

# PEMBUATAN FLOKULAN NON-IONIK DARI STARCH DAN ACRYLAMIDE DENGAN METODE GRAFTING TO

## SYNTHESIS OF NON-IONIC FLOCCULANT FROM STARCH AND ACRYLAMIDE BY GRAFTING TO METHOD

Sumarno, Erny Kusumawati, Roika Indriati, dan Erna Triastutik  
Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya  
email: onramus@chemeng.its.ac.id

### Abstrak

Pembuatan flokulan non-ionik *Starch-graft-polyacrylamide (St-g-PAM)* dilakukan dengan metode "grafting to". Prosesnya dilakukan terpisah: sintesa *nonterminated polyacrylamide (nt-PAM)* dan menggabungkan *nonterminated polyacrylamide (nt-PAM)* pada *starch*. Sintesa *non terminated polyacrylamide (nt-PAM)* dilakukan dengan teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi. Temperatur dan waktu *coupling reaction* dipelajari untuk menentukan pengaruhnya terhadap persentase efisiensi *graft (%GE, Grafting Efficiency)*, persentase *yield graft (%GY, Grafting Yield)*, viskositas intrinsik. Polimerisasi dilakukan dalam reaktor gelas yang dilengkapi dengan pengaduk dan berlangsung secara isothermal. Hasil sintesis dianalisa dengan analisa FTIR. Pada sintesis St-g-PAM metode "grafting to", untuk nt-PAM yang disintesis dengan teknik polimerisasi larutan dan teknik polimerisasi inverse emulsi, kenaikan temperatur dan waktu *coupling reaction* menyebabkan kenaikan %GE, %GY dan viskositas intrinsik kemudian mengalami penurunan. Viskositas instrinsik St-g-PAM dengan preparasi nt-PAM melalui teknik polimerisasi inverse emulsi lebih tinggi dari teknik polimerisasi larutan.

Kata kunci: flokulan non-ionik, *non-terminated Polyacrylamide*, *Starch*, polimerisasi Inverse Emulsi

### Abstract

Synthesis of non-ionic flocculant starch-graft-polyacrylamide was produced using grafting to method. The process comprised two successive processes, i.e. synthesis of non-terminated polyacrylamide (nt-PAM) and coupling reaction. The first one was grafting onto starch. The non-terminated polyacrylamide was synthesized with solution and inverse emulsion polymerization. Temperature and time of coupling reaction were studied to evaluate the percentage of grafting efficiency (%GE) and yield (%GY), and viscosity instrinsic. The polymerization was done in glass reactor isothermally. The sample was analyzed by using FTIR. St-g-PAM was synthesized by solution and inverse emulsion polymerization. The increase of temperature and time of coupling reaction increased the percentage grafting (%GE,%GY) and viscosity instrinsic, which then finally decreased. The instrinsic viscosity of st-g-PAM that produced by emulsion inverse polimerization technic was higher than solution polymerization one.

Key words: non-ionic flocculant, non-terminated polyacrylamide, starch, inverse emulsion polymerization

## 1. PENDAHULUAN

Limbah cair dari proses industri dan rumah tangga mengandung komponen organik dan anorganik, yang dapat mengakibatkan pencemaran air. Sebagai *treatment* awal, perlu dilakukan pemisahan untuk mengendalkan beban limbah. Dalam hal ini dibutuhkan flokulan sebagai *chemical aid*.

Flokulasi merupakan bagian penting dalam pengolahan limbah cair domestik, industri dan pemanfaatan mineral. Flokulasi terjadi oleh adanya penambahan flokulan yang berfungsi menggabungkan partikel kecil menjadi partikel lebih besar/flok. Flo-

kulan dapat berasal dari bahan organik (a.l. polimer alami dan sintetik) dan anorganik. *Starch* merupakan polimer alami yang murah, mudah didapat, *biodegradable*, *shear degradation*, *non-toxic* dan *shear stable* (Deshmukh, 1991).

Shaojie dkk (2003) yang melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide (St-g-PAM)* dengan metode *grafting from* menyimpulkan bahwa konsentrasi inisiator, monomer, *starch*, dan suhu reaksi mempengaruhi %GE dan %GY. Hernández dkk (1996) telah membandingkan penggunaan surfaktan Hipermer B239, dan *Sorbitan Monooleat* pada polimerisasi inverse emulsi *acrylamide*. Disimpulkan

bahwa HB239 maupun *Sorbitan Monooleat* menghasilkan berat molekul yang tinggi. Rath dkk (1997) meneliti tentang pembuatan kopolimer *graft* pada beberapa jenis polisakarida dengan PAM menggunakan teknik polimerisasi larutan. Hasil penelitiannya menyimpulkan *amylo-pectin-g-poly-acryl-amide* dengan rantai yang berjumlah sedikit tetapi panjang merupakan flokulan yang paling efektif. Sofia dkk. (2004) melakukan sintesa *St-g-PAM* dengan teknik polimerisasi larutan dengan inisiator *Ceric Ammonium Nitrate* (CAN) melalui metode *grafting from* dan *grafting to*. Waktu sintesa *nt-PAM*, waktu dan suhu *coupling* sintesa *St-g-PAM* dapat mempengaruhi panjang dan jumlah rantai *graft* yang berpengaruh pada %GE, %GY, dan viskositas intrinsiknya. Rahayu dan Millati (2005) juga menghasilkan viskositas intrinsik dari metode *grafting to* lebih besar daripada *grafting from*.

Berdasarkan penelitian terdahulu diketahui bahwa kopolimer *graft (starch-graft-polyacryl-amide)* memiliki kemampuan flokulasi lebih baik dari polimer rantai lurus (*starch* atau *polyacryl-amide*). Kemampuan kopolimer *graft* sebagai flokulan dipengaruhi oleh panjang dan jumlah rantai *graft*. Sedikit rantai *graft* tetapi panjang merupakan flokulan yang lebih efektif. Telah terbukti bahwa konsentrasi monomer *acrylamide*, inisiator, waktu dan suhu reaksi berpengaruh pada panjang dan jumlah rantai *graft*. Tetapi perbandingan komposisi inisiator dan makromolekul belum jelas. Karenanya perlu studi lanjut tentang metode *grafting to* guna memperoleh flokulan yang efektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan *Grafting Efficiency* (%GE), *Grafting Yield* (%GY), dan viskositas intrinsik oleh konsentrasi *acrylamide*, inisiator, suhu, dan waktu *coupling reaction* serta mengetahui kinerja flokulasi terhadap limbah besi dan kaolin.

Polimer banyak digunakan sebagai agen pemisah *liquid/solid* pada pengolahan air limbah. Flokulan polimer terdiri atas jenis homopolimer dan kopolimer. Jenis homopolimer hanya mempunyai satu jenis gugus fungsi, misal *Poly-acrylamide* (Tripathy, 2000). Sedangkan jenis kopolimer memiliki lebih dari satu gugus fungsi, ionik maupun nonionik, dan bersifat lebih baik dari homopolimer. Flokulasi berlangsung secara *bridging* dengan menjerat partikel dalam *network* tiga dimensi (Tripathy, 1998).

## 2. METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan adalah: *acrylamide (graft)*, *starch (backbone)*,  $K_2S_2O_8$  (inisiator), TMEDA ( $(CH_3)_4C_2(NH_2)$ ), nitrogen (Purger), akuades (pelarut), *acetone* (presipitan), toluene (fase minyak inverse emulsi), *sorbitan monooleat (emulsifier)*.

Metode *grafting to* dilakukan dalam dua tahap, yaitu mensintesa dan menggabungkan *nt-PAM* pada *starch*. Sintesa *nt-PAM* dengan teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi. *Starch* dilarutkan dalam akuades dan dipanaskan sampai suhu  $70^\circ C$ , kemudian didinginkan. Polimerisasi dilakukan dalam reaktor gelas. *Acrylamide* dilarutkan dalam media homogen (akuades) dengan suhu konstan dan waktu tertentu dengan menambahkan  $K_2S_2O_8$  dan TMEDA. Produk dicuci dengan *acetone* berlebih, kemudian dikeringkan pada  $38^\circ C$ . Dalam polimerisasi inverse emulsi, *acrylamide* dilarutkan dalam media toluene-air dengan emulsifier sorbiton monooleat dan ditambahkan  $K_2S_2O_8$ . Produk dicuci dan dikeringkan seperti prosedur di atas. Produk yang dihasilkan diuji dengan FTIR untuk menunjukkan adanya gugus-gugus yang dimiliki oleh produk, %GE, dan %GY. *Grafting Efficiency* (%GE) adalah persen *grafting* terhadap *starch* awal, dihitung dengan persamaan:

$$\%GE = 100 (W_2 - W_1) / W_3 \quad (1)$$

*Grafting Yield* (%GY) adalah persen *grafting* terhadap *starch real* yang mengalami *grafting*, dihitung dengan persamaan:

$$\%GY = 100 (W_2 - W_4) / W_3 \quad (2)$$

( $W_1$  = berat *starch*, g;  $W_2$  = berat *starch-g-polyacrylamide*, g;  $W_3$  = berat *acrylamide*, g;  $W_4$  = berat *starch real* yang mengalami *grafting*, g)

Hasil presipitasi ditimbang sebagai  $W_5$  (Fares, 2003). Sedangkan viskositas polimer diukur dalam suatu pelarut yang sesuai dengan menggunakan *viscometer Ubbelohde* (Tripathy, 2000).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

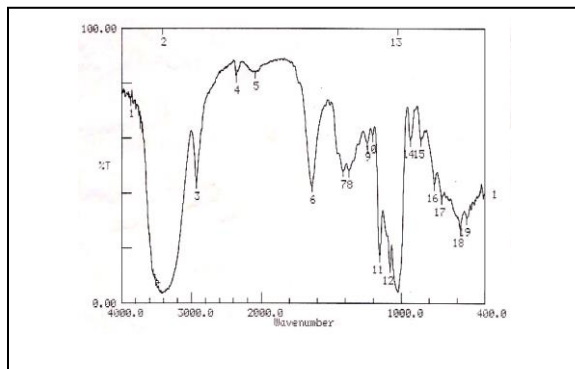
### Sintesa *Starch-g-Polyacrylamide*

Kopolimer *graft* pada *starch* disintesa menggunakan metode *grafting to* dengan teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi sehingga terben-

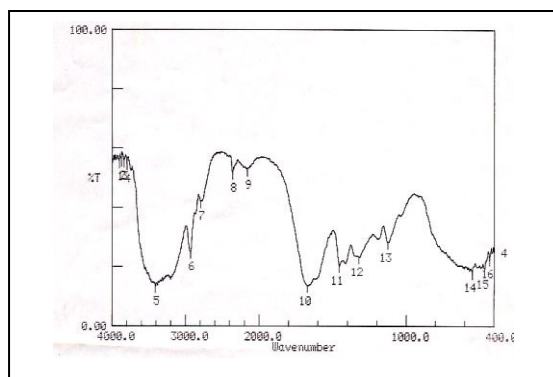
tuk *nt-PAM* yang dicangkokkan pada *backbone starch*. Kemungkinan reaksi yang terjadi adalah radikal aktif *nt-PAM* bergabung langsung pada atom-H yang tergabung pada gugus fungsional-CH<sub>2</sub>OH pada *backbone starch*.

### Karakterisasi *St-g-PAM*

Hasil analisa FTIR dari *starch* disajikan pada Gambar 1, yang menunjukkan 2 *peak* pada  $\lambda = 1153 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1022 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-O, 2 *peak* pada  $1203 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1244 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-OH, 2 *peak* di  $1417 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3414 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan-OH, serta 3 *peak* di  $709 \text{ cm}^{-1}$ ,  $761 \text{ cm}^{-1}$  dan  $858 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-H. Hasil interpretasi tersebut sesuai dengan gugus yang dimiliki *starch*. Hasil analisa FTIR dari *polyacrylamide* disajikan pada Gambar 2, yang menunjukkan *peak* pada  $\lambda = 3408 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan N-H, *peak*  $1672 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C=O, dan *peak*  $1124 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-N. Hasil tersebut sesuai dengan karakteristik *absorption bonds* pada *polyacrylamide*.



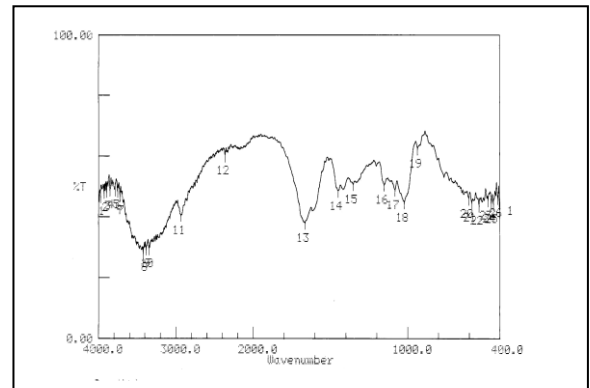
Gambar 1. Hasil analisa FTIR *Starch*



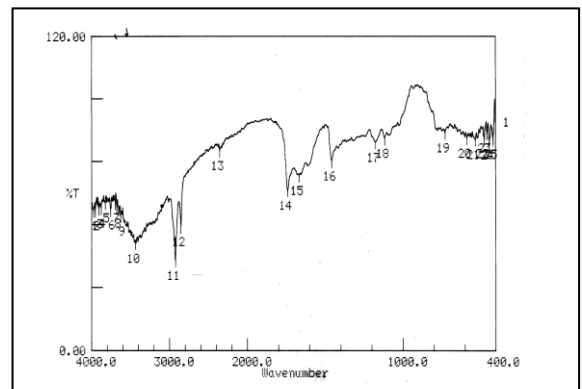
Gambar 2. Hasil analisa FTIR *PAM*

Hasil analisa FTIR *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi menunjukkan adanya gugus-gugus pada oleh *starch* dan *polyacrylamide*. Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil analisa FTIR untuk *St-g-PAM* de-

ngan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan terdapat gugus *starch* (2 *peak* pada  $\lambda = 1153,54 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $1082,16 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-O, *peak*  $1022,36 \text{ cm}^{-1}$  untuk C-OH, 2 *peak* pada  $\lambda = 1448,67 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3423,96 \text{ cm}^{-1}$  untuk OH, 2 *peak* pada  $\lambda = 935,56 \text{ cm}^{-1}$  dan  $601,84 \text{ cm}^{-1}$  untuk C-H) dan gugus dari *Polyacrylamide* (2 *peak* pada  $\lambda = 3387,31 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $3348,73 \text{ cm}^{-1}$  untuk N-H, *peak*  $1664,72 \text{ cm}^{-1}$  C=O, *peak*  $1352,22 \text{ cm}^{-1}$  untuk C-N).



Gambar 3. *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi Larutan

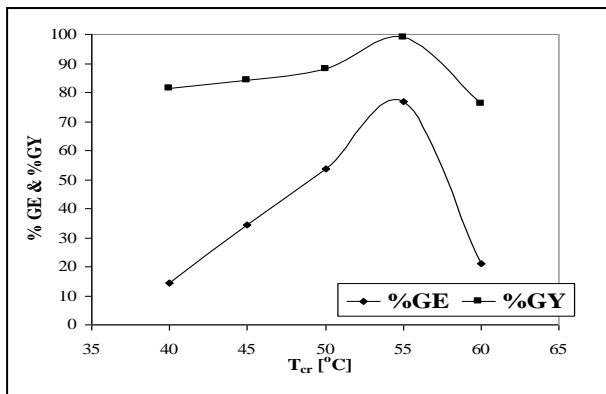


Gambar 4. *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi Inversi Emulsi

Gambar 4 merupakan hasil analisa FTIR untuk *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi. Interpretasi dari gambar tersebut menunjukkan adanya gugus-gugus dari *starch* yaitu *peak* di panjang gelombang  $1176,68 \text{ cm}^{-1}$  ikatan C-O, pada *peak*  $1116,88 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-OH, *peak* pada  $3437,46 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan-OH, *peak*  $727,23 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-H dan gugus-gugus dari *Polyacrylamide* (*peak*  $3628,43 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan N-H, *peak* pada  $1668,58 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C=O dan *peak*  $1116,88 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-N). Adanya gugus-gugus tersebut membuktikan bahwa *St-g-PAM* telah terbentuk.

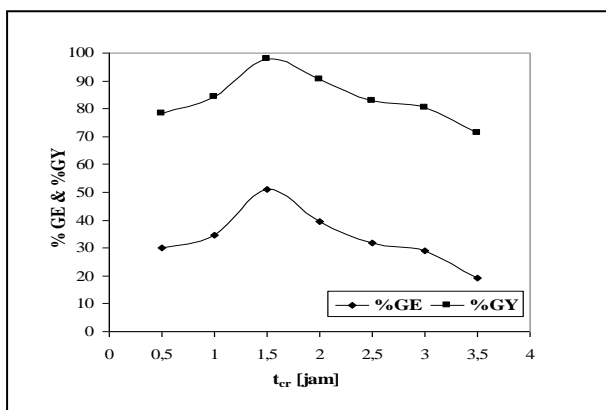
**Karakteristik *St-g-PAM Grafting Efficiency* (%GE) dan *Grafting Yield* (%GY)**

Pada penelitian ini karakteristik *St-g-PAM* yang dipelajari adalah %GE, %GY dan viskositas intrinsik. Pengaruh suhu dan waktu *coupling reaction* terhadap %GE, %GY, dan viskositas intrinsik *St-g-PAM* adalah sebagai berikut.



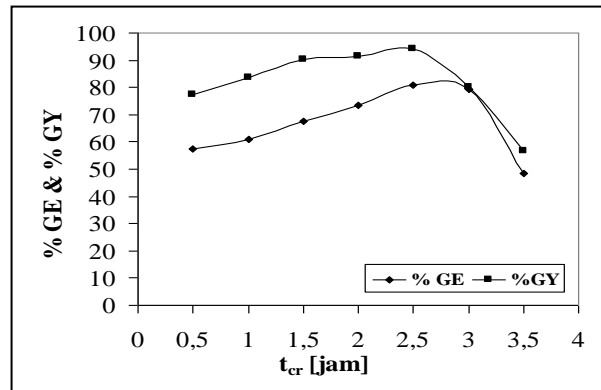
**Gambar 5.** Kurva %GE dan %GY Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Larutan: Suhu *Coupling Reaction*

Penelitian ini membuktikan suhu dan waktu *coupling reaction* berpengaruh pada %GE dan %GY. Suhu *coupling reaction* berpengaruh pada kecepatan penggabungan rantai *PAM* ke *backbone starch*. Waktu *coupling* berpengaruh pada banyaknya rantai *PAM* yang tergrafkan pada *back-bone starch*.

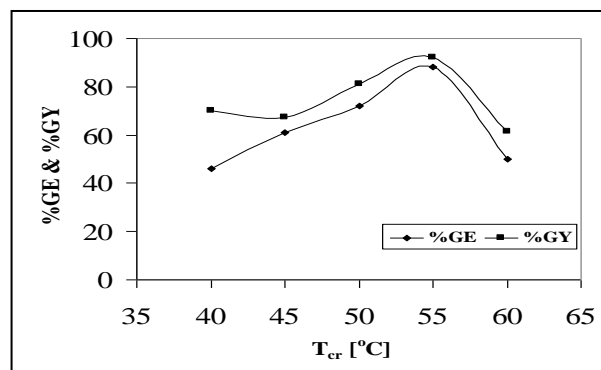


**Gambar 6.** Kurva %GE dan %GY Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Larutan: Waktu *Coupling Reaction*.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh suhu *coupling reaction* pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan pada %GE dan %GY.



**Gambar 7.** Kurva %GE dan %GY Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Inverse Emulsi: Suhu *Coupling Reaction*



**Gambar 8.** Kurva %GE dan %GY Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Inverse Emulsi: Waktu *Coupling Reaction* (t<sub>cr</sub>).

Gambar 7 menunjukkan pengaruh suhu *coupling reaction* pada *Starch-g-Polyacrylamide* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi terhadap %GE dan %GY. Dari kedua gambar dapat dilihat bahwa kenaikan suhu *coupling reaction* sampai suhu 55 °C menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi. Hal ini disebabkan oleh naiknya kecepatan difusi ujung aktif *Polyacrylamide* ke *backbone starch* akan menaikkan kecepatan *grafting*, sehingga %GE dan %GY juga meningkat. Setelah suhu 55 °C, %GE dan %GY cenderung mengalami penurunan, yang mungkin disebabkan oleh terjadinya tumbukan antar makroradikal *PAM* akibat semakin tingginya kecepatan difusi ujung aktif *PAM* ke *backbone starch*. Akibatnya jumlah makroradikal *PAM* yang tergraf berkurang. Waktu *coupling* berpengaruh pada jumlah rantai *PAM* yang tergraf pada *backbone starch*. Gambar 6 menunjukkan pengaruh waktu *coupling* terhadap %GE dan %GY pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* dengan

polimerisasi larutan. Pada kenaikan waktu *coupling* hingga 1,5 jam menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi.

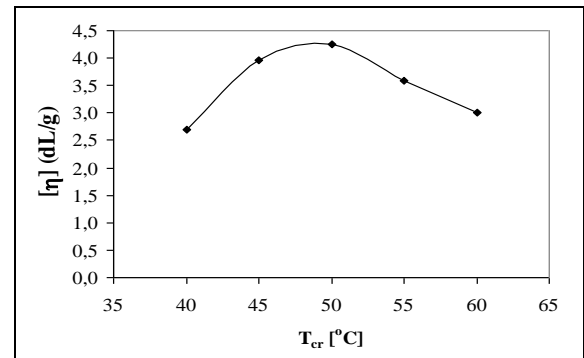
Gambar 7 menunjukkan pengaruh waktu *coupling* terhadap %GE dan %GY pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi. Terlihat bahwa kenaikan waktu *coupling* sampai 2,5 jam menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi. Semakin lama waktu reaksi, semakin lama waktu kontak antara sisi aktif molekul-molekul *nt-PAM* dengan atom-H pada gugus fungsional- $\text{CH}_2\text{OH}$  dari *starch*, sehingga akan semakin banyak rantai *nt-PAM* yang bergabung pada *starch* menyebabkan kenaikan %GE dan %GY. Pada *Starch-g-Polyacrylamide* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan setelah waktu *coupling* 1,5 jam, serta setelah waktu *coupling* 2,5 jam pada *Stg-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi, %GE dan %GY cenderung mengalami penurunan. Penurunan %GE dan %GY kemungkinan disebabkan terjadinya homopolimer.

Dari kedua teknik polimerisasi tersebut, *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi memiliki efisiensi grafting lebih tinggi dari teknik polimerisasi larutan. Hal ini terjadi karena pada polimerisasi inverse emulsi, polimer terbentuk dalam media heterogen sehingga polimer terlokalisasi dalam misel. Akibatnya makin banyak makroradikal acrylamide yang dapat tergrafkan pada *backbone starch*. Pada teknik polimerisasi larutan, polimerisasi terjadi dalam media homogen. Sedangkan kelarutan PAM dalam air tinggi sehingga homopolimer lebih banyak terbentuk daripada dalam media heterogen.

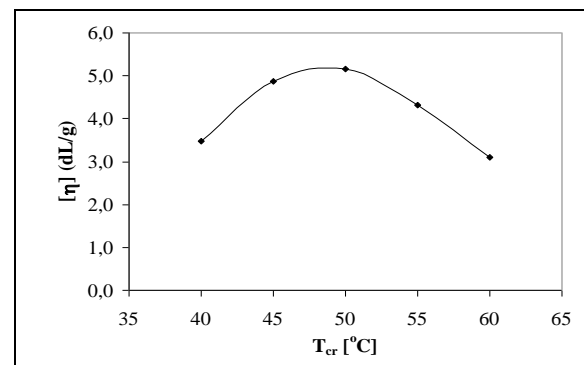
### Viskositas Intrinsik

Gambar 9 menunjukkan pengaruh suhu *coupling* pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan terhadap viskositas intrinsik. Adapun Gambar 10 menunjukkan pengaruh suhu *coupling* pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi terhadap viskositas intrinsik. Kedua gambar menunjukkan kenaikan suhu *coupling* hingga  $50^\circ\text{C}$  menyebabkan kenaikan viskositas intrinsik tertinggi. Ini disebabkan oleh naiknya kecepatan difusi ujung aktif PAM ke *backbone starch*. Naiknya kecepatan *grafting* menyebabkan kenaikan jumlah rantai *nt-*

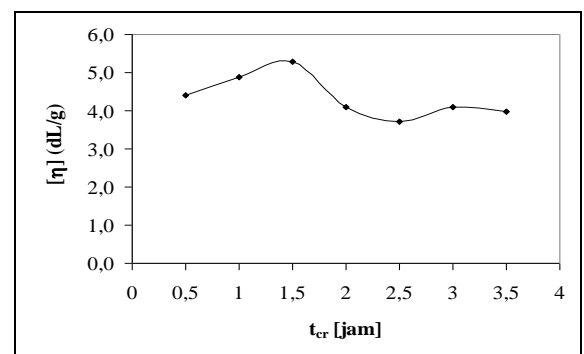
PAM yang bergabung pada *backbone starch* dan kenaikan viskositas intrinsik.



**Gambar 9.** Kurva Viskositas Intrinsik Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Larutan: Suhu *Coupling Reaction* ( $T_{cr}$ ,  $^\circ\text{C}$ )



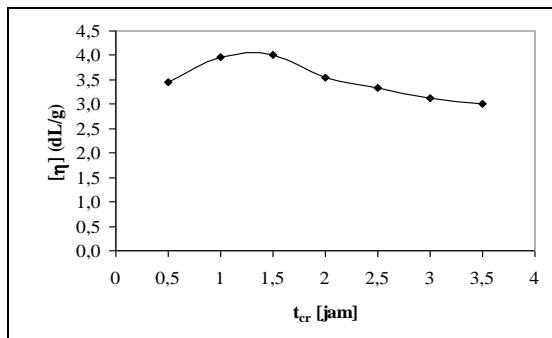
**Gambar 10.** Kurva Viskositas Intrinsik ( $\eta$ , dL/g) Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Inverse Emulsi: Suhu *Coupling Reaction*



**Gambar 11.** Kurva Viskositas Intrinsik ( $\eta$ , dL/g) Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Larutan: Waktu *Coupling Reaction*

Gambar 11 menunjukkan pengaruh waktu *coupling* pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan terhadap viskositas intrinsik, sedangkan Gambar 12 menunjukkan pengaruh waktu *coupling reaction* pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi inverse emulsi terha-

dap viskositas intrinsik. Kedua gambar dapat dilihat bahwa kenaikan waktu *coupling* sampai 1,5 jam menyebabkan kenaikan viskositas intrinsik tertinggi. Makin lama waktu reaksi, semakin lama waktu kontak antara sisi aktif molekul *nt-PAM* dengan gugus fungsional-OH dari *starch*, sehingga makin banyak rantai *nt-PAM* yang bergabung.



**Gambar 12.** Kurva Viskositas Intrinsik Sintesa *nt-PAM* Polimerisasi Inverse Emulsi: Waktu *Coupling Reaction*

Semakin banyak rantai *nt-PAM* yang bergabung pada *starch* akan menyebabkan kenaikan viskositas intrinsik. Setelah waktu reaksi 1,5 jam, viskositas intrinsik cenderung mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan tidak ada lagi penggabungan rantai *nt-PAM* pada *starch* walaupun waktu *coupling reaction* bertambah.

#### 4. KESIMPULAN

*St-g-PAM* dapat disintesa dengan metode *grafting to* melalui sintesa *nt-PAM* dengan teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi. Pada *St-g-PAM* dengan sintesa *nt-PAM* teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi, kenaikan suhu *coupling* sampai 55°C menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi. Sedangkan dengan teknik polimerisasi larutan, kenaikan waktu *coupling* sampai 1,5 jam menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi. Dengan teknik polimerisasi inverse emulsi kenaikan waktu *coupling reaction* sampai 2,5 jam menyebabkan kenaikan %GE dan %GY tertinggi. Sedangkan teknik polimerisasi larutan dan inverse emulsi kenaikan suhu *coupling* sampai 50°C menyebabkan kenaikan viskositas intrinsik tertinggi. Pada kenaikan waktu *coupling* sampai 1,5 jam menyebabkan kenaikan viskositas intrinsik tertinggi. Pada sintesa *St-g-PAM* dengan preparasi *nt-PAM* melalui teknik polimerisasi inverse emulsi menghasilkan viskositas intrinsik yang lebih tinggi dari teknik polimerisasi larutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Deshmukh, S.R., Sudhakar, K., Singh R.P. (1991). **Drag Reduction Efficiency, Shear Stability, and Biodegradation Resistance of Carboxymethyl Cellulose-Based and Starch-Based Graft Copolymers.** *Journal of Applied Polymer Science.* 43, 1091-1101.
- Fares, M. et al. (2003). **Graft Copolymerization onto Starch and Optimization of Starch Grafted with N-tert-Butylacrylamide Copolymer and Its Hydrogels,** *Journal of Polymer Research.* 10, 119-125
- Hernandez, J. et al., (1997). **Inverse-Emulsion Copolymerization of Acrylamide and Quarternary Ammonium Cationic Monomer with Block Copolymeric Surfactants: Copolymer Composition Control Using Batch and Semi-batch Techniques,** *Polymer* 38, pp.449-458.
- Rahayu, S.D. dan Millati N. (2005). **Sintesa starch-g-Polyacrylamide sebagai flokulan dengan metode grafting from dan grafting to dan uji karakteristik flokulasinya,** Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Rath, S.K., and Singh, R.P., (1997). **Flocculation Characteristic of Grafted and Ungrafted Starch, Amylose, and Amylopectin.** *Journal of Polymer Science,* Vol. 66, pp. 1721-1729.
- Shaojie Lu. et al. (2003). **Inverse Emulsion of Starch-graft-Polyacrylamide.** *Starch/Starke.* 55, 222-227.
- Sofia S., dkk. (2004) **Sintesa Starch-g-Polyacrylamide sebagai Flokulan dengan Metode Grafting dan Uji Karakteristik Flokulasinya.** Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Tripathy, T. et al. (1998). **Novel Flocculating Agent Based on Sodium Alginate And Acrylamide.** *European Polymer Journal.* 35, pp. 2057-2072.
- Tripathy, T. and Singh, R.P. (2000) **Characterization of Polyacrylamide Grafted Sodium Alginate: a Novel Polymeric Flocculant.** *Journal of Applied Polymer Science,* 81, 3296- 3303.