

**PEMBUATAN PARTIKEL POLISTIRENA ORDE MIKROMETER MENGGUNAKAN  
POLIMERISASI SEDERHANA DENGAN PENGATURAN WAKTU REAKSI DAN  
KONSENTRASI LARUTAN SUMBER**

***MAKING POLYSTYRENE MICROMETER-SIZED PARTICLES USING SIMPLE  
POLYMERIZATION WITH CONTROLLED TIME REACTION AND SOURCE SOLUTION  
CONCENTRATION***

**Sena Banyuaji<sup>a</sup>, Asep Suhendi<sup>b</sup>, Edy Wibowo**

Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>a</sup>senabanyu@gmail.com <sup>b</sup>as.suhendi@telkomuniversity.ac.id

---

**Abstrak**

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian tentang filter aerosol khususnya filter udara telah menarik perhatian para peneliti di bidang tersebut. Salah satu metode yang efektif untuk filtrasi aerosol adalah menggunakan membran nanofiber sebagai filter yang diproduksi dengan sistem *electrospinning* diberi arus konstan untuk menghasilkan nanofiber yang bentuknya serupa atau seragam. Efisiensi filter nanofiber dapat diukur dengan menyaring partikel. Oleh karena itu, perlu partikel uji yang sesuai untuk penyaringan. Pada filtrasi aerosol, partikel uji yang digunakan adalah polistirena. Polistirena cocok untuk partikel uji karena memiliki bentuk yang bulat dan seragam. Namun, biaya sintesis polistirena tergolong mahal. Penelitian ini membuat partikel polistirena menggunakan metode nukleasi dengan polimerisasi sederhana. Partikel polistirena dibuat dalam orde mikrometer dengan merubah parameter konsentrasi dan waktu. Partikel polistirena dibuat menggunakan 4 variasi konsentrasi monomer stirena, yaitu 6, 7, 8, dan 9 wt%. Partikel polistirena dengan variasi konsentrasi menghasilkan ukuran partikel 481 hingga 805 nm. Pada percobaan variasi waktu dilakukan sintesis polistirena menggunakan stirena 7 wt% dengan variasi waktu 6, 7, dan 8 jam. Partikel polistirena yang dihasilkan dari variasi waktu memiliki ukuran 634 sampai 679 nm. Ukuran partikel polistirena dipengaruhi 3 variabel yaitu konsentrasi monomer stirena, suhu dan inisiator. Variabel waktu sintesis memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap ukuran partikel polistirena, tapi berpengaruh kepada proses nukleasi sehingga waktu yang terlalu sedikit dapat menghasilkan polistirena yang tidak tersintesis secara menyeluruh.

**Kata kunci :** Polistirena, *Ultrapure Water*, Zeta Potensial, HCL,  $K_2S_2O_8$ .

---

**Abstract**

In recent years, research on aerosol filters in particular air filters has attracted the attention of researchers in this field. One of the effective methods for aerosol filtration is to use a nanofiber membrane as a filter produced by an electrospinning system given a constant current to produce similar or uniform nanofibers. The efficiency of a nanofiber filter can be measured by filtering out particles. Therefore, it is necessary to have test particles suitable for screening. In aerosol filtration, the test particles used are polystyrene. Polystyrene is suitable for test particles because it has a round and uniform shape. However, the cost of synthesizing polystyrene is quite expensive. This study made polystyrene particles using a simple polymerization method of nucleation. Polystyrene particles are made in the order of micrometers by changing the concentration and time parameters. Polystyrene particles were prepared using 4 variations of the monomer concentration of styrene, namely 6, 7, 8, and 9 wt%. Polystyrene particles with various concentrations produce particle sizes of 481 to 805 nm. In the time variation experiment, polystyrene synthesis was carried out using 7 wt% styrene with time variations of 6, 7, and 8 hours. The polystyrene particles produced from the time variation have a size of 634 to 679 nm. The size of polystyrene particles is influenced by 3 variables, namely the monomer concentration of styrene, temperature and initiator. Synthesis time variable has an insignificant effect on the particle size of polystyrene, but it affects the nucleation process so limited time can produce polystyrene which is not completely synthesized.

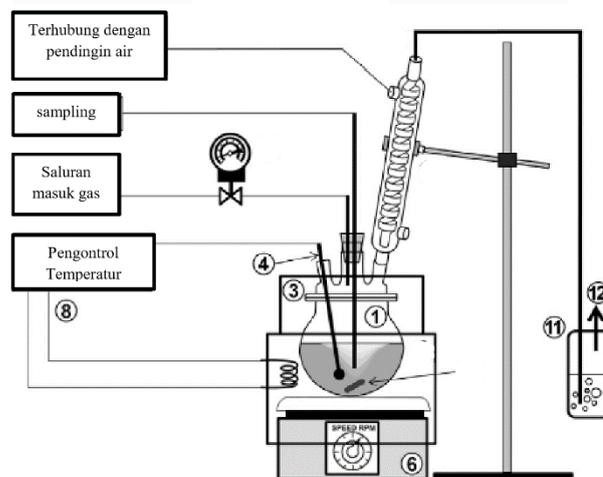
**Keywords:** Polystyrene, *Ultrapure Water*, Zeta Potential, HCL,  $K_2S_2O_8$ .

## 1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian tentang filter aerosol khususnya filter udara telah menarik perhatian para peneliti di bidang tersebut. Sejauh ini, salah satu metode yang efektif untuk filtrasi aerosol adalah dengan menggunakan membran nanofiber sebagai filter yang diproduksi dengan metode *electrospinning* [1, 2], dan *system electrospinning* diberi arus yang konstan untuk menghasilkan nanofiber yang bentuknya serupa atau seragam [3, 4]. Efisiensi dari filter nanofiber ini dapat diukur kinerjanya dengan menyaring partikel [5, 6]. Oleh karena itu, perlu memiliki partikel uji yang sesuai untuk penyelidikan penyaringan. Pada aplikasi udara dan filtrasi air, partikel uji yang umum digunakan adalah polistirena. Polistirena cocok untuk partikel uji karena memiliki bentuk yang bulat dan seragam [7, 8, 9, 10] yang membuat partikel polistirena ini dapat diaplikasikan untuk kalibrasi untuk pengukuran aerosol. Polistirena biasanya dibuat dengan sintesis tertentu yaitu proses nukleasi [11] dan proses *spray-drying* [12]. Namun, selama ini biaya untuk sintesis polistirena tergolong mahal [13]. Pada penelitian ini akan dibuat partikel polistirena menggunakan metode nukleasi dengan polimerisasi sederhana. Dengan material utama yaitu monomer stirena larutan cair dan larutan Kalium persulfat. Penelitian mengenai sintesis polistirena dengan metode nukleasi biasanya melibatkan 3 parameter konsentrasi, suhu, dan inisiator [14]. Untuk mendapatkan partikel polistirena berukuran mikrometer, parameter suhu tidak dapat diturunkan, karena jika parameter suhu diturunkan pada suhu yang rendah, maka terjadi perlambatan proses penguraian pada inisiator, sehingga pembentukan nukleasi yang terjadi hanya sedikit [15]. Untuk mendapatkan partikel polistirena berukuran mikrometer maka parameter yang mungkin dapat diatur adalah parameter konsentrasi dan waktu. Berdasarkan masalah tersebut, penulis bertujuan melakukan sintesis partikel polistirena berukuran mikrometer dengan mengubah parameter konsentrasi dan waktu. Tujuan tersebut diharapkan mampu menghasilkan partikel polistirena dengan ukuran yang dapat dikontrol pada skala mikrometer menggunakan langkah yang sederhana dan biaya yang murah.

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Perancangan Alat

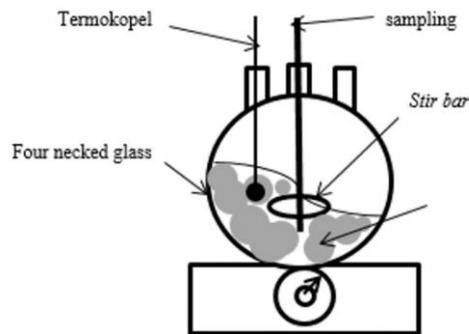


**Gambar 2. 1** Skematik Alat Sintesis Partikel [9]

Metode untuk mensintesis polistirena menggunakan polimerisasi sederhana dari monomer stirena dalam pelarut air berada dibawah kondisi bebas surfaktan. Proses polimerisasi ini dilakukan dalam beberapa proses di dalam sistem reaktor dengan kondisi berada dibawah atmosfer nitrogen. Proses tersebut terdiri dari 300mL dari tabung reaksi *four necked round-bottom*, pengaduk magnetic, mantel heater, kondensor, dan gas *inlet* nitrogen. Untuk ilustrasi dari eksperimen dapat dilihat pada **Gambar 2.1**

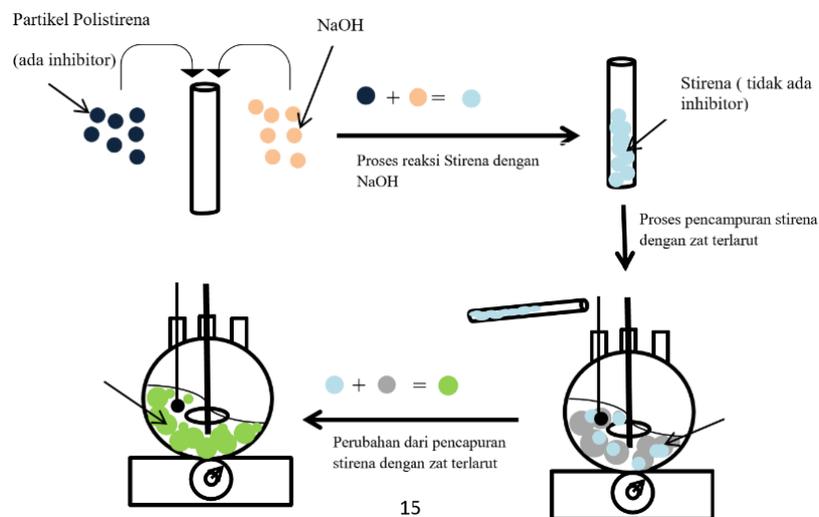
### 2.2. Proses Pembuatan Partikel

Pengambilan sampel dilakukan secara paralel antara parameter biologi (konsentrasi bakteri di udara) dengan parameter non-biologi (T, RH, PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>) pada setiap lokasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara kedua parameter tersebut dan pengaruh kondisi kualitas udara serta meteorology terhadap tumbuh kembangnya mikroorganisme di dalam ruangan.



**Gambar 2. 2** Ilustrasi Proses Awal dari Pembuatan Partikel

Setelah proses pemanasan, monomer stirena ditambahkan ke reaktor dan sistem dipertahankan selama 10 menit untuk memastikan bahwa stirena yang dimasukkan terdispersi secara homogen oleh larutan cair. Sebelum memasukkan stirena, terlebih dulu stirena direaksikan dengan NaOH untuk menghilangkan inhibitor dari stirena tersebut.



**Gambar 2. 3** Ilustrasi Proses Pencampuran Stirena dengan Zat Terlarut

Untuk memulai proses polimerisasi, inisiator yang sebelumnya diencerkan oleh *Ultrapure Water* ditambahkan kedalam sistem reaksi. Sistem pencampuran selanjutnya dipertahankan dalam waktu yang berbeda dibawah atmosfer nitrogen pada suhu di bawah atmosfer nitrogen. Setelah itu sistem tersebut didinginkan dengan suhu ruang, larutan yang telah bereaksi di simpan dalam pendingin dengan suhu 15°C. Untuk merubah ukuran partikel, parameter konsentrasi dan waktu pada reaksi divariasikan. Parameter konsentrasi yang di variasikan adalah konsentrasi dari larutan sumber utama yaitu monomer stirena. Untuk parameter waktu, divariasikan pada waktu 6 jam, 7 jam, dan 8 jam.

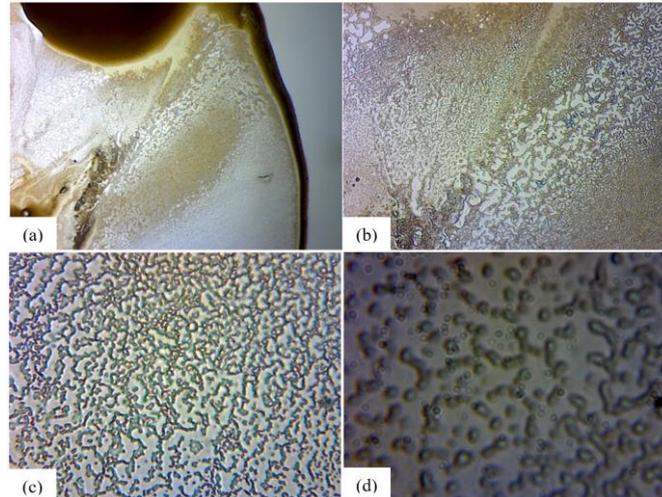
## 2.2 Karakterisasi

Ukuran dan bentuk dari partikel yang telah dibuat nantinya dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope*. Mengenai pengukuran ukuran partikel tersebut digunakan *Feret Analysis* dari 200 partikel individu dari gambar yang dihasilkan dari *Scanning Electron Microscope*. Hasil dari Analisis tersebut nanti dapatkan hasil rata-rata diameter partikel polistirena dengan nilai yang berbeda untuk setiap variabel waktu yang digunakan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Bentuk Polistirena

**Gambar 3.1** Menunjukkan gambar stirena yang telah disintesis pada tabung reaksi yang diambil menggunakan mikroskop dari hasil polistirena yang memiliki konsentrasi 7 wt%. Pengambilan gambar polistirena sebelumnya dilakukan dengan cara memanaskan cairan polistirena pada kaca preparat menggunakan plat pemanas dengan suhu 60 °C dengan waktu 3 menit sehingga partikel polistirena dapat dengan jelas dilihat oleh mikroskop.



**Gambar 3. 1** (a) Polistirena dengan perbesaran mikroskop 4 kali; (b) Polistirena dengan perbesaran mikroskop 10 kali; (c) Polistirena dengan perbesaran mikroskop 40 kali; (d) Polistirena dengan perbesaran mikroskop 100 kali.

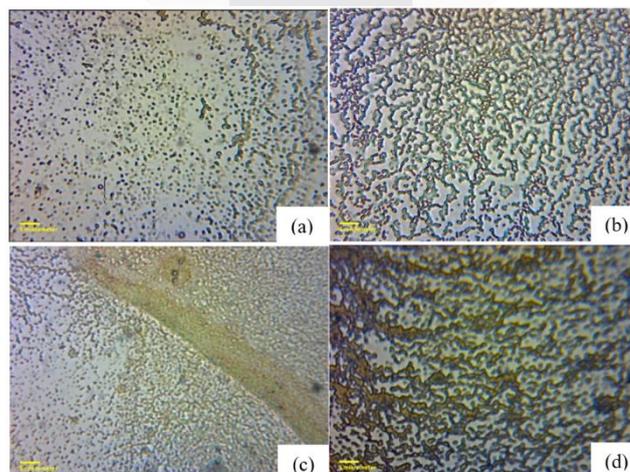
### 3.1.1. Hasil Variasi Konsentrasi Monomer stirena

Penelitian ini dilakukan untuk membuat partikel polistirena diaplikasikan pada pengukuran partikulat meter. Partikel polistirena dibuat menggunakan 4 variasi konsentrasi pada monomer stirena, yaitu 6, 7, 8, dan 9 wt.%. Sintesis dilakukan dengan suhu 60°C, inisiator 0,04 wt% dengan kecepatan aduk 1200 rpm. Gambar hasil sintesis dari monomer stirena diambil menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali. Berikut merupakan gambar polistirena dan perbesarannya diukur menggunakan aplikasi *imagej*. Ukuran partikel polistirena yang dihasilkan dari setiap variasi konsentrasi dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

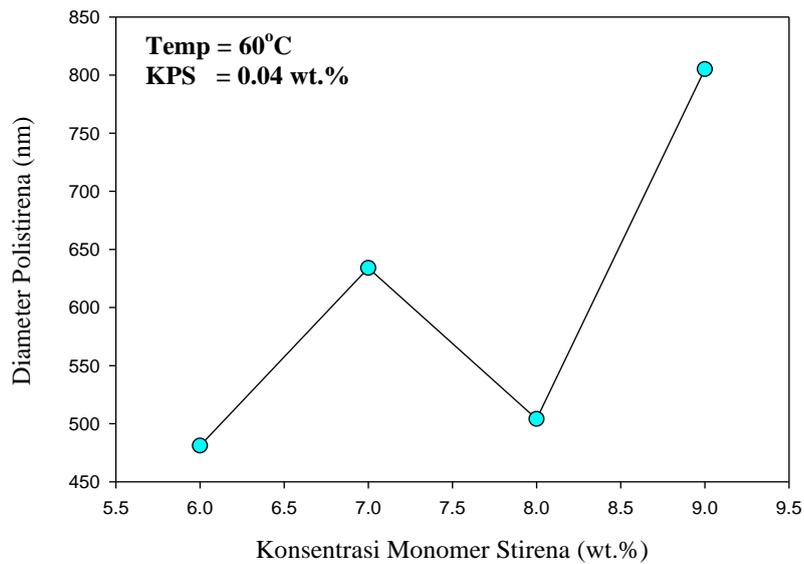
**Tabel 3. 1** Ukuran partikel polistirena dengan parameter sintesis utama

Sampel	Waktu (jam)	Konsentrasi Stirena (wt.%)	Suhu (°C)	KPS (wt%)	Ukuran Polistirena (nm)
1	6	6	60	0,04	481
2	6	7	60	0,04	634
3	6	8	60	0,04	504
4	6	9	60	0,04	805
5	7	7	60	0,04	648
6	8	7	60	0,04	679

Pada **Gambar 3. 1** dapat diperhatikan jika hasil sintesis polistirena pada variasi konsentrasi stirena memiliki ukuran pada orde mikrometer, namun untuk melihat partikel secara jelas dan mendetail, mikroskop yang digunakan tidak mampu diperbesar lagi karena kualitas gambar yang diambil dari mikroskop terbatas resolusi. Partikel polistirena yang diambil juga tidak mampu diukur dengan detail dan aktual karena keterbatasan fungsi mikroskop yang ada.



**Gambar 3. 2** (a) Polistirena dari konsentrasi 6 wt.% (b) Polistirena dari konsentrasi 7 wt.%; (c) Polistirena dari konsentrasi 8 wt.%; (d) Polistirena dari konsentrasi 9 wt.%

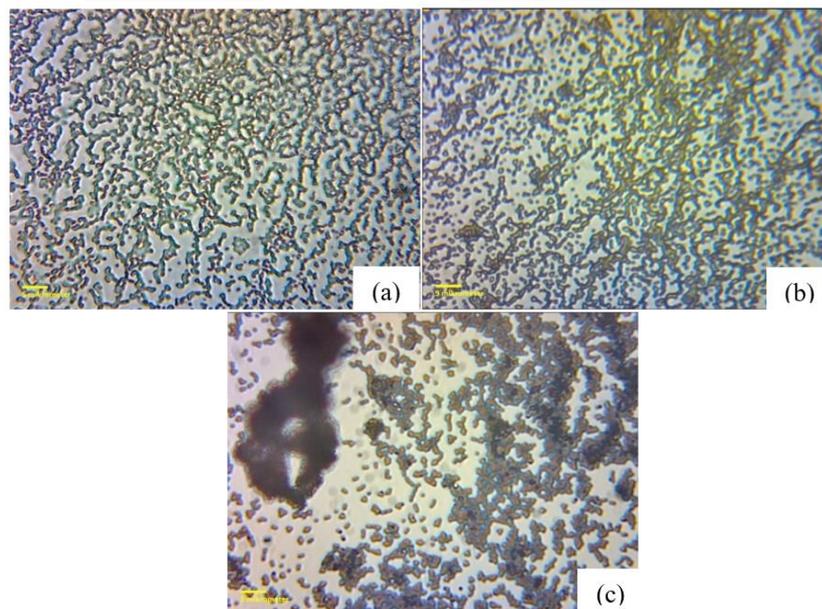


**Gambar 3.3** Grafik Hubungan Variabel Konsentrasi terhadap Ukuran Polistirena

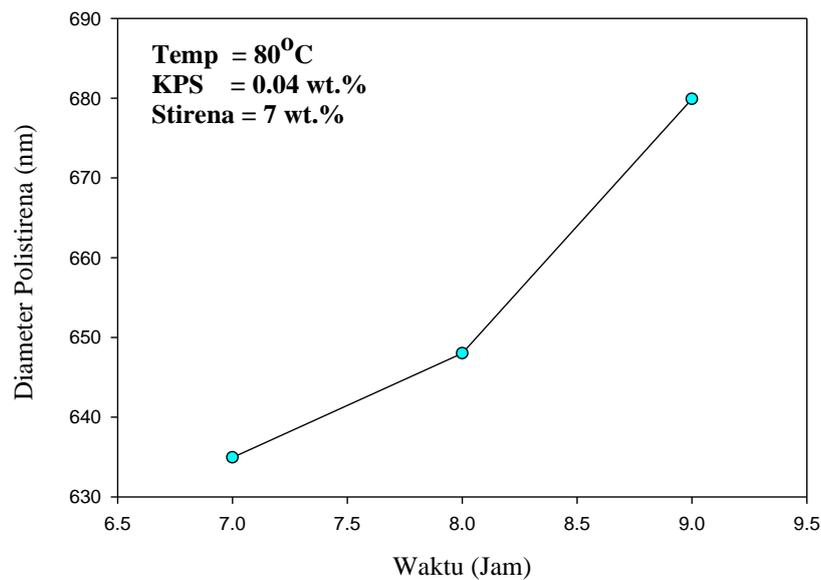
**Gambar 3.3** menunjukkan hubungan antara Variabel Konsentrasi terhadap Ukuran Polistirena. Pada gambar tersebut, grafik menunjukkan partikel polistirena dengan ukuran 481 hingga 805 nm. Konsentrasi stirena umumnya mempengaruhi ukuran partikel polistirena. Pengaruh dari konsentrasi stirena ini berbanding lurus dengan ukuran partikel polistirena. Namun pada stirena 8 wt.% menurun pada ukuran 504 nm, hal tersebut disebabkan karena pada proses sintesis gas nitrogen pada sistem reaktor tidak berhembus sehingga sintesis tidak dianggap steril dan menghambat proses nukleasi.

**3.2 Variasi Waktu Sintesis**

Pada percobaan ini dilakukan sintesis menggunakan stirena 7 wt.% dengan variasi waktu yang berbeda. Pada percobaan ini waktu yang digunakan adalah 3 variasi waktu sintesis yaitu 6, 7 dan 8 jam. Variasi waktu dimulai saat keadaan stirena dan inisiator telah tercampur pada tabung reaksi. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu optimal sintesis terhadap ukuran polistirena yang telah disintesis. Sintesis dilakukan pada kecepatan 1200 rpm dan suhu 60°C. Partikel polistirena yang dihasilkan dari variasi waktu dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** (a) Polistirena yang disintesis selama 6 jam; (b) Polistirena yang disintesis selama 7 jam; Polistirena yang disintesis selama 8 jam



**Gambar 3. 5** Grafik Hubungan Variabel Konsentrasi Terhadap Waktu

Grafik pada **Gambar 3. 5** menunjukkan pengaruh waktu sintesis terhadap ukuran partikel polistirena yang menghasilkan partikel dari ukuran 634 sampai 679 nm. Grafik menunjukkan bahwa semakin besar variasi waktu sintesis maka semakin besar ukuran polistirena yang dihasilkan. Waktu sintesis ini umumnya tidak berpengaruh signifikan terhadap ukuran yang dihasilkan karena pada variasi waktu ini hanya mempengaruhi proses nukleasi secara optimal sehingga waktu yang terlalu lama tidak berpengaruh terhadap ukuran partikel polistirena.

#### 4. Kesimpulan

Partikel polistirena dapat dibuat dengan beberapa bahan utama yaitu Monomer Stirena, NaOH, dan Kalium Persulfat sebagai inisiator. Sintesis ini harus didukung dengan proses pemanasan, pengadukan dan aliran gas nitrogen. Ukuran partikel polistirena dipengaruhi oleh 3 variabel yaitu konsentrasi stirena, suhu dan inisiator. Semakin tinggi konsentrasi stirena maka ukuran stirena memiliki ukuran yang lebih besar. Variabel waktu sintesis memiliki pengaruh yang tidak signifikan terhadap ukuran partikel polistirena, tapi berpengaruh kepada proses nukleasi sehingga waktu yang terlalu sedikit dapat menghasilkan polistirena yang tidak tersintesis secara menyeluruh.

#### 5. Daftar Pustaka:

- [1] J. Matulevicius dan a. al, "The comparative study of aerosol filtration by electrospun polyamide, polyvinyl acetate, polyacrylonitrile and cellulose acetate nanofiber," *Aerosol Science*, p. 27 – 37, 2016.
- [2] Q. Zhang dan a. al, "Improvement in nanofiber filtration by multiple thin layers of nanofiber mats," *Aerosol Science*, p. 230 – 236, 2010.
- [3] K. Okuyama dan a. al, "A constant-current electrospinning system for production of high quality nanofibers," *Scientific Instruments*, p. 79, 2008.
- [4] K. Okuyama dan a. al, "High performance electrospinning system for fabricating highly uniform polymer nanofibers," *Scientific Instruments*, p. 80, 2009.
- [5] R. Gopal dan a. al, "Electrospun nanofibrous polysulfone membranes as pre-filters: Particulate removal," *Membrane Science*, p. 210 – 219, 2007.
- [6] M. Munir dan a. al, "Optimization of Solvent System and Polymer Concentration for Synthesis of Polyvinyl Alcohol (PVA) Fiber Using Rotary Forcspinning Technique," *Material Research*, p. 281 – 284, 2015.
- [7] B. Liu dan a. al, "Synthesis of large-scale, monodisperse latex, particles via one-step emulsion polymerization through in situ charge neutralization Colloids and Surfaces," p. 127 – 136, 2016.
- [8] K. Okuyama dan a. al, "Size-and chargecontrollable polystyrene spheres for templates in the preparation of porous silica particles with tunable internal hole configurations," *Chemical Engineering Journal*, p. 421 – 430, 2014.

- [9] J. Goodwin dan a. al, "Studies on the preparation and characterisation of monodisperse polystyrene latices Colloid & Polymer," p. 464 – 471, 1974.
- [10] J. Goodwin dan a. al, "Studies on the preparation and characterization of monodisperse polystyrene latices V: The preparation of cationic latices Colloid & Polymer," p. 61 – 69, 1979.
- [11] T. Ogi dan a. al, "Size- And Charge-Controllable Polystyrene Spheres For Templates In The Preparation Of Porous Silica Particles With Tunable Internal Hole Configurations," *Chemical Engineering Journal*, p. 429, 2014.
- [12] T. Ogi dan a. al, "Synthesis Of Additive-Free Cationic Polystyrene Particles With Controllable Size For Hollow Template Applications," *Colloids And Surfaces A: Physicochemical And Engineering Aspect*, p. 104, 2012.
- [13] A. Nandiyanto, F. Iskandar dan K. Okuyama, "Macroporous Anatase Titania Particles: Aerosol Self-Assembly Fabrication With Photocatalytic Performance," p. 293, 2009.
- [14] T. Ogi dan a. al, "Synthesis Of Additive-Free Cationic Polystyrene Particles With Controllable Size For Hollow Template Applications," p. 99, 2012.
- [15] S. Y. Lin dan a. al, "Emulsion Polymerization Of Styrene: Double Emulsion Effect," p. 1486, 2000.
- [16] C. M. Tseng dan a. al, "Uniform Polymer Particles By Dispersion Polymerization in Alcohol," 1986.