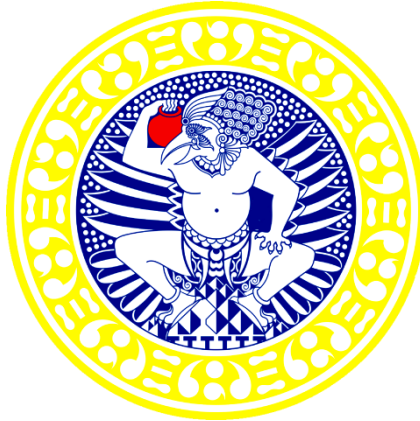


LAPORAN FISIKA EKSPERIMENTAL II

Percobaan M.1: PENENTUAN BERAT MOLEKUL (M_n) POLIMER DENGAN
METODE VISKOSITAS

Pelaksanaan Praktikum
Hari : Senin Tanggal : 10 November 2014 Jam : 14.50-16.40



Oleh:
IMROATUL MAGHFIROH

NIM: 081211331125

Anggota Kelompok:

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| 1. Ratna Dewi Kumalasari | NIM : 081211331009 |
| 2. Ihfadni Nazwa | NIM : 081211331126 |
| 3. Diana | NIM : 081211331135 |
| 4. Darmawan | NIM : 081211331139 |
| 5. Hanu Lutvia | NIM : 081211331144 |

Dosen pembimbing : 1. Dra. Dyah Hikmawati, M.Si.
2. Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si.

**LABORATORIUM FISIKA MATERIAL
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2014**

PENENTUAN BERAT MOLEKUL (M_n) POLIMER DENGAN METODE VISKOSITAS

Imroatul Maghfiroh¹, Darmawan², Ihfadni Nazwa³, Hanu Lutvia⁴, Diana⁵, Ratna Dewi Kumalasari⁶

Fisika, Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga

¹fifara.for2722@gmail.com

Abstrak

Eksperimen untuk menentukan berat molekul (M_n) polimer (polistirena) dengan menggunakan metode viskositas telah dilakukan. Hingga saat ini, polistirena memberikan banyak manfaat untuk menunjang kehidupan manusia. Jumlah polistirena terbatas, tetapi penggunaannya semakin berkembang. Sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui karakteristik polistirena, agar dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan polistirena yang berkualitas tinggi dan bermanfaat besar untuk manusia. Salah satu faktor penentu sifat polimer adalah berat molekul (M_n). Metode yang digunakan adalah viskositas, yaitu dengan menggunakan viskometer Ostwald, dengan memvariasikan konsentrasi larutan polistirena dari 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6%, maka waktu yang diperlukan untuk mengalirkan larutan dalam tabung viskometer Ostwald juga akan berbeda-beda. Waktu dan viskositas pelarut toluene tanpa polistirena serta waktu yang diperlukan larutan dengan variasi konsentrasi berbeda dalam tabung Ostwald ini dapat digunakan untuk menentukan viskositas larutan polistirena, viskositas spesifik, dan viskositas reduksi. Selanjutnya dilakukan ekstrapolasi data melalui grafik hubungan antara viskositas reduksi terhadap variasi konsentrasi larutan, sehingga diperoleh viskositas intrinsik untuk menentukan berat molekul polistirena. Berat molekul (M_n) polistirena yang diperoleh yaitu $5,94 \times 10^4 \text{ gram/mol}$, maka dapat diketahui jumlah rantai (mer) pada polimer tersebut sebanyak 570 rantai stirena.

Kata kunci : Berat Molekul, Konsentrasi, Polimer, Polistirena, dan Viskositas

1. Pendahuluan

Kehidupan manusia tidak lepas dari kebutuhan material. Material-material yang banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagian besar merupakan polimer. Polimer adalah makromolekul yang tersusun dari molekul-molekul yang berukuran lebih kecil (monomer) dalam jumlah yang besar. Polimer dapat tersusun dari ratusan, ribuan atau bahkan lebih besar dari puluhan ribu monomer yang saling terikat (O'dian, 1992).

Polimer sangat banyak dikembangkan dan dimanfaatkan karena memiliki sifat-sifat fisik dan kimia yang menguntungkan, seperti tahan korosi, kuat, ringan, relatif tahan terhadap suasana asam, dan pada sebagian polimer tahan terhadap temperatur tinggi. Berdasarkan sumbernya, polimer terbagi menjadi dua jenis, yaitu polimer

alam, meliputi selulosa, karbohidrat, protein, dan lain-lain serta polimer sintesis, meliputi polistirena, polietilen, poliuretan, dan lain-lain.

Salah satu macam polimer ialah polistirena yang merupakan polimer sintetik yang transparan dengan sifat fisik dan sifat termal yang baik, dan relatif tahan terhadap degradasi baik oleh mikroorganisme di dalam tanah maupun oleh sinar matahari. Polistirena bebas dari aditif, bersifat non-toksik serta tidak menunjang terjadinya pertumbuhan jamur dan bakteri (O'Driscoll, 1964).

Polistirena terdiri dari banyak stirena yang mempunyai rumus molekul $\text{NC}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_2$, dengan berat molekul 104,14 pada densitas (30°C) $0,906 \text{ gr/cm}^3$

dan kemurnian minimal 99,6%. (Immergut, 1975)

Oleh karena sifat-sifat inilah, polistirena banyak dimanfaatkan oleh kalangan masyarakat, sebagian besar polistirena digunakan sebagai bahan isolator, bahan optik, pembungkus alat-alat elektronik, dalam obat-obatan serta otomotif. Data pada tahun 2005 menunjukkan bahwa penggunaan polistirena untuk pengemas bahan makanan mencapai 23,0%, untuk botol atau tempat minuman 18,2%, untuk packing mencapai 14,6%, dan lain-lain 0,5%. Penggunaan polistirena yang meluas inilah yang mengharuskan peneliti terus melakukan pengembangan dan penelitian karakterisasi polistirena agar dapat menghasilkan polistirena yang berkualitas baik, dan dapat memberikan keuntungan yang lebih besar kepada masyarakat, dan aman bagi lingkungan. Dimana salah satu dampak buruk penggunaan polistirena ini ialah terjadinya pencemaran lingkungan karena polistirena sulit didegradasi di alam.

Beberapa faktor penentu sifat-sifat polimer ialah berat molekul, susunan rantai dalam polimer, dan derajat kekristalannya. Berat molekul merupakan variabel yang istimewa penting sebab berhubungan langsung dengan sifat kimia polimer. Umumnya polimer dengan berat molekul tinggi mempunyai sifat yang lebih kuat. Banyak sekali bahan polimer yang tergantung pada massa molekulnya (Cowd, 1991).

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang dapat mengalir cepat, sedangkan lainnya mengalir secara lambat. Cairan yang mengalir cepat seperti air, alkohol dan

bensin mempunyai viskositas kecil. Sedangkan cairan yang mengalir lambat seperti gliserin, minyak castor dan madu mempunyai viskositas besar. Jadi viskositas tidak lain menentukan kecepatan mengalirnya suatu cairan (Sutiah, 2008).

Penentuan berat molekul polimer sebelumnya telah dilakukan melalui karakterisasi kenaikan titik didih suatu polimer, tetapi hal ini membutuhkan waktu yang relatif lama dan sulit untuk diterapkan. Sehingga peneliti ingin meneliti berat molekul polimer, dalam hal ini adalah polistirena dengan metode lain yaitu menggunakan metode viskositas yang diharapkan lebih efisien dilakukan dan mendapatkan hasil yang relatif benar.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan – bahan

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi: pelarut toluena dan polimer yang akan diukur berat molekulnya yaitu polistirena (PS).

2.2 Alat – alat

Alat-alat yang digunakan meliputi: gelas ukur, tabung reaksi, pengaduk, *stopwatch*, neraca digital, dan tabung viskometer ostwald.

2.3 Cara Kerja

2.3.1 Pembuatan larutan polistirena

Larutan polistirena dibuat dengan berbagai macam konsentrasi, mulai dari konsentrasi 0% (pelarut toluena saja tanpa polistiren), 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6%. Pada tiap larutan polistirena, dilarutkan dalam 8 ml toluena, sehingga massa polistirena yang digunakan untuk masing-masing konsentrasi secara berurutan adalah 0 gram, 0,08 gram, 0,16 gram, 0,24 gram, 0,32 gram, 0,4 gram, dan 0,48 gram. Setelah terukur massa polistirena dan volume toluene untuk masing-masing konsentrasi, maka polistirena dan pelarut diaduk secara homogen.

2.3.2 Pengukuran waktu alir larutan

Pada masing-masing larutan polistirena dengan variasi konsentrasi yang telah dibuat, selanjutnya dilakukan pengukuran waktu alir larutan polistirena menggunakan viskometer ostwald, sehingga diperoleh t^* (dari larutan polistirena dengan konsentrasi 0%), t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , t_5 , dan t_6 . Pengukuran waktu alir ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing-masing konsentrasi kemudian diambil rata-ratanya.

2.3.3 Analisis Data

Data yang telah diperoleh meliputi variasi konsentrasi dan waktu alir kemudian dianalisis sebagai berikut:

- Penentuan Viskositas Larutan

$$\eta = \frac{t}{t^*} [\eta^*]$$

Dimana:

t^* : Waktu alir saat konsentrasi 0%

η^* : Viskositas murni toluene ($5,58 \times 10^4 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$)

- Penentuan Viskositas Spesifik

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta^*}{\eta^*}$$

- Penentuan Viskositas Reduksi

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{C}$$

Dimana:

C : Konsentrasi larutan polistiren

- Penentuan viskositas intrinsik $[\eta]$ melalui ekstrapolasi ke sumbu y pada grafik $\eta_{red} = f(C)$, hubungan antara viskositas reduksi terhadap variasi konsentrasi

- Penerapan persamaan Mark and Houwink

$$[\eta] = K M^a$$

Dimana:

$[\eta]$ = Viskositas intrinsik

$K = 12 \times 10^{-3} \text{ ml/gram}$

$a = 0,71$

M = Berat Molekul Polymer

3. Hasil

Berdasarkan perhitungan dan analisis, didapat hasil sebagaimana Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hasil Analisis

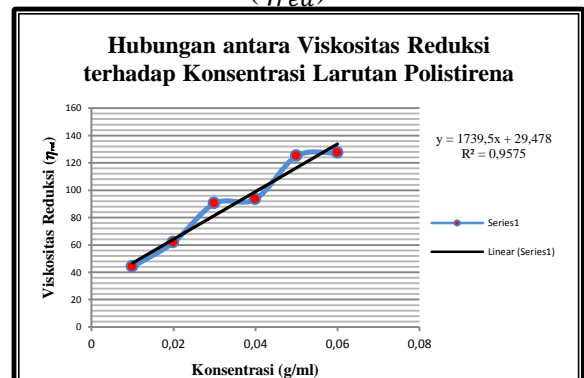
Larutan	Waktu (s)	η ($\text{g mm}^{-1} \text{s}^{-1}$)	η_{sp}	η_{red}
C ₁ (1%)	1,4867	$8,054 \times 10^4$	0,44	44
C ₂ (2%)	2,3033	$12,48 \times 10^4$	1,24	62
C ₃ (3%)	3,823	$20,71 \times 10^4$	2,71	90,33
C ₄ (4%)	4,8833	$26,45 \times 10^4$	3,74	93,5
C ₅ (5%)	7,467	$40,45 \times 10^4$	6,25	125
C ₆ (6%)	8,903	$40,45 \times 10^4$	7,64	127,33
C ₇ (0%)	1,03	$48,23 \times 10^4$	-	-

Sehingga dapat diperoleh berat molekul polisterena sebesar $5,94 \times 10^4 \text{ gram/mol}$ sehingga dalam polistirena diketahui terdapat 570 rantai stirena, karena berat molekul stirena adalah 104,14 gram/mol.

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapat, diketahui bahwa waktu alir larutan yang dibutuhkan berbeda-beda sesuai konsentrasi larutan polistirenanya. Semakin besar konsentrasi larutan, maka waktu alir yang diperlukan juga semakin lama. Dalam hal ini, diperlukan pula waktu alir saat konsentrasi larutan polistirena 0% untuk digunakan dalam penentuan viskositas larutan polistirena pada semua konsentrasi, sehingga viskositas larutan bergantung pada waktu alir yang diperlukan. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair.

Berat molekul polistiren diukur berdasarkan viskositas instrinsik $[\eta]$ yang diperoleh dari ekstrapolasi data pada persamaan garis antara konsentrasi dan viskositas reduksi (η_{red}) berikut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara viskositas reduksi terhadap variasi konsentrasi larutan polistirena

Sehingga didapatkan nilai viskositas intrinsik $[\eta]$ sebesar 29,478. Dengan memasukkan fungsi $[\eta]$ dalam persamaan Mark - Houwink $[\eta] = K M^a$, dimana harga K dan a untuk sistem polimer-pelarut tertentu yang sudah diketahui, maka harga berat molekul (M_n) polistirena dapat dihitung.

Pada dasarnya, penentuan berat molekul polimer digunakan untuk mengetahui jumlah rantai karbon pada suatu polimer (polistirena), dengan perbandingan antara berat molekul polistirena yang diperoleh yaitu $5,94 \times 10^4 \text{ gram/mol}$ dengan berat molekul stirena (104,14 gram/mol). Karena semakin banyak rantai karbon dalam suatu polimer, maka material tersebut akan semakin kuat dan tidak mudah dipatahkan sehingga bermanfaat untuk menunjang kebutuhan manusia.

Diperkirakan jumlah mer dalam polistirena ini akan mencapai puluhan ribu rantai stirena, tetapi dalam eksperimen hanya diperoleh sekitar 570 rantai mer. Sehingga dapat diperkirakan juga kekuatan polistirena yang digunakan dalam eksperimen tidak terlalu kuat dibandingkan polistirena yang memiliki rantai stirena di atas 10.000 rantai.

5. Kesimpulan

Berat molekul (M_n) polimer (polistirena) sebesar $5,94 \times 10^4 \text{ gram/mol}$ sehingga pada polistirena terdapat 570 rantai stirena.

Referensi

- [1] Cowd, M.A, 1991, *Kimia Polimer*, Penerbit ITB, Bandung.
- [2] Immergut, E.H and J. Brandrup., 1975, *Polymer handbook, Part 1*, Wiley., The University of Michigan.
- [3] Odian, 1992, *Principle of Polymerization*, Third edition, John Wiley and Sons, New York.
- [4] O'Driscoll. K. F, 1964, *The Nature and Chemistry of High Polymers*,

Reinhold Publishing Corporation, New York.

- [5] Sutiah, Sofjan F.K., Wahyu S.B., 2008, Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks Bias, *Jurnal Berkala Fisika* **Vol. 11 No. 2**, Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN
DATA HASIL PENGAMATAN M.1

Larutan	Waktu (sekon)			
	1	2	3	Rata-rata
C ₁ (1%)	1,50	1,49	1,47	1,4867
C ₂ (2%)	2,32	2,28	2,31	2,3033
C ₃ (3%)	3,81	3,84	3,82	3,823
C ₄ (4%)	4,90	4,88	4,87	4,8833
C ₅ (5%)	7,43	7,49	7,48	7,467
C ₆ (6%)	8,93	8,90	8,88	8,903
C ₇ (0%)	1,05	1,03	1,01	1,03

ANALISIS DATA M.1

1. Menentukan viskositas tiap larutan polimer

Diketahui:

$\eta^* = \text{Viskositas murni Toluene } (5,58 \times 10^4 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}) \text{ pada suhu } (25 - 30)^\circ \text{C}$

$\eta^* = 5,58 \times 10^4 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1} = 5,58 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$

$t^* = 1,03 \text{ sekon}$

Maka,

$$\eta = \frac{t}{t^*} [\eta^*]$$

$$\eta_1 = \frac{t_1}{t^*} [\eta^*] = \frac{1,4867}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 8,054 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_2 = \frac{t_2}{t^*} [\eta^*] = \frac{2,3033}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 12,48 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_3 = \frac{t_3}{t^*} [\eta^*] = \frac{3,823}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 20,71 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_4 = \frac{t_4}{t^*} [\eta^*] = \frac{4,8833}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 26,45 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_5 = \frac{t_5}{t^*} [\eta^*] = \frac{7,467}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 40,45 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_6 = \frac{t_6}{t^*} [\eta^*] = \frac{8,903}{1,03} [5,58 \times 10^4] = 48,23 \times 10^4 \text{ g mm}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

2. Menentukan viskositas spesifik tiap larutan polimer

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta^*}{\eta^*}$$

$$\eta_{sp1} = \frac{\eta_1 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(8,054 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 0,44$$

$$\eta_{sp2} = \frac{\eta_2 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(12,48 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 1,24$$

$$\eta_{sp_3} = \frac{\eta_3 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(20,71 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 2,71$$

$$\eta_{sp_4} = \frac{\eta_4 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(26,45 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 3,74$$

$$\eta_{sp_5} = \frac{\eta_5 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(40,45 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 6,25$$

$$\eta_{sp_6} = \frac{\eta_6 - \eta^*}{\eta^*} = \frac{(48,23 \times 10^4) - (5,58 \times 10^4)}{(5,58 \times 10^4)} = 7,64$$

3. Menentukan viskositas reduksi tiap larutan polimer

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{C}$$

$$\eta_{red_1} = \frac{\eta_{sp_1}}{C_1} = \frac{0,44}{0,01} = 44$$

$$\eta_{red_2} = \frac{\eta_{sp_1}}{2} = \frac{1,24}{0,02} = 62$$

$$\eta_{red_3} = \frac{\eta_{sp_1}}{C_3} = \frac{2,71}{0,03} = 90,33$$

$$\eta_{red_4} = \frac{\eta_{sp_1}}{C_4} = \frac{3,74}{0,04} = 93,5$$

$$\eta_{red_5} = \frac{\eta_{sp_1}}{C_5} = \frac{6,25}{0,05} = 125$$

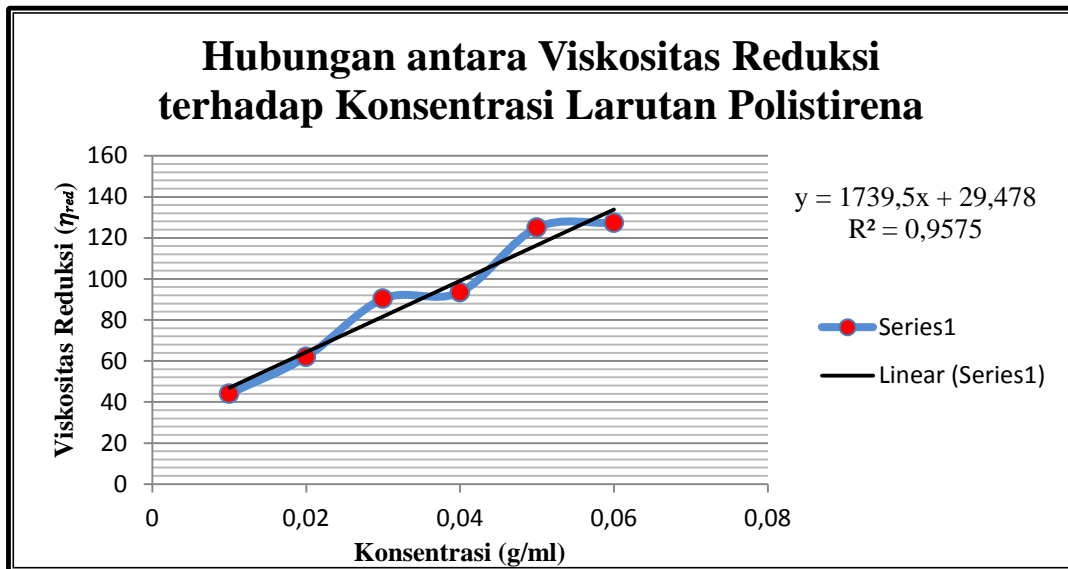
$$\eta_{red_6} = \frac{\eta_{sp_1}}{C_6} = \frac{7,64}{0,06} = 127,33$$

4. Menentukan viskositas intrinsik larutan polimer

Jika dibuat tabel untuk hasil-hasil sebelumnya, maka akan seperti berikut:

Larutan	Konsentrasi (gram/ml)	Waktu (sekon)	η ($g\ mm^{-1}s^{-1}$)	η_{sp}	η_{red}
C ₁ (1%)	0,01	1,4867	$8,054 \times 10^4$	0,44	44
C ₂ (2%)	0,02	2,3033	$12,48 \times 10^4$	1,24	62
C ₃ (3%)	0,03	3,823	$20,71 \times 10^4$	2,71	90,33
C ₄ (4%)	0,04	4,8833	$26,45 \times 10^4$	3,74	93,5
C ₅ (5%)	0,05	7,467	$40,45 \times 10^4$	6,25	125
C ₆ (6%)	0,06	8,903	$40,45 \times 10^4$	7,64	127,33
C ₇ (0%)	0	1,03	$48,23 \times 10^4$	-	-

Sehingga, dapat dibuat grafik hubungan antara Viskositas reduksi terhadap variasi konsentrasi larutan polistirena seperti berikut:



$$y = mx + n$$

$$y = 1739,5x + 29,478$$

$$n = [\eta] = 29,478$$

Dengan

$$[\eta] = \text{Viskositas intrinsik} = 29,478$$

$$K = 12 \times 10^{-3} \text{ ml/gram}$$

$$a = 0,71$$

M = Berat Molekul Polimer

Maka,

$$[\eta] = K M^a$$

$$M^a = \frac{[\eta]}{K}$$

$$M^{(0,71)} = \frac{29,478}{12 \times 10^{-3}}$$

$$M^{(0,71)} = 2,45 \times 10^3$$

$$M = \sqrt[0,71]{(2,45 \times 10^3)}$$

$$M = 5,94 \times 10^4 \text{ gram/mol}$$

Karena berat molekul polimer telah diketahui, maka jumlah rantai (*mer*) juga dapat diketahui sebagai berikut:

Dimana $M \text{ Stiren } (C_8H_8) = 104,14 \text{ gram/mol}$

$$\text{Jumlah rantai (mer)} = \frac{M \text{ Polistiren}}{M \text{ Stiren}}$$

$$\text{Jumlah rantai (mer)} = \frac{(5,94 \times 10^4) \text{ gram/mol}}{104,14 \text{ gram/mol}} = 570,38 \cong \mathbf{570 \text{ rantai stiren}}$$