

4-25-2010

KOPOLIMERISASI CANGKOK (GRAFT COPOLYMERIZATION) N-ISOPROPILAKRILAMIDA PADA FILM SELULOSA YANG DIINDUKSI OLEH SINAR ULTRAVIOLET DAN KARAKTERISASINYA

Irwan Ginting Suka

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145, Indonesia, irwanginting@unila.ac.id

Follow this and additional works at: <https://scholarhub.ui.ac.id/science>

Recommended Citation

Suka, Irwan Ginting (2010) "KOPOLIMERISASI CANGKOK (GRAFT COPOLYMERIZATION) N-ISOPROPILAKRILAMIDA PADA FILM SELULOSA YANG DIINDUKSI OLEH SINAR ULTRAVIOLET DAN KARAKTERISASINYA," *Makara Journal of Science*: Vol. 14: Iss. 1, Article 17.

Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol14/iss1/17>

This Article is brought to you for free and open access by the Universitas Indonesia at UI Scholars Hub. It has been accepted for inclusion in Makara Journal of Science by an authorized editor of UI Scholars Hub.

KOPOLIMERISASI CANGKOK (*GRAFT COPOLYMERIZATION*) N-ISOPROPILAKRILAMIDA PADA FILM SELULOSA YANG DIINDUKSI OLEH SINAR ULTRAVIOLET DAN KARAKTERISASINYA

Irwan Ginting Suka

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145, Indonesia

E-mail: irwanginting@unila.ac.id

Abstrak

Studi ini mempelajari pengaruh konsentrasi monomer dan inisiator, suhu polimerisasi pencangkokan, sistem polimerisasi, dan kadar pelarut organik pada kopolimerisasi cangkok N-isopropilakrilamida (NIPAAm) pada film selulosa (20 μm) dengan inisiator *Xanthone*, yang diinduksi oleh sinar ultraviolet (UV). Persentase pencangkokan semakin besar dengan semakin besarnya konsentrasi monomer dan inisiator yang digunakan. Reaksi polimerisasi cangkok yang diinduksi oleh sinar UV (*fotografiting*), juga diinduksi pada suhu 30 °C meskipun harus dengan waktu radiasi yang lebih lama. Persentase cangkok maksimum diperoleh pada penggunaan konsentrasi 2,5% volume metanol/aseton. Karakterisasi dengan *Attenuated Total-Reflection Infrared* (ATR-IR) menunjukkan timbulnya serapan pada puncak 1640 dan 1550 cm^{-1} yang merupakan serapan gugus amida dari rantai cangkok NIPAAm, bukti bahwa NIPAAm telah tercangkok. Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa rantai cangkok NIPAAm terdistribusi hingga bagian dalam film meskipun dengan persen cangkok yang rendah. Film yang dihasilkan memperlihatkan sifat peka suhu, yakni mengembang pada suhu 5 °C dan mengerut pada suhu 50 °C.

Abstract

Graft Copolymerization of N-Isopropylacrylamide on Cellulose Film Induced by UV-Irradiation and its Characterization. The effect of monomer and initiator concentrations, graft polymerization temperature, polymerization system and organic solvents on photografting of N-isopropylacrylamide on regenerated cellulose films (thickness = 20 μm) in UV irradiation were investigated. The higher percentage of grafting was afforded for the system with the higher monomer and initiator concentration. The photografting initiated even in the system at 30 °C by using a longer irradiation time. It was found that the maximum percentage of *grafting* was attained at 2.5 (%Vol) of methanol/acetone in the mixed solvent. The resulting NIPAAm-grafted cellulose films were characterized by attenuated total-reflection IR spectroscopy, showed a peak at 1640 and 1550 cm^{-1} due to the amide groups of the NIPAAm-grafted chains. According to scanning electron microscopy characterization, the grafted chains was found to distribute inside the film sample even in the grafted films with lower percentage of grafting. The grafted samples showing a temperature-responsive character swelling and shrinking in water at 5 °C and 50 °C, respectively.

Keywords: cellulose film, N-isopropylacrylamide, organic solvents, photografting, temperature-responsive charact

1. Pendahuluan

Selulosa adalah pembentuk struktur material dari sebagian besar dinding sel tumbuhan, umum digunakan sebagai bahan pakaian, serat, kertas, bahan bangunan, dan material polimer alam yang dapat diperbaharui. Selulosa merupakan polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglikosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglikosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- β -glukosida membentuk molekul

berantai yang panjang dan linier [1]. Gugus hidroksil ini telah dimanfaatkan untuk memodifikasi selulosa dengan memasukkan gugus fungsi tertentu pada selulosa melalui teknik *grafting* (penempelan/pencangkokan). Struktur kimia dari monomer yang tercangkok ke selulosa akan mempengaruhi sifat-sifat dari selulosa tercangkok seperti karakter hidrofilik dan hidrofob, peningkatan elastisitas, daya absorpsi terhadap zat warna dan air, kemampuan sebagai penukar ion [2] dan ketahanan terhadap panas [3].

Metode pencangkokan pada selulosa melibatkan pembentukan situs aktif pada selulosa yang dapat merupakan radikal (makroradikal) bebas atau ion-ion. Radikal bebas atau ion-ion ini menginisiasi reaksi polimerisasi monomer vinil yang akan dicangkok ke selulosa sebagai polimer induk. Metode untuk membentuk situs aktif yang dapat menginduksi reaksi kopolimerisasi pencangkokan pada selulosa dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni metode kimia dan fisika. Pada metode kimia, radikal terbentuk pada PE (*polyethylene*) akibat abstraksi atom hidrogen oleh radikal inisiator seperti BPO (*dibenzoyl peroxide*), AIBN (*azobisisobutyronitrile*), atau bahan pengoksidasi seperti garam cerium [4,5]. Pembentukan situs aktif dengan metode fisika dapat dilakukan dengan berbagai cara yang meliputi radiasi laser [6], elektron *beam* [7], sinar UV [8], plasma dan radiasi sinar gamma [9] terhadap polimer induk untuk menghasilkan radikal-radikal yang mampu untuk menginduksi reaksi pencangkokan.

Pencangkokan dengan bantuan sinar UV ($\lambda > 300$ nm) yang lebih umum dikenal dengan istilah *photografting*, diketahui merupakan suatu metode yang efektif untuk fungsionalisasi berbagai polimer material [10]. Berbagai gugus fungsi dapat dimasukkan ke dalam suatu polimer (fungsionalisasi) dengan metode *photografting* dengan memilih jenis atau sifat yang dimiliki oleh monomer yang akan dicangkok [11]. Dalam penelitian sebelumnya telah dipelajari *photografting* beberapa monomer vinil seperti asam metakrilat [12], asam akrilat [13], glisidil metakrilat [14], dan N-isopropilakrilamida [15] pada film polietilen dengan menggunakan xanthone (XT) sebagai fotoinisiator. Jumlah monomer vinil yang tercangkok pada film PE sangat dipengaruhi oleh sistem dan kondisi polimerisasi yang digunakan.

Pada penelitian ini, N-isopropilakrilamida (NIPAAm) dicangkok pada film selulosa (selopan) dengan bantuan xanthone sebagai inisiator yang diinisiasi oleh sinar ultraviolet (fotoinisiator). Poli-N-isopropilakrilamida merupakan salah satu turunan poliakrilamida yang telah dimanfaatkan sebagai polimer peka suhu. Polimer ini mempunyai suhu kritis larutan terendah (*Lower Critical Solution Temperature*, LCST) sekitar 32 °C [16], yakni suhu dimana polimer mengalami perubahan karakter, misalnya mengkerut dan mengembang mengembang diatas dan di bawah suhu LCST tersebut. Sifat mengerut dan mengembang ini telah dimanfaatkan antara lain untuk menghasilkan membran peka suhu [5,16,17] dan adsorben [2].

Dengan mencangkok NIPAAm pada selulosa akan dihasilkan selulosa yang memiliki kepekaan terhadap perubahan suhu lingkungannya. Penelitian ini juga mempelajari beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi polimerisasi pencangkokan seperti konsentrasi NIPAAm dan Xanthone, suhu dan waktu polimerisasi, sistem polimerisasi dan jenis pelarut organik, juga

dipelajari. Fungsionalitas selulosa tercangkok NIPAAm dievaluasi menggunakan data analisis spektroskopi inframerah dan distribusi rantai cangkok NIPAAm dalam struktur molekul selulosa dianalisis dengan SEM. Kepekaan film selulosa tercangkok poli NIPAAm terhadap perubahan suhu lingkungannya diukur dari perubahan ukuran (dimensi) dalam larutan panas (50 °C) dan dingin (5 °C).

2. Metode Penelitian

Bahan. Film selulosa (selopan) yang digunakan adalah film dengan ketebalan 20 μm , diekstrak dalam metanol pada 65 °C selama 24 jam untuk menghilangkan bahan aditif dan pengotor, lalu dikeringkan dan siap digunakan sebagai sampel. Film selulosa (3 x 10 cm, $\pm 0,05$ gram) dicelupkan dalam larutan fotoinisiator yang terdiri dari xanthone (XT) (0,5 % berat) yang dilarutkan bersama-sama dengan polivinil asetat (BM = 100) dalam aseton. Setelah dicelup lebih kurang sepuluh detik, film lalu diangkat dari larutan dan dikeringkan untuk menghasilkan film selulosa yang telah dilapisi dengan fotoinisiator XT.

Film selulosa yang telah dilapisi dengan fotoinisiator tersebut lalu dimasukkan dalam tabung polimerisasi bersama dengan pelarut air atau pelarut campuran dan NIPAAm dengan konsentrasi tertentu yang sebelumnya telah dilarutkan dalam air. NIPAAm sebelumnya dimurnikan dengan rekristalisasi dalam campuran benzen/*n*-hexane (50/50 w/w). Tabung polimerisasi divakumkan dan dialiri gas nitrogen lalu ditutup dengan rapat. Tabung polimerisasi lalu disinari dengan lampu ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang > 300 nm (*high-pressure mercury lamp (400 W) pada suhu 60 °C dengan menggunakan Riko Rotary Photochemical Reactor (RH400-10W, Riko Kagaku Sangyo Co., Ltd, Chiba, Japan)*).

Setelah reaksi polimerisasi cangkok tersebut, film selulosa lalu direndam dalam air pada suhu ruangan selama 48 jam, dan dilakukan pergantian air setiap 5–6 jam untuk menghilangkan sisa-sisa homopolimer dan monomer yang tidak bereaksi. Untuk memudahkan pengeringan film, dilakukan ekstraksi dengan aseton pada 60 °C selama 2 jam dan dikeringkan. Jumlah poli NIPAAm yang tercangkok ke selulosa disebut dengan persen cangkok, ditentukan berdasarkan perbandingan selisih berat film selulosa setelah (W_g) dan sebelum dicangkok (W_o) terhadap berat awal film selulosa (W_o) berdasarkan rumus (1):

$$\text{Persen cangkok (\%)} = \frac{W_g - W_o}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

Untuk memperoleh film selulosa dengan berbagai konsentrasi poliNIPAAm (persen cangkok) dilakukan dengan memvariasikan waktu polimerisasi cangkok.

Pengukuran ATR-IR. Permukaan film selulosa yang telah dicangkok dengan NIPAAm analisis dengan automatic infrared microscope (AIM-800, FTIR-8700, Shimadzu Co., Ltd., Kyoto, Japan).

Pengukuran SEM. Film selulosa tercangkok NIPAAm dengan persen cangkok sekitar 40% dicelupkan kedalam larutan paladium klorida jenuh pada suhu ruangan selama 24 jam, kemudian dicuci dengan air. Profil distribusi atom paladium dalam sayatan melintang (*cross-section*) film selulosa tercangkok NIPAAm dievaluasi dengan SEM (*JSM-5600LV*, *JED-2200*, *JEOL Co., Ltd. Tokyo, Japan*).

Pengukuran Perubahan Dimensi (Sifat Peka Suhu). Film selulosa tercangkok NIPAAm dengan luas permukaan, S_0 mm² (panjang x lebar), dicelupkan ke dalam larutan dengan suhu 50°C atau suhu 5 °C selama 24 jam. Setelah perendaman, film selulosa diangkat dari larutan, sisa air pada permukaan film dikeringkan dengan kertas saring, luas permukaan film selulosa tersebut diukur kembali (S_1). Perubahan dimensi film selulosa baik setelah dicelup dalam larutan suhu 50°C maupun 5°C diukur dengan rumus berikut:

$$\text{Perubahan Dimensi (\%)} = \frac{S_1 - S_0}{S_0} \times 100 \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Polimerisasi cangkok. Film selulosa dicangkok dengan N-isopropilakrilamida (NIPAAm) menggunakan xanthone (XT) sebagai inisiator (*photoinitiator*). Struktur molekul NIPAAm dan xanthone diperlihatkan pada Gambar 1.

Xanthone yang tereksitasi akibat menyerap sinar ultraviolet akan mengabstraksi satu atom hidrogen dari selulosa membentuk selulosa radikal yang dapat menginisiasi reaksi polimerisasi cangkok monomer pada selulosa [1]. Gambar 2 memperlihatkan pengaruh konsentrasi NIPAAm dan fotoinisiator XT pada *photografting* NIPAAm ke film selulosa pada suhu 60°C. Persen cangkok semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi fotoinisiator Xanthone, XT yang digunakan. Semakin besar konsentrasi XT yang digunakan, dengan bantuan penyinaran sinar ultraviolet, semakin banyak terbentuk situs aktif pada selulosa tempat tercangkok/tertempelnya NIPAAm.

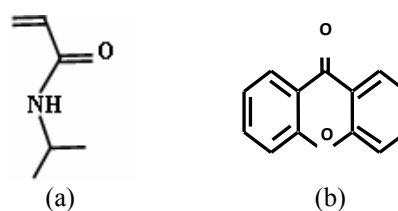
Persen cangkok juga meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi NIPAAm yang digunakan disebabkan semakin besar konsentrasi NIPAAm pada daerah situs aktif yang terbentuk pada selulosa. Untuk memperoleh sampel selulosa dengan variasi persen cangkok, NIPAAm dengan konsentrasi 0,79 M

dicangkok pada selulosa dengan variasi waktu dengan menggunakan konsentrasi XT = 0,5 persen berat.

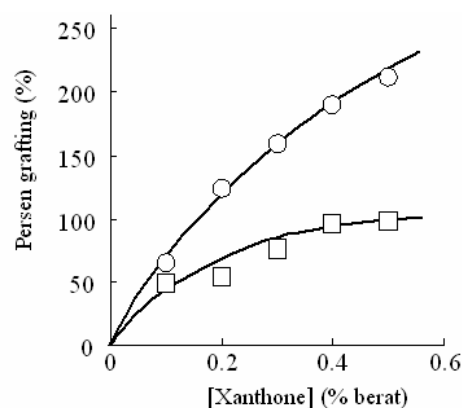
Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa suhu kritis larutan terendah (LCST) adalah 32°C [16,18]. Dengan pencangkokan NIPAAm ke selulosa pada suhu 60°C, diduga sebagian NIPAAm akan mengalami pengerutan sehingga menghalangi penetrasi monomer ke dalam struktur selulosa. Pengaruh suhu dipelajari dengan cangkok NIPAAm ke selulosa dengan fotoinisiator XT diinduksi oleh sinar ultraviolet pada suhu 30°C (Gambar 2).

Reaksi polimerisasi cangkok NIPAAm pada selulosa masih dapat berlangsung pada suhu 30°C, meskipun terjadi waktu induksi hingga 60 menit (Gambar 3). Waktu induksi dipersingkat pada saat reaksi dilakukan, yaitu suhu 60°C. Kenaikan suhu polimerisasi diketahui dapat meningkatkan laju difusi monomer tetapi juga meningkatkan transfer dan laju reaksi terminasi pada pertumbuhan rantai. Kenaikan suhu juga mengurangi pengaruh kelarutan gel dan mobilitas radikal berubah pada temperatur yang bervariasi [19].

Berdasarkan data pada Gambar 3, diduga laju difusi monomer ke film selulosa pada suhu 60°C lebih dominan dibandingkan dengan faktor-faktor lainnya



Gambar 1. Struktur Molekul (a) N-isopropilakrilamida dan (b) Xanthone



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi (□) = 0,39 mol/L, (○) = 0,79 mol/L. Monomer dan Inisiator pada *Grafting* N-isopropilakrilamida ke Film Selulosa yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet pada 60 °C dan 60 Menit

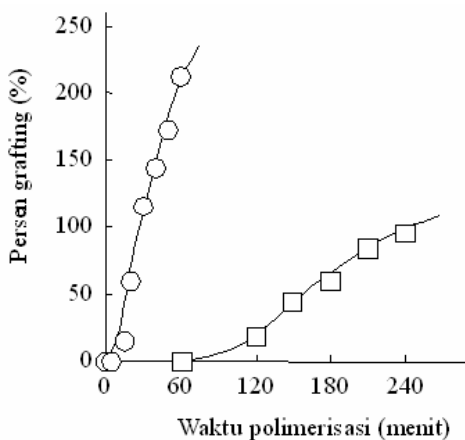
sehingga menghasilkan persen cangkok yang lebih besar dibandingkan pada suhu 30°C.

Pengaruh sistem polimerisasi terhadap *grafting* NIPAAm pada selulosa dilakukan dengan menggunakan sistem yang dijenuhkan dengan gas nitrogen, dijenuhkan dengan gas nitrogen dan pevakuman secara berselang-seling dan sistem dalam lingkungan terbuka (oksigen; diperlihatkan oleh Gambar 4).

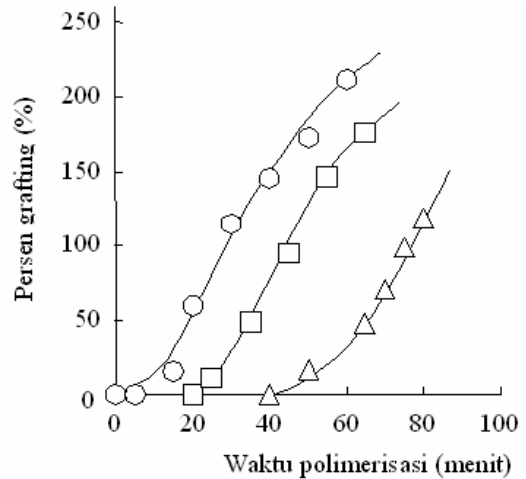
Waktu induksi semakin singkat dalam sistem yang dijenuhkan dengan gas nitrogen dan pevakuman secara berselang seling, dan sebaliknya waktu induksi semakin diperpanjang pada sistem dalam lingkungan terbuka. Hal ini membuktikan bahwa waktu induksi dalam reaksi polimerisasi *grafting* NIPAAm pada selulosa dipengaruhi oleh oksigen yang terlarut dalam sistem yang digunakan. Gejala yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian lain pada polimerisasi cangkok monomer vinil lainnya [20].

Gambar 5 memperlihatkan pengaruh pelarut organik seperti aseton dan metanol pada cangkok NIPAAm ke selulosa dengan inisiator XT yang diinduksi oleh sinar ultraviolet pada 60°C. Persen cangkok semakin besar dengan semakin meningkatnya konsentrasi pelarut organik dalam larutan dan mencapai maksimum pada konsentrasi tertentu bergantung pada jenis pelarut yang digunakan.

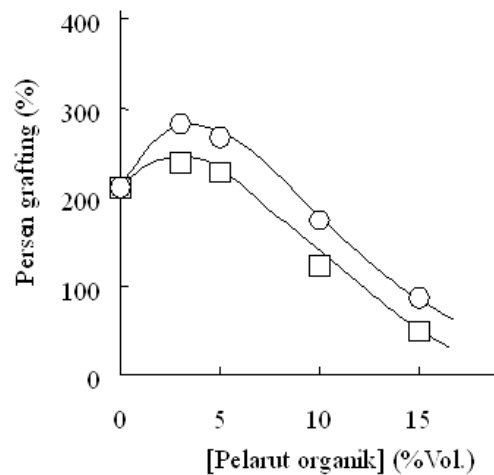
Kelarutan NIPAAm diduga semakin meningkat dengan penggunaan pelarut organik hingga konsentrasi tertentu. Peningkatan kelarutan NIPAAm oleh pelarut organik dalam sistem meningkatkan stimulasi penyediaan NIPAAm pada rantai polimer yang tumbuh (propagasi) yang akhirnya meningkatkan persen cangkok. Pada konsentrasi pelarut organik yang lebih besar, persen cangkok yang menurun disebabkan terjadinya transfer



Gambar 3. Pengaruh Suhu Polimerisasi *Grafting* (○) 60°C, dan (□) 30°C pada *Grafting* N-isopropilakrilamida 0,79 M, [XT] = 0,5% B ke Film Selulosa yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet



Gambar 4. Pengaruh Sistem Polimerisasi *Grafting* (○) Nitrogen-Vakum (□) Nitrogen (Δ) Oksigen N-isopropilakrilamida 0,79 M, [XT] = 0,5% B ke Film Selulosa yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet pada 60°C



Gambar 5. Pengaruh Pelarut Organik (○) Metanol dan (□) Aseton pada *Grafting* N-isopropilakrilamida 0,79 M, [XT] = 0,5% B ke Film Selulosa yang Diinduksi oleh Sinar Ultraviolet pada 60 °C

rantai antara pelarut dengan rantai polimer yang bertumbuh. Parameter kelarutan (*solubility parameters*) aseton dan metanol masing-masing adalah 9,9 dan 14,5 (cal/cc)^{0,5} [21], sedangkan parameter kelarutan NIPAAm adalah 11,18 (cal/cc)^{0,5}. Sehingga, sangat beralasan untuk menduga bahwa pelarut organik seperti aseton dan metanol meningkatkan kelarutan monomer NIPAAm dalam sistem yang digunakan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [22,23] dilaporkan bahwa perbandingan metanol/air yang sesuai dapat meningkatkan kelarutan NIPAAm dibandingkan dalam pelarut air atau metanol saja.

Karakterisasi Film Selulosa Tercangkok NIPAAm.

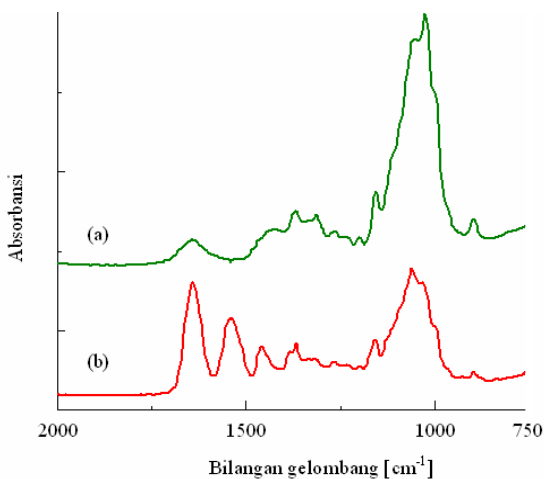
Spektrum inframerah lapisan permukaan film selulosa awal dan film selulosa tercangkok NIPAAm sebesar 64%, diperlihatkan pada Gambar 6. Rantai cangkok NIPAAm pada permukaan film selulosa dinyatakan dari pita serapan gugus amida NIPAAm pada 1640 cm^{-1} .

Pada spektrum film selulosa tercangkok NIPAAm muncul dua pita serapan karakteristik dari poliNIPAAm yakni absorpsi dari gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$)_{stretching} yang berkombinasi dengan gugus $\text{N}-\text{H}$ _{bending} (gugus amida) dan $\text{C}-\text{N}$ _{stretching} masing-masing pada 1640 dan 1550 cm^{-1} . Hal ini membuktikan bahwa NIPAAm telah tercangkok pada permukaan film selulosa. Untuk konfirmasi hasil analisis dengan IR tersebut, analisis distribusi rantai cangkok NIPAAm dalam struktur molekuler film selulosa dilakukan dengan SEM (Gambar 7).

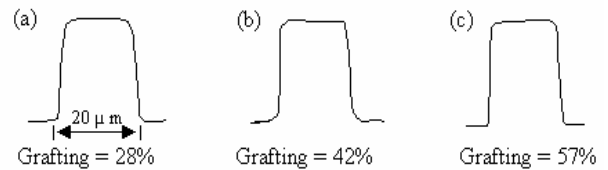
Pengamatan distribusi rantai cangkok NIPAAm dilakukan dengan mereaksikan film selulosa tercangkok NIPAAm dengan paladium klorida. Profil distribusi atom paladium dalam sayatan melintang (*cross-section*) film selulosa tercangkok NIPAAm merupakan gambaran rantai cangkok NIPAAm. Arah vertikal dari gambar mewakili konsentrasi relatif dari atom paladium di dalam sampel dan arah horizontal mewakili sayatan melintang dari sampel.

Seperti terlihat dari gambaran hasil SEM pada Gambar 7, rantai cangkok NIPAAm terdistribusi secara homogen ke dalam struktur film selulosa meskipun pada persen cangkok yang rendah sekalipun. Hal ini diduga disebabkan oleh besarnya afinitas dan difusi NIPAAm dan juga tebal film selulosa yang digunakan ($20\text{ }\mu\text{m}$) mengakibatkan NIPAAm dapat terdistribusi dengan mudah ke dalam film selulosa.

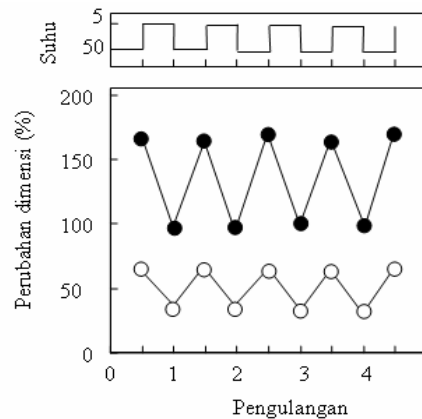
Kepekaan terhadap Suhu dari Film Selulosa Tercangkok NIPAAm (Selulosa-g-NIPAAm). Hidrogel poliNIPAAm dengan struktur ikat silang dalam larutan



Gambar 6. Spektrum ATR-IR dari (a) Film Selulosa dan (b) Film Selulosa Ter-grafting NIPAAm 64%



Gambar 7. Profil Distribusi Atom Paladium dalam Sayatan Melintang (*Cross-Section*) dari Film Selulosa Ter-grafting N-isopropilakrilamida



Gambar 8. Perubahan Reversibel Dimensi Film Selulosa Ter-grafting N-isopropilakrilamida dalam Larutan 5 dan $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada persen Cangkok (○) 46% dan (●) 122%

berair akan mengalami pengembangan (*swelling*) dan pengkerutan (*shrinking*) di bawah dan di atas suhu LCST tersebut. Sifat ini disebabkan oleh pemutusan pembentukan reversibel ikatan hidrogen reversibel antara gugus NH atau $\text{C}=\text{O}$ dalam rantai poli NIPAAm dengan molekul air sekelilingnya dengan adanya sedikit perubahan suhu larutan [16,18]. Pencangkokan NIPAAm pada film selulosa diharapkan menghasilkan selulosa yang memiliki kepekaan terhadap perubahan suhu lingkungannya.

Gambar 8 memperlihatkan sifat peka suhu dari film selulosa tercangkok NIPAAm, dilihat dari perubahan dimensinya ketika dicelupkan dalam larutan dengan suhu 5 dan $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ secara berselang-seling selama 24 jam (Gambar 8). Film selulosa tercangkok NIPAAm menunjukkan sifat responsif terhadap perubahan suhu lingkungannya, yakni film selulosa tercangkok NIPAAm mengkerut pada suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan mengembang pada suhu $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sifat ini terlihat dapat balik (*reversible*) antara suhu $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (di atas dan di bawah LCST NIPAAm, $42\text{ }^{\circ}\text{C}$). Perubahan dimensi film selulosa tercangkok NIPAAm lebih besar pada sampel dengan jumlah NIPAAm tercangkok lebih banyak (Gambar 7). Hal ini disebabkan semakin banyak gugus-gugus yang berperan dalam mendukung proses pemutusan pembentukan reversibel dari ikatan hidrogen antara gugus NH atau $\text{C}=\text{O}$ dalam rantai poli NIPAAm

dengan molekul air sekelilingnya dengan adanya perubahan suhu larutan [18].

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat diambil simpulan bahwa NIPAAm dapat dicangkok pada film selulosa dengan bantuan inisiator xanthone yang diinduksi oleh sinar ultraviolet. Reaksi polimerisasi cangkok yang terjadi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi NIPAAm dan xanthone, suhu dan waktu polimerisasi, sistem polimerisasi dan pelarut organik. Persen cangkok (jumlah NIPAAm yang tercangkok pada film selulosa) dan sifat peka suhu dari film selulosa tercangkok NIPAAm dapat dikontrol dengan kombinasi dari faktor-faktor tersebut.

Daftar Acuan

- [1] D. Klemm, B. Philipp, T. Heinze, U. Heinze, W. Wagenknecht, *Comprehensive Cellulose Chemistry, Functionalization of Cellulose*, Vol. 2, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 1998, p.390.
- [2] G. Güclü, Gürdağ, G, S. Özgümüş, *J. Appl. Polym. Sci.* 90 (2003) 2034.
- [3] B. Samal, S. Sahu, B. Chinara, S. Nanda, P.K. Otta, L.M. Mohapatro, T.R. Mohanty, A.R. Ray, K.C. Singh, *J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem.* 26 (1988) 3159.
- [4] G. Moad, J. Chiefari, R.T.A. Mayadunne, C.L. Moad, A. Postma, E. Rizzardo, S.H. Thang, *Macromol. Symp.* 182 (2002) 65.
- [5] K.C. Gupta, K. Khandekar, *Biomacromolecules* 4 (2003) 758.
- [6] N. Saito, S. Yamashita, T. Matsuda, *J. Polym. Sci. A: Polym. Chem.* 35 (1997) 747.
- [7] C. He, Z. Gu, *J. Appl. Polym. Sci.* 89 (2003) 931.
- [8] L.F. Macmanus, M.J. Walzak, N.S. McIntyre, *J. Polym. Sci. Part A. Polym. Chem.* 37 (1999) 2489.
- [9] N.M. El-Sawy, F.A. Sagheer, *Eur. Polym. J.* 37 (2001) 161.
- [10] C.M. Chan, *Polymer Surface Modification and Characterization*, Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati, 1994, p.213.
- [11] H. Kubota, *Eur. Polym. J.* 3 (1992) 267.
- [12] Z. Liqun, G.S. Irwan, T. Kondo, H. Kubota, *Eur Polym J.* 36 (2000) 1591.
- [13] G.S. Irwan, S. Kuroda, H. Kubota, T. Kondo, *Eur. Polym. J.* 40 (2004) 171.
- [14] G.S. Irwan, W. Simanjuntak, *J. Sains Tek. SIGMA*, 10 (2007) 35.
- [15] G.S. Irwan, *Seminar Nasional Kimia dan Kongres Nasional Himpunan Kimia Indonesia*, Jakarta, 2006, p.27.
- [16] J. Virtanen, C. Baron, H. Tenhu, *Macromolecules* 33 (2000) 336.
- [17] T. Nakajima, H. Kubota, R. Katakai, *J.M.S.- Pure. Appl. Chem.* A37 (2000) 205.
- [18] Y. Tanaka, Y. Kagami, A. Matsuda, Y. Osada, *Macromolecules* 28 (1995) 2574.
- [19] T.G. Park, A. S. Hoffman, *J. Appl. Polym. Sci.* 46 (1992) 659.
- [20] G.S. Irwan, S. Kuroda, T. Kondo, H. Kubota, *J. Appl. Polym. Sci.* 89 (2003) 992.
- [21] J. Brandrup, E.H. Immergut, *Polymer Handbook*, 3rd ed., Wiley, New York, 1989, p.IV-4.
- [22] T. Amiya, Y. Hirokawa, Y. Hirose, Y. Li, T. Tanaka, *J. Chem. Phys.* 86 (1987) 2375.
- [23] H.G. Schild, M. Muthukumar, D.A. Tirrell, *Macromolecules* 24 (1991) 948.