

Pemanfaatan Komponen Transformator Step Up (Flyback) untuk Perancangan Electrospinning dengan pengaturan Mikrokontroler Arduino

Deden Komaludin¹

¹ Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Subang, Indonesia

Kata kunci:

Flyback, Arduino,
Tegangan Tinggi,
Nanofiber.

Email penulis:

dedenkomaludin@gmail.com

Abstract

Perkembangan nanoteknologi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir ini sangat berdampak pada perkembangan berbagai industri. Material dapat disusun dalam orde atom per-atom atau per-molekul menggunakan nanoteknologi. Salah satu bidang nanoteknologi yang banyak dikembangkan adalah teknologi electrospinning. Sistem electrospinning terdiri atas sumber tegangan tinggi DC (kV), tabung syringe, jarum dengan diameter kecil dan collector dari logam. Berubahnya teknologi pertelevisian ke arah hemat energi maka televisi yang menggunakan sistem tabung hampa banyak ditinggalkan. Pemanfaatan salahsatu komponen utama dari televisi tabung hampa dapat digunakan untuk pembuatan Electrospinning. Sehingga tidak ada teknologi yang terbuang.

Dalam penelitian ini akan dirancang electrospinning dengan desain syringe pump yang dapat bergerak right-left serta dua tipe collector yaitu plat (stand) dan drum (dapat berputar), yang diharapkan mampu memanfaatkan sisa spare part televisi sistem tabung yaitu transformator step up (Flyback).

Pengujian yang dilakukan terhadap mesin Electrospinning adalah dengan mengatur frekuensi menggunakan mikrokontroler Arduino dan keypad. Salah satu bentuk pengujian keberhasilan pembuatan electrospinning adalah dengan menggunakan cairan nanofiber Polivinil Alkohol (PVA) untuk material ujinya.

1. Pendahuluan

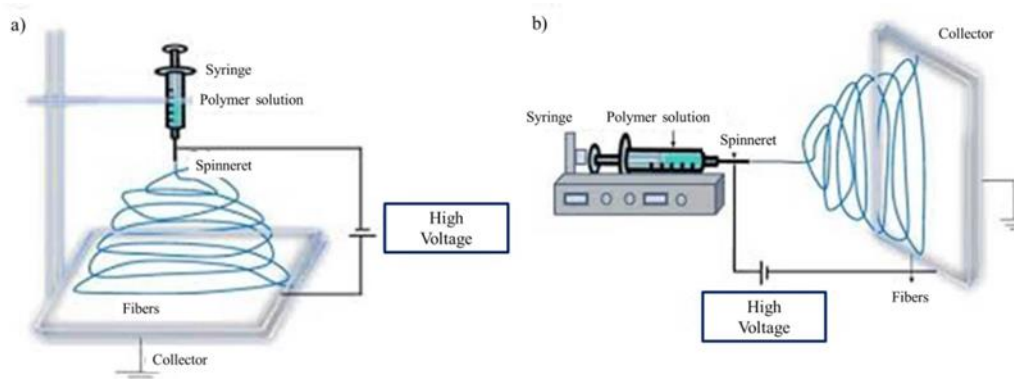
Perkembangan nanoteknologi yang pesat dalam beberapa tahun terakhir ini sangat berdampak pada perkembangan berbagai industri. Nanoteknologi merupakan pembuatan dan penggunaan materi pada skala 1-100 nm, dimana material disusun dalam orde atom per-atom. Salah satu nanoteknologi yang sedang banyak dikembangkan adalah pembuatan serat nano (nanofiber). Nanofiber didefinisikan sebagai serat yang memiliki diameter 100-500 nm [1]. Nanofiber memiliki sifat yang sangat khas, yaitu sangat kuat, rasio permukaan terhadap volume yang besar dan berpori. Sifat-sifat tersebut menjadikan nanofiber menjadi material yang sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan pada berbagai bidang industri, seperti industri tekstil, komposit, otomotif, kertas, elektronik, optik, pertanian, kosmetik, kesehatan, kedokteran, olah raga dan farmasi [2-10]. Pembuatan nanofiber dapat dilakukan dengan cara *drawing*, *template synthesis* dan *electrospinning*. Metode yang sampai saat ini terus dikembangkan adalah *electrospinning*.

Proses electrospinning menggunakan larutan polimer yang disiapkan pada tabung semprot (syringe) kemudian dilewatkan melalui sebuah lubang spinnered (jet) dengan ujung kecil dan ditarik dengan medan listrik tegangan tinggi arus searah. Larutan yang ditarik oleh medan listrik berbentuk droplet/jet karena pengaruh tegangan permukaan. Jet tersebut bergerak menuju kolektor dan pada bagian ini serat nano akan terkumpul. Keunggulan dari electrospinning yaitu proses mudah, mampu mengendalikan morfologi, keseragaman, porositas dan menghasilkan nanofiber yang cukup panjang (kontinu), namun tingkat produksinya masih rendah. Keunggulan teknologi ini memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai mesin pembuat serat mikro-nano dalam skala besar [2].

Teknologi ini relatif baru yang dapat diamati dari publikasi ilmiah internasional yang terus meningkat dari tahun 2000 kurang dari 100, hingga tahun 2007 menjadi lebih dari 500 publikasi dengan prosentase terbesar yang masih dikuasai oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Korea dan China [2]. Hal ini membuka peluang bangsa Indonesia untuk berkompetisi ditingkat Internasional. Penguasaan

teknologi nano khususnya electrospinning akan menempatkan Indonesia sejajar dengan negara-negara maju dalam mengembangkan nanofiber dan aplikasinya sesuai dengan kebutuhan bangsa.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan dirancang dan dibuat mesin electrospinning dengan desain syringe pump yang dapat bergerak right-left serta dua tipe collector yaitu plat (stand) dan drum (dapat berputar). Desain dan pengembangan mesin electrospinning dilakukan dengan menggunakan bahan baku dan komponen lokal yang mudah didapat di wilayah Kabupaten Karawang. Pengujian mesin dilakukan dalam pembuatan nanofiber Polivinil Alkohol (PVA).



Gambar 1. Skema electrospinning: a) vertikal dan b) horizontal [4]

Berdasarkan Gambar 1, suatu cairan polimer dimasukkan ke dalam jarum suntik kemudian ditempatkan pada syringe dengan laju konstan. Selanjutnya tegangan tinggi pada tingkat 5-30 kV diaplikasikan pada jarum. Larutan polimer berkembang membentuk kerucut, yang disebut dengan kerucut Taylor. Pancaran fluida dikeluarkan dan dipercepat menuju collector dasar. Ketika bergerak ke collector, 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 [3].

Parameter yang berpengaruh pada proses electrospinning adalah beberapa faktor luar yang memengaruhi kondisi electrospinning jet, diantaranya meliputi tegangan masukan, feedrate, suhu dari larutan, dan jarak antara jarum ke kolektor. Parameter tersebut memiliki peranan berbeda dalam memengaruhi sifat morfologi dari serat yang terbentuk meskipun kurang signifikan jika dibandingkan dengan parameter larutan.

a. Tegangan Masukan

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. Tegangan yang dibutuhkan agar terbentuknya taylor cone akan meningkat bergantung pada feedrate dari larutan. Jika tegangan yang digunakan lebih besar akan menyebabkan jumlah muatan yang mendesak jet untuk bergerak lebih cepat dan lebih banyak volume dari larutan yang terbentuk pada ujung jarum. Hal tersebut dapat menghasilkan taylor cone yang lebih kecil dan kurang stabil [5]. Ketika jumlah larutan yang terbentuk pada kolektor lebih banyak dibandingkan dengan sumber, maka taylor cone akan menyusut masuk ke dalam jarum. Tegangan masukan dan medan listrik memiliki dampak pada regangan dan percepatan dari electrospinning jet, tegangan masukan yang lebih tinggi akan meningkatkan regangan dari larutan akibat gaya coulomb yang besar pada electrospinning jet yang besarnya sama dengan besarnya medan listrik yang terbentuk [5].

b. Feedrate

Feedrate merupakan jumlah larutan yang bergerak melewati jarum akibat adanya dorongan pada syringe per satuan waktu. Feedrate akan berpengaruh pada jumlah ketersediaan larutan pada ujung jarum untuk melakukan proses electrospinning. Ketika feedrate dari proses electrospinning meningkat maka diameter fiber ataupun ukuran beads yang terbentuk pun akan meningkat [5].

c. Temperature

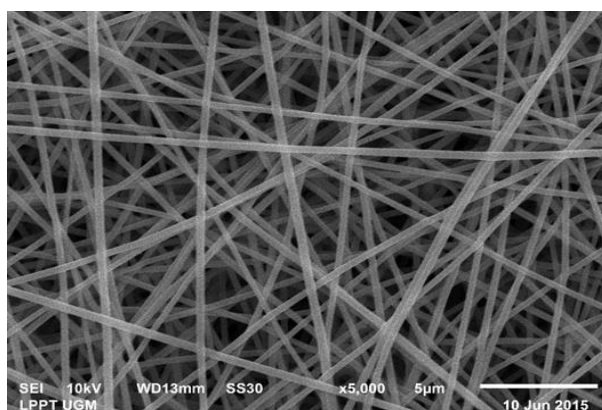
Suhu (temperature) dari larutan memiliki dampak dalam meningkatkan tingkat evaporasi dan menurunkan viskositas dari larutan polimer. Dengan menurunnya viskositas dari larutan polimer akibat kenaikan suhu, maka akan mengakibatkan penurunan pada diameter fiber yang terbentuk [5].

d. Jarak antara jarum menuju kolektor

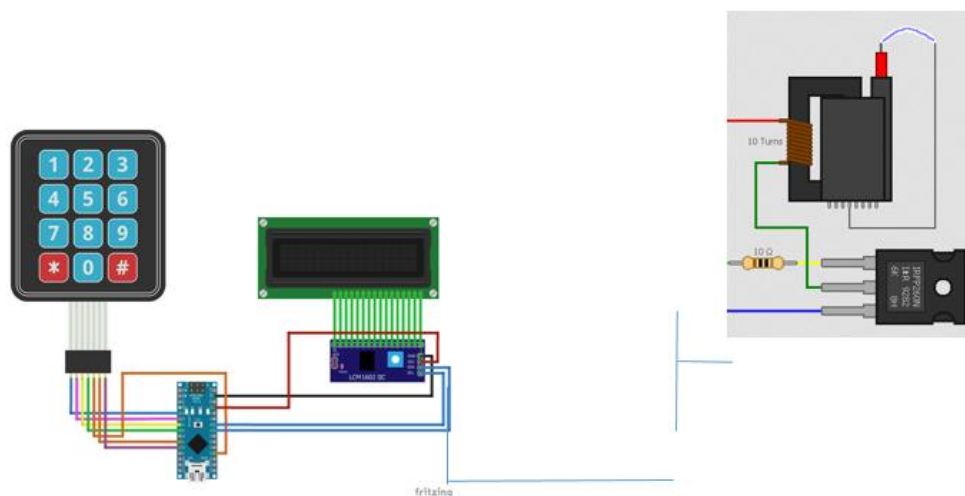
Pada beberapa keadaan waktu tempuh dan kuat medan listrik akan berpengaruh pada proses electrospinning dan fiber yang terbentuk. Modifikasi dari jarak antara jarum dengan kolektor akan memberikan dampak pada waktu tempuh dan kuat medan listrik pada proses electrospinning. Agar fiber dapat terbentuk secara sempurna maka electrospinning jet harus memiliki waktu yang cukup untuk menuju kolektor agar pelarut dapat menguap selama proses terjadi. Ketika jarak antara jarum dan kolektor terlalu dekat maka waktu tempuh menjadi semakin sedikit sementara itu medan listrik yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut menyebabkan pelarut tidak menguap sempurna ketika telah sampai pada kolektor [5].

e. Parameter Lingkungan

Ada beberapa parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi proses electrospinning. Pada tingkat kelembaban yang tinggi menyebabkan perubahan morfologi pada polimer dengan pelarut yang mudah menguap. Tipe dari udara lingkungan juga dapat mempengaruhi proses electrospinning. Setiap gas memiliki perilaku yang berbeda di bawah pengaruh medan elektrostatis. Helium akan menerobos medan elektrostatis yang ada dan dengan demikian proses electrospinning tidak akan terjadi. Pada tingkat tekanan yang sangat rendah, electrospinning tidak dapat dilakukan karena terjadi direct discharge pada muatan listrik [5].



Gambar 2. Image nanofiber PVA hasil electrospinning (LPPT UGM)



Gambar 3. Rancangan Arduino Untuk Alat Uji Kekerasan [3]

2. Metode Penelitian

Penelitian memakai dua metode, yaitu metode studi literatur dan metode eksperimen. Metode studi literatur pada penelitian ini adalah mencari data, bahan dan penelitian sebelumnya mengenai teori uji keras metode rockwell. Metode eksperimen yang dimaksud adalah merancang, merakit dan menguji alat, untuk jenis penelitian adalah kualitatif, pendekatan yang digunakan deduktif, Unit analisis hasil uji coba material, sumber data (literatur, jurnal nasional).

2.1. Lokasi penelitian

Pengujian dilaksanakan bertempat di Laboratorium Produksi Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang. Dan untuk perakitan dilakukan di laboratorium milik pribadi.

2.2. Tahapan Penelitian

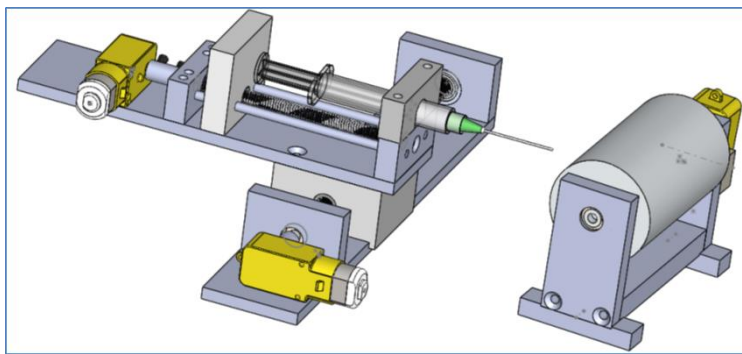
2.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi kajian pustaka mengenai proses pembuatan mesin electrospinning dan aplikasinya dalam mensistesis nanofiber. Tahap selanjutnya yaitu persiapan alat dan bahan. Bahan dan peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- Mempersiapkan Mekanis / Rangka Electrospinning
- Trafo flyback dan rangkaian step up (High Voltage DC Power Supply)
- Kabel penghubung
- Suntikan dan jarum suntik
- Penggaris, gunting, pinset
- Aluminium foil, double tip, kaca preparat (substrat nanofiber)
- Bahan Uji : Polivinil Alkohol (PVA), aquades, beker glass, botol sampel dan magnetic hot plate stirrer

2.2.2 Tahap Perancangan dan Perakitan

Sistem electrospinning dirancang dengan desain syringe pump yang dapat bergerak right-left serta dua tipe collector yaitu plat (stand) dan drum (dapat berputar).



Gambar 4. Rangka Mekanis Electrospinning.

2.2.3 Tahap Pengujian

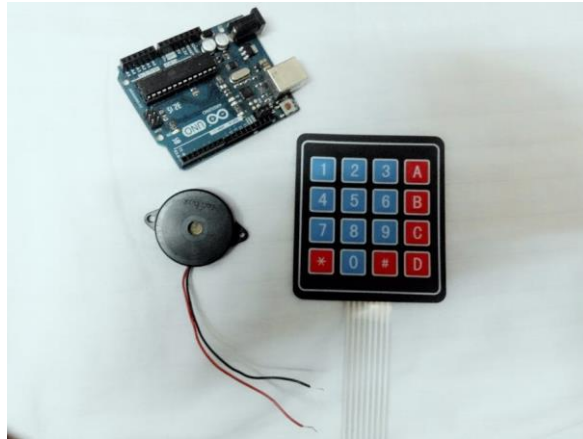
Mesin electrospinning yang telah selesai dibuat selanjutnya dilakukan pengujian untuk memproduksi nanofiber. Nanofiber dibuat menggunakan bahan yang banyak dipakai dan diteliti yaitu PVA. Serbuk PVA 1.494 gram dilarutkan ke dalam 10 ml aquades yang sebelumnya telah dipanaskan pada suhu 90 oC, kemudian diaduk menggunakan magnetic hot plate stirrer hingga homogen. Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam suntikan, dan siap dilakukan proses electrospinning. Nanofiber yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi menggunakan mikroskop optik dan SEM untuk mengetahui ukuran diameter fiber.

3. Hasil dan Pembahasan

3.2. Bentuk Rancangan

Untuk perancangan, kebutuhan bahan dan sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Buzzer
- Keypad
- Display LCD 2x16
- Mikrokontroler Arduino Uno



Gambar 5. Bahan Komponen.

3.3. Pengujian

Teknik Pengujian dilakukan dilakukan dengan berbagai cara. Pertama, dengan cara drawing, yaitu teknik pembuatan nanofiber dengan menyentuhkan mikropipet pada droplet dan menariknya. Kedua, dengan cara template synthesis, yaitu pembuatan nanofiber dengan menekan larutan polimer pada celah membran yang kecil untuk menghasilkan nanofiber. Ketiga, dengan cara electrospinning, yaitu pembuatan nanofiber dengan memberi muatan pada larutan polimer yang kemudian dijatuhkan dari pipet di dalam daerah bermuatan listrik tinggi.



Gambar 6. Electrospinning

Gambar 6 menunjukkan contoh alat electrospinning. Electrospinning adalah alat yang digunakan untuk membuat serat nano. Dengan alat tersebut kita dapat membuat serat dengan diameter antara 2 nm sampai 50 nm. Pengujian menggunakan prekursor berupa larutan polimer yang disiapkan pada tabung semprot (syringe) dengan kecepatan penyemprotan yang dapat diatur oleh pompa secara konstan (metering pump). Lalu larutan tersebut dilewatkan melalui sebuah nozzle/ lubang spinnered (Jet) dengan ujung kecil dan ditarik dengan medan listrik tegangan arus searah (direct current/DC) yang berkekuatan sekitar 30 kVA. Larutan pada ujung nozzle ditarik oleh medan listrik berbentuk droplet/jet karena pengaruh tegangan permukaan. Jet tersebut bergerak menuju kolektor dan pada bagian ini serat nano terkumpul. Kolektor tersebut dapat berbentuk bidang datar atau dalam bentuk silinder yang dapat berputar secara konstan. Jarak antara nosel pemintal dan kolektor umumnya bervariasi dari 15 – 30 cm. Proses ini dapat dilakukan pada suhu kamar kecuali diperlukan panas untuk menjaga polimer dalam keadaan cair. Sifat akhir serat tergantung pada jenis polimer dan kondisi operasi.

3.3. Hasil Uji

Pengujian keluaran dari flyback transformator dilakukan lima titik, yaitu: 5 kV, 10 kV, 15 kV, 20 kV dan 25 kV sesuai dengan langkah yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode tegangan pembagi menggunakan multimeter digital Fluke 112 dan resistor 1 M Ω yang dipasang secara seri sebanyak 10 buah. Pengujian ini dilakukan karena keterbatasan perangkat pengujian sehingga digunakan metode pembagi tegangan. Pada Tabel 1, ditunjukkan hasil tegangan yang terukur pada multimeter untuk pembacaan resistor untuk tiap langkah tegangan dalam skala.

Tabel 1. Pembacaan multimeter digital fluke 112 pada sebuah resistor

Tegangan Tinggi (kV)	Resistor (kOhm)
5	50 \pm 0.1
10	100 \pm 0.1
15	150 \pm 0.1
20	200 \pm 0.1
25	250 \pm 0.1

Dari Tabel 1, menunjukkan penggunaan IC 555 sebagai *oscillator* mampu memicu transistor driver 2SC2383 dan D2499 untuk memicu flyback transformator yang menghasilkan tegangan tinggi sesuai dengan langkah skala yang sudah ditetapkan. Susunan rangkaian peralatan electrospinning yang dibangun ditunjukkan pada Gambar 6. Susunan yang dibuat secara vertikal, dengan harapan gaya dorong terhadap larutan dapat terbantu oleh gaya gravitasi. Konektor pembangkit tegangan tinggi dikoneksikan ke ujung spinneret, dan konektor ground dikoneksikan ke kolektor yang terbuat dari aluminium foil. Peralatan pada Gambar digunakan untuk pembuatan nanofiber polycarbosilane. Parameter tegangan dan jarak yang memperoleh mat nanofiber yang cukup baik yaitu pada tegangan 15 kV dan jarak antara ujung spinneret dengan kolektor sejauh 10 cm. Jarak yang terlalu jauh memerlukan tegangan yang lebih tinggi supaya dapat terlontar keluar spinneret, akan tetapi larutan lebih cepat mengeras. Sedangkan pada jarak yang terlalu dekat, larutan belum cukup waktu untuk mengeras, sehingga saat sampai di kolektor, larutan belum menguap dan mengeras sempurna.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada makalah ini yaitu sebagai berikut :

1. Pembangkit tegangan tinggi DC yang dibangkitkan menggunakan flyback transformator.
2. Tegangan tinggi dapat divariasikan dari 0 sampai 25 kV dengan langkah 5 kV pada frekuensi 15,625 Hz.
3. Sebagai pembangkit tegangan tinggi DC pada sistem electrospinning telah mampu digunakan untuk menghasilkan jaring-jaring benang nanofiber silikon karbida dari prekursor polycarbosilane dapat dibentuk pada tegangan 15 V pada jarak 10 cm.
4. Hasil dari proses sistem electrospinning untuk prekursor polimer lainnya dapat digunakan untuk bahan isolator, filter dan lain-lain

Daftar Pustaka

- [1] Subbiah T. et.al, 2005. Electrospinning of Nanofiber, Journal of Applied Polymer Science, 2005, 96, 557-569.
- [2] He, J. H., Y. Liu, L. F. Mo, Y. Q. Wan, dan L. Xu. 2008. Electrospun Nanofibers and Their Applications. Shawbury, shrewsbury, Sropshire, SY4-4NR, UK: iSmithers e-Book.
- [3] Pickett, A.N., 2012. Electrospinning Applications in Mechanochemistry and Multifunctional Hydrogel Materials
- [4] Junaedi & Nurmayady, D., 2012. Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Direct Current pada Sistem Electrospinning. ISSN 1979-2409.
- [5] Ramakrishna, S., Fujihara, K., Teo, W.-E. & Lim, T.-C., 2005. An Introduction to Electrospinning and Nanofibers. Singapore: World Scientific Publisher.