

## POLIMERISASI o-TOLUIDIN DALAM FASA *AQUEOUS* DAN PENGEMBANGANNYA UNTUK MEMBUAT *FILM* POLI-o-TOLUIDIN SECARA *in situ*

Endang Asijati W.<sup>1</sup>, Dieky Susanto, Theofilus A. Tockary, dan Yanti Sabarinah<sup>1&2</sup>

1. Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia
2. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radioisotop, BATAN, Jakarta 12070, Indonesia

### Abstrak

Parameter polimerisasi pada fasa *aqueous* yang berpengaruh pada sifat-sifat *film* polimer dipelajari lebih lanjut untuk memungkinkan kontrol tak langsung pembuatan *film* dengan cara mengontrol fasa *aqueous*. Di antara parameter-parameter yang dipelajari adalah konsentrasi HCl, rasio APS/o-toluidin, lama polimerisasi, dan suhu. Konsentrasi HCl optimal pada nilai berlebih 1,0M, sementara rasio APS/o-toluidin optimal pada nilai 1,25. Lama polimerisasi ternyata berpengaruh pada kestabilan dan ketebalan. Secara umum, semakin lama waktu polimerisasi, *film* yang dihasilkan akan semakin tebal dan stabil. Suhu juga berpengaruh pada pengaturan ketebalan *film*. Meski data yang diperoleh baru bersifat semi kuantitatif, terdapat indikasi yang jelas bahwa kontrol tak langsung pembuatan *film* o-toluidin sangat dimungkinkan.

### Abstract

**O-toluidine Polymerization in Aqueous Phase and Its Development to Produce In Situ Poly-o-toluidine Films.** Polymerization parameters of aqueous phase which have an effect to polymer film were studied in order to establish indirect control of film fabrication by means of controlling the parameters of aqueous phase. Among the parameters studied are the concentration of HCl, APS/o-toluidine ratio, polymerization duration, and temperature. HCl concentration was found to be optimum at the excess value of 1.0M, whereas ratio of APS/o-toluidine at 1.25. Polymerization duration was found of having an effect to both stability and thickness. As a rule, longer duration of polymerization leads to a thicker and more stablized polymer film. Temperature was found to be a parameter that have a defining role in the control of film thickness. Despite of the rather semi quantitative nature of the data, the results show a clear indication that indirect control is possible for *in situ* method of o-toluidin film fabrication.

*Keywords: in situ, optimization, polymerization, poly-o-toluidine, thin film*

### 1. Pendahuluan

Sifat-sifat dan karakteristik alamiah dari polianilin memberikan tantangan untuk pengembangannya sebagai *film* polianilin pada berbagai substrat. Fabrikasi melalui polimerisasi *aqueous* dengan memasukkan substrat yang berupa gelas, plastik dan lain-lain ke dalam campuran larutan sehingga terbentuk *film* polianilin pada substrat secara *in situ* telah banyak dikembangkan [1-4]. Namun demikian, pembuatan *film* dengan metoda *in situ* mengalami banyak kendala, antara lain mengenai pelekatan dan homogenitas ketebalan *film* [5]. Untuk mengatasi masalah yang terdapat pada metoda pembuatan *film* secara *in situ*, berbagai metode lain pun telah dilakukan untuk mendapatkan *film* yang homogen dan ketebalan sesuai dengan yang diinginkan, antara lain dengan cara memisahkan proses oksidasi dan reduksi [6] dan menggunakan dispersi koloidal [5].

Penelitian ini berusaha untuk mengembangkan metode pembuatan *film* polimer secara *in situ* karena metode ini berpotensi untuk dapat dengan mudah dikontrol sesuai dengan adanya pemahaman dalam proses polimerisasi yang berlangsung pada fasa *aqueous* (*bulk*). Masalah utama pada pembuatan *film* yang menggunakan anilin sebagai monomer dan air sebagai media terletak pada kekuatan pelekatan, maka o-toluidin dicoba digunakan untuk menggantikan anilin. Hal ini dilakukan agar polimer poli o-toluidin yang dihasilkan bersifat lebih non-polar dibandingkan polianilin, dan pelekatan pada substrat yang pada umumnya juga non-polar menjadi lebih kuat. Selain itu, o-toluidin merupakan turunan anilin yang dalam bentuk polimernya, poli o-toluidin (POT), mempunyai daerah serapan sinar tampak yang mirip dengan polianilin, sehingga seperti juga lapisan dalam polianilin, *film* POT dapat digunakan juga sebagai sensor kimia.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses polimerisasi yang berlangsung pada substrat plastik milar yang diharapkan dapat dikontrol melalui parameter-parameter pada fasa *aqueous*. Oleh karena itu, karakterisasi pengaruh berbagai parameter reaksi dilakukan secara paralel pada substrat dan pada fasa *aqueous*. Adapun parameter-parameter yang diteliti adalah konsentrasi HCl, rasio APS/o-toluidin, waktu polimerisasi dan suhu.

## 2. Eksperimental

Semua bahan kimia yang digunakan berkualitas pro analisis. Kecuali o-toluidin yang didestilasi terlebih dahulu, bahan-bahan kimia lainnya langsung digunakan tanpa perlakuan lebih lanjut. Plastik milar sebelum digunakan dicuci dengan etanol 95%. Alat-alat yang digunakan adalah termometer alkohol berskala 0-100°C dan sebuah spektrofotometer Uv-Vis (*ultra violet-visible*) merek Hitachi.

Polimerisasi o-toluidin dilakukan dengan mengacu pada pedoman teknis IUPAC untuk polimerisasi anilin [5], yaitu dengan mencampurkan 50 mL masing-masing larutan yang mengandung 25 mmol amonium persulfat (APS) dan larutan 20 mmol o-toluidin dalam gelas piala disertai dengan pengadukan. Sebelumnya, plastik milar berukuran 1x7 cm sudah dimasukkan pada gelas piala, dimana reaksi polimerisasi dalam larutan akan berlangsung. Hal ini dilakukan karena polimerisasi yang terjadi diharapkan selain membentuk endapan POT dalam fasa *aqueous*, juga membentuk lapisan POT pada plastik milar dalam kondisi *in situ*. Pengadukan dilakukan selama berlangsungnya proses polimerisasi, dan dihentikan saat larutan berubah menjadi berwarna merah muda. Larutan selanjutnya dibiarkan tanpa pengadukan dan polimerisasi dibiarkan untuk terus berlanjut. Apabila reaksi sudah dianggap selesai, endapan POT yang terbentuk disaring, dibilas dengan HCl 0,2N dan aseton, untuk selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C. Plastik milar yang sudah dilapisi POT (*film* POT) dicuci dengan air, dicelupkan dalam HCl 0,2 N, lalu dikeringkan dengan udara.

Untuk memantau jalannya proses polimerisasi, pengamatan dalam larutan reaksi dilakukan bersama-sama dengan pengamatan pada *film* POT yang terbentuk pada plastik milar yang direndam dalam larutan. Pengamatan proses polimerisasi dalam larutan dilakukan dengan pencatatan profil suhu reaksi dan pengukuran kurva absorbansi, sedangkan pada *film* dilakukan dengan pengukuran kurva absorbansi saja.

Percobaan dilakukan dengan rasio APS/o-toluidin 1,25, kelebihan HCl 1,0N, dan pada suhu ruang. Absorbansi campuran larutan diukur pada setiap menit untuk dapat mengikuti proses yang berlangsung dalam larutan. Pengamatan pada plastik milar dilakukan setiap 2 menit dengan mengeluarkan plastik milar dari larutan, dicuci dengan air dan larutan HCl 0,2N, kemudian diukur kurva absorbansinya. Pengamatan dilakukan terhadap berbagai parameter yang berpengaruh pada proses polimerisasi dalam fasa *aqueous* dan terhadap *film* poli o-toluidin pada substrat yang dicelupkan dalam campuran reaksi. Pengaruh kondisi polimerisasi dipelajari dengan melakukan polimerisasi pada berbagai variasi konsentrasi HCl, rasio APS /o-toluidin, waktu polimerisasi dan suhu. Homogenitas *film* ditentukan dari enam lembar plastik milar yang dicelupkan dalam satu wadah yang sama. Perhitungan homogenitas *film* didasarkan pada pengukuran kurva absorbansi *film* dalam daerah 340 – 900 nm.

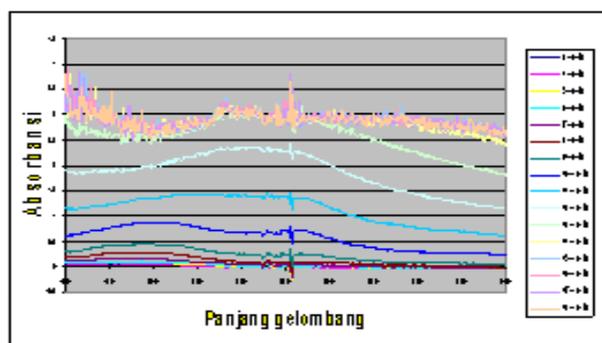
## 3. Hasil dan Pembahasan

Polimerisasi o-toluidin dengan amonium persulfat (APS) merupakan reaksi eksotermik, sehingga suhu reaksi campuran dapat digunakan untuk mengamati reaksi yang terjadi [7]. Proses polimerisasi dianggap selesai jika suhu larutan turun. Oleh karena itu, pada fasa *aqueous*, pengamatan terhadap proses yang berlangsung dapat diamati dengan mencatat profil suhu yang kemudian dilengkapi dengan data absorbansi larutan yang dilakukan secara *in situ*. Sedangkan pada substrat, pengamatan polimerisasi dilakukan dengan mencatat absorbansinya dan homogenitas *film* yang terjadi per satuan waktu.

Pada saat polimerisasi berlangsung terjadi perubahan warna larutan dari tak berwarna menjadi merah muda, biru, dan hijau. Untuk dapat mengaitkan pengaruh setiap variabel polimerisasi terhadap produk, maka *film* POT yang terbentuk

pada setiap kondisi polimerisasi dikarakterisasi dengan mencatat absorbansinya. Sebagai data pendukung, data pengamatan terhadap produk pada fasa *aqueous* dilakukan dengan menimbang *yield* serbuk POT yang dihasilkan.

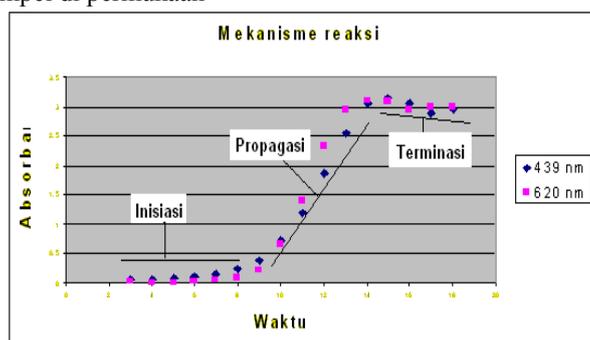
Kurva panjang gelombang terhadap absorbansi larutan campuran APS dan *o*-toluidin pada berbagai menit awal proses polimerisasi terdapat pada Gambar 1. Panjang gelombang maksimum pada menit-menit awal terdapat pada 439 nm yang menunjukkan terjadinya proses inisiasi melalui pembentukan *intermediate* radikal kation. Pada menit ke-9 muncul puncak lain pada panjang gelombang sekitar 620 nm yang makin tinggi dengan lamanya waktu polimerisasi. Setelah



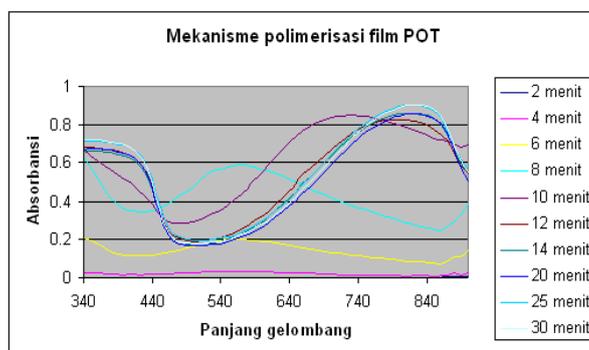
Gambar 1. Kurva absorbansi vs panjang gelombang pada polimerisasi *o*-toluidin dalam larutan. Kondisi kelebihan HCl 1M, rasio APS/OT 1,25, dan suhu ruang.

ke-15, perubahan absorbansi tidak dapat diamati lebih lanjut, karena larutan semakin pekat. Hubungan antara waktu dan absorbansi pada  $\lambda_{maks}$  439 dan  $\lambda_{maks}$  620 nm terdapat pada Gambar 2. Gambar tersebut memperlihatkan tahapan berlangsungnya reaksi polimerisasi dalam larutan. Tahap pertama yang merupakan tahap inisiasi, berlangsung melalui pembentukan radikal kation, yang tidak memberikan serapan pada daerah cahaya tampak (*visibel*). Tahap selanjutnya adalah tahap propagasi yang berkaitan dengan pertumbuhan rantai polimer. Polimerisasi radikal bebas berlangsung melalui reaksi transfer rantai (*chain transfer*) [8]. Pada tahap terminasi, rantai radikal bebas ini akan diterminasi oleh radikal bebas yang lain dalam sistem. Adanya kenaikan serapan pada panjang gelombang 620 nm menunjukkan reaksi propagasi mulai terjadi. Rantai POT akan terus bertambah selama proses propagasi sampai suatu saat tidak terjadi kenaikan serapan lagi yang menunjukkan telah terjadi reaksi terminasi. Hasil akhir serbuk POT setelah disaring dan dicuci dengan HCl dan aseton berwarna hijau.

Pengamatan pada *film* POT dilakukan pada kondisi yang sama dengan pengamatan pada larutan. Keunggulan melakukan pengukuran absorbansi cahaya tampak dari *film* POT pada saat polimerisasi berlangsung, antara lain hanya mengukur POT yang melapisi plastik, yang berarti bebas dari fraksi POT dengan bobot molekul rendah. Selain itu pengamatan ini dapat melengkapi informasi mengenai proses polimerisasi yang berlangsung pada fasa *aqueous*. Karena *film* POT yang terbentuk pada saat propagasi tidak stabil maka *film* tersebut harus langsung diukur serapannya setelah dicuci dengan air dan HCl. Hasil yang diperoleh terdapat pada Gambar 3. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa pelapisan POT pada plastik milar sudah mulai terjadi pada saat awal polimerisasi, dimana *intermediate* reaktif seperti kation radikal oligomer dari *o*-toluidin menempel di permukaan



**Gambar 2.** Kurva absorbansi vs waktu pada polimerisasi o-toluidin dalam larutan. Kondisi kelebihan HCl 1M, rasio APS/OT 1,25 dan suhu ruang



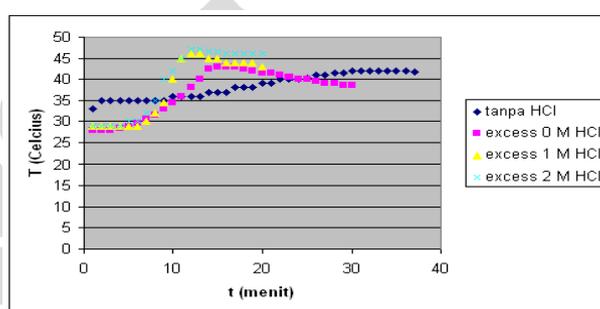
**Gambar 3.** Kurva spektrum *film* POT selama polimerisasi. Kelebihan HCl 1 N, rasio APS/OT 1,25 dan suhu ruang.

permukaan plastik kemudian berpolimerisasi. Hasil ini menunjukkan bahwa proses polimerisasi pada substrat berlangsung lebih cepat daripada fasa *aqueous*. Hal ini mungkin disebabkan oleh lebih tingginya konsentrasi lokal oligomer toluidin pada substrat dibandingkan konsentrasinya pada fasa *aqueous*. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada menit ke-6 dan ke-8, puncak serapan berada pada panjang gelombang sekitar 550 nm yang bila dibandingkan dengan pengukuran langsung pada larutannya terjadi pergeseran. Hal ini mungkin disebabkan adanya interaksi yang cukup kuat yang terjadi antara POT dengan plastiknya. Sifat ini mungkin disebabkan adanya gugus metil pada o-toluidin yang menyebabkan berkurangnya sifat kepolaran POT, sehingga meningkatkan kekuatan pelekatannya pada substrat. Hal inilah yang menunjukkan keunggulan penggunaan POT terhadap polianilin sebagai lapisan pada substrat milar. Pengamatan pada menit ke-10 sampai menit ke-14 menunjukkan terjadinya pergeseran panjang gelombang maksimum yang berhubungan dengan proses propagasi yang berlangsung. Setelah menit ke-14, panjang gelombang maksimum tidak bergeser secara berarti. Proses propagasi dapat berlangsung melalui *path* 1 dimana radikal kation oligomer ataupun polimer o-toluidin akan dioksidasi oleh APS yang tersisa, sehingga membentuk POT yang teroksidasi penuh (Gambar 4) atau melalui *path* 2 dimana radikal kation dioksidasi oleh APS sekaligus direduksi oleh o-toluidin, sehingga terjadi perpanjangan rantai (Gambar 4).

Proses selanjutnya yaitu proses terminasi yang hasilnya bergantung pada keberadaan o-toluidin dan APS. Pada keadaan standar (kelebihan HCl 0,0 M, APS/o-toluidin 1,25, suhu ruang) setelah semua APS dikonsumsi, berlangsung proses adisi reduksi o-toluidin membentuk POT setengah teroksidasi. Ketidakmampuan POT setengah teroksidasi untuk direduksi lebih lanjut menghasilkan reaksi terminasi. Perubahan warna pada proses terminasi POT menunjukkan adanya perubahan struktur molekul yang terjadi.

Pengaruh konsentrasi HCl pada tahap-tahap polimerisasi yang berlangsung pada fasa *aqueous* dapat dilihat dari profil suhu selama proses polimerisasi yang terdapat pada Gambar 5. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa HCl berperan dalam setiap tahap polimerisasi o-toluidin. Fungsi HCl selain memperbesar kelarutan o-toluidin dalam air, juga meningkatkan laju polimerisasi serta memperpendek waktu propagasi, seperti terjadi pada polianilin [9]. Meskipun demikian, peningkatan konsentrasi kelebihan HCl dari 1,0 M

Gambar 4. Proses propagasi pada POT [8]



**Gambar 5. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap tahapan polimerisasi. Rasio APS/OT 1,25, dan suhu ruang** menjadi 2,0 M tidak memberikan perbedaan yang berarti pada tahapan polimerisasi. Untuk menambah pemahaman akan pengaruh HCl pada fasa *aqueous*, *yield* serbuk POT, yang diperoleh pada polimerisasi dengan berbagai konsentrasi HCl, ditimbang dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil yang diperoleh pada tabel tersebut menunjukkan *yield* tertinggi diperoleh pada konsentrasi HCl berlebih 1,0 M. Berdasarkan warna hasil pencucian dengan aseton yang lebih gelap pada polimerisasi dengan HCl 2,0 M dapat disimpulkan bahwa penggunaan konsentrasi HCl yang tinggi pada polimerisasi o-toluidin dapat menghidrolisis gugus imin pada polimer POT yang terbentuk sama seperti yang terjadi pada polianilin [10]. Data pada Tabel 1 mengindikasikan bahwa kenaikan konsentrasi kelebihan HCl 1,0 M sampai 2,0 M berakibat menurunkan persen *yield* polimer.

Gabungan data profil suhu dan data *yield* dalam larutan menunjukkan bahwa HCl memang diperlukan untuk polimerisasi o-toluidin. Kelebihan HCl sampai konsentrasi tertentu selain berdampak pada peningkatan laju pertumbuhan rantai polimer juga menaikkan persen *yield*. Untuk polimerisasi yang berlangsung pada substrat, pengaruh konsentrasi HCl terhadap homogenitas *film* POT yang dihasilkan terdapat pada Tabel 2. Polimerisasi yang berlangsung pada lapisan substrat yang dilakukan pada kondisi tanpa HCl,

Tabel 1. Pengaruh variasi HCl terhadap *yield* POT. Rasio APS/OT 1,25, suhu ruang, dan waktu perendaman 18 jam.

Konsentrasi HCl	<i>Yield</i> (%)
Tanpa HCl	41.944
Kelebihan 0 M HCl	75.976
Kelebihan 1 M HCl	81.105
Kelebihan 2 M HCl	78.438

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap homogenitas *film* POT. Rasio APS/OT 1,25, suhu ruang, dan waktu perendaman 18 jam. n=6.

Konsentrasi HCl	Mean Abs (830 nm)	Mean Abs (560 nm)
Tanpa HCl	tidak dapat diamati	tidak dapat diamati
Kelebihan 0 M HCl	0.617 ± 0.013	0.516 ± 0.012
Kelebihan 1 M HCl	1.076 ± 0.017	0.516 ± 0.012
Kelebihan 2 M HCl	1.117 ± 0.023	0.694 ± 0.019

menghasilkan *film* POT yang tidak rata dan berupa gumpalan-gumpalan pada *film*. Hal ini menyebabkan *film* POT yang dihasilkan pada kondisi ini tidak dapat dikarakterisasi. Pada kelebihan HCl 0,0 M, o-toluidin telah membentuk garam yang dapat larut dalam air, sehingga pada konsentrasi asam ini, *film* POT sudah mulai dapat terbentuk dengan baik dan dapat dikarakterisasi.

Homogenitas *film* POT dilakukan secara paralel dengan mengukur absorbansi *film* pada kondisi basa dan asam. *Film* POT yang dihasilkan memberikan serapan pada spektra daerah cahaya tampak dalam larutan basa dengan panjang gelombang maksimum 560 nm dan dalam larutan asam pada panjang gelombang 830 nm. Berdasarkan data yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa homogenitas *film* POT makin rendah dengan makin tingginya konsentrasi HCl. Hal ini kemungkinan dikarenakan semakin tinggi konsentrasi HCl semakin tinggi laju propagasi yang berdampak pada bobot molekul POT yang terbentuk semakin lebih bervariasi dibandingkan dengan konsentrasi HCl yang lebih rendah.

Profil suhu selama proses polimerisasi dengan berbagai perbandingan APS/o-toluidin dipelajari dengan melihat pengaruhnya terhadap tahapan-tahapan proses polimerisasi o-toluidin. Hasil yang diperoleh pada Gambar 6 menunjukkan bahwa suhu larutan campuran reaksi meningkat disertai dengan bertambah cepatnya laju inisiasi dan propagasi POT dengan naiknya perbandingan APS/o-toluidin. Kenaikan konsentrasi APS, selain mengoksidasi o-toluidin untuk meningkatkan jumlah *growing site*, juga dapat mengoksidasi polimer yang terbentuk. Konsentrasi APS yang terlalu tinggi berdampak pada pemutusan rantai menjadi oligomer yang berberat molekul rendah.

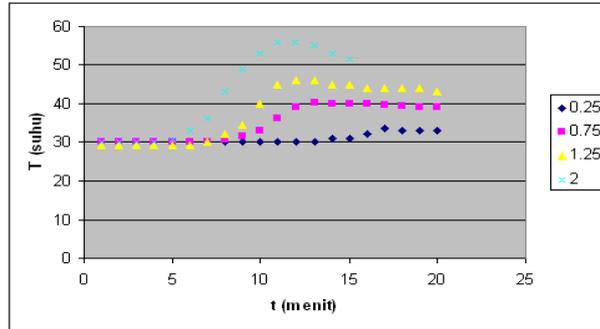
Pengaruh rasio APS/o-toluidin terhadap yield POT pada fasa *aqueous* menunjukkan bahwa hasil tertinggi diperoleh dengan perbandingan oksidan/o-toluidin 1,25 (Tabel 3). Hasil ini sesuai dengan polimerisasi pada anilin dengan menggunakan oksidator yang sama. Reaksi polimerisasi o-toluidin berlangsung dengan stoikiometri o-toluidin banding APS adalah 4:5 [7]. Pengaruh variasi rasio APS/o-toluidin terhadap homogenitas lapisan film terdapat pada Tabel 4. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketebalan *film* yang tinggi dengan homogenitas yang baik diperoleh pada rasio 1,25 sesuai dengan hasil yang diperoleh pada fasa *aqueous*. Tingginya konsentrasi APS pada rasio 2,0 mengakibatkan menurunnya ketebalan *film* akibat oksidasi rantai polimer oleh APS. Selain itu tingginya konsentrasi oksidan mengakibatkan tingginya radikal bebas dan menghasilkan polimer dengan bobot molekul rendah [11]. Pada saat yang sama juga terjadi hidrolisis, sehingga pada pencucian *film* dengan aseton, terjadi pelepasan sebagian lapisan POT dari substratnya.

Pengaruh waktu polimerisasi terhadap *yield* POT pada fasa *aqueous* (Tabel 5) menunjukkan bahwa lamanya waktu polimerisasi berpengaruh terhadap *yield*. Polimerisasi sebenarnya dianggap selesai (sempurna) pada saat larutan berubah warna menjadi hijau (reaksi terminasi). Reaksi terminasi yang terjadi bergantung pada kondisi polimerisasinya, namun pada hampir semua kondisi, kecuali pada suhu 0°C, pada menit ke-20 telah terjadi reaksi terminasi. Waktu polimerisasi setelah 20 menit disebut sebagai *post polymerization period*. Hasil pada Tabel 5 jelas menunjukkan bahwa ternyata *post polymerization period* ini juga berpengaruh terhadap *yield* POT.

Untuk polimerisasi yang berlangsung pada substrat, pengaruh variasi waktu polimerisasi terhadap homogenitas *film* POT yang dihasilkan terdapat pada Tabel 6. Hasil tersebut menunjukkan bahwa makin lama waktu polimerisasi makin tinggi homogenitas *film* yang diperoleh. Dengan bertambahnya waktu reaksi polimerisasi kestabilan *film* poli o-toluidin diharapkan meningkat. Peningkatan kestabilan yang terjadi pada *film* polianilin diduga diakibatkan oleh makin banyaknya lapisan polianilin yang berada pada tingkat oksidasi yang lebih tinggi [4].

Profil suhu pada polimerisasi o-toluidin dalam fasa *aqueous* yang dilakukan pada suhu berbeda terdapat pada Gambar 7. Polimerisasi pada suhu 0°C memerlukan waktu sekitar 100 menit, sedangkan pada suhu ruang hanya sekitar 15 menit. Penurunan suhu polimerisasi sampai 0°C dapat menghasilkan *film* POT yang cukup tebal. Namun, pencucian dengan aseton mengakibatkan lepasnya *film*. Homogenitas *film* yang dihasilkan pada suhu ini sangat rendah nilainya, dan

permukaan *film* terasa kasar jika diraba. Untuk menghasilkan *film* POT yang tipis sebaiknya digunakan suhu yang tinggi [3].



Gambar 6. Kurva pengaruh rasio APS/o-toluidin terhadap waktu polimerisasi. Kelebihan HCl 1 M, dan suhu ruang.

Tabel 3. Pengaruh rasio APS/OT terhadap *yields* POT. Kelebihan HCl 1,0 M, suhu ruang, dan waktu perendaman 18 jam.

Rasio APS/OT	<i>Yields</i> (%)
0,25	18.489
0,75	71.638
1,25	81.106
2	46.474

Tabel 4. Homogenitas *film* POT dengan variasi rasio APS/OT. Kelebihan HCl 1,0 M, suhu ruang, dan waktu perendaman 18 jam.

Rasio APS/ o-toluidin	Mean Abs (830 nm)	Mean Abs (560 nm)
0.25	1.130 ± 0.068	0.803 ± 0.065
0.75	1.180 ± 0.019	0.968 ± 0.040
1.25	1.183 ± 0.014	0.719 ± 0.012
2	0.456 ± 0.024	-----

Tabel 5. Pengaruh Waktu Polimerisasi terhadap *Persen yield*. Kelebihan 1 M HCl, rasio APS/OT 1,25, dan suhu ruang.

Waktu (jam)	<i>Yield</i> (%)
6	74.961
12	80.654
18	81.105

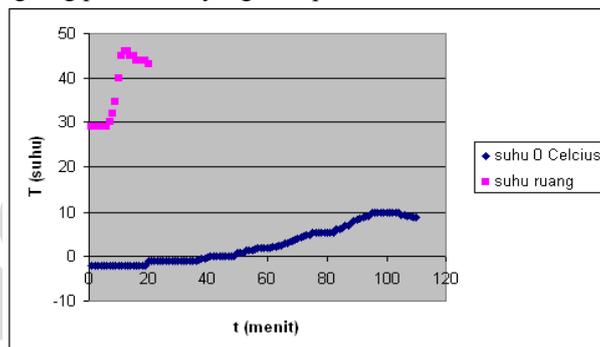
Tabel 6. Pengaruh Variasi Waktu Perendaman terhadap Homogenitas *Film* POT. Rasio APS/OT 1,25, kelebihan HCl 1 M, dan suhu ruang. n=6.

Waktu	Mean Abs	Mean Abs

(jam)	(830 nm)	(560 nm)
6	1.163 ± 0.028	0.732 ± 0.023
12	1.117 ± 0.037	0.724 ± 0.019
18	1.183 ± 0.014	0.719 ± 0.012

#### 4. Kesimpulan

Proses polimerisasi yang berlangsung di fasa *aqueous* sejalan dengan proses yang berlangsung pada substrat. Namun perbedaan dimensi larutan dan *film* berdampak pada pertumbuhan polimer yang lebih cepat pada *film*, walaupun reaksi terminasi pada kedua fasa berlangsung pada saat yang hampir bersamaan. Hal ini mungkin



Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap waktu polimerisasi

disebabkan o-toluidin merupakan reduktor lemah yang tidak mampu mereduksi lebih lanjut poli-o-toluidin yang dalam bentuk setengah teroksidasi. Di samping itu, adanya gugus metil pada anilin membentuk oligomer yang lebih hidrofobik sehingga interaksi antara *film* dan substrat lebih kuat pada poli-o-toluidin dibandingkan pada polianilin. Melalui pengaturan konsentrasi HCl berlebih, rasio APS/o-toluidin yang tepat dalam fasa *aqueous* dapat diperoleh *film* POT yang homogen. Ketebalan lapisan pada substrat dapat dikontrol melalui lamanya perendaman dalam campuran pereaksi dan suhu polimerisasi.

#### Daftar Acuan

- [1] W. U. Grummt, A. Pron, M. Zagorsksa, S. Lefrant, *Analytica Chimica Acta* 357 (1997) 253.
- [2] E. Pringsheim, E. Terpetschnig, O. S. Wolfbeis, *Analytical Chimica Acta* 357 (1997) 247.
- [3] J. Stejskal, I. Sapurina; J. Prokes; S. Zemek, *Synthetic Metals* 105 (1999) 195.
- [4] Z. Jin, Y. Su, Y. Duan, *Sensor and Actuator B* 71 (2000) 118.
- [5] J. Stejskal, I. Sapurina, *Pure Appl. Chem.* 77 (2005) 815.
- [6] R. Madathil, *Synthetic Metals* 150 (2005) 123.
- [7] J. Stejskal, R. G. Gilbert, *Pure Appl. Chem.* 74 (2002) 857.
- [8] R. Madathil, S. Ponrathnam, H. J. Byrne, *Polymer* 45 (2004) 5465.
- [9] S. Mu, C. Chen, J. Wang, *Synthetic Metals* 88 (1997) 249.
- [10] N. Gospodinova, L. Terlemezyan, *Prog. Polym. Sci.* 23 (1998) 1443.
- [11] Z. Sun, Y. Geng, J. Li, X. H. Wang, X. Jing, F. Wang, *Journal of Applied Polymer Science* 72 (1999) 1077.