



Pengaruh Properti Kopolimer *Zwitterionic Sulfobetaine* terhadap Kemampuan Adsorpsi-Desorpsi Gel pada Ion Logam Berat

Eva Oktavia Ningrum^{*}, Rachma Maristika Irtany, Muhammad Yazid Mubarok, Suprpto, dan Nurlaili Humaidah

Department of Industrial Chemical Engineering, Faculty of Vocational Studies, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*E-mail: eva-oktavia@chem-eng.its.ac.id

Abstract

In 2016, it was stated that 92.1% of the quality of river water in Indonesia was polluted by a heavy metal ion. Such heavily polluted water is not feasible to use, let alone consumed. In this study, NIPAM-co-DMAAPS gel which consists of monomer *N*-isopropylacrylamide (NIPAM) and *N,N'*-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate (DMAAPS) was synthesized to be applied as an adsorbent to overcome the environmental pollution. DMAAPS is thermosensitive and zwitterionic. This zwitterionic has two charges, positive and negative, in the same repeating unit, which can be used to adsorb cations and anions simultaneously. While NIPAM is thermosensitive, it is used as a spacer to avoid inter-chain, intra-chain, and intra-group bonding between charged groups on DMAAPS zwitterion homopolymers. It is also used as an adsorption agent because the ability to change from hydrophilic to hydrophobic with temperature change. In this research, poly(NIPAM-co-DMAAPS) properties such as functional groups, hydrophobic or hydrophilic properties, viscosity, transition temperature and correlation with its gel adsorption ability were evaluated in various concentrations of NIPAM:DMAAPS of 95:5, 90:10, and 85:15 in $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ solutions as the source of Cr^{3+} ion which are dominantly found in electroplating waste. Poly(NIPAM-co-DMAAPS) was synthesized through free radical polymerization reactions with *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (TEMED) as an accelerator, ammonium peroxydisulfate (APS) as the initiator. Whereas for gel synthesis, cross-linker of *N,N'*-methyl-enebisacrylamide (MBAA) was added. The polymerization reaction lasts for 6 hours at 10 °C by keep flowing the nitrogen gas during the reaction. The IR spectra showed that the polymerization process was carried out successfully, and the highest adsorption of heavy metal ions occurred in the copolymer gel with the ratio NIPAM:DMAAPS of 85:15.

Keywords: zwitterionic, gel, adsorption

Pendahuluan

Kebutuhan air bersih di dunia akan semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan kawasan industri di sekitar wilayah perairan yang terus meningkat pula. Air adalah media yang harus ditetapkan standarnya melalui Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan menurut PP Nomor 66 Tahun 2014. Pesatnya perkembangan industri pada operasi penambangan, industri pupuk, penyamakan kulit, baterai, industri kertas, pestisida, pelapisan logam, dan lainnya membuat logam berat beracun seperti seng, tembaga, nikel, merkuri, kadmium, timbal dan kromium menjadi perhatian khusus dalam pengolahan limbah industri untuk memenuhi kebutuhan akan air bersih (Fu, 2011).

Pada umumnya polimer zwitterionic betaine memiliki sifat *thermosensitive* di dalam larutan *aqueous*, tidak larut di dalam air kurang dari suhu *Upper Critical Solution Temperature* (UCST), namun larut di atas suhu UCST. Pada suhu kurang dari UCST, polimer zwitterionic berada dalam keadaan *collapse coil* karena terjadi interaksi *intra-* dan/atau *inter-chain*. Namun, pada suhu lebih dari UCST energi termal dapat mengatasi hambatan dari interaksi *intra-* dan/atau *inter-chain* (Salamone dkk, 1978). Terdapat tiga macam zwitterionic polimer yaitu *carboxybetaine*, *sulfobetaine*, dan *phosphobetaine* yang terdiri dari *sulfonate*, *phosphate* dan *carboxylate* sebagai grup anionik dan *quaternary ammonium* sebagai grup kationik (Kudaibergenov, 2006). Salah satu polimer zwitterionic *sulfobetaine* dalam penelitian ini adalah *N,N'*-dimethyl(acrylamidopropyl)ammonium propane sulfonate (DMAAPS)

Kopolimerisasi DMAAPS dengan NIPAM telah dipelajari pada penelitian terdahulu (Ningrum dkk., 2014). Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memberi *spacer* baik antar molekul maupun DMAAPS antar *charged group* pada molekul DMAAPS. Febryanita dan Firdaus (2016) melakukan penelitian dengan konsentrasi NIPAM:DMAAPS 9:1, 8:2, 7:3.





Adapun pada penelitian ini, karakteristik properti seperti gugus fungsional, sifat hidrofob atau hidrofil kopolimer, viskositas, dan sifat fasa transisi *thermosensitive* UCST dan LCST kopolimer [NIPAM-co-DMAAPS] gel dalam limbah elektroplating dievaluasi dengan memperkecil *range* variasi konsentrasi kopolimerisasi dengan konsentrasi monomer NIPAM:DMAAPS 9,5:0,5: 9:1, dan 8,5:1,5; serta mempelajari kemampuan gel dalam mengadsorpsi ion logam berat dan aplikasinya dalam mengadsorpsi ion logam pada limbah elektroplating dengan media interaksi antara ion dan kopolimer berupa larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$. Sehingga kedepannya gel tersebut dapat diaplikasikan untuk mengatasi pencemaran lingkungan akibat ion logam berat.

Metode Penelitian

Monomer primer yang digunakan dalam proses sintesis adalah *N-isopropyl acrylamide* (NIPAM). Sebagai monomer pembentuk kopolimer gel, NIPAM dimurnikan dengan metode rekristalisasi gel dengan menggunakan *N-hexane*. *Benzene* juga digunakan sebagai *solvent* dari NIPAM, produk yang dihasilkan dari pemurnian NIPAM berbentuk kristal yang kemudian dipisahkan dengan *vacuum filter*. Selanjutnya pemurnian DMAAPA dengan memasukkan DMAPAA dan menambahkan *4-methoxyphenol*, kemudian memulai proses distilasi sehingga diperoleh hasil distilat DMAPAA yang berwarna kuning transparan dengan kondisi operasi suhu $180\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan vakum. Selanjutnya sintesis *polyN,N-dimethyl(acrylamido propyl) ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) dengan mencampurkan larutan PS ke dalam larutan DMAAPA secara perlahan selama 90 menit pada kondisi suhu $30\text{ }^\circ\text{C}$ dilanjutkan dengan pengadukan selama kurang lebih 16 jam hingga terbentuk kristal DMAAPS. Pemisahan produk DMAAPS dari larutannya menggunakan *vacuum filter*, dan dikeringkan pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$.

Sintesis kopolimer NIPAM-co-DMAAPS melalui tahap reaksi polimerisasi radikal bebas. Dalam penelitian ini, total konsentrasi 1000 mmol/L yang terdiri dari NIPAM, DMAAPS, *N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine* (TEMED), dan *N,N'-Methyl-enebisacrylamide* (MBAA) dihomogenkan dalam *aquadest* sampai volume mencapai 100 mL . Setelah homogen dimasukkan ke dalam reaktor polimerisasi dengan kondisi suhu $10\text{ }^\circ\text{C}$. *Purging* menggunakan gas nitrogen (*Ultra High Pressure*) dengan *flowrate* 500 mL/min . Inisiator yang digunakan adalah *ammonium peroxodisulfate* (APS) konsentrasi 2 mmol/L dilarutkan dalam *aquadest*. Setelah *purging* selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan tinggi, kemudian memasukkan APS ke dalam reaktor polimerisasi hingga terbentuk kopolimer gel. Reaksi polimerisasi berlangsung dalam waktu 6 jam pada suhu $10\text{ }^\circ\text{C}$ dengan tetap melakukan *purging* gas nitrogen.

Dalam penelitian ini, air dipergunakan sebagai *solvent* dan media interaksi pada tahap analisis berupa larutan ionik dan limbah elektroplating dengan suhu $10\text{ }^\circ\text{C}$. Silinder gel didapat setelah sintesis gel dilakukan di dalam *reactor polimerisasi* dengan meletakkan pada silinder *tube* berdiameter 3 mm dan panjang 2 cm . Reaksi pembentukan gel berlangsung kurang lebih selama 30 detik, setelah reaksi polimerisasi selesai gel yang terbentuk di dalam *glass tubes* dipotong dengan panjang 3 mm . Kemudian NIPAM-co-DMAAPS gel dicuci dengan *distilled water* dan dikeringkan selama beberapa hari di atas plastik *film* yang dihamparkan pada *petridish*. *Petridish* ditutup dengan *plastic film* yang diberi lubang kecil. Hal ini bertujuan untuk meminimalisasi terjadinya keretakan gel dengan menurunkan laju pengeringannya. Diperlukan uji adsorpsi ion pada kopolimer gel dengan menggunakan analisis *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS).

Hasil dan Pembahasan

Zwitterionic betaine dan *thermosensitive* polimer dimanfaatkan sebagai adsorben penyusun kopolimer gel agar mendapat sifat yang unggul dalam mengadsorpsi dan meregenerasi ion-ion logam berat. Penelitian ini melibatkan agen *thermosensitive* yaitu *N-isopropylacrylamide* (NIPAM) dan agen pengadsorpsi ion *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate* (DMAAPS). Sintesis NIPAM-co-DMAAPS gel dilakukan melalui dua tahapan, yaitu tahap pemurnian bahan dan pembuatan kopolimer. Tahap pemurnian bahan meliputi pemurnian NIPAM dan DMAPAA yang kemudian dilakukan pembuatan monomer DMAAPS melalui reaksi pembukaan rantai (*ring opening*) molekul *1,3-Propane sultone* (PS) dengan *N,N'-Dimethyl-amino propyl acrylamide* (DMAPAA). Monomer DMAAPS ini kemudian dipolimerisasi dengan NIPAM membentuk NIPAM-co-DMAAPS dalam bentuk *copolymer* gel.

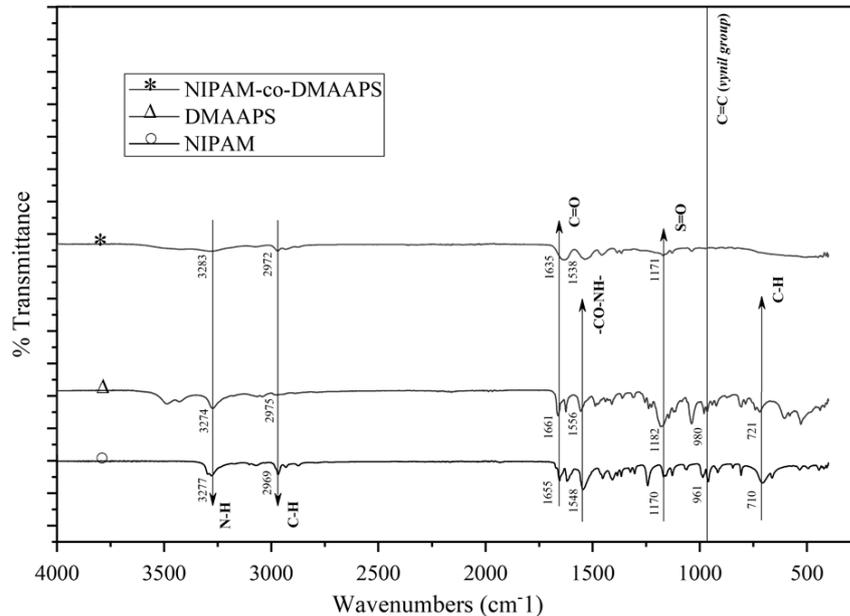
N-isopropylacrylamide (NIPAM) dan *N,N'-dimethyl(acrylamidopropyl) ammonium propane sulfonate* (DMAAPS) termasuk *thermosensitive polymer*. Poly(NIPAM) mempunyai suhu transisi yang disebut LCST (*Lower Critical Solution Temperature*) pada suhu $32\text{ }^\circ\text{C}$. NIPAM gel pada suhu di bawah $32\text{ }^\circ\text{C}$ akan mengembang (*swelling*). Dan sebaliknya, ketika berada di atas suhu $32\text{ }^\circ\text{C}$ akan menyusut (*shrinking*) (Hirokawa dkk., 1984). Sedangkan poly(DMAAPS) mempunyai suhu transisi UCST (*Upper Critical Solution Temperature*) yang angkanya bergantung pada konsentrasi larutan, polimer, monomer, dan jenis ionnya. Poly(DMAAPS) juga tidak larut di dalam air di bawah suhu UCST, namun akan larut di atas suhu UCST nya (Salamone dkk., 1978). Pada penelitian ini, tahap sintesis kopolimer gel dilakukan pada suhu $10\text{ }^\circ\text{C}$, dibawah suhu LCST dari NIPAM ($32\text{ }^\circ\text{C}$), dengan tujuan untuk memudahkan *solubility* monomer ke dalam *solvent* yaitu air.

Beberapa analisis pada penelitian ini yaitu FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk membaca keberadaan gugus fungsi dari masing-masing monomer dan kopolimer gel, UV/VIS untuk mengetahui sifat LCST/UCST



kopolimer, viskositas untuk mengetahui viskositas relatif dari larutan kopolimer serta AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) untuk mengetahui konsentrasi ion didalam larutan sebelum dan setelah uji adsorpsi.

1. Analisis *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR)



Gambar 1. Perbandingan spektra NIPAM, DMAAPS dan kopolimer

a). Hasil Uji FTIR NIPAM

Uji analisis FTIR *N-isopropylacrylamide* (NIPAM) menunjukkan bahwa NIPAM mempunyai gugus N-H, C-H, C=O, -CO-NH-, S=O, dan CH₂=CH. Pada panjang gelombang 3277 cm⁻¹ ditunjukkan adanya ikatan N-H. Ikatan C-H ditunjukkan pada panjang gelombang 2969 cm⁻¹. Sedangkan ikatan C=O ditunjukkan pada panjang gelombang 1655 cm⁻¹. Ikatan CO-NH- terlihat pada panjang gelombang 1548 cm⁻¹. Untuk ikatan S=O terlihat pada panjang gelombang 1170 cm⁻¹. Dan pada panjang gelombang 961 cm⁻¹ ditemukannya ikatan vinil (CH₂=CH).

b). Hasil Uji FTIR DMAAPS

Uji analisis FTIR *poly[N,N-dimethyl(acrylamido propyl)ammonium propane sulfonate]* (DMAAPS) menunjukkan bahwa DMAAPS mempunyai ikatan N-H, C-H, C=O, -CO-NH-, S=O, dan CH₂=CH. Pada panjang gelombang 3274 cm⁻¹ ditunjukkan adanya ikatan N-H. Ikatan C=O ditunjukkan pada panjang gelombang 1661 cm⁻¹. Sedangkan ikatan S=O ditunjukkan pada panjang gelombang sebesar 1182 cm⁻¹. Dan pada panjang gelombang 980 cm⁻¹ ditemukannya ikatan vinil (CH₂=CH).

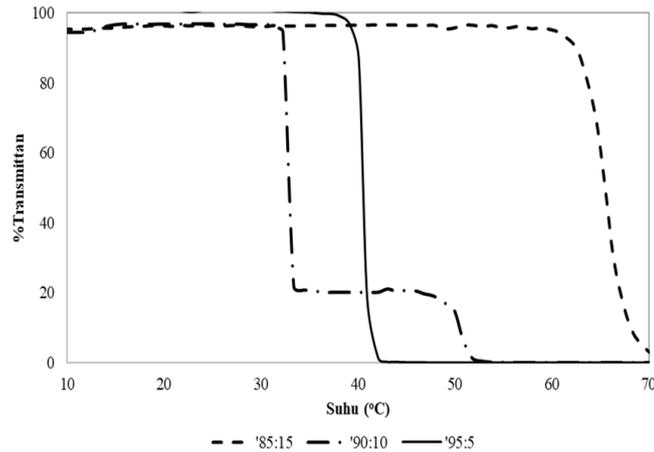
c). Hasil Uji FTIR NIPAM-co-DMAAPS

Gambar 1 terlihat secara keseluruhan dari perbandingan hasil analisis FTIR kopolimer NIPAM-co-DMAAPS dengan rasio monomer 95:5 menunjukkan bahwa reaksi polimerisasi NIPAM dan DMAAPS telah berhasil dilakukan dimana tidak menunjukkan adanya gugus vinil yang terdapat pada monomer NIPAM dan DMAAPS.

2. Analisis Suhu Transisi

UCST (*Upper Critical Solution Temperature*) didefinisikan sebagai temperatur ketika transmitan berkurang setengahnya dari nilai awal. Di atas temperatur UCST larutan akan memiliki sifat *miscible* (larut sempurna). Sedangkan LCST (*Lower Critical Solution Temperature*) didefinisikan sebagai temperatur ketika transmitan bertambah setengahnya dari nilai awal. Di bawah temperature LCST larutan akan memiliki sifat *miscible* (larut sempurna). Pada sifat LCST, larutan akan berubah warna dari transparan menjadi buram seiring dengan kenaikan suhu. Berubahnya transmitan sebagai fungsi temperatur diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan spektrofotometer UV/VIS yang lengkap dengan *thermostatic cell* untuk larutan polimer. *Ultrapure water* difungsikan sebagai referensi karena menunjukkan angka absorbansi 0.

Poly(DMAAPS) mempunyai sifat transisi UCST pada suhu 30°C (10 g/L) (Ning, 2013) dan poly(NIPAM) mempunyai sifat transisi LCST pada suhu 32°C (10 g/L). Gel NIPAM pada suhu kurang dari 32°C akan mengalami *swelling*. Sedangkan, ketika dalam keadaan lebih dari suhu 32°C akan mengalami *shrinking* (Hirokawa dkk., 1984).



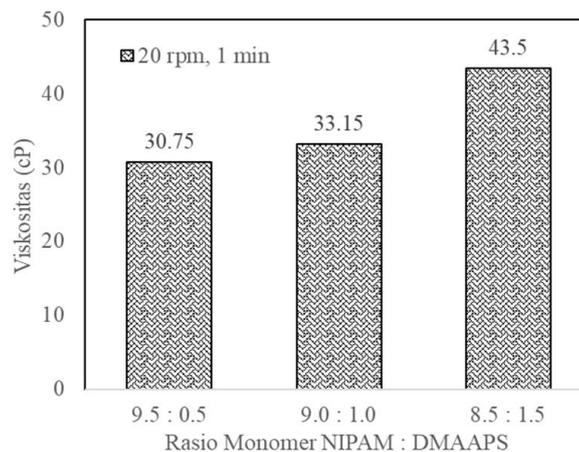
Gambar 2. Suhu transisi kopolimer 10 g/L, heating rate (1 °C/menit) dalam air

Gambar 2 menunjukkan perubahan fasa transisi larutan kopolimer terhadap perubahan temperatur pada medium kontak berupa air. Dari gambar diketahui jika pada rasio monomer NIPAM:DMAAPS = 95:5, 90:10 dan 85:15 secara berturut-turut transmittan menurun (sampai 50%) pada temperatur 41,42°C; 33,31°C dan 65,64°C. Penurunan transmittan terlihat signifikan, artinya perubahan fasa transisi dapat terlihat dengan jelas. Untuk kopolimer NIPAM-co-DMAAPS dengan perbandingan konsentrasi monomer NIPAM lebih banyak, nilai LCST akan bergeser ke kanan seiring dengan penambahan jumlah konsentrasi monomer DMAAPS (Ning, 2013).

Fenomena yang terjadi pada kopolimer NIPAM-co-DMAAPS perbandingan 95:5, 90:10 dan 85:15 yang mengalami perubahan fasa transisi dalam air disebabkan karena sifat LCST NIPAM yang lebih dominan. Di bawah LCST rantai kopolimer diketahui sebagai koil karena ikatan hidrogen dari kelompok amida dengan air. Tetapi di atas LCST, dianggap bahwa ikatan hidrogen melemah karena energi kinetik molekul menjadi lebih besar dari pada energi ikatan hidrogen antara air dan molekul. Dengan demikian, interaksi hidrofobik antara *backbone* hidrofobik dan kelompok iso-propil menjadi dominan dan menyebabkan perubahan dalam konformasi polimer. Dengan kenaikan rasio DMAAPS pada kopolimer, menyebabkan sifat LCST menjadi bergeser ke arah kanan yang menyebabkan naiknya suhu LCST dari kopolimer.

3. Analisis Viskositas

Viskositas suatu larutan polimer tergantung pada konsentrasi dan ukuran (yaitu, berat molekul) dari polimer terlarut. Dari hasil analisis viskositas sampel kopolimer dengan variabel perbandingan NIPAM:DMAAPS 95:5; 90:10; dan 85:15 diperoleh seperti pada Gambar 3. Terlihat bahwa terjadi kenaikan viskositas pada rasio monomer 95:5; 90:10 ke 85:15. Poly(NIPAM), adalah polimer non-ionik linier dalam kelompok poliakrilamida. Kehadiran kelompok isopropil pada rantai polimer memberikan makromolekul karakter hidrofobik. Oleh karena itu, ketika polimer dilarutkan dalam air, interaksi hidrofobik menyebabkan molekul air akan mengatur kembali dan merakit struktur seperti kurungan di sekitar kelompok isopropil (Falk, 1973). Semakin tinggi rasio DMAAPS maka interaksi yang terjadi semakin besar karena jumlah ion yang bermuatan akan saling berikatan satu sama lain.



Gambar 3. Grafik viskositas terhadap rasio kopolimer

4. Adsorpsi Gel

Dari hasil analisis dengan menggunakan AAS sampel uji limbah elektroplating dengan faktor pengenceran 10 kali mengandung komposisi sesuai pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan ion logam berat yang paling mendominasi dalam sampel uji tersebut adalah Kromium (Cr).

Tabel 1. Komposisi Logam dalam Limbah Elektroplating

No.	Komposisi Logam	Hasil Analisis (ppm)	% Komposisi
1	Seng (Zn)	1,70	0,016
2	Besi (Fe)	390,00	3,57
3	Mangan (Mn)	7,73	0,07
4	Tembaga (Cu)	0,15	0,001
5	Kromium (Cr)	10.536,67	96,35

NIPAM merupakan polimer *thermosensitive* yang akan mengalami *swelling* pada suhu rendah dan *shrinking* pada suhu tinggi, sehingga ketika NIPAM mengalami *swelling*, jarak antar molekul DMAAPS akan bertambah sehingga ikatan *intra-chain*, *inter-chain* dan *intra-group* akan berkurang. Ketika NIPAM mengalami *shrinking*, gel akan menjadi lebih padat. Saat *shrinking* ion-ion di dalam gel akan didesak keluar karena adanya ikatan *inter-chain*, *intra-chain*, dan *intra-group*. Selain itu, *thermal motion* dapat pula melemahkan kekuatan ikatan antar ion (Ningrum, 2014).

Konsentrasi rasio monomer NIPAM yang lebih besar dari pada DMAAPS menyebabkan sifat LCST NIPAM mendominasi sehingga proses adsorpsi yang terjadi juga saling berhubungan satu sama lain. Ketika suhu diatas LCST, agregat terbentuk dikarenakan interaksi *inter-chain* dan/atau *intra-chain* pada rantai samping polimer lebih besar dari pada *molecular motion*. Oleh karena itu, ketika suhu dibawah LCST maka polimer akan larut dalam air dikarenakan *thermal motion* akan menjadi lebih besar dari pada interaksi antara rantai samping polimer (Takahashi, 2011).

Tabel 2. Hasil Adsorpsi Ion Cr dalam Larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$

No.	Rasio Monomer	Suhu Transisi LCST (°C)		Viskositas (cP)	Suhu (°C)	Adsorpsi	
		Air	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$			(mmol/L)	(%)
1	95:5	41,42	41,45	30,75	10	7,97	79,7
					30	7,95	79,5
					50	7,72	77,2
					70	7,37	73,7
2	90:10	33,31	51,01	33,15	10	8,06	80,6
					30	7,91	79,1
					50	7,97	79,7
					70	7,54	75,4
3	85:15	65,64	64,72	43,5	10	8,29	82,9
					30	7,95	79,5
					50	8,20	82,0
					70	7,57	75,7

Ketika suhu diatas LCST, gel tidak mampu menyerap ion logam dengan baik dikarenakan sifat hidrofobik pada kondisi tersebut menyebabkan gel membutuhkan energi dengan jumlah besar untuk berinteraksi dengan ion logam. Namun ketika kondisi suhu dibawah LCST, gel mampu menyerap ion logam dengan baik dikarenakan sifat hidrofilik gel pada kondisi tersebut tidak membutuhkan energi yang besar saat berinteraksi dengan ion logam. Dari hasil analisis sesuai Tabel 2 diperoleh bahwa penurunan konsentrasi secara signifikan terjadi pada konsentrasi monomer 85:15 pada suhu adsorpsi 10 °C, dimana konsentrasi awal larutan sebelum adsorpsi sebesar 10 mmol/L dan setelah adsorpsi menjadi 8,288 mmol/L dengan % adsorpsi sebesar 82,9%.

Kesimpulan

Sintesis kopolimer berhasil dilakukan terlihat dari tidak adanya gugus vinil pada rantai kopolimer. Semakin tinggi konsentrasi monomer NIPAM, sifat LCST yang dimiliki NIPAM akan mendominasi sehingga apabila kopolimer berada pada kondisi dibawah LCST bersifat hidrofilik dan apabila berada diatas LCST bersifat hidrofobik. Sedangkan bila semakin tinggi konsentrasi monomer DMAAPS, maka kopolimer akan semakin bersifat hidrofilik dan viskositas semakin tinggi. Suhu transisi kopolimer [NIPAM-co-DMAAPS] memiliki sifat LCST sehingga mampu mempengaruhi daya adsorpsi. Seiring dengan kenaikan suhu menyebabkan daya adsorpsi gel semakin menurun sesuai dengan sifat LCST masing - masing konsentrasi monomer kopolimer gel [NIPAM-co-



DMAAPS]. Dari hasil analisis larutan $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ yang telah diadsorpsi diperoleh adsorpsi terbaik terjadi pada suhu 10°C dengan rasio monomer NIPAM:DMAAPS = 85:15 sebesar 82,9%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Hibah Kerjasama Luar Negeri 2019 dari Direktorat Jendral Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti.

Daftar Pustaka

- Falk, M. and Knop, O. "Water a comprehensive treatise (Ed. F. Frank), Vol. 2". New York. Plenum Press. 1973.
- Febryanita, Renna dan Muhammad Sa'i Firdaus. Pemanfaatan *thermosensitive* NIPAM-co-DMAAPS gel sebagai alternatif *reversible adsorben* ion logam berat". Skripsi. Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2017.
- Fu, F, Wang, Q. Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management* 2011. (92) 407-418
- Hirokawa Y, Tanaka T. Volume phase transition in a nonionic gel. *J Chem Phys*. 1984. 81:6379-6380
- Humboltz, Universitats. Investigation of polymer with DSC. Institut Fur Physic. 2012.
- Kudaibergenov, Sarkyt. Polymer betaine: Syntesis, characterization, and application. *Advance Polimer Science*. 2006. Hal 157-218.
- Ning J, Kubota K, Li G, Haraguchi K. 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*. 2013. Vol. 73, hal 969-978.
- Ningrum EO, Murakami Y, Ohfuka Y, Gotoh T, Sakohara S. "Investigation of ion adsorption properties of sulfobetaine gel and relationship with its swelling behavior". *Polymer*. 2014. Vol.55, hal 5189-97.
- Salamone JC, Volksen W, Olson AP, Israel SC. "Aqueous solution properties of a poly(vinyl imidazolium sulphobetaine)". *Polymer*. 1978. Vol.19, hal 1157-62.
- Takahashi A, Hamai K, Okada Y, Sakohara S. Thermosensitive properties of semi - IPN gel composed of amphiphilic gel and zwitterionic. 2011.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Firman Kurniawansyah (Institut Teknologi Sepuluh November)
Notulen : Alit Istiani (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Firman Kurniawansyah (Institut Teknologi Sepuluh November)
- Pertanyaan : Bagaimanakah karakteristik NIPAM sehingga digunakan sebagai modifier dalam penelitian ini?
Bagaimanakah sifat dari DMAAPS sehingga dipilih dalam pembuatan adsorben untuk limbah elektroplating?
Bagaimanakah visual adsorben NIPAM-co-DMAAPS terhadap perubahan suhu?
- Jawaban : NIPAM merupakan polimer *thermosensitive* yang mempunyai suhu transisi yang disebut LCST (*Lower Critical Solution Temperature*) pada suhu 32°C. Di bawah suhu LCST ini, NIPAM akan larut di dalam air, sedangkan di atas suhu LCSTnya NIPAM tidak larut di dalam air. Sifat ini lah yang mendasari NIPAM digunakan sebagai *modifier material* di dalam penelitian ini.
- DMMAPS merupakan polimer *zwitterionic sulfobetaine* yaitu mempunyai kutub positif dan negatif di dalam *repeating unit*nya. Kelebihan inilah yang mendasari material ini digunakan sebagai adsorben logam, karena dapat menyerap ion logam positif maupun negatif.
- Pada suhu 31°C larutan masih transparan dan larut di dalam air, namun setelah suhu dinaikkan menjadi 60°C terjadi perubahan warna pada larutan. Larutan menjadi berwarna putih susu dan tidak larut dalam air.

