

# Rancang Bangun Sistem Catu Daya dengan Metode *Switching Mode Power Supply* (SMPS) Berbasis Arduino Untuk Aplikasi *Electrospinner*

Khoirul Effendi<sup>(a)\*</sup>, Junaidi<sup>(b)</sup>, Sri Wahyu Suciwati<sup>(c)</sup>

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia 35141  
email: <sup>(a)\*</sup>fendibm27@gmail.com, <sup>(b)</sup>junaidi.1982@fmipa.unila.ac.id, <sup>(c)</sup>sri.wahyu@fmipa.unila.ac.id

Diterima (30 September 2019), Direvisi (17 Januari 2020)

**Abstract.** Research about power supplies has been developed for various requirement. The power supply is used to supply electronic devices and laboratory-scale equipment, one of which is electrospinner. Electrospinner is an instrument used to make nanofibers consisting of several components, namely: power supply, high voltage, syringe pump, and collector drum. Electrospinner requires a stable supply of voltage so that the system can work well and requires a lot of voltage supply to supply components from the electrospinner. Arduino-based switching mode power supply (SMPS) is designed in this research. Arduino-based SMPS makes it possible to produce a stable supply with many outputs. Arduino as a PWM generator is used to control the power supply output voltage based on duty cycle. The results of the study addressed the duty cycle affecting the output of the power supply. The output voltage generated by the power supply can be set from 0-100 V with an accuracy of 98.19%, an error of 1.81% and a precision of 0.02% which is stated by the variation of the coefficient. The power supply produced also has an extra output voltage of 15 VCT and 15 V.

**Keywords:** Electrospinner, Power Supply, Pulse Width Modulation, Switching Mode Power Supply

**Abstrak.** Penelitian tentang catu daya banyak dikembangkan untuk berbagai kebutuhan. Catu daya digunakan untuk menyuplai piranti elektronika maupun alat-alat dalam skala laboratorium, salah satunya adalah *electrospinner*. *Electrospinner* merupakan instrumen yang digunakan untuk membuat serat nano yang terdiri dari beberapa komponen yaitu: catu daya, tegangan tinggi, *syringe pump*, dan *collector drum*. *Electrospinner* memerlukan suplai tegangan yang stabil agar sistem dapat bekerja dengan baik dan membutuhkan banyak suplai tegangan untuk menyuplai komponen dari elektrospinner. Pada penelitian ini dirancang catu daya dengan metode *switching mode power supply* (SMPS) berbasis arduino. SMPS berbasis arduino memungkinkan untuk menghasilkan catu daya dengan keluaran stabil dan mempunyai banyak keluaran. Arduino sebagai pembangkit PWM digunakan untuk mengontrol tegangan keluaran catu daya berdasarkan *duty cycle*. Hasil penelitian menunjukan *duty cycle* mempengaruhi keluaran dari catu daya. Tegangan keluaran yang dihasilkan catu daya dapat diatur dari 0-100 V dengan akurasi alat sebesar 98,19%, *error* sebesar 1,81% dan presisi sebesar 0,02% yang dinyatakan dengan koefisien variasi. Catu daya yang dihasilkan juga memiliki tegangan keluaran ekstra sebesar 15 VCT, dan 15 V.

**Kata kunci:** Catu Daya, *Electrospinner*, Pulse Width Modulation, Switching Mode Power Supply

## PENDAHULUAN

*Electrospinner* merupakan instrumen yang digunakan untuk membuat serat nano dengan memanfaatkan pengaruh medan listrik dalam menghasilkan pancaran larutan atau lelehan polimer bermuatan listrik.

*Electrospinner* terdiri dari beberapa komponen, yaitu catu daya, *high voltage*, *syringe pump*, *collector plat* dan *collector drum*. Catu daya berfungsi sebagai penyuplai daya untuk *high voltage*, *syringe pump*, dan *collector drum* [1]. *High voltage* digunakan untuk menghasilkan medan

elektrostatik atau gaya coulomb pada larutan yang dikeluarkan oleh *syring pump*. Proses ini menghasilkan serat nano yang nantinya akan ditangkap oleh *collector* [2]. *High voltage* memerlukan suplai tegangan sebesar 24 VDC [3], *syringe pump* dan *collector drum* memerlukan suplai tegangan sebesar 12 VDC [4, 5]. Catu daya dapat dibuat dengan menggunakan metode linier dan pensaklaran atau *switching mode power supply* (SMPS) [6, 7].

Metode SMPS memungkinkan untuk menghasilkan tegangan dan arus keluaran lebih tinggi dan mempunyai kestabilan yang baik [8, 9, 10] SMPS juga memiliki ukuran yang lebih kecil dan berat yang lebih ringan dibandingkan dengan catu daya linier [11]. SMPS memiliki beberapa jenis topologi konverter, diantaranya: *flyback converter*, *forward converter*, *half bridge converter*, *full bridge converter*, dan *push-pull converter* [12]. Masing-masing topologi memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada penelitian ini menggunakan topologi *flyback converter*. *Flyback converter* merupakan tipe topologi konverter berdaya rendah yang dapat menghasilkan beberapa keluaran dengan efisiensi tinggi dan memiliki desain rangkaian yang sederhana dibandingkan dengan topologi konverter yang lainnya [13].

Pada penelitian ini dibuat catu daya dengan metode SMPS berbasis arduino untuk aplikasi *electrospinner*. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk membuat catu daya yang memiliki beberapa keluaran tegangan, dengan tegangan keluaran yang dapat diatur dari 0-100 VDC dengan menggunakan arduino. Catu daya yang akan dibuat juga memiliki tingkat akurasi dan stabilitas yang tinggi. Pada penelitian ini juga menganalisis hubungan jumlah lilitan dan diameter kawat pada trafo terhadap keluaran dari SMPS.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya: perancangan

perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), dan pengujian alat.

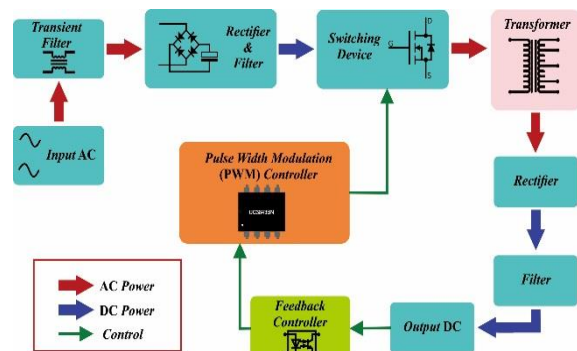
## Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan blok SMPS dan sistem kontrol.

### 1. Perancangan SMPS

Perancangan SMPS secara garis besar ditunjukkan oleh diagram blok pada **Gambar 11**. Blok SMPS terdiri dari *input AC*, filter awal, penyearah, pembangkit sinyal PWM, *switcher*, *transformer*, penyearah akhir, filter akhir, *output*, dan *feedback controller*.

SMPS bekerja dengan menggunakan tegangan masukan PLN 220 VAC, dengan frekuensi yang sama dengan sumber PLN yaitu 50 Hz. Tegangan masukan AC difilter untuk menghilangkan noise dan diubah menjadi tegangan DC dengan menggunakan dioda penyearah jembatan (*bridge*). Tegangan hasil penyearahan kemudian difilter menggunakan kapasitor untuk menghilangkan *noise* atau *ripple* hasil penyearahan. Tegangan yang telah difilter oleh kapasitor akan diteruskan ke *switcher*. Pada *switcher* ini tegangan akan mengalami proses *switching* sehingga tegangan DC murni dari hasil penyearah akan menghasilkan tegangan yang mempunyai frekuensi tinggi akibat proses *switching* yang dilakukan secara cepat.



**Gambar 1.** Diagram blok SMPS

Proses *switching* dikendalikan oleh IC UC3843BN sebagai pembangkit pulsa PWM. Tegangan yang telah mengalami proses *switching* diteruskan ke *transformer*. Pada *transformer* tegangan akan diturunkan sesuai dengan keluaran yang diinginkan. Tegangan keluaran dari *transformer* memiliki karakteristik AC, sehingga perlu disearahkan lagi menggunakan dioda penyearah. Setelah disearahkan tegangan kembali difilter menggunakan kapasitor, dan hasil filter menjadi *output* dari SMPS. *Output* kemudian diberikan *feedback controller* untuk proteksi dari hubungan singkat (*short*) dengan menggunakan optocoupler PC817. Desain rangkaian yang digunakan untuk membuat SMPS ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Dalam perancangan SMPS terdapat perhitungan untuk menentukan jumlah lilitan yang digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran sesuai kebutuhan. Berikut langkah-langkah untuk menentukan jumlah lilitan yang digunakan.

### 1.1 Menentukan tegangan masukan

$$V_{DC} = \sqrt{2} \times V_{AC} \quad (1)$$

Dimana  $V_{DC}$  = tegangan DC hasil penyearahan (V), dan  $V_{AC}$  = tegangan masukan AC (V).

### 1.2 Menentukan arus masukan

$$I_{in-av(max)} = \frac{P_{out}}{(Effisiensi \times V_{in(min)})} \quad (2)$$

$$I_{pk} = \frac{5 \times P_{out}}{V_{in(min)}} \quad (3)$$

Dimana  $I_{in-av(max)}$  = rata-rata arus masukan maksimum (A),  $P_{out}$  = daya keluaran (W), *Effisiensi* = efisiensi topologi *flyback* (80-90%),  $V_{in(min)}$  = tegangan DC minimum (V), dan  $I_{pk}$  = arus puncak (A).

### 1.3 Menentukan induktansi lilitan primer

$$L_{primer} = \frac{\partial_{max} \times V_{in(min)}}{I_{pk} \times f_{max}} \quad (4)$$

Dimana  $L_{primer}$  = induktansi primer (H),  $\partial_{max}$  = *duty cycle* (%),  $f_{max}$  = frekuensi maksimum (Hz).

### 1.4 Menentukan celah (gap) trafo dan kerapatan fluks magnetik

$$l_g = \frac{0,4\pi \times L_p \times I_{pk}^2 \times 10^8}{A_e \times B_{max}^2} \quad (5)$$

$$B_{max} = \frac{B}{2\sqrt{2}} \quad (6)$$

Dimana  $l_g$  = celah inti ferit (cm),  $A_e$  = *core area* ferit (cm<sup>2</sup>),  $B_{max}$  = kerapatan fluks magnetik maksimum (Gauss),  $B$  = kerapatan fluks magnetik (Gauss).

### 1.5 Menentukan lilitan primer

$$N_{primer} = 1000 \sqrt{\frac{L_p}{A_L}} \quad (7)$$

Dimana  $N_{primer}$  = lilitan primer (lilit),  $A_L$  = faktor induktansi (nH).

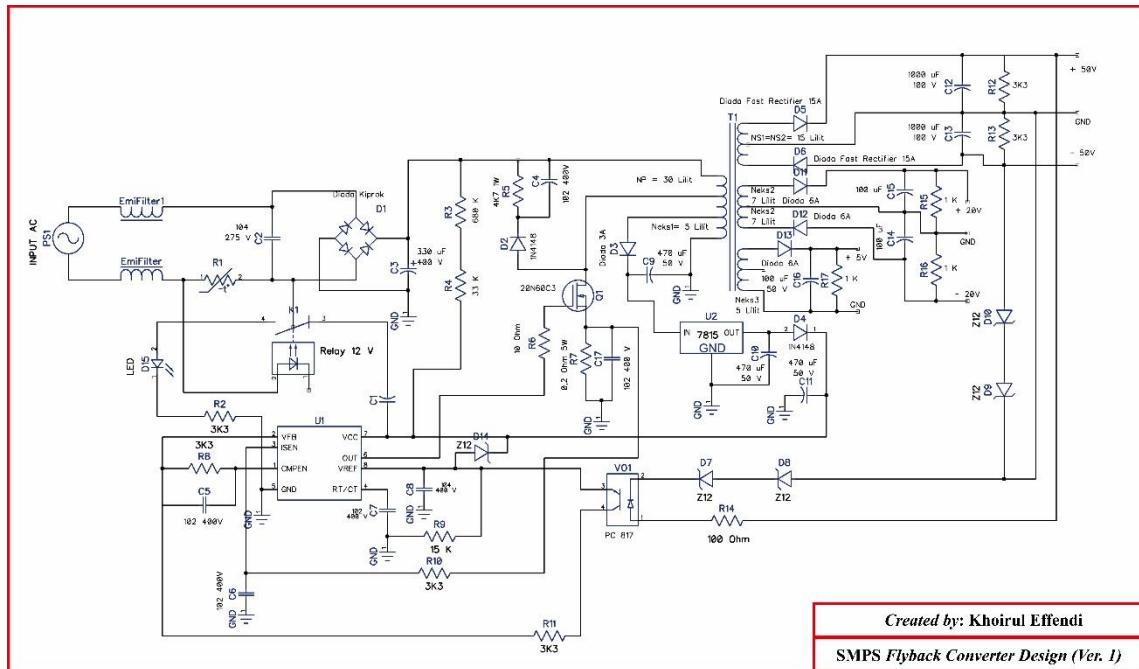
### 1.6 Menentukan lilitan sekunder

$$N_{sec} = \frac{(V_{out} + V_{fwd})(1 - \partial_{max})}{\partial_{max} \times V_{in(min)}} \times N_p \quad (8)$$

Dimana  $N_{sec}$  = lilitan sekunder (lilit),  $V_{out}$  = tegangan keluaran (V),  $V_{fwd}$  = tegangan dioda penyearah (V) [14].

## 2. Perancangan Sistem Kontrol

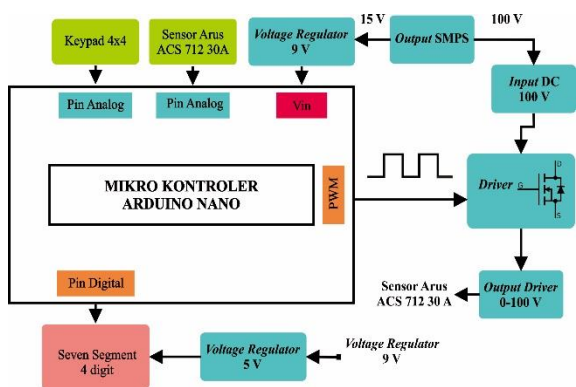
Perancangan sistem kontrol secara garis besar ditunjukkan oleh diagram blok pada **Gambar 3**. Blok sistem kontrol terdiri dari



Gambar 2. Rangkaian SMPS dengan topologi *flyback converter*

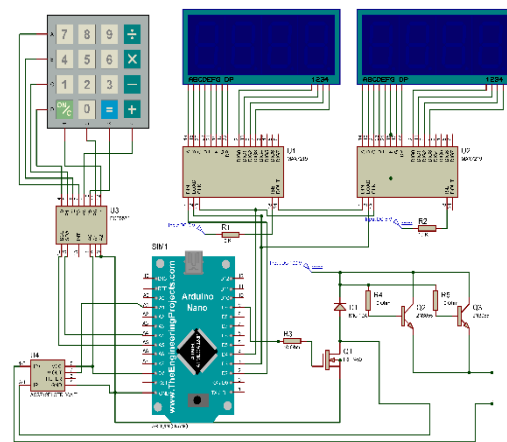
*voltage regulator*, *driver control*, mikrokontroler arduino, *keypad 4x4*, sensor arus ACS712 30 A, dan *seven segment 4 digit*.

Pada sistem kontrol arduino berfungsi sebagai pembangkit pulsa PWM berdasarkan nilai masukan dari *keypad 4x4*. PWM kemudian akan diteruskan ke *driver* untuk mengontrol tegangan keluaran dari 0-100 V. *Driver* sistem kontrol menggunakan MOSFET tipe IRFP 450 sebagai saklar untuk mengatur tegangan keluaran berdasarkan nilai masukan PWM. Nilai masukan PWM dari *keypad* ke Arduino, akan dibandingkan dengan hasil pengukuran tegangan keluaran.



Gambar 3. Diagram blok sistem kontrol

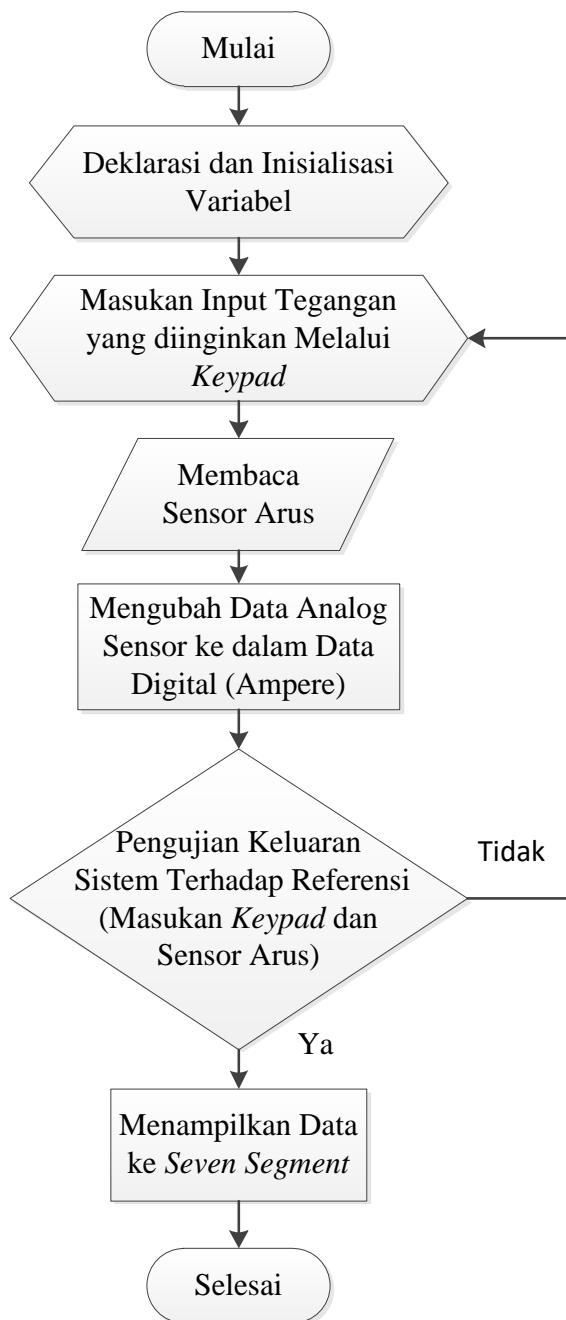
Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran sebenarnya. Pada *driver* sistem kontrol juga terdapat transistor tipe 2N3055 yang digunakan sebagai pembagi arus masukan. Selain untuk mengontrol nilai masukan PWM, arduino juga berfungsi untuk mengolah data analog hasil bacaan sensor arus. Hasil tegangan dan arus keluaran kemudian akan ditampilkan pada *seven segment 4 digit*. Desain rangkaian sistem kontrol ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian sistem kontrol

**Perancangan Perangkat Lunak (Software)**

Perancangan perangkat lunak dibuat dengan aplikasi arduino. Arduino berfungsi untuk membuat dan mengolah program yang akan dimasukkan ke *board* arduino nano. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Diagram alir program

**Pengambilan dan Pengujian Data**

Proses pengambilan dan pengujian data dilakukan dengan menjalankan seluruh sistem baik *hardware* maupun *software*, dengan harapan dihasilkan catu daya atau SMPS yang mempunyai tegangan keluaran yang dapat diatur dari 0-100 V. Pengambilan dan pengujian data meliputi: pengaruh jumlah lilitan dan diameter kawat terhadap keluaran SMPS, tegangan masukan terhadap tegangan keluaran, dan stabilitas keluaran SMPS.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Realisasi Catu Daya dengan metode SMPS Berbasis Arduino**

Telah direalisasikan rancangan catu daya dengan metode SMPS berbasis arduino untuk aplikasi *electrospinner*. Catu daya yang telah direalisasikan mempunyai beberapa keluaran, yaitu: tegangan yang dapat diatur dari 0-100 V dengan arus maksimum 7,3 A, kemudian tegangan ekstra 15 VCT dengan arus maksimum 5,5 A, dan 15 V dengan arus maksimum 0,44 A. Tegangan 0-100 V digunakan untuk menyuplai *high voltage* yang membutuhkan masukan tegangan DC sebesar 24 V [3]. Kemudian untuk tegangan ekstra 15 VCT digunakan untuk menyuplai *syring pump* dan *collector* [4, 5]. Sedangkan untuk tegangan 15 V digunakan untuk menyuplai sistem kontrol. Realisasi catu daya dengan metode SMPS berbasis arduino ditunjukkan pada **Gambar 6**.

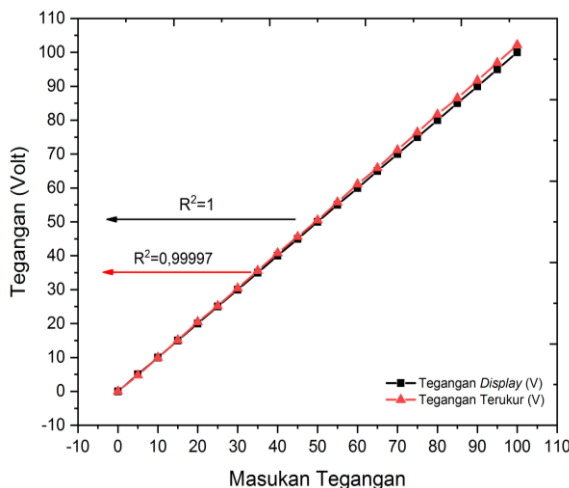


**Gambar 6.** Realisasi catu daya dengan metode SMPS berbasis arduino

### Pengujian Masukan Tegangan terhadap Tegangan Keluaran

Proses pengujian masukan tegangan terhadap tegangan keluaran dilakukan dengan memasukkan nilai tegangan pada sistem kontrol dengan menggunakan *keypad* dari 0-100 V dengan interval 1. Pada masing-masing tegangan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Proses pengulangan dilakukan dengan arah yang berlawanan dimana pengulangan 1, 3 dan 5 diukur dari minimum (0) sampai maksimum (100) sedangkan pengulangan 2 dan 4 diukur dari maksimum ke minimum. Fungsinya adalah untuk melihat penyimpangan yang mungkin terjadi ketika dilakukan pengukuran dari dua arah berlawanan atau disebut sebagai histeresis. Pengujian masukan tegangan terhadap tegangan keluaran bertujuan untuk melihat tingkat akurasi, presisi, dan kesalahan (*error*) dari catu daya yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Hasil pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa alat yang telah dibuat memiliki respon yang sangat baik terbukti dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,9997 pada tegangan terukur. Nilai  $R^2$  merupakan tingkat kesesuaian persamaan garis yang diperoleh terhadap variasi data. Nilai  $R^2$  terletak antara 0-1, dengan nilai idealnya adalah 1 yang



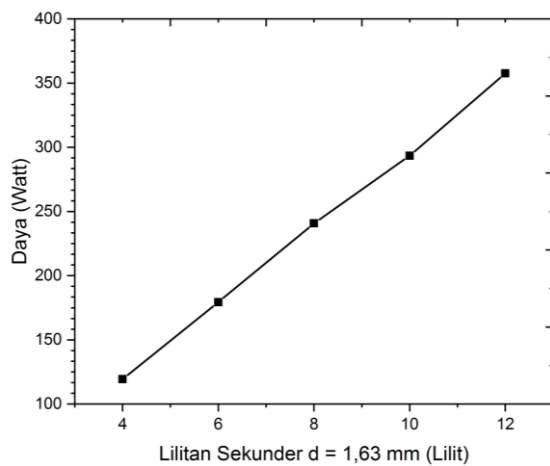
**Gambar 7.** Grafik akurasi masukan tegangan terhadap tegangan keluaran catu daya menunjukkan bahwa persamaan garis yang didapat sesuai dengan variasi data. Dalam hal ini adalah kesesuaian antara masukan tegangan terhadap tegangan keluaran catu daya.

Hasil perhitungan nilai kesalahan (*error*) pada masing-masing tegangan masukan diperoleh rata-rata keseluruhan *error* sebesar 1,81%. Dari hasil perhitungan persentase *error*, dapat dihitung tingkat akurasi tegangan keluaran alat dan diperoleh rata-rata akurasi alat secara keseluruhan yaitu sebesar 98,19%. Nilai *error* yang dihasilkan menunjukkan bahwa *error* dapat ditoleransi karena *error* yang dihasilkan masih dibawah 10%, didukung dengan nilai akurasi yang besar. Semakin kecil persentase *error* yang dihasilkan maka kinerja alat akan semakin baik, sebaliknya semakin besar persentase akurasi yang dihasilkan maka kinerja alat akan semakin baik [15]. Selain tingkat *error* dan akurasi, pada pengujian ini juga dihitung tingkat presisi tegangan keluaran yang dinyatakan dengan nilai koefisien variasi (KV). Hasil perhitungan diperoleh nilai KV rata-rata sebesar 0,02%. Nilai KV tersebut menunjukkan hasil yang baik, karena semakin kecil nilai KV maka tingkat presisi alat semakin baik [16].

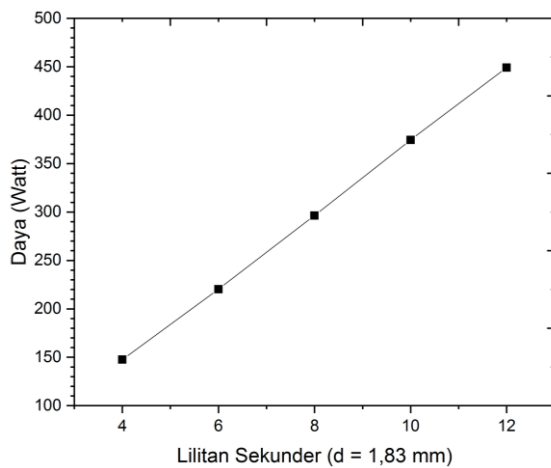
### Pengujian Pengaruh Jumlah Lilitan Sekunder dan Diameter Kawat terhadap Keluaran SMPS

Proses pengujian diawali dengan mencari pengaruh jumlah lilitan dan diameter kawat sekunder terhadap tegangan keluaran dari SMPS. Pengujian dilakukan dengan mengukur keluaran dari SMPS yang berupa tegangan dan arus. Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah lilitan sekunder 4, 6, 8, 10 dan 12 lilit dengan diameter kawat 1,63 mm dan 1,83 mm. Hasil pengujian ditunjukkan pada dan **Gambar 8** dan **Gambar 9**.





**Gambar 8.** Grafik pengaruh jumlah lilitan dan diameter kawat terhadap keluaran SMPS (d=1,63 mm)



**Gambar 9.** Grafik pengaruh jumlah lilitan dan diameter kawat terhadap keluaran SMPS (d=1,83 mm)

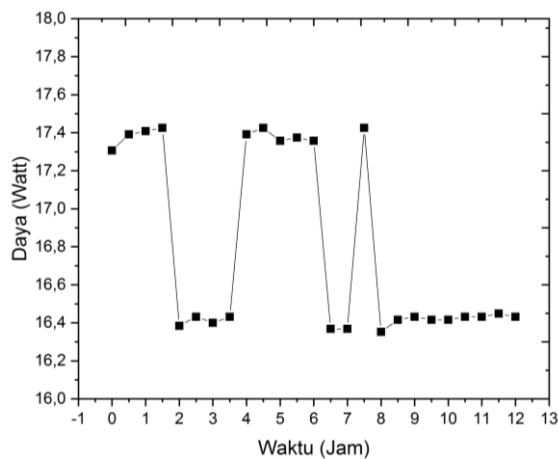
**Gambar 8** dan **Gambar 9** menunjukkan bahwa jumlah lilitan dan diameter kawat mempengaruhi besarnya keluaran dari SMPS. Dapat dilihat pada **Gambar 8** dengan variasi jumlah lilitan 4, 6, 8, 10, dan 12 lilit dengan diameter kawat 1,63 mm dihasilkan daya keluaran secara berurutan sebesar 118,9; 180,54; 239,54; 293,48 dan 358,13 Watt. Sementara pada **Gambar 9** dengan variasi jumlah lilitan 4, 6, 8, 10, dan 12 lilit dengan diameter kawat 1,63 mm dihasilkan daya keluaran secara berurutan sebesar 148,32; 218,88; 297,84; 374,44 dan 448,44 Watt.

Hasil pengujian yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan referensi dan didapatkan rata-rata *error* untuk variasi dengan diameter 1,63 mm sebesar 1% dan diameter 1,83 mm sebesar 0,3%. *Error* ini dapat terjadi karena kurangnya akurasi dalam melilit trafo yang dipengaruhi oleh proses melilit trafo yang masih manual. *Error* ini dapat dihindari dengan menggunakan alat penggulung trafo otomatis. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah lilitan dan besar kawat yang digunakan maka daya yang dihasilkan semakin besar.

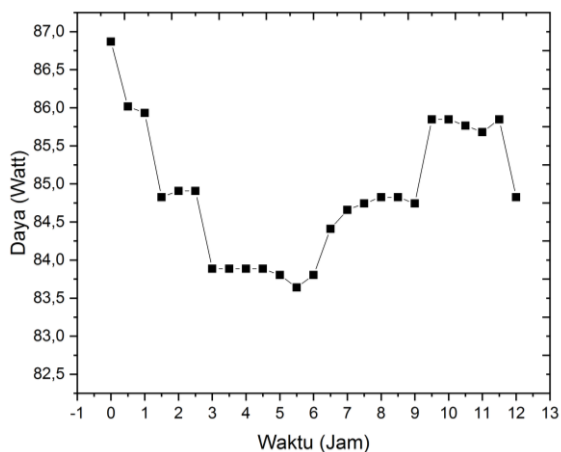
### Pengujian Stabilitas Keluaran Catu Daya

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat stabilitas keluaran catu daya jika digunakan dalam jangka waktu tertentu. Hal ini sangat penting karena penggunaan catu daya baik untuk keperluan riset maupun keperluan laboratorium digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Seperti halnya pada *electrospinner* yang menggunakan sumber tegangan tinggi sebesar 15 kV selama 3 jam untuk membuat nanofiber *polyvinyl alcohol* (PVA) dengan metode *electrospinning* [17]. Dalam hal ini catu daya digunakan untuk menyuplai sumber tegangan tinggi. Oleh karena itu, dilakukan pengujian stabilitas catu daya dengan mengukur keluaran catu daya yang diberi beban. Pengujian dilakukan selama 24 jam dengan pembagian waktu 12 jam untuk beban dengan beban maksimal 17,45 Watt dan 12 jam untuk beban maksimal 86,87 Watt dengan pengambilan data setiap 30 menit. Hasil pengujian ditunjukkan pada **Gambar 10** dan **Gambar 11**.

**Gambar 10** dan **Gambar 11** memperlihatkan bahwa catu daya memiliki tingkat kestabilan yang baik walaupun terjadi penurunan daya di beberapa waktu pengukuran. Penurunan daya terjadi pada kedua variasi, pada variasi beban maksimum 17,45 Watt, penurunan daya paling besar



**Gambar 10.** Grafik stabilitas catu daya dengan beban 17,45 Watt.



**Gambar 11.** Grafik stabilitas catu daya dengan beban 86,87 Watt.

yaitu sebesar 1 Watt. Sedangkan pada variasi beban maksimum 86,87 Watt, penurunan daya paling besar yaitu sebesar 3,2 Watt. Dari kedua grafik juga menunjukkan daya keluaran bersifat fluktuatif, yang berarti ada kenaikan dan penurunan daya. Hal ini menunjukkan bahwa catu daya memiliki respon yang baik terhadap perubahan yang terjadi.

## KESIMPULAN

Telah direalisasikan catu daya dengan metode SMPS berbasis arduino yang memiliki banyak keluaran (*multiple output*), dengan tegangan keluaran 0-100 V, 15VCT, dan 15 V. Keluaran catu daya memiliki linearitas dan akurasi yang sangat baik

dengan  $R^2$  sebesar 0,9997 dan persentase akurasi sebesar 98,19 %. Keluaran catu daya juga memiliki tingkat presisi yang sangat baik dinyatakan dengan koefisien variasi (KV) sebesar 0,02%, semakin kecil nilai KV maka tingkat presisi alat semakin baik. Semakin banyak jumlah lilitan dan besar diameter kawat yang digunakan, maka semakin besar juga daya yang dihasilkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marno, E. Widiyanto, J. Sumarjo, and A. Santosa, "Perancangan dan Pengembangan Sistem Electrospinning sebagai Teknologi dalam Pembuatan Nanofiber," *Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 18, no. 2, pp. 101–108, 2018.
- [2] W. J. Li, C. T. Laurencin, E. J. Caterson, R. S. Tuan, and F. K. Ko, "Electrospun nanofibrous structure: A novel scaffold for tissue engineering," *J. Biomed. Mater. Res.*, vol. 60, no. 4, pp. 613–621, 2002.
- [3] Junaedi and D. Nurmayady, "Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Direct Current Pada Sistem Electrospinning," *Pus. Teknol. Bahan Bakar Nuklir-BATAN*, no. 9–10, pp. 37–45, 1979.
- [4] N. F. Hikmah, I. Sapuan, P. S. Teknobiomedik, D. Fisika, and F. Sains, "Rancang Bangun Syringe Pump Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 Dilengkapi Detektor Oklusi," *Fis. dan Ter. Univ. Airlangga*, vol. 1, no. 3, pp. 74–91, 2013.



- [5] A. Y. Nuryantini, M. P. Ekaputra, M. M. Munir, T. Suciati, and Khairurrijal, "Sintesis Nanoserat Poli (Vinil Alkohol) dalam Bentuk Lembaran dengan Pemintal Elektrik Multi Nozel dan Kolektor Drum," vol. 10, no. 2, pp. 186–193, 2014.
- [6] M. Cahyadi, E. Nasrullah, and A. Trisanto, "Rancang Bangun Catu Daya DC 1V – 20V Menggunakan Kendali P-I Berbasis Mikrokontroler," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, 2016.
- [7] R. Yanis, D. J. Mamahit, R. U. A. Sherwin, and J. T. Elektro-ft, "Perancangan Catu Daya Berbasis Up-Down Binary Counter Dengan," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, pp. 1–12, 2013.
- [8] A. I. Pressman, K. Billings, and T. Morey, *Switching Power Supply Design, Third Edition*. New York: McGraw-Hill, 2009.
- [9] S. Kwon, D. Yoo, G. Jeong, and S. Korea, "High- Efficiency AC-DC Switch Mode Power Supply Using Full-Bridge Converter Circuit," *Int. J. Control Autom.*, vol. 7, no. 6, pp. 189–200, 2014.
- [10] S. Z. N. Demon, A. R. Tamuri, and N. Bidin, "High voltage Switch Mode Power Supply for laser system," *Dep. Physics, Cent. Found. Stusies, Natl. Def. Univ. Malaysia*, pp. 1–4, 2008.
- [11] M. S. Rahman, "Buck Converter Design Issues," Linkopings Institute of Technology, 2007.
- [12] D. W. Hart, *Power Electronics*. Indiana: McGraw-Hill, 1997.
- [13] Amit and M. Kumar, "Design And Implementation Of Multiple Output Switch Mode Power Supply," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 10, pp. 4540–4545, 2013.
- [14] Karthika and N. S. George, "Design of a Power Supply Using Fly-Back Converter," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 3, no. 5, pp. 403–408, 2014.
- [15] F. R. Halim, Suwandi, and A. Suhendi, "Rancang Bangun Syringe Pump menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 2078–2085, 2016.
- [16] E. M. Persada, "Presisi dan Akurasi," 2017. [Online]. Available: <http://www.eralika.com/article/presisi-dan-akurasi/>. [Accessed: 20-Apr-2019].
- [17] D. Purnawati, A. D. Nugraheni, Laraswati, and H. Shalihah, "Pembuatan Nanofiber Polivinil Alkohol ( PVA ) dengan Metode Electrospinning sebagai Masker Debu Vulkanik," *J. Fis. Indones.*, vol. 21, no. 1, pp. 24–26, 2000.

