pembentukan kristal ini akan optimum saat mencapai kesetimbangan. Kristalisasi dapat terjadi dengan pengerjaan dingin maupun pengerjaan panas. Karena itu agar proses kristalisasi bisa berlangsung, maka konsentrasi solute

dalam larutan harus lebih tinggi dari pada konsentrasi jenuhnya. Pengadukan yang dilakukan bertujuan untuk mempercepat pembentukan kristal DMAAPS. Pencucian dengan acetone dilakukan untuk menghilangkan acetonitrile yang masih tersisa dan juga pengotor lainnya. Acetone dipilih sebagai pelarut karena acetonitrile larut dalam acetone.



Gambar 1V.2 Hasil sintesa monomer DMAAPS

IV.1.3 Rekristalisasi NIPAM

Pemurnian monomer NIPAM dilakukan dengan rekristalisasi. Rekristalisasi adalah pelarutan kristal terhadap pelarut yang sesuai dan kemudian dikristalkan kembali. Dengan demikian impuritas yang terperangkap dalam kristal bisa keluar seiring dengan larutnya kristal dalam pelarut. Prinsip dasar dari proses rekristalisasi adalah perbedaan kelarutan antara zat yang akan dimurnikan dan zat pengotornya (Pinalia,2011). Rekristalisasi NIPAM ini menggunakan benzene sebagai solvent dan hexane sebagai antisolvent. NIPAM dilarutkan dalam benzene kemudian larutan nipam-benzene dibagi ke dalam 6 erlenmeyer dan ditambahkan antisolvent hexane.

Benzene dikenal sebagai solvent untuk zat-zat organik seperti cat, pernis dan bensin. Pengamatan eksperimental menunjukkan NIPAM larut homogen dalam benzene pada suhu ruang. Sedangkan hexane tidak melarutkan kristal NIPAM tapi homogen dengan fasa liquid sistem. Oleh karena itu dilakukan pemeraman pada suhu rendah untuk mempresipitasi NIPAM.

Pemeraman perlu dilakukan untuk memberikan waktu pada kristal untuk tumbuh. Setelah pemeraman dilakukan filtrasi dan pengeringan. NIPAM dikeringkan selama 2 jam pada suhu konstan 50°C. Suhu dijaga untuk tidak menyentuh angka 60°C karena kristal NIPAM akan meleleh. Titik leleh NIPAM yaitu 60-63°C pada tekanan atmosfer (KJ Chemicals).



Gambar 1V.3 Hasil rekristalisasi NIPAM

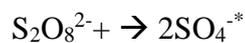
IV.1.4 Sintesa Kopolimer

Kopolimer NIPAM-co-DMAAPS dibuat melalui reaksi polimerisasi radikal bebas dengan menggunakan ammonium peroxodisulfate (APS) sebagai inisiator dan N,N,N',N'-tetramethylenediamine (TEMED) sebagai akselerator.

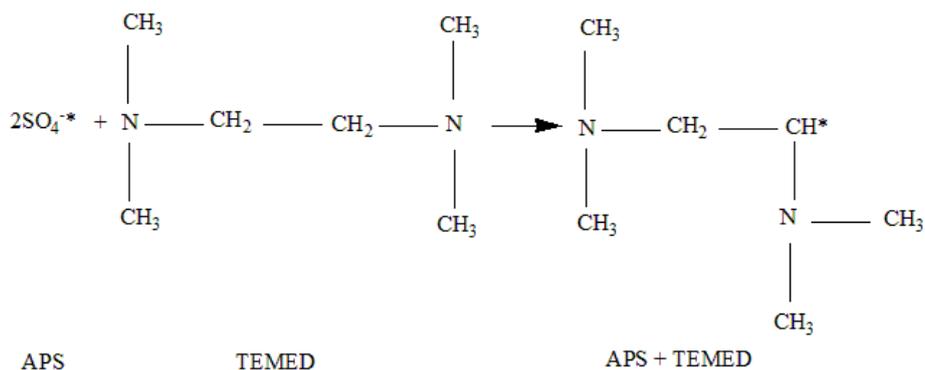
Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah sebagai berikut.

Tahap Inisiasi

APS akan terdekomposisi menjadi ammonia dan ion persulfate. Persulfate yang terlepas akan terdekomposisi lebih lanjut menjadi sulfat radikal seperti yang ditunjukkan pada reaksi dibawah ini.

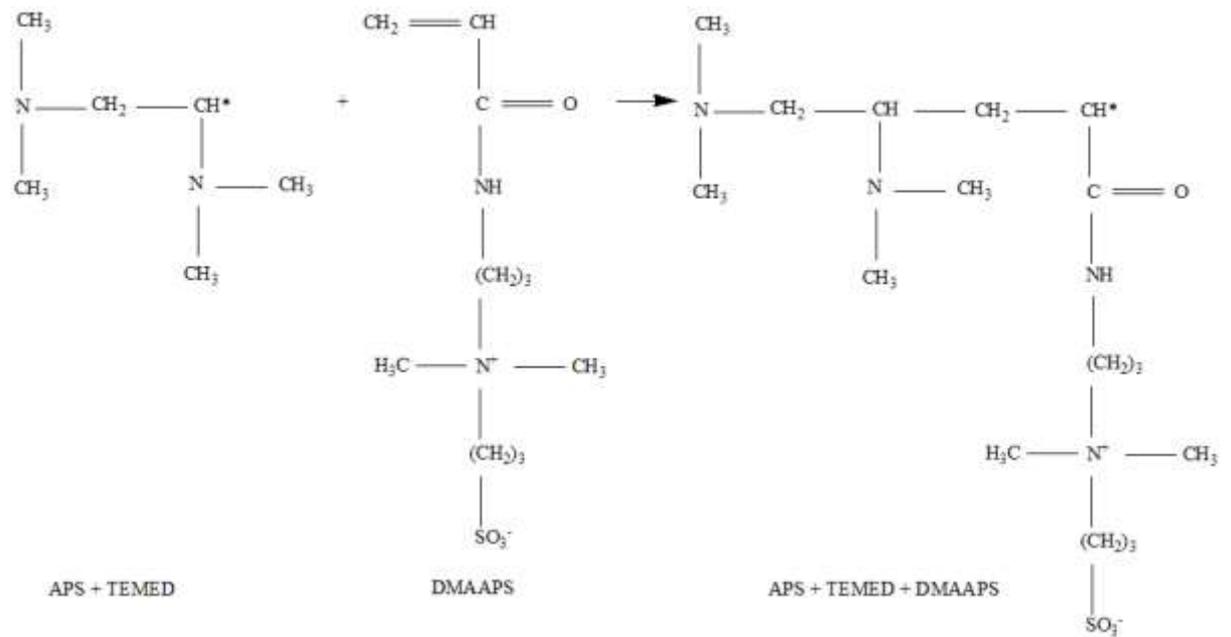


Ion $SO_4^{\cdot -}$ radikal akan mengambil 1 atom hydrogen pada TEMED sehingga TEMED menjadi radikal bebas. Penggunaan TEMED sendiri dapat mempercepat pembentukan kopolimer.

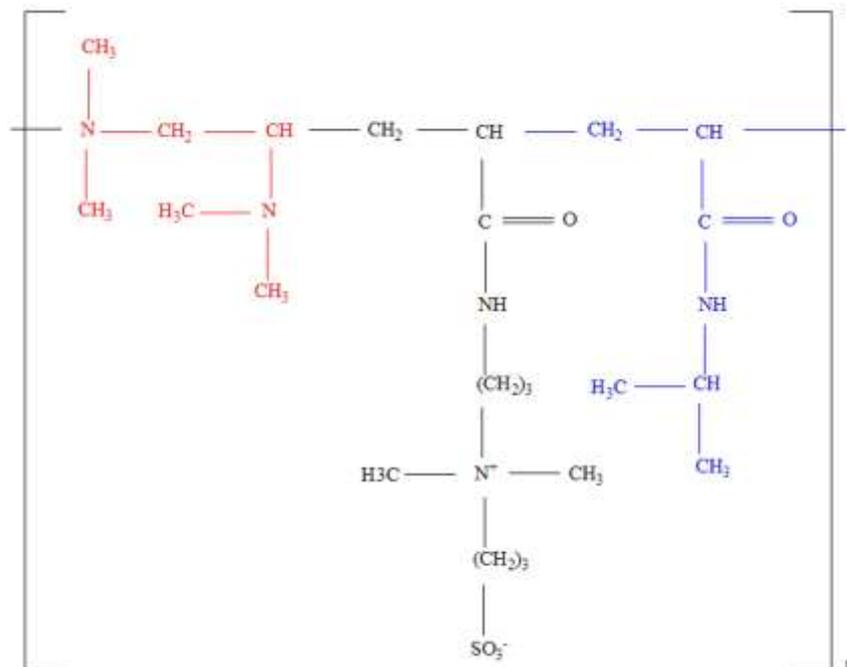


Tahap Propagasi 1

Temed yang teraktifasi akan menyerang gugus vinyl pada NIPAM, DMAAPS membentuk kopolimer (Giz et al, 2001).



Berikut adalah struktur polimer yang terbentuk.



Gambar IV.4 Struktur kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS

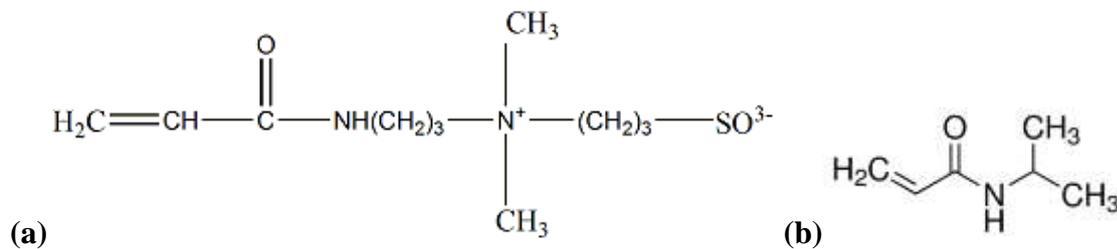
Pada gambar di atas struktur dengan warna merah merupakan struktur TEMED, warna hitam adalah struktur DMAAPS dan warna biru adalah struktur NIPAM.

IV.2 Karakterisasi Kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS

IV.2.1 Analisa *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR)

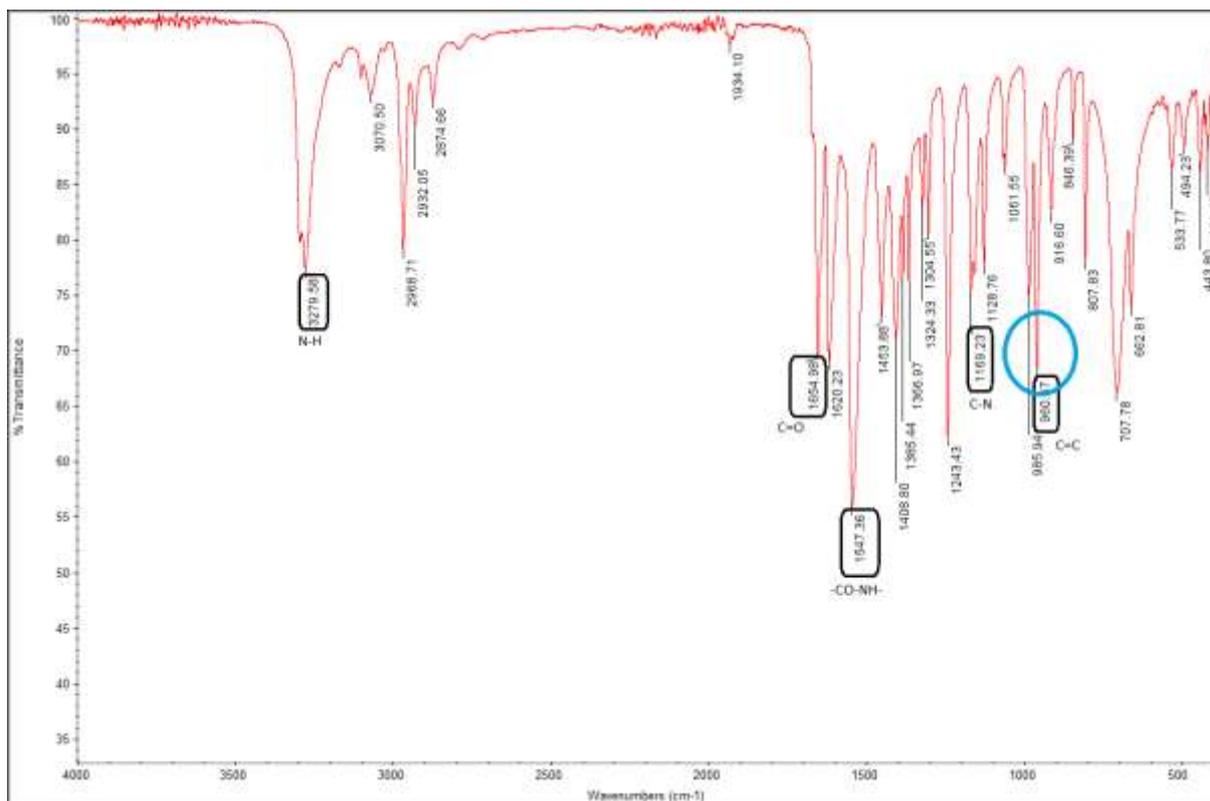
Spektroskopi Infra Merah (IR) merupakan suatu metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1000 μm atau pada bilangan gelombang 13000–10 cm^{-1} . Satuan cm^{-1} dikenal sebagai

wavenumber (1/wavelength) yang merupakan ukuran unit untuk frekuensi. Prinsip kerja dari spektrofotometer infra merah dengan interaksi energi dengan suatu materi. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui adanya gugus-gugus fungsi penyusun monomer NIPAM dan DMAAPS, juga kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS. Analisa ini digunakan daerah radiasi infra merah tengah dari panjang gelombang 4000 cm⁻¹ sampai 500 cm⁻¹.



Gambar IV.5 Struktur (a) DMAAPS dan (b) NIPAM

a) Hasil Uji FTIR NIPAM

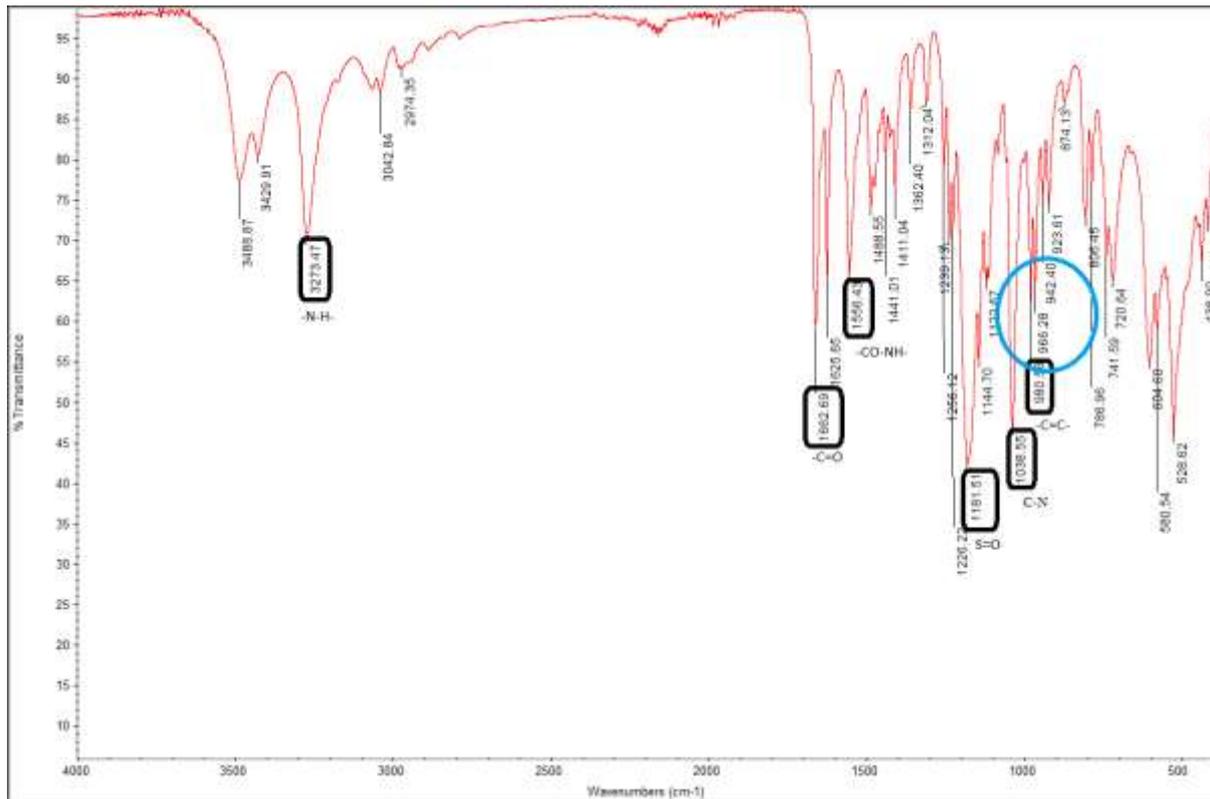


Gambar IV.6 Spektra FTIR NIPAM

Hasil analisa *N*-isopropylacrylamide (NIPAM) dari pemurnian NIPAM dengan menggunakan metode rekristalisasi (Klaus Tauer, 2009). NIPAM memiliki ikatan N–H, C–H, C=O, –C(CH₃)₂, CH₂=CH, C–C, dan C–N yang jelas terlihat pada **Gambar IV.6** Pada panjang gelombang 3280,15 cm⁻¹ menunjukkan ikatan N–H. Ikatan C–H ditunjukkan pada daerah panjang gelombang 2968,71 cm⁻¹. Sedangkan pada panjang gelombang

1654,98 cm^{-1} menunjukkan ikatan C=O. Ikatan $-\text{C}(\text{CH}_3)_2$ terlihat pada panjang gelombang 1385,44 cm^{-1} . Pada panjang gelombang 1243,43 cm^{-1} terdapat ikatan C–C. Pada panjang gelombang 1547,36 cm^{-1} terdapat gugus isopropyl. Untuk ikatan C–N dapat dilihat pada panjang gelombang 1169,23 cm^{-1} . Dan pada panjang gelombang 960,67 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan vinil ($\text{CH}_2=\text{CH}$).

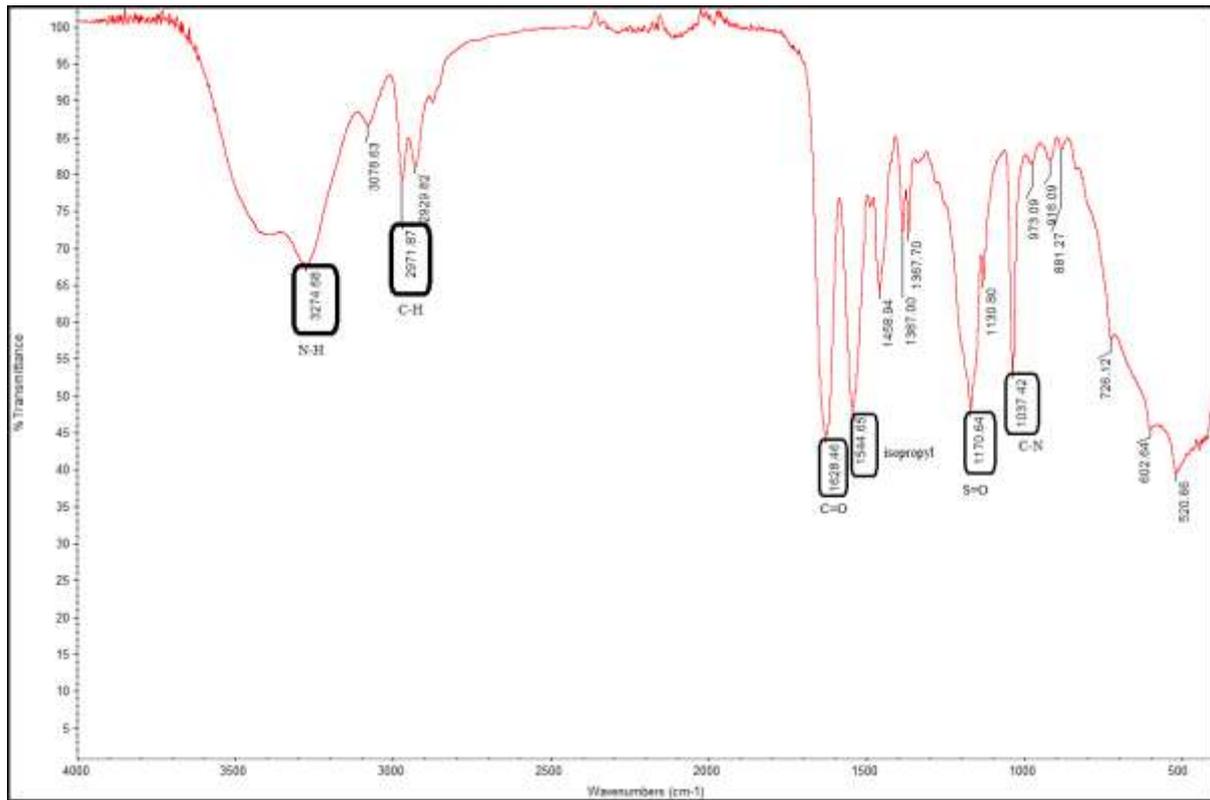
b) Hasil Uji FTIR DMAAPS



Gambar IV.7 Spektra FTIR DMAAPS

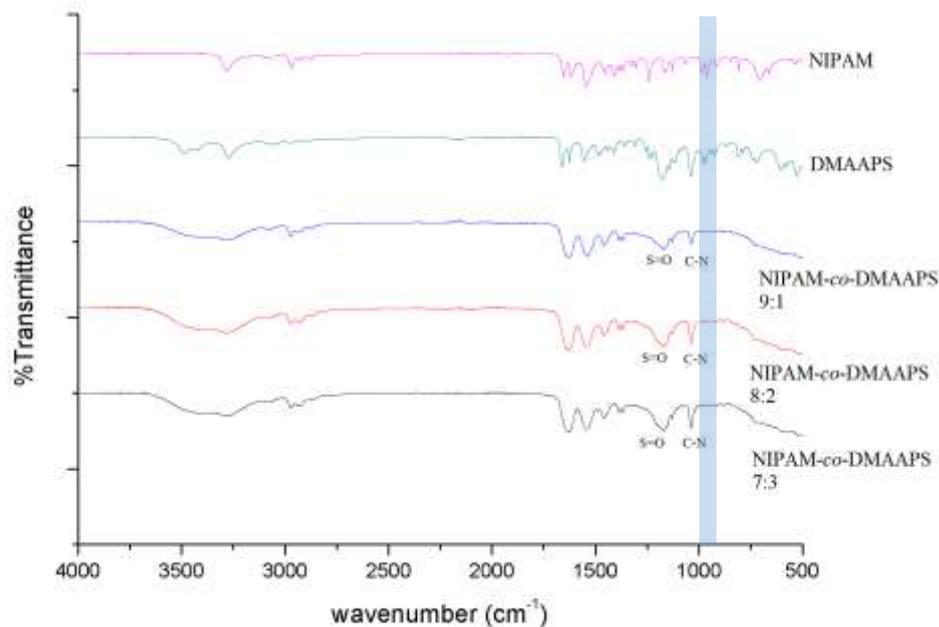
Monomer DMAAPS disiapkan dengan mereaksikan antara *N,N*-dimethylaminopropylacrylamide (DMAPAA) dan 1,3-propane sultone (PS) yang disertai melalui reaksi *ring opening*. **Gambar IV.7** menunjukkan hasil analisa FTIR dari DMAAPS. Pada panjang gelombang 3273,47 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan N–H. Ikatan C–H ditunjukkan pada panjang gelombang infra merah sebesar 2974,35 cm^{-1} . Sedangkan pada panjang gelombang 1662,69 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C=O. Ikatan S=O ditunjukkan pada panjang gelombang sebesar 1181,51 cm^{-1} . Panjang gelombang sebesar 1038,55 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C–N. Ikatan vinil ($\text{CH}_2=\text{CH}$) dapat dilihat pada panjang gelombang 980,55 cm^{-1} . Gugus ini sesuai dengan ikatan penyusun dari DMAAPS yang terlihat pada **Gambar IV.7**.

c) Hasil Uji FTIR Poly(NIPAM-co-DMAAPS)



Gambar IV.8 Spektra FTIR Poly(NIPAM-co-DMAAPS) dengan konsentrasi monomer NIPAM : DMAAPS 8:2

Gambar IV.8 menunjukkan hasil analisa FTIR dari salah satu *poly*(NIPAM-co-DMAAPS) yaitu kopolimer dengan konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS 8:2. Pada panjang gelombang $3274,68 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan N-H. Ikatan C-H ditunjukkan pada panjang gelombang infra merah sebesar $2971,87 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada panjang gelombang $1628,46 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C=O. Pada wavenumber $1544,65 \text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus isopropyl. Ikatan S=O ditunjukkan pada panjang gelombang sebesar $1170,64 \text{ cm}^{-1}$. Panjang gelombang sebesar $1037,42 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-N. Pada rentang wavenumber $900\text{-}1000 \text{ cm}^{-1}$ tidak ada peak tajam yang menunjukkan adanya gugus vinyl seperti pada spektra NIPAM dan DMAAPS. Meskipun terdapat peak kecil, hal tersebut muncul karena adanya gugus isopropyl yang juga memiliki wavenumber $900\text{-}1000 \text{ cm}^{-1}$. Adanya peak kecil tersebut juga dapat disebabkan adanya monomer yang belum keluar saat dialisis. Hal ini mengindikasikan keberhasilan reaksi kopolimerisasi antara NIPAM dan DMAAPS dalam membentuk kopolimer NIPAM-co-DMAAPS.



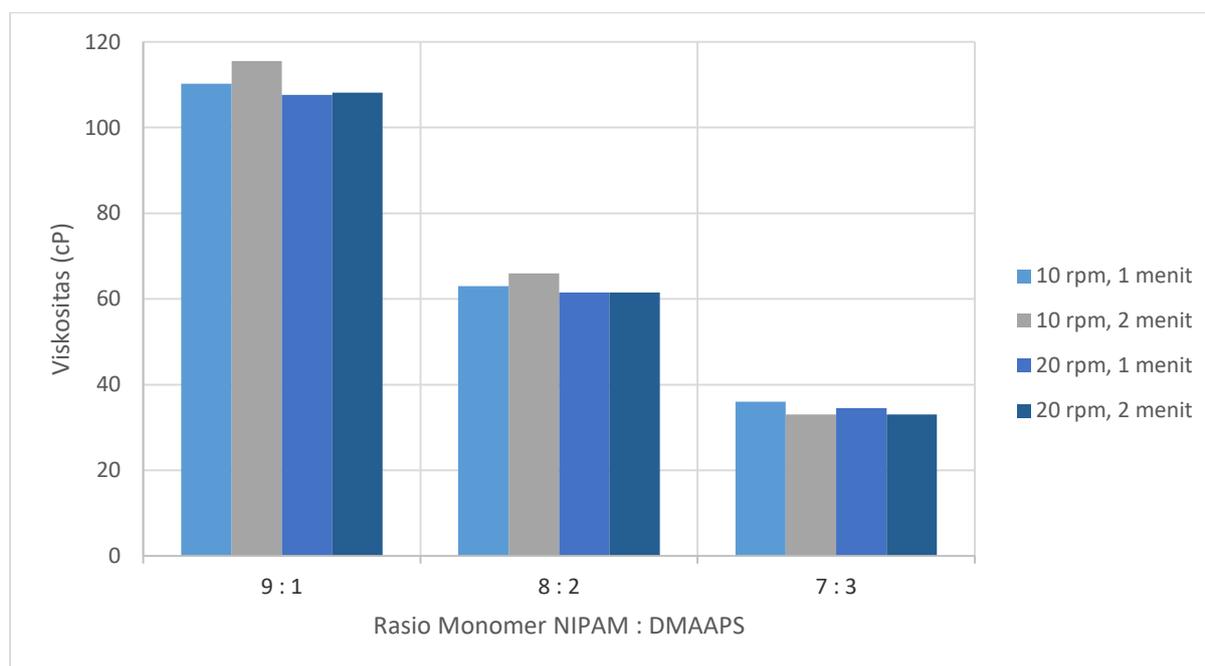
Gambar IV.9 Perbandingan spektra NIPAM, DMAAPS dan *poly*(NIPAM-*co*-DMAAPS)

Kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS terbentuk melalui reaksi polimerisasi radikal bebas. **Gambar IV.9** menunjukkan hasil analisa spektrofotometri sinar infra merah dari kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS dengan rasio konsentrasi NIPAM DMAAPS sebesar 9:1, 8:2 dan 7:3 dengan total konsentrasi 1000 mmol/L. Ketiga kopolimer tersebut sudah tidak ada gugus vinyl seperti yang ditunjukkan dengan bayangan biru. Pada perbandingan spektra ketiga kopolimer di atas, terlihat bahwa ketiga kopolimer tersebut memiliki bentuk spektra yang sangat mirip. Namun ada sedikit perbedaan pada spektra kopolimer 9:1, yaitu peak pada rentang 1000-1500 cm^{-1} peak gugus S=O dan C-N tidak setinggi peak pada kopolimer 8:2 dan 7:3. Hal ini dikarenakan jumlah NIPAM jauh lebih banyak. Sehingga gugus S=O dan C-N yang berasal dari DMAAPS lebih sedikit. Pada ketiga polimer ikatan N-H ditunjukkan pada panjang gelombang 3280,17-3274,02 cm^{-1} . Pada panjang gelombang mencapai titik 1629,1-1627,82 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C=O. Ikatan C-N bisa dilihat pada sekitar panjang gelombang 1170 cm^{-1} . Sedangkan ikatan S=O ditunjukkan pada sekitar panjang gelombang 1387 cm^{-1} . Perbedaan gugus fungsi masing-masing penyusun monomer maupun kopolimer terlihat pada keberadaan gugus vinil $\text{CH}_2=\text{CH}$ yang akan menentukan keberhasilan dari reaksi kopolimer tersebut. Ikatan vinil ($\text{CH}_2=\text{CH}$) terletak pada rentang panjang gelombang antara 900 sampai 1000 cm^{-1} (Skoog, 1979). Pada NIPAM ikatan vinil ($\text{CH}_2=\text{CH}$) terlihat pada panjang gelombang 960,67 cm^{-1}

(**Gambar IV.6**). Pada DMAAPS, ikatan vinil ($\text{CH}_2=\text{CH}$) juga terlihat pada panjang gelombang $980,55 \text{ cm}^{-1}$ (**Gambar IV.7**). Namun pada hasil analisa FTIR dari NIPAM-*co*-DMAAPS (**Gambar IV.8**) tidak terdapat *peak* yang menunjukkan ikatan $\text{CH}_2=\text{CH}$. Hal ini mengindikasikan keberhasilan reaksi kopolimerisasi antara NIPAM dan DMAAPS dalam membentuk kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS.

IV.2.2 Viskositas

Viskositas adalah faktor penting yang mempengaruhi sifat kopolimer gel dalam larutan garam dan memberikan efek penting pada efisiensi proses pembentukan ikatan ion. Pada umumnya zat yang memiliki nilai viskositas tinggi memiliki laju perpindahan massa yang rendah. Dalam hal ini, viskositas kopolimer mempengaruhi kepadatan gel yang terbentuk. Semakin tinggi viskositas kopolimer, maka semakin padat gel. Viskositas terjadi karena zat cair mengalami adanya gesekan antara molekul –molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut. Gesekan – gesekan inilah yang menghambat aliran zat cair. Gesekan terjadi karena banyaknya molekul terikat dalam 1 rantai kopolimer.

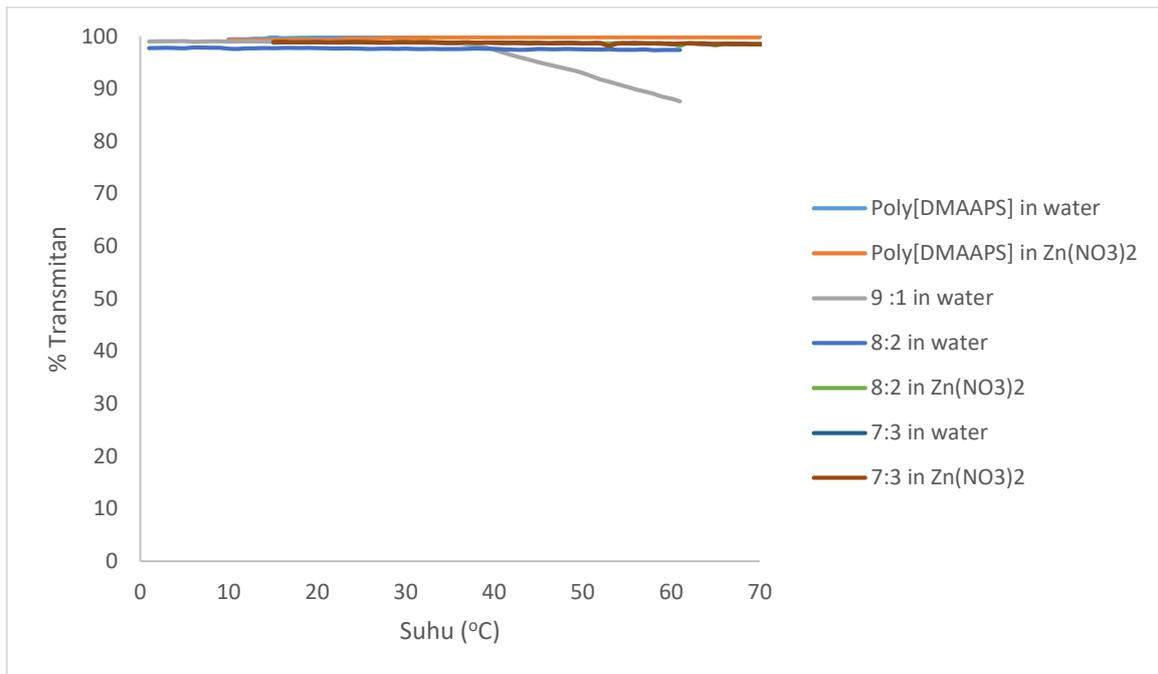


Gambar IV.10 Grafik viskositas kopolimer dalam air (0,1 g/L, 27°C) terhadap rasio monomer

Gambar IV.10 menunjukkan penurunan viskositas terhadap rasio NIPAM terhadap DMAAPS yang juga semakin kecil. Pengukuran viskositas menggunakan *viscometer* Brookfield Digital. Pengukuran dilakukan pada lama waktu dan kecepatan *spindle* yang berbeda. Hasilnya semua menunjukkan sifat viskositas yang cenderung sama, menurun terhadap

rasio NIPAM:DMAAPS. NIPAM digunakan sebagai *spacer* dalam kopolimer *zwitterionic sulphobetaine* karena memiliki sifat *thermosensitive*. Sehingga ukuran molekul kopolimer semakin besar dan gesekan antar molekul lebih meningkat yang menimbulkan viskositas larutan kopolimer menjadi tinggi (Takahashi,2011).

IV.2.3 Sifat Fasa Transisi



Gambar IV.11 Hubungan %transmitan kopolimer (1g/L) terhadap suhu (heating rate 1°C/menit range 0-100 %) pada berbagai rasio monomer

UCST didefinisikan sebagai suhu ketika transmittan berkurang setengahnya dari nilai awal, sedangkan LCST didefinisikan sebagai suhu ketika transmittan bertambah setengahnya dari nilai awal.

Gambar IV.11 menunjukkan kaitan perubahan transparansi larutan *poly*[NIPAM-*co*-DMAAPS] terhadap perubahan suhu secara kuantitatif yang dilakukan pada konsentrasi polimer 1g/L dan heating rate 1°C/menit. Fraksi fase ditunjukkan oleh % transmittan. Jika transmittan 100% maka nilai absorbansinya 0, sehingga diketahui jika komponen terlarut sempurna. Jika transmittan 0% maka nilai absorbansinya 100, maka diketahui jika komponen *immiscible*.

Perubahan transmittan sebagai fungsi suhu diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan spektrofotometer UV/VIS yang dilengkapi *thermostatic cell* untuk larutan polimer. *Ultrapure water* digunakan sebagai referensi karena menunjukkan nilai absorbansi 0.

Pencatatan perubahan transmitan dilakukan selama proses *heating* dengan laju 1°C . Proses *heating* diaplikasikan karena umumnya transisi beraturan dapat dengan mudah diobservasi pada pemanasan dari suhu dibawah LCST ketika polimer terlarut sempurna. Karena rasio NIPAM:DMAAPS yang dijadikan variabel peubah lebih besar NIPAM dibanding DMAAPS. Maka kondisi pengukuran didasarkan hipotesa bahwa sifat LCST NIPAM cenderung mendominasi. Berbeda jika proses pengukuran dengan *cooling* dari suhu dibawah LCST ketika polimer normalnya memiliki fase yang terpisah. Berapa persen fase awal yang terpisah sulit untuk diukur karena nilai transmitannya tidak didasarkan pada nilai transmitan *Ultrapure water* yang 100%.

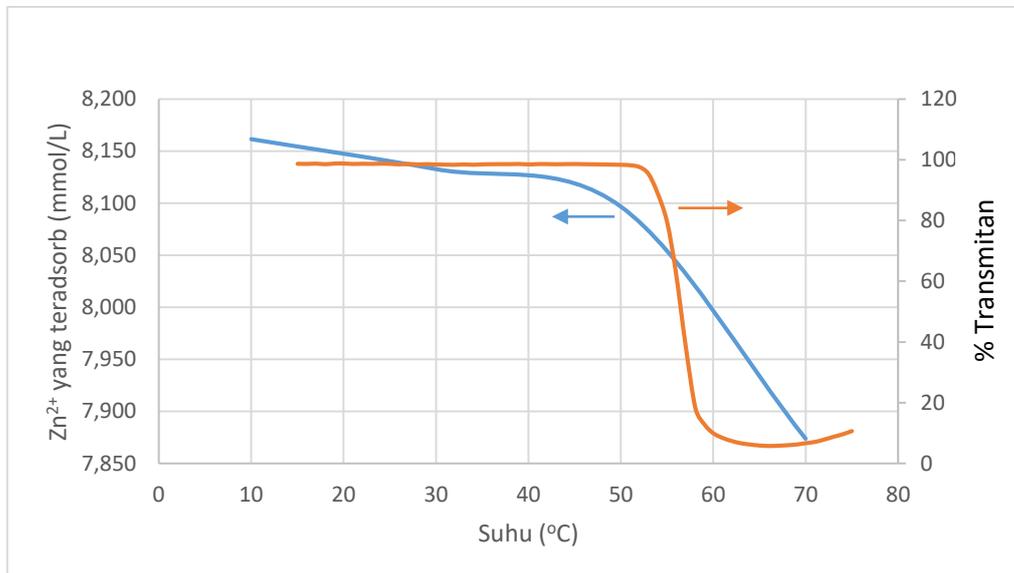
Pada umumnya diketahui jika LCST polimer dipengaruhi oleh banyak faktor seperti berat molekul polimer dan komposisi polimer. **Gambar IV.11** menunjukkan perubahan fasa transisi terhadap suhu. Dari gambar diketahui jika pada rasio monomer NIPAM:DMAAPS = 9:1 yang dilarutkan dalam air dan transmitan menurun pada suhu $30\text{-}50^{\circ}\text{C}$. Penurunan transmitan tidak signifikan, artinya perubahan fasa transisi tidak jelas. Hal ini disebabkan interaksi antar ion dalam kopolimer, karena dalam air tidak terdapat ion bebas yang dapat berikatan dengan zwitterion di rantai kopolimer. Ikatan yang didominasi oleh ikatan *intra-group*, *inter-chain*, dan *intra-chain* ini membuat kopolimer homogen dalam air.

Berbeda dengan NIPAM:DMAAPS = 9:1 yang dilarutkan dalam $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ yang menunjukkan perubahan fasa transisi pada suhu $56,56^{\circ}\text{C}$. Suhu LCST ini sesuai dengan hipotesa awal bahwa kopolimer bersifat LCST. Namun suhu transisi NIPAM-*co*-DMAAPS 9:1 lebih besar dibanding NIPAM murni (32°C). Hal ini disebabkan NIPAM adalah monomer yang termoresponsif dan adanya ion dalam larutan mampu merubah fasa transisi ketika dinaikkan suhunya. Ion dalam larutan berinteraksi dan berikatan dengan zwitterion dalam rantai kopolimer. Tetapi sifat termoresponsif NIPAM lebih dominan sehingga mempengaruhi interaksi antar ion dan merubah fase transisinya (Takahashi, 2011).

Fenomena yang terjadi berbeda dengan kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS perbandingan 8:2 dan 7:3 yang tidak mengalami perubahan fasa transisi baik dalam air maupun larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$. Kopolimer kaya NIPAM, LCST nya meningkat dengan kenaikan rasio DMAAPS. Konsekuensinya sifat LCST jadi hilang dan sifat termoresponsif menjadi tidak jelas antara UCST dan LCST. Namun hal ini juga mungkin disebabkan karena larutan kopolimer yang terlalu encer. Berbeda dengan kasus NIPAM-*co*-SBMA 7:3 yang memiliki sifat dual termoresponsif. Hal ini disebabkan hasil perbedaan monomer yang digunakan. Pada kasus NIPAM-*co*-DMAAPS terjadi perubahan besar pada suhu transisi dikarenakan kopolimerisasi

monomer yang sama-sama merupakan turunan *acrylamide*. Jadi sifat fasa transisi kopolimer dipengaruhi oleh jenis monomer yang digunakan (Ning, 2013).

IV.2.4 Korelasi Karakteristik Kopolimer dan Kemampuan Adsorpsi Kopolimer Gel



Gambar IV.12 Hubungan kemampuan adsorpsi gel terhadap suhu transisi kopolimer

Gambar IV.12 di atas menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka jumlah ion yang teradsorb cenderung menurun. Sedangkan % transmittan menurun secara signifikan pada rentang suhu 50-60°C. Jumlah ion yang teradsorb mulai menurun pada suhu 30°C, hal ini disebabkan karena konsentrasi NIPAM lebih besar daripada konsentrasi DMAAPS. NIPAM memiliki sifat LCST dibawah 32°C, sehingga NIPAM tidak larut pada suhu di atas suhu LCST nya. Hal ini menyebabkan ion tidak dapat teradsorb ke dalam gel. Naiknya suhu juga akan melemahkan ikatan antara ion dengan grup bermuatan pada gel (N^+ dan SO_3^-) sehingga ikatan dalam gel lebih didominasi oleh ikatan *intra-group*, *inter-chain*, dan *intra-chain*. Selain itu berkurangnya kemampuan gel untuk mengadsorb ion disebabkan oleh gel yang mengalami *shrinking* pada suhu yang tinggi sehingga gel menjadi lebih padat. Saat *shrinking* ion ion di dalam gel akan didesak keluar karena adanya ikatan *inter-chain*, *intra-chain*, dan *intra-group*.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa jika % transmittan 100% maka nilai absorbansinya 0, sehingga diketahui jika komponen terlarut sempurna. Jika % transmittan 0% maka nilai absorbansinya 100, maka diketahui jika komponen immiscible. Transmittansi yg menurun ini menunjukkan jumlah ion yang teradsorb semakin sedikit karena polimer akan lebih bersifat hidrofobik. Pada saat tersebut polimer akan lebih padat, tidak larut dan mengadsorb sedikit ion.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

1. Semakin tinggi rasio konsentrasi monomer NIPAM pada kopolimer NIPAM-*co*-DMAAPS, viskositas kopolimer akan semakin tinggi.
3. Pada rasio konsentrasi monomer 9:1, sifat fasa transisi *thermosensitive* LCST kopolimer dalam larutan Zn(NO₃)₂ sebesar 56 °C. Sedangkan pada rasio monomer 8:2 dan 7:3 tidak terdeteksi.
4. Semakin tinggi suhu transisi maka jumlah ion yang teradsorp cenderung menurun karena polimer akan lebih bersifat hidrofobik. Pada saat tersebut polimer akan lebih padat, tidak larut dan mengadsorp sedikit ion..

V.2 SARAN

Memperkecil range variasi konsentrasi monomer sehingga didapatkan data yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Braun D, Cherdron H, Rehahn M, Ritter H, Voit B. 2005. Polymer Synthesis: Theory and Practice. Berlin: Springer
- Chanda, Manas. 2006. Introduction to Polymer Science and Chemistry. Florida: CRC Press
- Cowd, M.A. 1991. Kimia Polimer. Bandung: Penerbit ITB
- Febryanita, Renna dan Muhammad Sa'i Firdaus. 2017. "Pemanfaatan *thermosensitive* NIPAM-co-DMAAPS Gel sebagai alternatif reversible adsorben ion logam berat". *Skripsi*. Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Hart, Harold. 2003. Kimia Organik (suatu kuliah singkat) edisi ke-11. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Hirokawa Y dan Toyochi Tanaka. 1984. "*Volume phase transition in a nonionic gel*". *J.Chem.Phys.* Vol 81, hal 71-73
- Kudaibergenov SE, Jaeger W, Laschewsky A. 2006. "*Polymeric betaines: synthesis, characterization, and application*". *Adv Polym Sci.* Vol.201, hal 157–224.
- Lee WF, Tsai CC. 1994. "*Aqueous solution properties of poly (trimethyl acrylamido propyl ammonium iodide) [poly (TMAAI)]*". *J Appl Polym Sci.* Vol.52, hal 1447–58.

- Liu J, Ma Y, Xu T, Shao G. 2010. “*Preparation of zwitterionic hybrid polymer and its application for the removal of heavy metal ions from water*”. Journal of Hazardous Materials Vol.178, hal 1021–1029
- Ning J, Kubota K, Li G, Haraguchi K. 2013. “*Characteristic of Zwitterionic Sulfobetaine Acrylamide Polymer and the Hydrogels Prepared by Free-Radical Polymerization and Effects of Physical and Chemical Crosslinks on the UCST*”. Journal Of Reactive & Functional Polymers. Vol. 73, hal 969-978
- Ningrum EO, Murakami Y, Ohfuka Y, Gotoh T, Sakohara S. 2014. “*Investigation of ion adsorption properties of sulfobetaine gel and relationship with its swelling behavior*”. Polymer. Vol.55, hal 5189–97.
- Neagu V, Vasiliu S, Racovita S. 2010. “*Adsorption studies of some inorganic and organic salts on new zwitterionic ion exchangers with carboxybetaine moieties*”. Chem Eng J. Vol.162, hal 965–73.
- Pianila, Anita. 2011. “*Penentuan Metode Rekristalisasi yang Tepat untuk Meningkatkan Kemurnian Kristal Amonium Perklorat*”. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara Vol. 6, hal 64-70.

- Rubio J, Sauza ML, Smith RW. 2001. “*Overview of flotation as a wastewater treatment technique*”. Minerals Engineering. Vol.15, hal 135-155.
- Salamone JC, Volksen W, Olson AP, Israel SC. 1978. “*Aqueous solution properties of a poly(vinyl imidazolium sulphobetaine)*”. Polymer. Vol.19, hal 1157–62.’
- Suharto,Toni..2017. “Pengaruh Perubahan Konsentrasi Cross-Linker Terhadap Properti Reversibilitas Thermosensitive Nipam-Co-Dmaaps Gel, Homopolimer Dmaaps Gel Dan Homopolimer Dmaabs Gel”. *Skripsi*. Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Stevens, Malcolm P. 2001. Kimia Polimer. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Takahashi A, Hamai K, Okada Y, Sakohara S. 2011. “*Thermosensitive properties of semi-IPN gel composed of amphiphilic gel and zwitterionc*”
- Tanaka Toyochi 1981. “*Gels*” J.Chem.Phys.Vol 81, hal 45-59.
- Qdais HA, Moussa H. 2004. “*Removal of heavy metal from wastewater by membrane processes: a comparative study*”. Desalation Vol. 164, hal 105-110.

APPENDIKS A

PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN UJI

Larutan yang digunakan dalam membuat kopolimer yaitu NIPAM, DMAAPS, TEMED, dan APS

Contoh Perhitungan Massa Larutan yang Dibutuhkan

Perhitungan jumlah massa yang dibutuhkan dalam pembuatan larutan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M = \frac{m}{BM} \times \frac{1000}{V} \tag{A1}$$

Keterangan :

M = Konsentrasi Larutan (mmol/L)

m = Massa (gram)

BM = Berat Molekul

V = Volume Larutan (mL) (120mL)

Sehingga,

$$m = \frac{M \times BM \times V}{1000}$$

APS dengan onsentrasi 2 mmol/L

$$m \text{ (gram)} = \frac{10 \left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) \times 228,18 \times 120(\text{mL})}{1000}$$

m = 0,0547 gram

Tabel A.1 Perhitungan massa yang dibutuhkan dalam pembuatan larutan

Bahan	BM	Volume (L)	Kebutuhan (mmol/L)	massa (mg)	gr
TEMED	116.21	0.12	10	139.452	0.139452
APS	228.18	0.12	2	54.7632	0.0547632
DMAAPS	278	0.12	100	3336.00	3.336
NIPAM	113.16	0.12	900	12221.28	12.22128
DMAAPS	278	0.12	200	6672.00	6.672
NIPAM	113.16	0.12	800	10863.36	10.86336
DMAAPS	278	0.12	300	10008.00	10.008
NIPAM	113.16	0.12	700	9505.44	9.50544

APPENDIKS B
DATA ANALISA

Tabel B.1 Data analisa suhu transisi

Kopolimer 9:1				Kopolimer 8:2				Kopolimer 7:3			
Pelarut				Pelarut				Pelarut			
Air		Zn(NO ₃) ₂		Air		Zn(NO ₃) ₂		Air		Zn(NO ₃) ₂	
Suhu (°C)	%T	Suhu (°C)	%T	Suhu (°C)	%T	Suhu (°C)	%T	Suhu (°C)	%T	Suhu (°C)	%T
15,04	98,98	15,01	98,72	15,00	97,72	15,03	98,77	14,91	98,18	15,06	98,89
16,00	99,00	16,01	98,66	16,03	97,74	16,01	98,82	16,00	98,13	16,06	98,91
17,01	99,02	17,02	98,76	17,00	97,77	17,01	98,89	17,00	98,25	17,00	98,85
18,02	99,02	18,03	98,57	18,02	97,73	18,02	98,91	18,03	98,22	18,02	98,84
19,03	99,05	19,00	98,78	19,05	97,69	19,01	98,87	19,02	98,19	19,01	98,86
20,05	98,90	20,03	98,79	19,97	97,83	20,03	98,86	20,05	98,17	20,01	98,89
21,01	98,97	21,01	98,65	21,01	97,82	21,01	98,86	21,02	98,22	21,03	98,82
21,95	99,00	22,01	98,72	22,01	97,78	22,00	98,82	22,00	98,21	22,00	98,85
23,00	99,01	23,04	98,68	23,00	97,77	22,98	98,87	23,05	98,24	23,00	98,85
24,01	98,96	23,96	98,75	24,03	97,60	24,03	98,89	24,02	98,24	24,01	98,88
24,89	98,98	25,00	98,69	25,00	97,56	25,00	98,87	25,01	98,22	25,01	98,87

26,00	98,97	26,02	98,53	25,98	97,66	26,01	98,83	26,01	98,25	26,01	98,83
27,00	98,98	27,04	98,64	27,00	97,67	26,85	98,88	27,01	98,26	27,00	98,80
28,00	98,97	28,01	98,49	28,02	97,72	28,00	98,82	28,00	98,28	28,01	98,80
29,01	98,91	29,03	98,57	29,08	97,70	29,03	98,88	29,02	98,24	29,00	98,84
30,01	98,92	30,01	98,46	30,05	97,74	30,01	98,88	30,01	98,26	30,00	98,87
31,07	98,91	31,00	98,42	31,00	97,75	31,00	98,91	30,97	98,22	31,01	98,83
32,00	98,94	31,99	98,38	32,00	97,72	32,00	98,90	32,00	98,25	32,00	98,85
33,02	98,93	33,02	98,50	33,04	97,75	33,02	98,88	33,01	98,20	33,01	98,83
34,00	98,89	34,04	98,39	34,01	97,70	34,00	98,89	34,00	98,26	34,06	98,79
35,01	98,90	35,00	98,53	34,98	97,68	35,02	98,82	35,02	98,24	35,01	98,76
36,03	98,86	36,03	98,57	36,00	97,63	36,00	98,85	36,03	98,26	36,00	98,79
37,00	98,84	37,04	98,59	37,01	97,66	37,04	98,85	36,96	98,25	37,00	98,83
38,00	98,89	38,01	98,59	38,04	97,64	38,01	98,71	38,01	98,23	37,98	98,79
39,00	98,84	39,00	98,64	39,02	97,61	39,01	98,82	38,92	98,21	39,01	98,81
39,87	98,80	40,01	98,50	40,02	97,55	40,02	98,82	40,00	98,20	39,99	98,77
40,83	98,82	41,01	98,61	41,00	97,59	40,93	98,84	41,05	98,20	41,03	98,72
42,05	98,80	41,89	98,62	42,01	97,61	42,00	98,81	42,02	98,20	42,02	98,75
43,09	98,80	42,99	98,56	43,00	97,57	43,00	98,84	43,03	98,21	43,00	98,72
44,05	98,77	44,02	98,60	43,97	97,61	43,97	98,81	44,01	98,17	44,01	98,68
45,02	98,78	44,99	98,62	45,02	97,55	44,90	98,81	44,95	98,17	45,01	98,71

46,00	98,76	45,84	98,58	46,00	97,53	46,02	98,65	46,01	98,16	45,87	98,68
47,05	98,70	47,06	98,53	47,02	97,58	47,00	98,77	46,93	98,20	47,00	98,68
48,06	98,67	48,01	98,49	48,01	97,52	47,84	98,80	47,86	98,21	48,00	98,71
49,01	98,62	48,99	98,43	49,03	97,55	48,96	98,76	49,00	98,22	49,00	98,72
50,00	98,61	50,05	98,36	50,00	97,54	50,00	98,62	49,94	98,15	50,01	98,67
50,87	98,41	51,05	98,21	51,02	97,59	51,03	98,70	51,04	98,19	51,01	98,67
52,02	98,19	52,03	97,61	51,99	97,63	51,94	98,66	51,94	98,15	51,99	98,69
53,01	97,87	52,96	95,44	53,01	97,58	53,03	98,65	52,86	98,17	52,94	98,22
54,03	97,40	53,87	89,75	53,97	97,58	54,02	98,71	54,03	98,13	53,89	98,61
54,95	96,86	54,97	79,80	55,03	97,49	54,94	98,70	55,01	98,14	55,01	98,65
55,88	96,39	55,92	63,45	56,01	97,43	55,86	98,55	56,02	98,16	55,88	98,72
56,90	95,93	57,02	38,36	56,82	97,39	56,90	98,68	57,01	98,14	57,02	98,64
58,00	95,50	58,08	17,93	58,00	97,44	58,03	98,64	57,84	98,16	57,92	98,64
59,03	95,04	59,08	12,63	58,82	97,55	58,89	98,55	58,80	98,13	58,93	98,65
59,83	94,64	60,01	9,86	60,05	97,51	59,98	98,63	60,00	98,10	60,00	98,54
60,93	94,25	61,02	8,32	60,94	97,49	61,00	98,19	61,01	98,16	60,95	98,61
61,93	93,85	62,00	7,32	61,91	97,55	61,83	98,66	62,02	98,15	62,03	98,66
62,89	93,47	63,00	6,58	62,97	97,52	63,01	98,69	63,02	98,14	63,03	98,59
63,97	93,00	64,00	6,16	64,00	97,48	63,95	98,70	64,01	98,16	63,98	98,55
64,99	92,39	65,00	5,84	65,08	97,47	64,96	98,27	65,02	98,14	65,01	98,54

66,00	91,78	66,01	5,69	66,00	97,44	66,01	98,59	66,02	98,13	66,01	98,56
67,02	91,33	67,01	5,77	66,98	97,50	67,00	98,51	67,01	98,12	66,92	98,54
68,03	90,84	68,05	5,95	67,86	97,40	68,00	98,57	68,01	98,12	68,00	98,55
69,02	90,38	69,02	6,19	68,99	97,40	69,05	98,55	69,06	98,11	69,00	98,50
69,96	89,88	70,02	6,61	69,89	97,39	70,00	98,53	70,01	98,12	70,01	98,48
71,02	89,48	71,00	7,02	71,04	97,47	71,01	98,52	71,01	97,97	71,00	98,45
72,01	89,04	71,86	7,69	72,00	97,32	72,03	98,50	72,00	98,01	72,00	98,47
73,01	88,48	73,00	8,70	73,00	97,36	73,00	98,47	73,00	98,03	73,01	98,42
73,80	88,13	74,02	9,56	74,00	97,37	74,02	98,43	74,00	98,02	74,00	98,47
74,85	87,60	75,00	10,59	75,00	97,37	75,00	98,43	75,01	98,02	74,96	98,40

Analisa Viskositas dengan Viskometer Brookfield

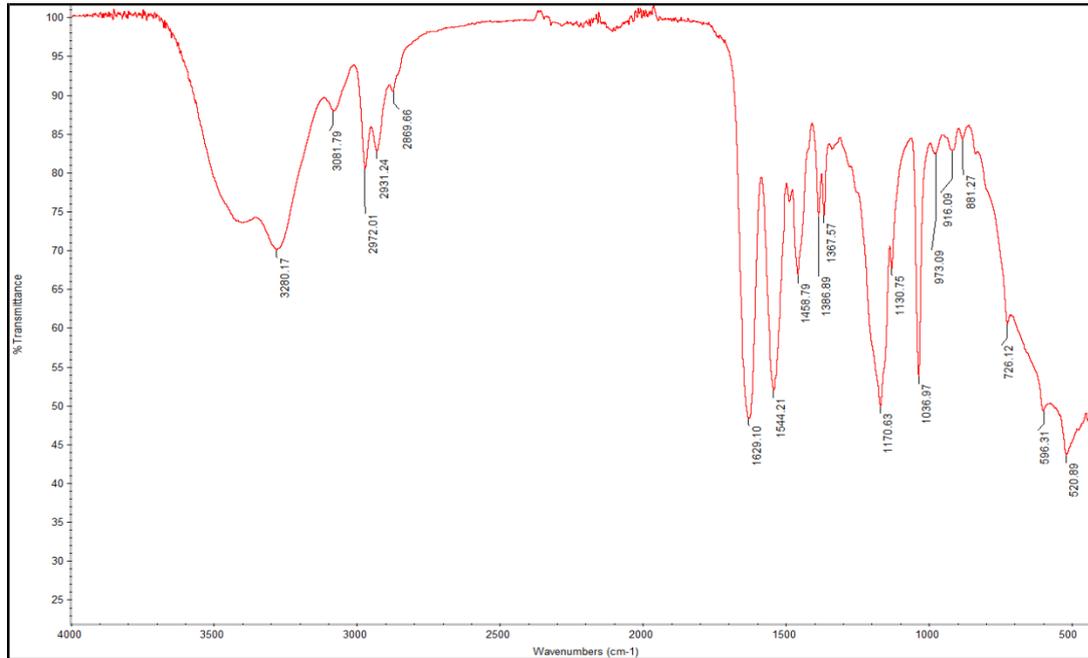
Keterangan Sampel :

1. Sampel (9 : 1) → Pelarutan Sampel Kering (1,0015 gr) dalam 100 mL Aquadest
2. Sampel (8 : 2) → Pelarutan Sampel Kering (1,0040 gr) dalam 100 mL Aquadest
3. Sampel (7 : 3) → Pelarutan Sampel Kering (1,0020 gr) dalam 100 mL Aquadest
4. Sampel (8 : 2) → Pelarutan Sampel Gel (7,8 gr) dalam 100 mL Aquadest
(Spindle 62)


Tabel B.2 Data analisa viskositas

Sampel	Kecepatan (rpm)	<i>Viscosity (cp)</i>	
		1 menit	2 menit
1	10	110,25	115,5
	20	107,62	108,12
2	10	63	66
	20	61,5	61,5
3	10	36	33
	20	34,5	33
4	10	51	51
	20	49,5	49,5

Hasil Analisa FTIR NIPAM-co -DMAAPS 7:3



Hasil Analisa FTIR NIPAM-co -DMAAPS 8:2



BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap ASEP BAGUS, lahir di Sukabumi, 20 Desember 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri Perintis B, SMP Negeri 1 Warungkiara, SMA Negeri 1 Cibadak, Setelah lulus SMA, penulis mengikuti ujian seleksi Masuk Politeknik Negeri Bandung dan diterima di Diploma Teknik Kimia Politeknik Negeri

Bandung. Setelah lulus tahun 2013, Di tahun 2015 penulis melanjutkan studi ke Program S-1 Lintas Jalur Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada tahun terakhir kuliah, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material untuk menyelesaikan tugas pra desain pabrik dan skripsi. Melalui bimbingan dari Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S., penulis dapat menyelesaikan tugas pra desain pabrik yang berjudul “**Pra Desain Pabrik Crude Palm Oil (CPO)**” serta mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesa dan Karakterisasi Kopolimer Berbasis Zwitterionic Sulfobetaine dan Thermosensitive dalam Larutan Ionik**” apabila ada saran dan kritik mengenai penulisan dan konten didalam penulisan skripsi ini bisa dikirim ke alamat email asepbagus92@ymail.com

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Galuh Chynintya R.P., lahir di Bekasi, 9 Juli 1993. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Mutiara 17 Agustus, SMP Negeri 1 Kota Bekasi, Sekolah Menengah Analis Kimia Bogor (SMAKBo), Setelah lulus SMA, penulis mengikuti ujian seleksi Masuk Universitas Diponegoro dan diterima di Diploma Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Setelah lulus tahun 2015,

Di tahun 2015 penulis melanjutkan studi ke Program S-1 Lintas Jalur Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pada tahun terakhir kuliah, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material untuk menyelesaikan tugas pra desain pabrik dan skripsi. Melalui bimbingan dari Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S., penulis dapat menyelesaikan tugas pra desain pabrik yang berjudul “**Pra Desain Pabrik Crude Palm Oil (CPO)**” serta mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesa dan Karakterisasi Kopolimer Berbasis Zwitterionic Sulfobetaine dan Thermosensitive dalam Larutan Ionik**” apabila ada saran dan kritik mengenai penulisan dan konten didalam penulisan skripsi ini bisa dikirim ke alamat email galuhchynintya@gmail.com