

STUDI SISTEM ELEKTROSPRAY UNTUK SINTESIS PARTIKEL POLIMER BERBASIS POLIETILEN GLIKOL (PEG)

STUDY ON ELECTROSPRAY SYSTEM FOR POLYETHYLENE GLYCOL (PEG) BASED POLYMER PARTICLE SYNTHESIS

Weldzikarvina¹, Dr.Eng. Asep Suhendi,S.Si.,M.Si², Dr. Abrar,S.Si.,M.Sc³.

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

¹weldziechi@gmail.com, ²as.suhendi@gmail.com, ³abrarselah@gmail.com

Abstrak

Salah satu metode pembuatan partikel polimer yang banyak digunakan adalah metode Elektrospray. Metode ini menerapkan konsep medan listrik dan interaksinya dengan larutan. Pada penelitian ini telah dikaji tentang sintesis partikel polimer dengan menggunakan sistem elektrospray memanfaatkan sumber tegangan tinggi. Penggunaan larutan sebagai bahan utama pembuatan partikel polimer yang disimpan pada *syringe*. Pemilihan larutan yang akan digunakan ditentukan oleh beberapa parameter diantaranya viskositas, konduktivitas, dan tegangan permukaan. Pada penelitian ini digunakan Polietilen Glikol (PEG) sebagai bahan utama karena memenuhi parameter diatas. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa ukuran partikel polimer dari sintesis partikel berbasis elektrospray dapat diatur oleh konsentrasi, tegangan, dan jarak antar *needle* dan plat kolektor.

Kata Kunci : Elektrospray, polimer, larutan, syringe

Abstract

One of the most commonly methods of polymer particle manufacture is the electrospray method. This method applies the concept of the electric field and its interaction with the solution. In this research has been studied about polymer synthesis by using electrospray system utilize high voltage source. The use of the solution as the main material of polymer manufacture is stored on the syringe. The selection of the solution determined by several parameters namely viscosity, conductivity, and surface tension. In this study, Polyethylene Glycol (PEG) was used as the main material because it meets the above parameters. The results of this study explain that polymer particle size of particle synthesis based on electrospray system can be set by concentrate, voltage, and distances between needle and collector plate.

Keywords: Electrospray, polymer, solution, syringe

1. Pendahuluan

Partikel polimer merupakan molekul dalam ukuran yang cukup besar atau dapat disebut dengan makromolekul. Polimer tersebut terbentuk dari penggabungan rantai molekul sederhana (monomer)[1]. Partikel polimer dapat digunakan di berbagai bidang seperti medis, farmakologi, biomaterial, percetakan *ink jet*, energi, pertahanan dan keamanan [2-5]. Berbagai metode dapat digunakan untuk membuat partikel polimer, salah satunya adalah elektrospray. Elektrospray merupakan metode yang menerapkan konsep medan listrik dan interaksinya dengan larutan. Agar menghasilkan partikel polimer diperlukan analisis untuk mengetahui kegunaan larutan yang digunakan[3]. Salah satu larutan yang dapat digunakan berupa polietilen glikol (PEG) karena mudah larut dalam air. Pada sistem elektrospray, bentuk geometri pada ujung *needle* yang menyerupai *nose* pada jet dapat mempengaruhi bentuk *droplet* yang dihasilkan. Geometri yang berbentuk jet mudah untuk dikontrol dengan mengatur nilai tegangan. *Droplet* dihasilkan dari larutan yang keluar dari ujung *needle* karena adanya tegangan tinggi. *Droplet* akan bergerak dari *needle* sampai pada plat kolektor. Pada saat bergerak *droplet* akan mengalami proses pengeringan hingga menjadi partikel polimer. Proses elektrospray dapat terjadi pada suhu dan kelembapan lingkungan.

Pada penelitian ini, akan dibuat suatu sistem sintesis partikel berbasis elektrospray dengan melakukan analisa beberapa parameter, yaitu tegangan, jarak antara *needle* ke plat kolektor, dan kekentalan larutan sumber. Dengan menganalisa parameter-parameter tersebut, diharapkan mendapatkan hasil partikel dengan ukuran yang dapat diatur.

2. Dasar Teori

2.1 Partikel Polimer

Proses dari elektrospray dapat menghasilkan partikel polimer untuk berbagai keperluan. Partikel merupakan unsur berupa butiran – butiran sangat kecil yang menyusun materi. Sedangkan polimer merupakan senyawa molekul yang tersusun atas monomer-monomer (makromolekul) [1]. Partikel polimer terdiri dari berbagai ukuran yaitu partikel, mikropartikel, nanopartikel, molekul, serta unsur atom. ikropartikel memiliki

ukuran 0,1 - 200 μm , selain itu memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan nanopartikel. Ukuran mikro banyak digunakan pada bidang farmasi. Selain itu, mikropartikel memiliki keuntungan disimpan dalam bentuk partikel atau suspensi kering dengan sedikit atau tidak ada kehilangan aktivitas selama periode penyimpanan yang diperpanjang [6].

2.2 Sintesis Partikel

Elektrospray merupakan salah satu cara untuk menghasilkan partikel polimer. Elektrospray menghasilkan partikel berukuran mikrometer hingga nanometer. Sintesis partikel ini memiliki dua macam metode sintesis yaitu *dry synthesis* (kering) dan *wet synthesis* (basah). Elektrospray merupakan aplikasi metode *dry synthesis*. *Dry synthesis* merupakan sintesis dengan mengubah fase larutan menjadi fase padatan. Pada metode ini, ketebalan partikel dan porositasnya dapat dikendalikan [7]. Namun pada metode ini harus mengatur suhu dan kelembapan pada proses sintesis.

2.3 Pengenalan Elektrospray

Elektrospray merupakan teknologi untuk menghasilkan partikel polimer yang menerapkan konsep medan listrik dan interaksinya dengan larutan. Salah satu komponen utama pada elektrospray yang dapat menunjang keberhasilan penelitian adalah sumber tegangan tinggi. Berdasarkan tegangan terdapat berbagai macam mode operasi pada elektrospray yaitu *pulsating*, *silver bullet*, dan *cone jet* yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. [8]. Pada mode *pulsating* dengan menggunakan tegangan yg relatif kecil, sehingga droplet terbentuk dengan ukuran yang cukup besar. Mode *silver bullet* digunakan pada larutan dengan tegangan permukaan yang relatif tinggi [8]. Namun pada mode ini *droplet* yang terbentuk dapat pecah. Berbeda dengan mode *cone jet* yang dapat menghasilkan *droplet* yang tidak mudah pecah. Dengan mode operasi *cone jet* ini mudah digunakan dengan cara mengatur nilai tegangan.



Gambar 2.1. Mode operasi sistem elektrospray

2.4 Komponen Penyusun Elektrospray

Elektrospray memiliki berbagai macam komponen penyusun. Setiap komponen ada keterkaitan dengan komponen yang lain, sehingga dapat menghasilkan partikel yang sempurna. Komponen-komponen penyusun elektrospray sebagai berikut :

a. Syringe

Syringe merupakan komponen utama pada proses elektrospray. *Syringe* terdiri dari beberapa komponen utama seperti tempat penyimpanan larutan yang disebut dengan *sprit*, *needle* atau jarum, dan *plunger* [9]. Pada penelitian ini menggunakan *syringe* dengan merk *Hamilton Gastight Glass* dengan ukuran 1000 μl dengan diameter 4.61 mm.

b. Syringe Pump

Syringe pump terdiri dari alat pendorong dan sistem kontrol [4]. Alat pendorong digunakan untuk mendorong *plunger* sehingga larutan dapat keluar dari *needle* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4. Alat pendorong tersebut dapat bekerja dengan sistem kontrol yang dapat mengatur ukuran *syringe*, volume larutan, dan *flow rate*.

c. Plat Kolektor

Plat kolektor merupakan target menjadi tempat pengumpulan hasil proses elektrospray berupa partikel polimer. Syarat kolektor plat yang digunakan bersifat konduktor. Bentuk plat dapat mempengaruhi susunan partikel polimer yang dihasilkan.

d. Sumber Tegangan Tinggi

Sumber tegangan tinggi merupakan salah satu peranan penting untuk menghasilkan partikel polimer yang sempurna. Sumber tegangan tinggi adalah sumber tegangan yang dapat menghasilkan tegangan melebihi 2 kV dengan dua tipe arus yaitu arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC). Untuk arus searah dapat digunakan pada bidang industri seperti *Electrospray*.

e. Parameter yang Mempengaruhi Ukuran Partikel

Untuk menghasilkan partikel polimer sesuai dengan yang diinginkan, harus diperhatikan parameter-parameter yang berpengaruh pada proses elektrospray berdasarkan rumus berikut [10]:

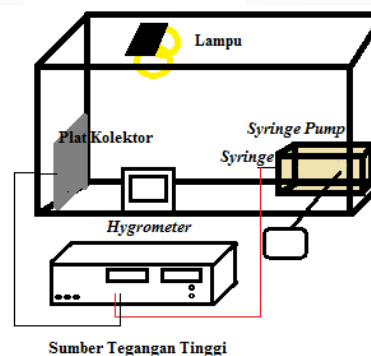
$$D_d = K_f Q^n (\rho^a Q^n \sigma^b \mu^c) \quad (2.1)$$

D_d adalah diameter partikel yang akan dihasilkan dari *syringe*, K_f adalah *excitation equipment constant*, Q adalah flowrate (ml/min), ρ adalah massa jenis dari larutan, σ adalah tegangan permukaan larutan, μ adalah viskositas larutan, n adalah konstanta daya laju alir volumetrik, a adalah konstanta daya dari densitas prekursor, b adalah konstanta daya dari tegangan permukaan prekursor, dan c konstanta daya viskositas prekursor[10].

3. Pembahasan

3.1 Alat dan Bahan

Sistem elektrospray direalisasikan menggunakan komponen-komponen seperti *syringe*, *syringe pump*, sumber tegangan tinggi, plat kolektor, *hygrometer*, dengan tambahan 2 bohlam lampu 60 watt. *Syringe* yang digunakan adalah tipe *Hamilton Gastight Glass 1000* μ l dengan ukuran *needle* 22G yang diletakkan pada *syringe pump*. Kecepatan alir pada *syringe pump* adalah 0.2 – 1 ml/menit. Sumber tegangan tinggi yang disambungkan pada *needle* dan plat kolektor adalah *Matsusada Precision Inc* dengan nilai 8 – 13 kV. Plat kolektor dengan ukuran 10x10 cm yang digunakan untuk menangkap partikel polimer berupa plat aluminium. Tambahan bohlam lampu yang digunakan adalah *Philips* untuk mengatur suhu dan kelembapan berturut-turut mencapai 45° C dan 25% di dalam kotak. *Thermo-Hygrometer (Corona)* digunakan untuk menunjukkan nilai suhu dan kelembapan tersebut. Untuk pengaturan suhu yang efisien sistem dibuat di dalam kotak, sehingga komponen tersebut diletakkan dalam kotak transparan berupa acrylic dengan ketebalan 3 mm dan ukuran 70 x 21 x 21 cm. Tampilan sistem elektrospray dapat dilihat pada Gambar 3.1. Bahan yang akan digunakan sebagai larutan adalah PEG (*Polyethylene Glycol*) dengan berat molekul sebesar 10000 g/mol.



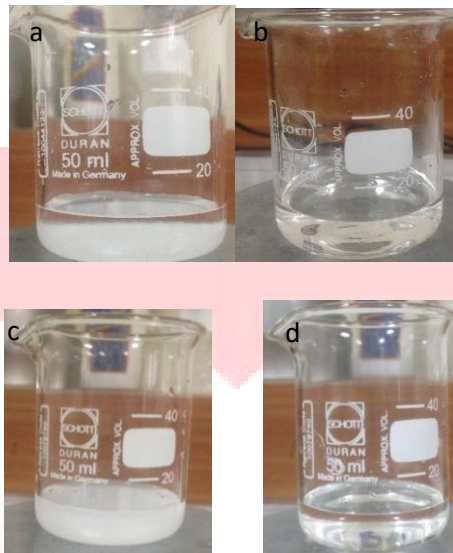
Gambar 3.1. Sistem elektrospray

3.2 Karakteristik Larutan

Larutan yang digunakan berupa campuran antara serbuk polietin glikol (PEG) dan air + alkohol. Campuran akan diaduk menggunakan *magnetics stirrer (C-Mag HS 7)*. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengadukan bergantung pada konsentrasi yang digunakan. Semakin besar nilai konsentrasi, membutuhkan waktu lebih lama yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Setelah proses pengadukan selesai, larutan akan digunakan untuk sistem elektrospray. Tampilan larutan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1. Proses pengadukan larutan

| No. | Konsentrasi (% w/t) | Waktu Pengadukan (menit) |
|-----|---------------------|--------------------------|
| 1 | 5 | 5 |
| 2 | 10 | 8 |
| 3 | 15 | 10 |
| 4 | 20 | 15 |
| 5 | 25 | 18 |
| 6 | 50 | 60 |
| 7 | 60 | 180 |

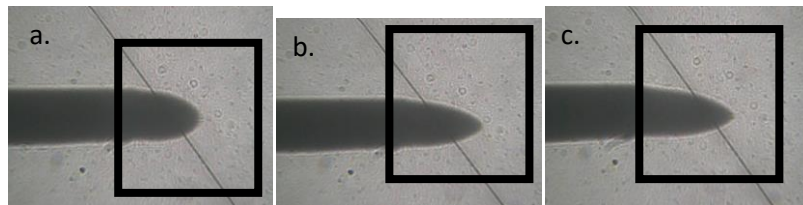


Gambar 4.2. Campuran larutan. a. Sebelum pengadukan pada konsentrasi 20% w/t, b. Sesudah pengadukan pada konsentrasi 20% w/t, c. Sebelum pengadukan pada konsentrasi 50% w/t, b. Sesudah pengadukan pada konsentrasi 20% w/t.

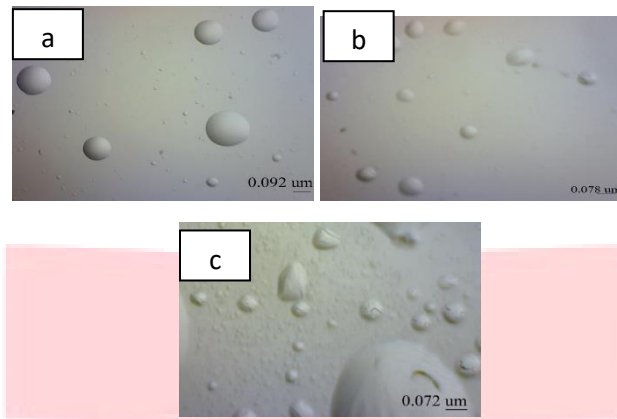
Gambar 4.2. menunjukkan campuran larutan pada konsentrasi 20% w/t dan 50% w/t. w/t yang dimaksud adalah perbandingan antara terlarut dan pelarutnya sehingga diperlukan proses pengadukan. Pada Gambar 4.2.a. menunjukkan campuran larutan sebelum pengadukan. Sebelum proses pengadukan, serbuk polietilen glikol dan air+etanol belum tercampur. Larutan didominasi oleh air+etanol sehingga larutan sedikit pekat. Setelah dilakukan proses pengadukan larutan akan tercampur menjadi larutan homogen dan larutan berubah menjadi bening. Gambar 4.2.c. menunjukkan campuran larutan sebelum pengadukan. Larutan yang belum tercampur didominasi oleh serbuk polietilen glikol sehingga pekat. Setelah dilakukan proses pengadukan larutan akan tercampur menjadi larutan homogen dan larutan berubah menjadi bening. Pada proses ini memerlukan waktu pengadukan cukup lama.

3.3 Mode Operasi Sistem Elektrospray

Larutan dengan konsentrasi tertentu dimasukkan kedalam *syringe* dan diletakan pada *syringe pump*. Selanjutnya sumber tegangan yang diletakan pada *needle* diatur sehingga larutan yang keluar dapat terbentuk menjadi mode *cone jet*. Ketika larutan mulai dialirkan dan tegangan diberikan, maka larutan akan tertarik menuju plat kolektor. Pada proses ini larutan yang keluar dari *syringe* sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan. Untuk mendapatkan hasil yang seragam baru dapat terbentuk pada tegangan 8 kV dan stabil pada 9 kV. Semakin tinggi tegangan yang digunakan akan membentuk *cone jet* yang semakin panjang yang dapat dilihat pada Gambar 4.3. pada konsentrasi 50% w/t dan pada Gambar 4.4. menunjukkan hasil proses elektrospray pada tegangan 10 kV dan jarak antara *needle* dan plat kolektor sebesar 15cm.



Gambar 4.3. Mode operasi , a. 8kV, b. 9kV, c. 10kV



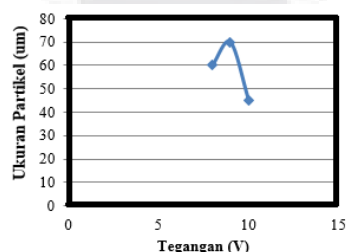
Gambar 4.4. Hasil partikel polimer sistem elektro spray, a. 8 kV, b. 9 kV, c. 10 kV

Gambar 4.3. menunjukkan larutan yang keluar dari *syringe* pada tegangan 8 – 10 kV. Pada tegangan 8 kV larutan mulai berbentuk *cone jet*. Namun bentuk *cone jet* baru stabil pada tegangan 9 kV. Sedangkan pada tegangan 10 kV *cone jet* memanjang. Dengan begitu, semakin besar nilai tegangan maka bentuk *cone jet* akan semakin memanjang.

Gambar 4.4. menunjukkan hasil dari sistem elektro spray berupa partikel polimer. Larutan yang digunakan memiliki konsentrasi 50% w/t dan jarak antar *needle* dan plat kolektor sebesar 15 cm. Terlihat pada Gambar 4.5 bahwa partikel polimer menyebar pada plat kolektor.

3.4 Pengaruh Sumber Tegangan Tinggi Pada Sistem Elektro spray

Sumber tegangan tinggi mempengaruhi geometri mode operasi pada sistem elektro spray. Nilai tegangan tinggi yang digunakan adalah 8 – 13 kV pada konsentrasi 50 % w/t. Semakin besar nilai yang dikeluarkan tegangan tinggi, maka mode operasi akan semakin mengerucut. Perbandingan nilai tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.6. Grafik menunjukkan hasil ukuran partikel polimer pada beberapa nilai tegangan, di mana tegangan tidak begitu mempengaruhi ukuran partikel polimer.



Gambar 4.6. Grafik perbandingan antara nilai tegangan dan ukuran partikel

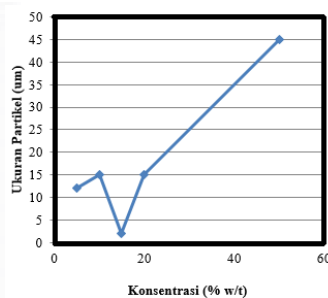
Gambar 4.6. menunjukkan hasil dari sistem elektro spray berupa partikel polimer. Partikel polimer yang dihasilkan memiliki perbedaan ukuran bergantung pada tegangan yang dikeluarkan. Pada tegangan 8, 9, 10 kV partikel polimer yang dihasilkan berturut-turut berukuran 60, 70, 45 μm. Namun tegangan tidak terlalu mempengaruhi ukuran partikel polimer yang dihasilkan.

3.5 Pengaruh Konsentrasi Larutan Pada Sistem Elektrospray

Pengujian dilakukan pada beberapa konsentrasi, yaitu 5 – 50 % w/t yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Hasil partikel polimer yang didapatkan menunjukkan nilai konsentrasi berbanding lurus terhadap ukuran partikel.

Tabel 4.2. Konsentrasi Polietilen Glikol

| Konsentrasi (% w/t) | Berat Serbuk Polietilen Glikol (gr) | Berat Etanol + Air (gr) | Perbandingan (PEG:Air+Etanol) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 5 | 1 | 19 | 5 : 95 |
| 10 | 1 | 9 | 10 : 90 |
| 15 | 1.5 | 8.5 | 15 : 85 |
| 20 | 2 | 8 | 20 : 80 |
| 25 | 2.5 | 7.5 | 25 : 75 |
| 50 | 5 | 5 | 50 : 50 |
| 60 | 3 | 2 | 60 : 40 |

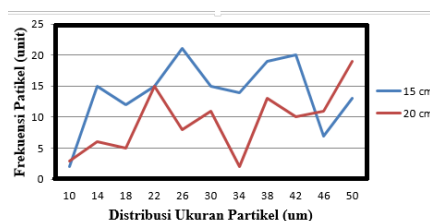


Gambar 4.7. Grafik perbandingan antara ukuran partikel polimer dengan konsentrasi

Gambar 4.7. menunjukkan grafik perbandingan ukuran partikel polimer terhadap konsentrasi larutan. Konsentrasi larutan yang digunakan berturut-turut adalah 5, 10, 15, 20, 25, dan 50 % w/t serta ukuran partikel polimer berturut-turut adalah 12, 15, 2, 15, 45 µm. Dengan begitu, konsentrasi mempengaruhi ukuran partikel, dimana semakin besar nilai konsentrasi maka ukuran partikel akan semakin besar.

3.6 Pengaruh Jarak Needle Terhadap Plat Kolektor

Jarak antara *needle* dan plat kolektor mempengaruhi terbentuknya partikel. Jarak yang diatur pada 15 cm dan 20 cm. Jika jarak di bawah 15 cm, partikel tidak dapat terbentuk. Karena yang menempel pada plat masih berupa *droplet* yang basah. Semakin jauh jarak yang digunakan, maka persebaran partikel polimer semakin luas.



Gambar 4.8. Grafik perbandingan antara ukuran partikel polimer dan frekuensi pada konsentrasi 50% w/t dan tegangan 10 kV

Gambar 4.8. menunjukkan perbandingan ukuran partikel polimer terhadap frekuensi partikel polimer pada konsentrasi 50% w/t serta pada jarak 15 dan 20 cm. Berdasarkan grafik ukuran partikel polimer pada jarak 15 cm lebih besar dibandingkan 20 cm. Ukuran partikel berbeda disebabkan oleh menyebarnya *droplet* ketika larutan keluar dari *needle*. Dengan begitu, jarak antara *needle* dan plat kolektor mempengaruhi ukuran partikel yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada sistem elektrospray maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Perancangan sistem pembuatan partikel polimer berbasis elektrospray telah berhasil dibuat dengan komponen – komponen berupa *syringe*, *syringe pump*, sumber tegangan tinggi, plat kolektor, bohlam lampu, dan *hygrometer*,
2. Parameter yang mempengaruhi pada sistem electro spray sebagai berikut.
 - a. Nilai tegangan mempengaruhi bentuk mode operasi. Mode *cone jet* terbentuk pada 8 kV. Namun tidak begitu mempengaruhi ukuran partikel polimer,
 - b. Hubungan antara konsentrasi dan ukuran partikel polimer berbanding lurus, sehingga semakin besar konsentrasi yang digunakan maka ukuran partikel akan semakin besar,
 - c. Jarak antar plat kolektor dan *needle* mempengaruhi ukuran partikel polimer yang dihasilkan. Jarak yang semakin jauh, maka ukuran partikel akan semakin kecil.

Daftar Pustaka

- [1] Malcolm P. Stevens, *Polymer Chemistry: An Introduction, 3rd Edition*, 3rd ed. New York, 1999.
- [2] M. F. Rozy Hentihu, “Rancang Bangun Mesin Electro spray Untuk Fabrikasi Serat Nano Berbasis Polimer,” 2014.
- [3] A. Suhendi, M. M. Munir, A. B. Suryamas, A. B. D. Nandiyanto, T. Ogi, and K. Okuyama, “Control of cone-jet geometry during electro spray by an electric current,” *Adv. Powder Technol.*, vol. 24, no. 2, pp. 532–536, 2013.
- [4] Fikri Rangga Halim, “Rancang Bangun Syringe Pump Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino,” 2016.
- [5] V. M. MSV Appaji, Shivakanth Reddy G, Arunkumar S, “An 8051 Microcontroller Based Syringe Pump Control System For Surface Micromachining,” vol. 5, pp. 1791–1800, 2014.
- [6] N. V. Satheesh Madhav and S. Kala, “Review on microparticulate drug delivery system,” *Int. J. PharmTech Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 1242–1254, 2011.
- [7] S. W. Han, J. Kim, and R. Ryoo, “Dry-gel synthesis of mesoporous MFI zeolite nanospheres using a structure-directing surfactant,” *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 240, pp. 123–129, 2017.
- [8] C. J. Hogan, K. M. Yun, D. R. Chen, I. W. Lenggoro, P. Biswas, and K. Okuyama, “Controlled size polymer particle production via electrohydrodynamic atomization,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 311, no. 1–3, pp. 67–76, 2007.
- [9] M. The and B. Braun, “Syringes & Needles Injekt® Solo.”
- [6] A. Bayu, D. Nandiyanto, and K. Okuyama, “Progress in developing spray-drying methods for the production of controlled morphology particles : From the nanometer to submicrometer size ranges,” *Adv. Powder Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–19, 2011.