

RANCANG BANGUN ALAT PEMBUATAN NANOFIBER MENGUNAKAN METODE ELECTROSPINNING

FATKHAH MUFLIKH MUBAROK¹⁾, & VALENTINUS GALIH VIDIA PUTRA²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Tekstil, Politeknik STTT Bandung

Jl. Jakarta No. 31 Bandung

Email: *mubarok.blog@gmail.com*¹⁾, *valentinus@kemenperin.go.id*²⁾

ABSTRAK

Electrospinning merupakan metode pembuatan *nanofiber* paling umum dan paling banyak digunakan. Prosesnya yang sederhana membuat *elctrospinning* banyak digunakan sebagai alat pembuatan *nanofiber* dengan berbagai material polimer. Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun alat pembuatan nanofiber dengan metode *electrospinning*. Perancangan ini menggunakan modul *step-up high voltage* dengan *output* maksimal 50 kV. Pompa polimer menggunakan *syringe pump* dengan diameter jarum sebesar 2 mm. Jenis kolektor menggunakan bentuk silinder dengan diameter 7 cm. Motor DC 12v dengan rangkaian potensiometer memungkinkan kolektor bergerak rotasi dan kecepatan rotasi yang dapat diatur. Jarak antar jarum dengan kolektor dapat diatur sebesar 5 – 15 cm. Larutan PVA dengan konsentrasi 15% digunakan dalam pengujian. Hasil alat yang telah dirancang menghasilkan *nanofiber* berukuran jauh lebih kecil dari ukuran rambut manusia atau berkisar sebesar 84 μ m.

Kata kunci: *Electrospinning, Nanofiber, High Voltage.*

ABSTRACT

Electrospinning is the most common and most widely used method of making nanofiber. The simple process of elctrospinning is widely used as nanofibers manufacturing with various polymeric materials. In this study, a nanofiber manufacturing machine was made using the electrospinning method. The fabrication uses a step-up high voltage module with maximal output 50kV. The polymer pump uses an syringe pump with a needle diameter of 2mm. The type of collector is cylindrical tubes with diameter 7 cm. DC motor with potentiometer circuit it possible collector rotating with controlability. The distance of the needle with a collector can be regulated with ranges 5-15 cm. The PVA solution with 15% concentration makes for testing. The result of designed electrospinning machine can be producing nanofiber with size less than a human hair or around 84 μ m.

Keywords: *electrospinning; nanofiber; high voltage*

1. PENDAHULUAN

Nanoteknologi saat ini menjadi teknologi yang banyak dikembangkan dan diaplikasikan dalam kehidupan manusia. Secara konsep, nanoteknologi didefinisikan sebagai teknologi yang memungkinkan kendali struktural tiga-dimensi secara penuh atas bahan, proses dan

alat pada skala atom. Artinya, teknologi ini memungkinkan orang untuk membuat suatu produk dengan sifat apapun yang diinginkan melalui pengaturan struktur bahan pada skala atom. Oleh sebab itu, nanoteknologi sering juga dipahami sebagai teknologi untuk proses manufaktur molekuler (Widodo, 2004).

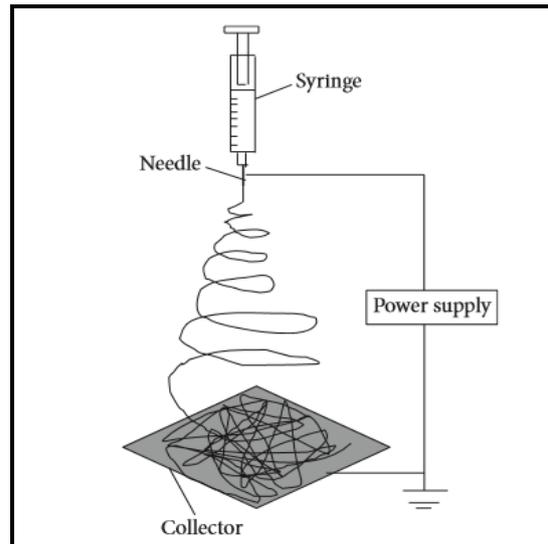
Menurut Subbiah, *nanofiber* dalam dunia tekstil merupakan serat yang memiliki diameter sebesar 100-500 nm. *Nanofiber* memiliki beberapa keunggulan seperti dimensi permukaan yang tinggi, modulus elastisitas tinggi, kekuatan tarik tinggi, serta mudah digabungkan dengan material lain seperti polimer, protein dan sel hidup. *Nanofiber* dapat diaplikasikan untuk berbagai bidang diantaranya medis, komposit, filtrasi, bioteknologi, dan kain pelindung (*protective fabric*). Salah satu aplikasi penggunaan *nanofiber* di bidang medis adalah penggunaannya sebagai pembalut luka. Produk membran *nanofiber* Kitosan-PVA yang dibuat dengan metode *electrospinning* sebagai bahan pembalut luka alternatif telah banyak digunakan di dunia medis. Selain itu, *nanofiber* juga digunakan sebagai penyusun pembuluh darah buatan, organ tubuh buatan, dan masker wajah medis dikarenakan *nanofiber* mampu mengantarkan obat langsung ke jaringan internal tubuh karena ukurannya yang lebih kecil dari sel darah (Krisnandika, 2017). Pembuatan *nanofiber* dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya pemintalan serat multi-komponen, pemintalan leleh dan *electrospinning* (Almetwally dkk., 2017).

Electrospinning secara umum terdiri dari tiga komponen yaitu sumber tegangan tinggi DC, syringe pump, dan collector plate atau collector drum. Pada prinsipnya mekanisme pembuatan *nanofiber* dengan *electrospinning* adalah dengan cara mendorong larutan polimer yang diberi listrik tegangan tinggi menggunakan *syringe pump* hingga membentuk butir larutan pada ujung nosel jarum. Butir larutan polimer yang telah terinduksi muatan listrik tersebut dibawah pengaruh medan listrik akan bergerak ke arah elektroda dengan muatan negatif dan disertai proses penguapan pelarut polimer, sehingga yang tertinggal pada plat pengumpul (*collector plate*) hanya serat polimernya saja (Li dkk., 2004).

Pengaturan *electrospinning* terdiri dari tiga komponen utama yaitu, catu daya tegangan tinggi, nosel jarum, dan kolektor (Gambar 1). *Electrospinning* dapat memproduksi serat dengan diameter dengan kisaran mikrometer hingga nanometer ketika gaya elektrostatis digunakan pada larutan statis (Park, 2010).

Sumber *high voltage power supply* yang digunakan berupa searah searah (*direct current*) dengan kontrol yang dapat diatur dan menghasilkan *output* maksimal sebesar 50

kV. Larutan polimer dimasukkan dalam *reservoir* dan dihubungkan ke sumber daya untuk menghasilkan *jet* polimer bermuatan. Larutan polimer diletakan pada suntikan dengan jarum suntik atau jarum logam dalam larutan polimer. Pompa pada suntikan digunakan untuk mendorong larutan polimer dan mengontrol laju aliran yang tepat. Plat yang digunakan untuk kolektor bersifat konduktif dan dialiri dengan arus negatif agar dapat mengasihkan *nanofiber* (Shi dkk., 2015).



Gambar 1. Skema *Electrospinning* (Shi dkk., 2015)

Dilihat dari prinsip kerjanya, rancang bangun alat pembuatan nanofiber dengan metode *electrospinning* memungkinkan untuk dibuat dengan berbagai komponen dan material yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam perancangan tahap awal yang dilakukan adalah membuat desain rancangan dengan menyesuaikan spesifikasi yang akan dibuat. Perancangan alat dibuat sederhana dan dengan menggunakan komponen yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Setelah dilakukan perancangan, tahapan selanjutnya adalah mempersiapkan material dan bahan yang akan digunakan sebagai komponen pada *electrospinning*. Tahapan terakhir adalah mempersiapkan perlengkapan sarana yang akan digunakan untuk melaksanakan rancang bangun alat pembuatan *nanofiber* dengan metode *electrospinning*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1. *Nanofiber*

Nanoteknologi didefinisikan sebagai material, perangkat, dan sistem dengan dimensi

nanometer. Inti dari nanoteknologi adalah ukuran dan kontrol (Ramsden, 2015). Material yang direduksi menjadi skala nano dapat menunjukkan sifat yang berbeda dengan yang berskala makro, hal ini akan memungkinkan material tersebut memiliki sifat yang unik. Dasarnya adalah sifat-sifat dapat berubah ketika ukuran suatu zat diperkecil hingga kisaran nanometer (Gouda dan Patra, 2013).

Penerapan nanoteknologi dalam industri tekstil dikenal dengan *nanofiber* yang memungkinkan untuk meningkatkan daya tahan kain, meningkatkan kenyamanan, sifat higienis, dan juga mengurangi biaya produksinya. Nanoteknologi juga menawarkan banyak keuntungan dibandingkan dengan proses konvensional dalam hal ekonomi, hemat energi, ramah lingkungan, dan penyimpanan bahan pada skala mikroskopis (David, 2002).

Nanofiber diangkat dalam beberapa penelitian yang bertujuan menghasilkan kain dengan kinerja fungsional yang berbeda. Nanopartikel dapat memberikan daya tahan tinggi untuk kain dan menyebabkan peningkatan daya kain yang diinginkan. Ukuran partikel juga menjadi peran utama dalam menentukan sifat kerekatan pada serat (Gouda dan Patra, 2013). Berbagai macam aplikasi nanoteknologi tekstil sudah ada di pasaran saat ini. Beberapa aplikasi *nanofiber* diantaranya pada industri tekstil di bidang olahraga, medis, serta teknologi bahan pakaian untuk perlindungan di lingkungan yang ekstrim. Penggunaan *nanofiber* memungkinkan produk tekstil menjadi multifungsi dan menghasilkan kain dengan fungsi khusus, termasuk antibakteri, perlindungan UV, anti air dan noda serta anti-bau (Kathiervelu, 2003).

2. Metode *Electrospinning*

Electrospinning merupakan salah satu metode pembentukan *nanofiber* melalui pancaran muatan listrik dari suatu larutan atau cairan polimer. Teknik ini telah dipatenkan oleh Formhals pada tahun 1934 (Marno dkk, 2018). *Electrospinning* adalah proses sederhana dan komprehensif untuk menghasilkan *nanofiber* dari bahan yang seperti polimer, komposit dan keramik. Komponen *electrospinning* terdiri dari tiga bagian utama yaitu, pembangkit daya tegangan tinggi, jarum suntik logam, dan kolektor konduktif (Al-Hazeem, 2018).

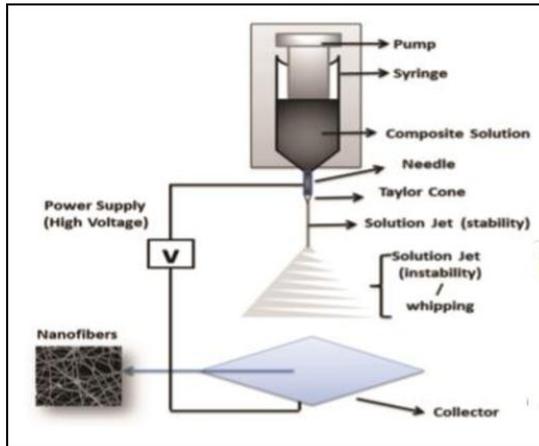
a) Prinsip *Electrospinning*

Electrospinning menghasilkan serat dengan diameter dari skala nanometer hingga mikrometer. Konfigurasi pemasangan komponen *electrospinning* secara umum terdiri dari tiga komponen utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Daya bertegangan tinggi (dalam tegangan kV), *syringe pump* dengan jarum nosel, dan kolektor (*collector plate*).

Susunan pemasangan listrik tegangan tinggi diikatkan pada larutan polimer melalui jarum logam dan papan kolektor sebagai ground (-). Larutan polimer dimasukkan dalam pump dan diberi tekanan yang sesuai, larutan akan keluar melewati ujung jarum dan membentuk butiran-butiran. Gaya elektro-statik akan timbul dikarenakan jarum logam yang dialiri listrik. Interaksi antara medan listrik dan medan fluida membentangi arus fluida dan membuatnya mengalami gerakan mencambuk. Hal ini menyebabkan aliran *jet* terus menerus memanjang sebagai filamen yang panjang. Hasil dari serat *electrospun* yang dihasilkan terdapat pada papan kolektor (Shi, 2015)

b) Mekanisme *Electrospinning*

Electrospinning merupakan proses pembuatan serat dengan metode pancaran dari suatu larutan atau cairan polimer yang dialiri muatan listrik. Larutan polimer dimasukkan ke dalam tabung *syringe pump* yang telah terpasang jarum nosel. Kemudian *syringe pump* ditekan sehingga larutan polimer tertekan dengan laju alir secara konstan. Selanjutnya tegangan tinggi pada tingkat 5-50 kV diaplikasikan pada jarum. Salah satu bagian penting dalam *electrospinning* adalah pemberian tegangan tinggi kepada larutan. Secara umum tegangan diatas 6 kV baik positif atau negatif dapat menyebabkan larutan untuk bergerak menuju ujung jarum dan membentuk *taylor cone* selama proses awal pembentukan jet (Al-Hazeem, 2018). Mekanisme dari proses *electrospinning* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme *Electrospinning* (Al-Hazeem, 2018)

Pancaran fluida dari larutan polimer bergerak ke papan kolektor yang juga dialiri dengan tegangan listrik negatif (-) atau *ground*. Menurut Marno dkk. (2018), ketika bergerak ke kolektor, pelarut menguap lalu serat mulai menipis dan menjalar sebagai akibat dari ketidakstabilan lekukan elektrostatis. Serat yang dikumpulkan biasanya sangat sedikit, ukurannya dapat bervariasi tergantung pada kondisi *electrospinning* yang digunakan. Beberapa parameter larutan yang mempengaruhi dalam pembentukan serat di papan kolektor pada proses *electrospinning* adalah tegangan permukaan, viskositas (kekentalan), konduktivitas, dan konstanta dielektrik larutan.

3. *Komponen Electrospinning*

Komponen utama *electrospinning* terdiri dari sumber tegangan tinggi DC (*High Voltage Power Supply DC*), *Syringe Pump* dan *Collector* (Marno, 2018).

a) *High Voltage Power Supply DC*

Metode *electrospinning* dibutuhkan pembangkit listrik yang memiliki tegangan tinggi. Menurut Flower dkk., para peneliti menggunakan tegangan dengan kisaran 20-50 kV saat membuat serat electrospun dalam skala nano. *Power Supply* merupakan komponen yang mempunyai fungsi sebagai pemberi suatu tegangan serta arus listrik. Pada dasarnya *Power Supply* memerlukan sumber energi listrik yang kemudian diubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya (Kho, 2014). *Power Supply DC* umumnya memiliki empat bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Bagian tersebut diantaranya adalah Transfor-

mator, *Rectifier*, *Filter*, dan *Voltage Regulator*.

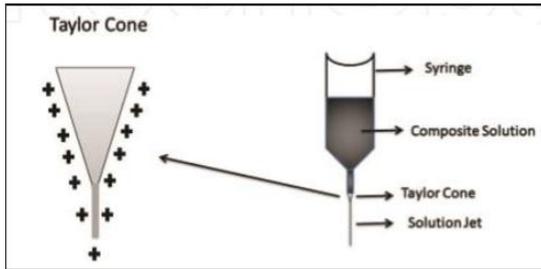
Tesla coil adalah sebuah media pembangkit tegangan tinggi dengan frekuensi tinggi, sehingga dengan arus yang kecil mampu menghasilkan tegangan yang besar (Zulianto, 2017). Prinsip kerja *tesla coil* sama dengan transformator step-up yang dapat menghasilkan tegangan output lebih besar. Transformator *step-up* adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan.

Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh (Putra, 2015). Umumnya konstruksi transformator daya secara singkat terdiri dari inti yang terbuat dari lembaran lembaran plat besi lunak atau baja silikon yang diklem menjadi satu, kemudian tembaga dibelitkan pada inti secara konsentris atau spiral.

b) *Syringe pump*

Syringe pump atau pompa semprot merupakan bagian dari alat *electrospinning* yang berfungsi untuk menekan larutan polimer agar dapat keluar melewati jarum nosel. *Syringe pump* juga berfungsi untuk mengatur laju semprot dari larutan polimer yang digunakan. *Syringe pump* berbentuk tabung dengan volume tertentu yang berguna untuk menampung larutan polimer yang akan disemprotkan. Kecepatan dan volume penyemprotan larutan polimer diatur oleh *syringe pump* dengan penekanan. Ketika dilakukan penekanan, larutan yang ada didalam akan terdorong dan keluar melalui jarum nosel.

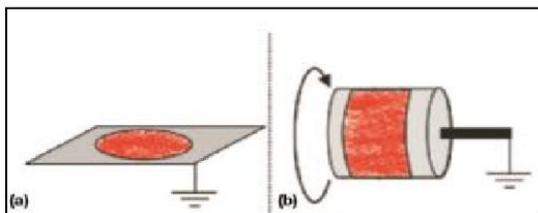
Jarum nosel merupakan jarum logam yang bersifat konduktor dan bertujuan untuk dialiri listrik tegangan tinggi agar larutan polimer yang keluar membentuk pancaran. Menurut Marno dkk (2018), Ketika tegangan tinggi pada tingkat 5-30 kV diaplikasikan pada jarum, larutan polimer berkembang membentuk kerucut, yang disebut dengan *Taylor Cone* (Gambar 3). Pancaran fluida dikeluarkan dan dipercepat menuju kolektor dasar.



Gambar 3. Pembentukan *Taylor Cone* (Al-Hazeem, 2018).

c) *Collector*

Collector plate berfungsi sebagai kolektor serat *electrospun* yang telah terbentuk dari proses *electrospinning*. Kolektor terbuat dari material yang bersifat konduktor dan dialiri listrik dengan arus negatif (-) atau ground. Menurut Dalton (2011), ada dua jenis kolektor yaitu lempengan datar dan silinder radial yang dapat digerakan berputar. Jenis kolektor dapat dilihat pada Gambar 4.



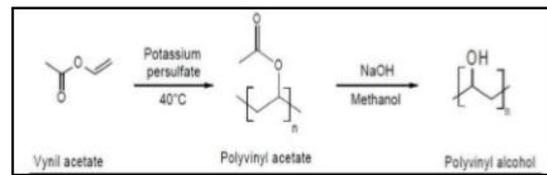
Gambar 4. Papan Kolektor Datar (a), Papan Kolektor Radial (b) (Dalton, 2011).

4. *Polimer PVA (Polyvinyl Alcohol)*

Polimer adalah material yang paling umum digunakan untuk *electrospinning*. Beberapa polimer meliputi polimer industri, polimer biodegradable, polimer khusus dan polimer alami. Secara umum, polimer ini harus memiliki berat molekul tinggi dan dapat dilarutkan dalam pelarut. Untuk polimer yang penting secara komersial seperti polietilena dan polipropilena yang larut dalam beberapa pelarut, memungkinkan dilakukan dengan proses *electrospinning* (Teo, 2017).

Polyvinyl Alcohol (PVA) adalah polimer polihidroksi yang larut dalam air dan dapat terbiodegradasi yang telah dipelajari secara intensif karena stabilitas thermal yang baik, bio-kompatibilitas, ketahanan kimia, dan tidak mahal. PVA dihasilkan dari polimerisasi *vinyl acetate* menjadi *polyvinyl acetate*, kemudian diikuti dengan hidrolisis *polyvinyl acetate* menjadi PVA (Gambar 5). PVA bersifat tidak beracun dan dapat larut dalam air sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang, di antaranya bidang medis dan

farmasi (Ropikoh, 2019).



Gambar 5. Polimerisasi *Vinyl Acetate* menjadi *Polyvinyl Alcohol* (Ropikoh, 2019)

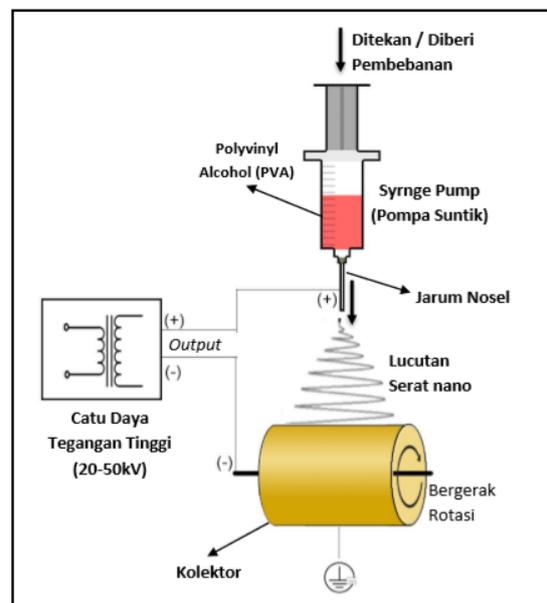
Menurut Hong dkk (2007) serat PVA nanokomposit yang diperkuat dengan nanopartikel Ag dapat digunakan sebagai pembalut luka. Pembuatan *nanofiber* komposit berbasis PVA menggunakan metode *electrospinning* telah banyak dilakukan. Beberapa referensi menjelaskan bahwa penambahan material anorganik dengan PVA akan mempengaruhi sifat dari serat yang berukuran nano.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, telah dilakukan perancangan dan pembuatan alat pembuatan *nanofiber* dengan metode *electrospinning*. Tahapan penelitian ini meliputi tahap persiapan alat dan bahan, perancangan dan perakitan, dan pengujian alat.

1. *Skema Percobaan*

Skema percobaan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Skema Percobaan Alat *Electrospinning*

Rancang bangun alat *electrospinning* menggunakan catu daya tegangan tinggi (*High Voltage Power Supply*) sebagai daya untuk membentuk lucutan dari larutan *Polyvinyl Alcohol (PVA)* yang diletakkan pada

Syrnge pump (pompa suntikan) dan keluar melalui nosel jarum menjadi serat dalam ukuran nano. Papan kolektor terbuat dari material yang bersifat konduktor agar dapat dialiri listrik, disini menggunakan kaleng berbentuk silinder dan dilapisi dengan aluminium foil yang berfungsi untuk kolektor *nanofiber* yang dihasilkan. *Dinamo Motor DC 8-35 V* berfungsi untuk menggerakkan papan kolektor agar bergerak berputar, kecepatan dari *Dinamo Motor DC 8-35 V* diatur dengan modul *PWM Motor Speed Control Potensio DC 3-35 V*.

2. *Persiapan Alat dan Bahan*

Tahapan persiapan berupa persiapan peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan rancang bangun alat pembuatan *nanofiber*. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	Multitester Analog	Digunakan untuk mengukur tegangan dan arus.
2	Mesin Bor	Digunakan untuk melubangi setiap bagian komponen agar dapat dipasang.
3	Gergaji Besi	Digunakan untuk memotong besi dan kaca akrilik.
4	Solder	Digunakan untuk memasangkan atau membongkar kabel.
5	<i>Glue Gun</i>	Digunakan untuk melelehkan lem stick untuk merekatkan komponen.
6	Peralatan Kerja lainnya	Digunakan sebagai alat pendukung dalam penelitian ini, peralatan kerja lainnya meliputi obeng, tang, kunci pas, timah, isolasi, dan lain-lain.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat *electrospinning* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Bahan yang digunakan

No	Nama	Fungsi
1	<i>Power Supply Adaptor DC 3-24V 2A</i>	Digunakan sebagai sumber tegangan DC dengan mengubah tegangan AC dari sumber listrik. Dibeli di Jaya Plaza, Bandung.
2	<i>Modul Generator Step-Up High Voltage 50 kV</i>	Digunakan untuk menaikkan tegangan (<i>step-up</i>) dari DC 3-6v menjadi 50 kV. Dibeli di Survy2014 Store, China.

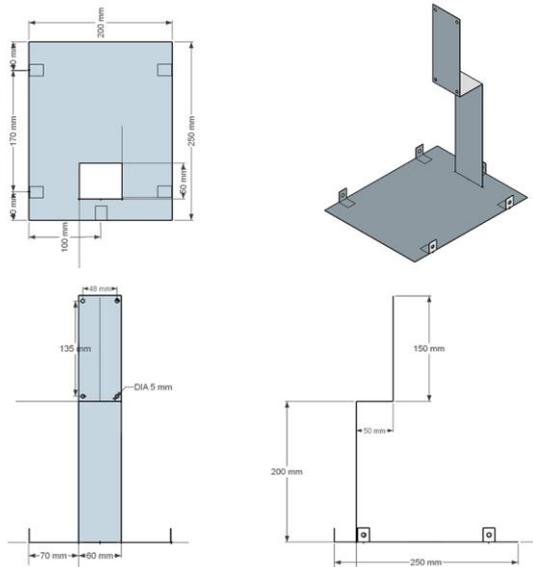
3	<i>Dinamo Motor DC 8-35 V</i>	Digunakan untuk memutar-kan kaleng silinder kolektor serat yang dibuat. Dibeli di Jaya Plaza, Bandung.
4	<i>Modul PWM Motor Speed Control Potensio DC 3-35V</i>	Digunakan untuk pengatur kecepatan putaran motor DC yang memutar-kan silinder. Dibeli di Jaya Plaza, Bandung.
5	Saklar DC	Digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan arus utama.
6	Kaleng Silinder Diameter 7 cm	Digunakan sebagai papan kolektor (<i>collector plate</i>) untuk <i>nanofiber</i> yang dibuat
7	Poros Stainless Steel 3x400 mm	Digunakan untuk poros berputar kaleng silinder kolektor serat.
8	Mini Bearing 3 mm	Digunakan untuk menjaga poros kaleng silinder agar dapat berputar dengan stabil.
9	<i>Belt dan Pulley</i>	Digunakan sebagai elemen penghubung yang menghubungkan dinamo motor dengan kaleng silinder.
10	Akrilik Transparan 4 mm	Digunakan untuk kerangka penutup (<i> casing</i>).
11	Plat Besi 3 mm	Digunakan untuk kerangka utama yang berfungsi untuk menopang komponen-komponen utama dan juga digunakan sebagai alas.
12	Plat Besi 2 mm	Digunakan untuk dudukan komponen <i>syrnge pump</i> (pompa suntikan)
13	Poros Ulir 8 mm	Digunakan untuk menaik-turunkan pompa suntikan dan juga mengatur jarak lucutan antara ujung jarum dengan papan kolektor
14	<i>Syrnge pump 20 mL (Pompa Suntikan)</i>	Digunakan sebagai tempat polimer dan memompa larutan polimer.
15	Jarum Suntik Tumpul 2 mm	Digunakan untuk melucutkan polimer dan dialiri tegangan tinggi pada jarum.
16	Aluminium Foil	Digunakan untuk melapisi permukaan kaleng silinder.
17	Serbuk <i>Polyvinyl Alcohol (PVA)</i>	Digunakan sebagai bahan baku pembuatan serat. Dibeli di Gudang Kimia, Yogyakarta.
18	Capit Buaya 45mm	Digunakan untuk menjepit jarum suntik agar teraliri listrik.

- | | | |
|----|-----------------------|----------------------------------------------------------|
| 19 | Kabel | Digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen listrik. |
| 20 | Mur, Baut, dan Sekrup | Digunakan untuk memasang seluruh komponen. |

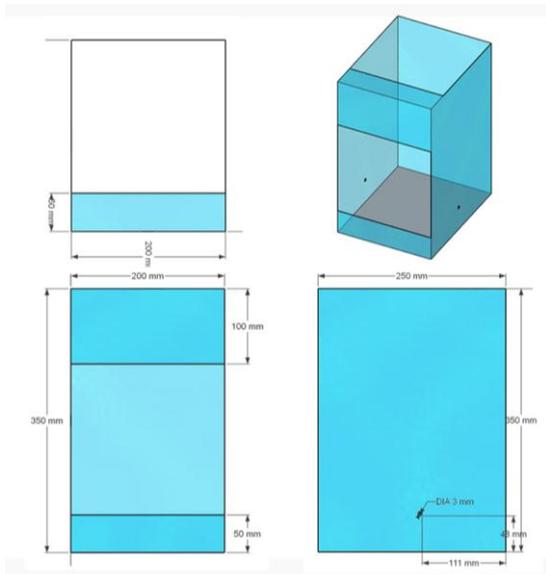
3. Perancangan dan Pembuatan

a) Kerangka dan Penutup (*casing*)

Bagian kerangka menggunakan bahan besi plat dan bagian penutup (*casing*) menggunakan bahan kaca akrilik.



Gambar 7. Desain Isometrik Kerangka Utama

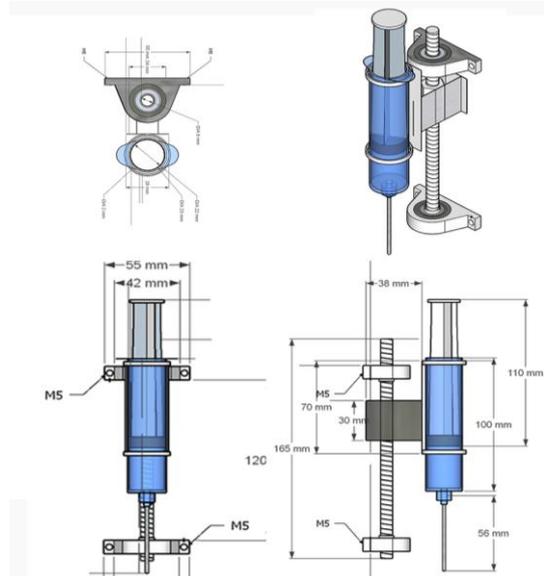


Gambar 8. Desain Isometrik Penutup (*Casing*)

b) *Syringe pump*

Bagian ini menggunakan pompa suntik yang diletakan dengan dudukan yang terbuat dari bahan besi plat tebal 2 mm yang digabungkan dengan mur panjang (*long nut*) dan

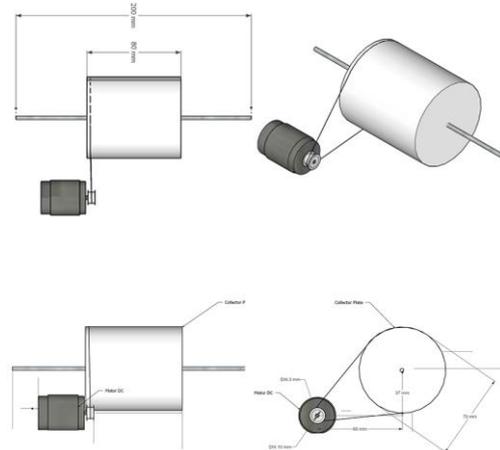
diletakan pada poros ulir. Bagian *syringe pump* ini dapat bergerak naik turun dengan bantuan mur panjang dan poros ulir yang diputar. Poros ulir ujungnya dimasukkan pada bearing agar bisa diputar dengan lancar dan pada bearing diberi bantalan (*pillow block*) agar bagian ini dapat diletakan pada kerangka.



Gambar 9. Desain Isometrik *Syringe pump*

c) *Collector*

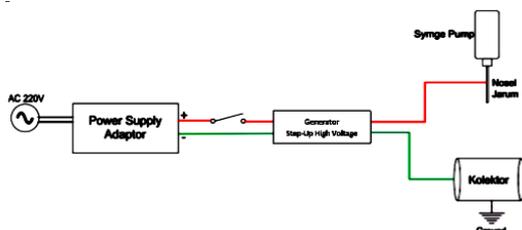
Bagian kolektor terdiri dari kaleng silinder berukuran diameter 70 mm dan panjang 80 mm. Kaleng dipasang pada poros dengan ukuran diameter 3 mm dan panjang 200 mm dan didukan pada penutup alat. Kolektor tersebut akan berputar dengan bantuan Motor DC yang dihubungkan dengan elemen transmisi berupa *belt* dan *pulley*. Perancangan desain bagian kolektor dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain Isometrik *Collector*

d. *High Voltage Power Supply DC*

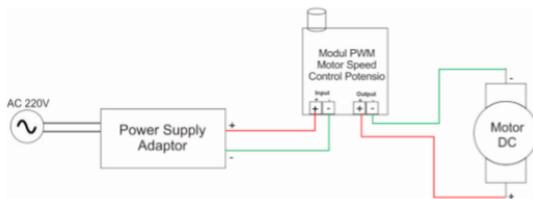
High Voltage Power Supply terdiri dari *power supply* adaptor, saklar, dan Modul Generator StepUp High Voltage. *Power supply* adaptor dapat di setel (adjustable) dengan rentang 3 – 24v dan kuat arus sebesar 2 A, kemudian output dari *power supply* adaptor dihubungkan dengan modul Generator Step-Up High Voltage yang dapat menghasilkan tegangan hingga 50.000 V atau 50 kV. Output dari Generator StepUp High Voltage dengan arus positif dihubungkan ke nosel jarum pada *syringe pump* dan arus negatif dihubungkan ke bagian kolektor. Diagram High Voltage Power Supply dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Diagram High Voltage Power Supply DC

e). *Motor DC*

Bagian komponen kolektor terdiri dari *power supply* adaptor, Modul *PWM Motor Speed Control Potensiometer* 3-35 V, dan Motor DC 8-24 V. *Power supply* adaptor dihubungkan dengan Modul *PWM Motor Speed Control Potensiometer* 3-35 V, kemudian dihubungkan ke Motor DC 8-24 V.



Gambar 12. Diagram *Motor DC*

4. *Pengujian*

Pengujian diawali dengan pembuatan polimer menggunakan serbuk *Polyvinyl Alcohol* (PVA). Serbuk PVA diambil dan ditimbang dengan timbangan digital hingga berat 15 gram untuk pembuatan PVA 15%. PVA dimasukkan pada gelas piala kemudian dimasukkan aquades sebesar 100mL yang telah diukur dengan gelas ukur. Gelas piala yang telah berisi serbuk PVA dan aquades ditempatkan pada *magnetic stirrer hot plate*. *Magnetic stirrer* dinyalakan, disetel dengan kecepatan 300 rpm dan suhu 80° C selama 2 jam.

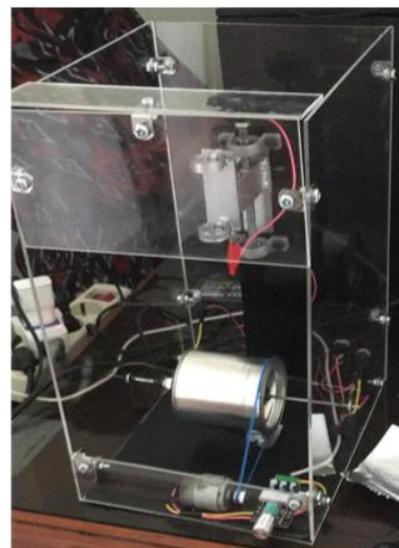
Alat pembuatan *nanofiber* disiapkan dengan kabel *input power supply* dihubungkan pada aliran listrik PLN. Kolektor dilapisi dengan aluminium foil. Larutan PVA 15% dimasukkan pada tabung *syringe pump* sebanyak 10 mL. Kabel capit buaya berwarna merah dihubungkan pada nosel jarum dan yang berwarna hitam dihubungkan pada kolektor. Jarak jarum nosel dengan kolektor disetel dengan jarak 10 cm. Tegangan disetel sebesar 40 kV dengan mengatur potensiometer yang terletak pada *power supply*. Alat dinyalakan dengan menekan saklar *power* pada bagian belakang alat.

3. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

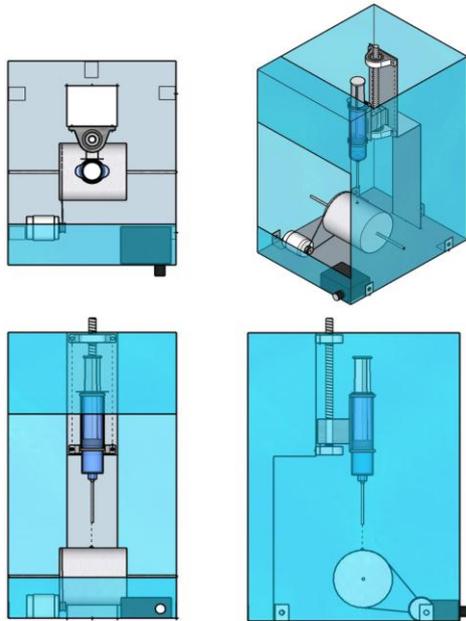
1. *Pembuatan Alat*

Setelah dilakukan desain perancangan dan perakitan alat pembuatan *nanofiber* dengan metode *electrospinning* maka didapat hasil pembuatan sebagai berikut :

Alat yang dibuat menggunakan bahan baku dan komponen yang mudah ditemukan dan dengan harga terjangkau. Walaupun demikian, alat yang dibuat tetap sesuai prinsip dasar dari mekanisme *electrospinning* itu sendiri yaitu *High Voltage Power Supply DC* mengeluarkan arus dengan skala kV (kilo volt) kemudian arus positif dihubungkan pada nosel jarum dan arus negatif dihubungkan pada kolektor. Polimer larutan *Polyvinyl Alcohol* yang berada pada *syringe pump* didorong dengan tekanan tertentu kemudian akan timbul lucutan akibat pengaruh elektrostatis yang terjadi. Hasil pembuatan alat dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Hasil Pembuatan Alat

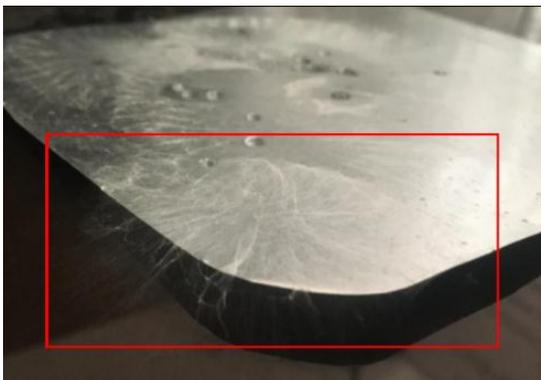


Gambar 14. Desain Isometrik Hasil Pembuatan Alat

Komponen dan material yang digunakan dalam pembuatan alat menggunakan material yang mudah didapatkan. Pemilihan material sebagai komponen pembuat alat menggunakan material yang terjangkau namun tetap dapat digunakan dengan baik. Selain itu, diperhatikan juga jenis dan kualitas dari material yang dipilih agar alat dapat berjalan dengan baik. Proses pembuatan alat sebagian besar dilakukan sesuai perancangan yang telah dilakukan.

2. Hasil Pembuatan Nanofiber PVA

Pengujian alat untuk pembuatan *nanofiber* menggunakan larutan PVA 15% dengan parameter tegangan tinggi 40 kV dan jarak jarum menuju kolektor sebesar 10 cm. *Nanofiber* terkumpul pada kolektor yang telah dilapisi dengan aluminium foil. Hasil pembuatan *nanofiber* dapat dilihat pada Gambar 15 sebagai berikut:



Gambar 15. Hasil Pembuatan Nanofiber PVA.

Gambar 15 menunjukkan bahwa dari alat pembuatan *nanofiber* yang telah dirancang dan dibuat dapat menghasilkan *nanofiber* yang terbentuk seperti membran berwarna putih halus. *Nanofiber* yang tampak pada Gambar 15 terlihat belum homogen dan terdapat banyak tetesan dari larutan PVA yang menetes dan tidak terluccut secara elektrostatik. Untuk memastikan *nanofiber* yang terbentuk, maka dilakukan pengujian mikroskop digital. Untuk menentukan ukuran dari *nanofiber* yang terbentuk, dikomparasikan dengan rambut manusia yang disejajarkan dengan serat pada mikroskop digital. Hasil uji mikroskop dapat dilihat pada Gambar 16 sebagai berikut.



Gambar 14. Hasil Pengujian Nanofiber dengan Mikroskop Digital.

Mikroskop yang digunakan merupakan mikroskop digital dengan merk DinoLite. Hasil dari Gambar 3.10 merupakan hasil mikroskop digital dengan perbesaran sebesar 200x. Gambar 3.10 di atas menunjukkan bahwa ukuran dari *nanofiber* yang terbentuk lebih kecil dari rambut manusia. Menurut Loussouarn dkk., (2016) ukuran diameter rambut manusia di Asia memiliki rata-rata sebesar 84 μm . Berdasarkan hasil uji mikroskop yang terlihat, ukuran penampang *nanofiber* yang terbentuk sudah jauh lebih kecil dari ukuran rambut.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang rancangan bangun alat pembuatan *nanofiber* dengan metode *electrospinning*, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pembuatan alat ini menggunakan metode *electrospinning* dengan bagian utama

- berupa kerangka, *High Voltage Power Supply DC*, *synrge pump* dan collector.
2. Metode *electrospinning* merupakan metode paling sederhana dalam pembuatan *nanofiber*. Bahan yang digunakan dalam pembuatan rancang bangun alat ini menggunakan bahan yang mudah didapatkan dalam kehidupan sehari-hari sehingga alat pembuatan *nanofiber* yang dirancang memiliki kelebihan secara ekonomis (murah).
 3. Hasil pengujian alat pembuatan *nanofiber*, menghasilkan *nanofiber* PVA dengan ukuran kurang dari 84 μ m. Hal ini menunjukkan bahwa *nanofiber* yang dihasilkan sudah atau mendekati ukuran nanometer
- ### DAFTAR PUSTAKA
- [1] Al-Hazeem, N. Z. (2018). Nanofibers and Electrospinning Method. *Intech Open*.
 - [2] Almetwally, A. A., El-Sakhawy, M., Elshakankery, M. H., & M., H. K. (2017). Technology of nano-fibers: Production techniques and properties. *Journal of the Textile Association*.
 - [3] Dalton, P. L. (2011). Electrospun Fibers for Drug Delivery. *Comprehensive Biomaterials, Vol 4*.
 - [4] David, S. (2002). Nanoparticle-based Permanent Treatments for Textiles. *United State Patent*, No 6,607: 994.
 - [5] Kathiervelu, S. (2003). Applications of nanotechnology in fiber finishing. *Synth. Fibres*.
 - [6] Krisnandika, V. E. (2017). Produksi Nanofiber dan Aplikasinya dalam Pengolahan Air. *Institut Teknologi Bandung*.
 - [7] Li, D., & Xia, Y. (2004). Electrospinning of Nanofibers: Reinventing the Wheel? *Advance Materials*.
 - [8] Loussourant, G., Lozano, I., Panhard, S., Collaudin, C., El Rawadi, C., & Genain, G. (2016). Diversity in human hair growth, diameter, colour and shape. An in vivo study on young adults from 24 different ethnic groups observed in the five continent. *L'OREAL Research and Innovation*.
 - [9] Marno, Widiyanto, E., Sunarjo, J., & Santosa, A. (2018). Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning sebagai Teknologi dalam Pembuatan Nanofiber. *INVOTEK, Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*.
 - [10] Park, J.-S. (2010). Electrospinning and its applications. *Advances in Natural Sciences*
 - [11] Patra, J. K., & Goudra, S. (2013). Application of nanotechnology in textile engineering: An overview. *Journal of Engineering and Technology Research*.
 - [12] Putra, R. A. (2015). *Analisa Beban Tidak Seimbang Pada Transformator 400 kVa 11,5 Kv/400 V*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
 - [13] Ropikoh, S. U. (2019). Sintesis Nanofiber Kitosan/Polyvinil Alkohol Dengan Metode Electrospinning: Kajian Viskositas Larutan. *Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor*.
 - [14] Shi, X., Zhou, W., Ma, D., Ma, Q., Bridges, D., Ma, Y., & Hu, A. (2015). Electrospinning of Nanofibers and Their Applications for Energy Devices. *Journal of Nanomaterials*.
 - [15] Sun, Y., Cheng, S., Lu, W., Wang, Y., Zhang, P., & Yao, Q. (2019). Electrospun Fibers and Their Application in Drug Controlled Release, Biological Dressings, Tissue Repair, and Enzyme Immobilization. *Royal Society of Chemistry*.
 - [16] Teo, W. E. (2017). Electrospinning for Nanofiber Production Across Materials Classes. *Electrospin Tech*.
 - [17] Widodo, M. (2004). Aplikasi Nanoteknologi di Bidang Tekstil. *Kumpulan Makalah Seminar Mahasiswa*
 - [18] Zuliyanto, A. (2017). Desain Sistem Teknologi Tesla Coil Untuk Beban Lampu. *Fakultas Teknik Elektro-Universitas Muhammadiyah Surakarta*.