

Rancang Bangun Electric Power Converter (Catu Daya) Untuk Alat Anodizing Portable

Sugeng Purwanto¹; Pawenary²

^{1,2} Institut Teknologi PLN (IT PLN)

¹ sugeng.purwanto@itpln.ac.id

ABSTRACT

Electric Power Converter is an electrical device that provides a voltage source for other electrical devices by changing the voltage level to the desired voltage, AC to DC. The Electric Power Converter is to drain and regulate the voltage to be stable, which is important in the anodizing process. Its functions to flow DC during the anodizing process which requires variations in voltage and current, the greater the voltage and current, the thicker the oxide layer that occurs on the aluminum surface and the hardness will increase. This research has 4 stages. The design stage, which is a design process that includes specifications of shape, material, and tolerance as well as component standards. The component identification stage is the process of collecting data needed in designing, including the value, function, and type of component. The assembly stage is the process of compiling and unifying components according to the design and identification results. The testing aims to determine the quality of the tools that have been made, including testing the voltage and current. The Electric Power Converter in this study produces a voltage in the range between 0 - 250 VDC and has a stable voltage and current output.

Keywords: *Electric Power Converter, Power Supply, Design, Anodizing*

ABSTRAK

Electric Power Converter (Catu Daya) merupakan alat listrik yang menyediakan sumber tegangan untuk perangkat listrik dengan cara mengubah tingkat tegangan listrik yang tersedia menjadi tegangan yang diinginkan, tegangan AC menjadi DC. Electric Power Converter berfungsi untuk mengalirkan dan mengatur tegangan yang masuk ke perangkat elektronik menjadi stabil. Electric Power Converter memegang peranan penting dalam proses anodizing yaitu berfungsi untuk mengalirkan arus DC selama proses anodizing yang membutuhkan variasi tegangan dan arus searah, semakin besar tegangan dan arus maka semakin tebal lapisan oksida yang terjadi di permukaan aluminium dan kekerasannya (hardness) juga akan meningkat. Penelitian ini dilakukan dalam empat (4) tahap yaitu tahap perancangan, merupakan proses perancangan alat yang mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material dan toleransi serta standar komponen. Tahap identifikasi komponen adalah proses pengumpulan data yang dibutuhkan dalam merancang electric power converter, mencakup nilai, fungsi dan jenis komponen. Tahap perakitan merupakan proses penyusunan dan penyatuan komponen sesuai desain dan hasil identifikasi. Tahap pengujian yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dari alat yang telah dibuat, mencakup pengujian tegangan dan arus baik input maupun output. Electric Power Converter pada penelitian ini menghasilkan tegangan dengan kisaran antara 0 – 250 VDC dan mempunyai keluaran tegangan dan arus yang stabil.

Kata kunci: *Electric Power Converter, Catu Daya, Rancang Bangun, Anodizing*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan *electric power converter* (catu daya) berupa tegangan arus searah (DC) pada saat sekarang ini masih banyak dipergunakan oleh berbagai alat-alat elektronika walaupun penggunaan baterai sebagai sumber energi dalam memberikan daya kepada alat-alat elektronika telah banyak digunakan. Kelebihan dari baterai adalah ringan sehingga mudah untuk dibawa tetapi kekurangannya adalah kemampuannya dalam memberikan tegangan masih sangat terbatas. Kelebihan dari *electric power converter* (catu daya) adalah kemampuannya dalam memberikan tegangan dapat berlangsung lebih lama dari baterai selama sumber tegangan AC masih ada.

Electric Power Converter (EPC - Catu Daya) merupakan salah satu alat listrik yang menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik lainnya [1], seperti pada proses elektro *plating*, baterai (*accu*), komputer, proses *anodizing* yang berfungsi untuk mengalirkan arus DC selama proses *anodizing* dan peralatan elektronik lainnya. *Electric power converter* banyak juga dipergunakan di dalam berbagai laboratorium yang membutuhkan tegangan arus searah.

Penggunaan *electric power converter* sebagai salah satu perangkat listrik tidak hanya memberikan energi listrik untuk diberikan kepada perangkat elektronik lain tetapi energi listrik tersebut dapat disimpan di dalam baterai dalam bentuk arus searah dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pemutus arus secara otomatis untuk menghindari kerusakan pada baterai ketika baterai sudah terisi penuh [2].

Electric power converter (catu daya) mengalami perkembangan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi yang diinginkan. Karakteristik dan prinsip kerja dari rangkaian catu daya sangat penting untuk dipelajari serta memahami fungsi dari masing-masing komponen yang ada di dalam catu daya tersebut [3].

Pada prinsipnya *electric power converter* mempunyai beberapa komponen utama yaitu transformator, penyearah arus (*rectifier*), penyaring kapasitor (*capacitor filter*) dan pengatur tegangan (*voltage regulator*). Transformator digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Pada *electric power converter*, transformator yang digunakan adalah autotransformator yaitu dapat mengatur tegangan AC (*alternating current* - arus bolak balik) 220V/240 V menjadi tegangan yang diinginkan. Tegangan AC sebagai *input* dari *electric power converter* disearahkan menggunakan penyearah arus (*rectifier*) yang terdiri dari beberapa rangkaian dioda. Tegangan AC sebagai *output* dari transformator sisi sekunder disearahkan dengan menggunakan penyearah satu fasa gelombang penuh dengan jembatan diode (*diode bridge*).

Output dari penyearah arus yaitu berupa tegangan DC masih mengandung harmonisa atau komponen riak sehingga diperlukan penyaring kapasitor (*capacitor filter*) untuk memperkecil harmonisa. Sedangkan pengatur tegangan (*voltage regulator*) berfungsi untuk menyediakan suatu tegangan output DC tetap yang tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan, arus beban keluaran, dan suhu. Dimana tegangan inputnya berasal dari tegangan *output* penyaring kapasitor, setelah melalui proses penyearahan tegangan AC menjadi DC.

Permasalahan umum yang terjadi pada *electric power converter* yang ada pada saat ini adalah tegangan yang dihasilkan tidak stabil dan nilai *output* tegangan DC yang dihasilkan tidak terlalu besar yaitu berkisar antara 10 VDC – 80 VDC. Hal ini telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Fajar Timur mengenai rangkaian *electric power converter* yang dihubungkan dengan resistor yang dapat dirubah-rubah nilainya sehingga nilai tegangan bervariasi, dan dicatat dengan menggunakan multimeter. Nilai tegangan output yang terukur yaitu berturut-turut 5.06 volt, -5.05 volt, 12.1 volt dan -12.23 volt. Pada perhitungan daya didapatkan nilai daya sebesar 0.15 watt untuk tegangan output 5.06 volt dan -5.05 volt [3].

Pada penelitian switch mode power supply, untuk proses pelapisan logam, menggunakan beberapa resistor yang menghasilkan variasi tegangan dan arus output. Secara berurutan penggunaan resistor 470k Ω , 680k Ω , dan 820k Ω menghasilkan tegangan 75,2VDC, 78,6VDC, dan 81,8VDC dan arus 0,11A, 0,07A dan 0,06A [4].

Perancangan power supply untuk mesin electrical discharge machining (EDM) yang dilaksanakan dalam tiga tahapan, yaitu pembuatan transformator, power supply, dan prototype EDM. Hasil pengukuran dari transformator menghasilkan tegangan 0V, 12V, dan 34V sedangkan pengujian tahanan isolasi menunjukkan transformator tersebut aman bekerja pada tegangan 220V. Power supply yang dirancang memiliki tegangan keluaran sebesar 35V hingga 52V bersifat stabil [5].

Nilai tegangan DC yang kecil yaitu berkisar antara 10VDC – 80VDC pada penelitian-penelitian sebelumnya kurang sesuai jika digunakan pada alat *anodizing portable* karena untuk melakukan proses *anodizing* memerlukan rentang tegangan DC yang besar yaitu mulai dari 0 – 250VDC bahkan untuk melakukan proses *anodizing* tingkat empat (*plasma*) diperlukan tegangan lebih besar yaitu mencapai 1000VDC. Di dalam proses *anodizing* arus dan tegangan DC digunakan untuk membantu terjadinya reaksi kimia di dalam larutan elektrolit. Arus dan tegangan merupakan parameter yang sangat berpengaruh di dalam proses *anodizing*, semakin besar arus dan tegangan maka akan semakin tebal lapisan oksida yang terjadi di permukaan aluminium dan kekerasannya (*hardness*) juga akan meningkat [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka diperlukan rancang bangun *electric power converter* yang menghasilkan rentang tegangan DC yang besar yaitu mulai dari 0 – 250VDC, *output* tegangan DC yang stabil sehingga perubahan nilai tegangan dapat dilakukan dengan mudah dan nilai tegangan dapat dipertahankan sesuai dengan yang diinginkan.

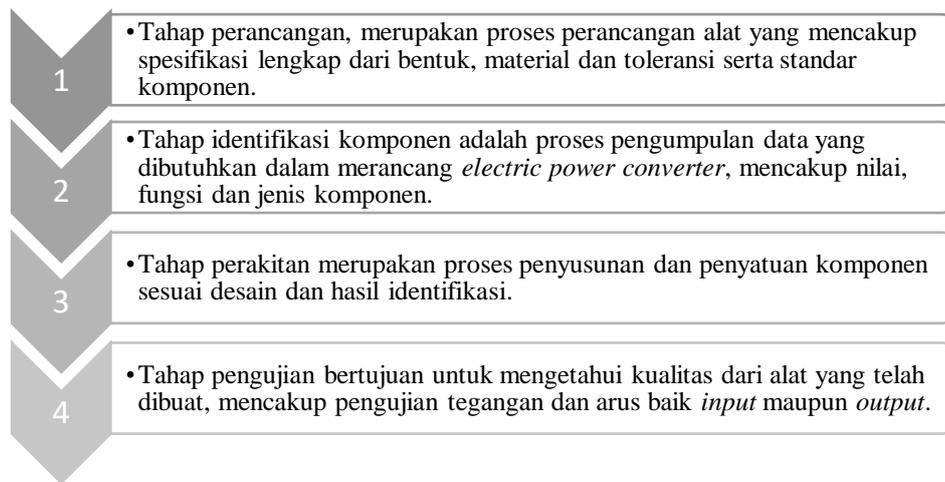
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam menyusun penelitian ini adalah menggunakan autotransformator yang mempunyai keluaran maksimal 250 VDC dengan daya 1kVA-2 kVA. Tegangan yang digunakan pada *electric power converter* adalah tegangan yang sudah tersedia yaitu dari PLN sebesar 220V. Tegangan 220 volt tersebut merupakan tegangan *input* yang masuk pada sisi primer dan keluar pada sisi sekunder yang dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Setelah itu gelombang arus akan masuk ke dalam *rectifier* yang berfungsi sebagai penyearah arus sehingga mengubah arus AC menjadi arus DC. Untuk menyerahkan gelombang arus AC maka digunakan penyearah gelombang penuh yang menggunakan 4 dioda atau *Full Wave Rectifier – 4 Diode*. Hal ini dapat terjadi karena dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah dioda dialiri arus bolak-balik (AC), maka dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir. Selanjutnya adalah mengidentifikasi komponen riak atau harmonisa yang keluar secara bersamaan dalam proses penyearah satu fasa gelombang penuh.

Rancang bangun *electric power converter* ini akan dilakukan di Laboratorium Distribusi dan Pemanfaatan Tenaga Listrik, Institut Teknologi PLN Jakarta. Persiapan perakitan dan penelitian juga akan dilakukan di Laboratorium Distribusi dan Pemanfaatan Tenaga Listrik Institut Teknologi PLN Jakarta.

Peralatan utama yang dipergunakan di dalam penelitian ini terdiri dari autotransformator dengan keluaran maksimal 250V dan daya 1kVA-2kVA, transistor 10 μ F-100 μ F, resistor 1k Ω dan *Digital LCD Panel Watt Meter* serta beberapa peralatan pengukuran listrik lainnya antara lain *Ohmmeter, Voltmeter dan Ammeter*.

Di dalam merencanakan sebuah penelitian diperlukan sebuah pedoman yaitu berupa tahapan-tahapan pengerjaan sehingga waktu penelitian sesuai dengan jadwal yang telah disusun [7]. Penelitian ini dilakukan dalam empat (4) tahap yaitu tahap perancangan, merupakan proses perancangan alat yang mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material dan toleransi serta standar komponen. Tahap identifikasi komponen adalah proses pengumpulan data yang dibutuhkan dalam merancang *electric power converter*, mencakup nilai, fungsi dan jenis komponen. Tahap perakitan merupakan proses penyusunan dan penyatuan komponen sesuai desain dan hasil identifikasi. Tahap pengujian bertujuan untuk mengetahui kualitas dari alat yang telah dibuat, mencakup pengujian tegangan dan arus baik *input* maupun *output*. Kestabilan tegangan dan arus juga menjadi perhatian yang utama di dalam tahap pengujian ini.



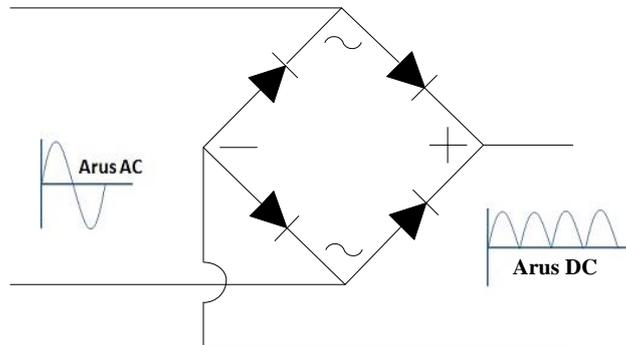
Gambar 1. Diagram alir rencana penelitian selama satu tahun.

Electric power converter mempunyai 4 bagian utama supaya bisa menghasilkan arus searah atau DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut adalah transformator, kapasitor penyaring (*filter*), penyearah arus (*rectifier*) dan pengatur tegangan (*voltage regulator*). Di bawah ini merupakan penjelasan dari masing-masing komponen bagian utama tersebut.

Transformator merupakan suatu komponen listrik yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan AC melalui induksi elektromagnetik. Transformator terdiri dari sebuah inti, kumparan primer dan sekunder. Tegangan *input* (sisi primer) akan menimbulkan sebuah fluks magnet dan menimbulkan GGL pada lilitan sekunder sehingga terjadi pelimpahan daya dari kumparan primer ke sekunder, maka terjadilah pengubahan taraf tegangan listrik baik dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang rendah atau sebaliknya. Sisi primer dan sekunder tidak berhubungan secara fisik tetapi berhubungan secara elektromagnetik. Transformator yang digunakan pada penelitian ini adalah autotransformator dengan daya sebesar 1kVA - 2kVA. Hubungan arus maupun tegangan terhadap daya sekunder/beban adalah berbanding lurus. Jika arus atau tegangan dinaikkan, maka daya beban akan naik [8].

Penyearah arus (*rectifier*) merupakan komponen penting di dalam *electric power converter* yang berfungsi untuk menyearahkan gelombang arus bolak balik (AC) dari transformator pada sisi sekunder. Arus AC disearahkan menggunakan dioda menjadi arus searah (DC) [9]. Pada penelitian ini digunakan penyearah gelombang penuh yang dilengkapi dengan kapasitor. Prinsip kerjanya yaitu arus yang masuk ke dalam *rectifier* dan keluar dari penyearah gelombang penuh 4 dioda berupa arus DC [10]. *Output* gelombang arus DC dari *rectifier* tersebut tidak keluar secara murni melainkan

disertai pula oleh komponen riak atau harmonisa. Untuk mengurangi harmonisa tersebut, digunakan kapasitor sebagai filter untuk menekan riak gelombang arus tersebut.



Gambar 2. Rangkaian *Full Wave Rectifier*.

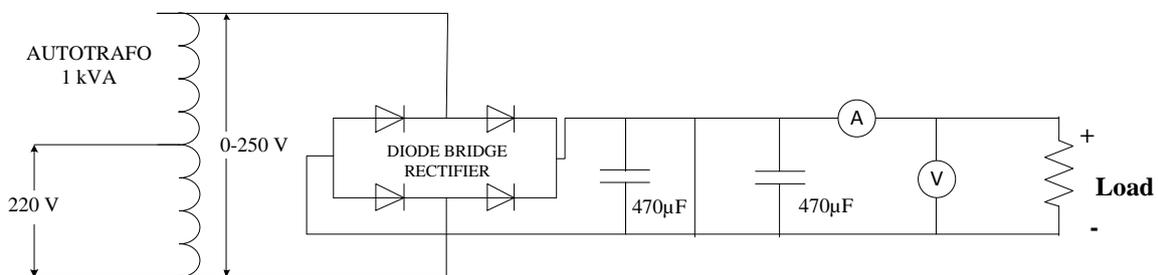
Pada kondisi tertentu dibutuhkan catu daya yang mempunyai arus *output* dengan nilai tetap. Penggunaan topologi jembatan penuh dengan penyearah dioda menghasilkan efisiensi yang baik sebesar 88,66% dan nilai arus yang stabil pada kondisi yang diinginkan [11].

Kapasitor penyaring berfungsi sebagai filter untuk menekan riak yang terjadi selama proses penyearahan. Harmonisa dapat diperkecil dengan menggunakan kapasitor yang besar. Gelombang arus DC yang keluar dari *rectifier* akan disertai dengan harmonisa.

Arus yang besar dan tidak terkendali (*short circuit*) akibat penggunaan yang salah dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup fatal pada catu daya. Untuk menghindari hal tersebut di atas maka diperlukan sebuah rangkaian pendeteksi arus hubung singkat sehingga dapat memutuskan arus pada saat terjadi hubung singkat pada catu daya yaitu dengan cara teknis waktu jeda pengosongan kapasitor dan *Op-Amp* sebagai pembanding tegangan [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan selanjutnya, dilakukan rancangan atau desain dari *electric power converter* dengan menggambarkan rangkaian *electric power converter* sesuai dengan prinsip kerja yang telah dibuat sebelumnya. Di dalam rancangan ini terbagi menjadi bagian-bagian yang telah dijelaskan sebelumnya.



Gambar 3. Rangkaian *Electric Power Converter*

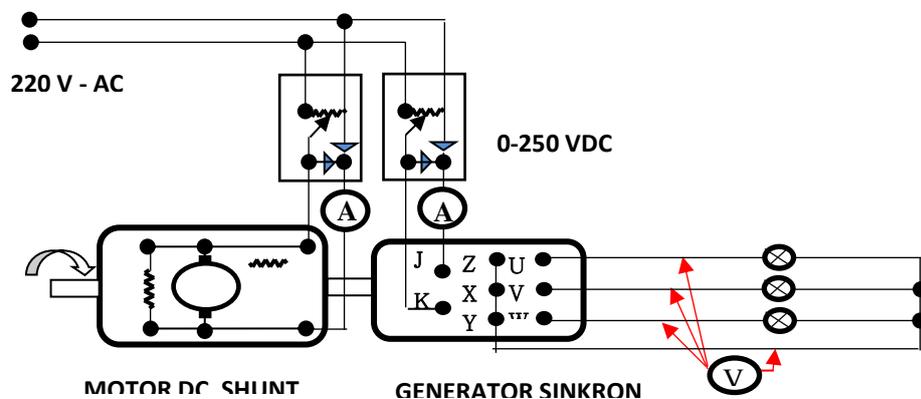
Di dalam rancangan *electric power converter* pada penelitian ini digunakan autotransformator atau *adjustable ac voltage regulator* dengan spesifikasi daya 1000VA, tegangan masukan (*input*) sebesar 220VAC, frekuensi 50/60Hz dan tegangan keluaran (*output*) dengan range 0-250VAC. Dengan tegangan keluaran maximal sebesar 250 VAC diharapkan dapat menghasilkan tegangan dan arus searah yang mempunyai besaran yang sama atau mempunyai besaran yang tidak terlalu jauh dengan tegangan masukannya. Transformator ini dapat diatur dan disesuaikan tegangannya sesuai dengan yang dibutuhkan di dalam proses *anodizing*, karena di dalam proses *anodizing* membutuhkan variasi tegangan dan arus searah, semakin besar tegangan dan arus maka semakin tebal lapisan oksida yang terjadi di permukaan aluminium dan kekerasannya (*hardness*) juga akan meningkat. Variasi tegangan juga dibutuhkan karena masing-masing material yang akan di *anodize* mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Sebagai penyearah atau *rectifier* digunakan penyearah dengan gelombang penuh yang menggunakan 4 dioda dan dilengkapi dengan kapasitor dengan spesifikasi *dioda bridge IC DD01* dengan arus masukan maximum sebesar 25A dan tegangan *input* sebesar 1000V. Tegangan dan arus AC yang keluar dari autotransformator akan masuk ke dalam *rectifier* dan keluar dari dari penyearah gelombang penuh 4 dioda berupa tegangan dan arus DC.

Tegangan dan arus keluaran dari *rectifier* akan disertai dengan harmonisa yaitu gelombang yang terdistorsi secara periodik yang terjadi pada gelombang tegangan dan arus, sehingga akan menimbulkan beberapa dampak seperti panas berlebih pada beberapa alat seperti generator dan transformator karena kecenderungan harmonisa mengalir ke tempat dengan impedansi yang lebih rendah [13]. Dengan memasang kapasitor pada rangkaian maka arus dengan frekuensi tinggi akan mengalir melalui kapasitor karena kapasitor memiliki impedansi yang rendah pada frekuensi tinggi. Kapasitor dipasang secara paralel di dalam rangkaian yaitu paralel dengan beban agar harmonisa yang terdapat di dalam arus keluaran dari *rectifier* yang mempunyai frekuensi yang tinggi akan mengalir melewati kapasitor dan bukan langsung ke beban sehingga harmonisa di dalam arus akan berkurang atau hilang ketika sampai ke beban [14]. Pada rangkaian ini digunakan kapasitor dengan spesifikasi elektrolitic capacitor 470µf dan tegangan maksimum 35V.

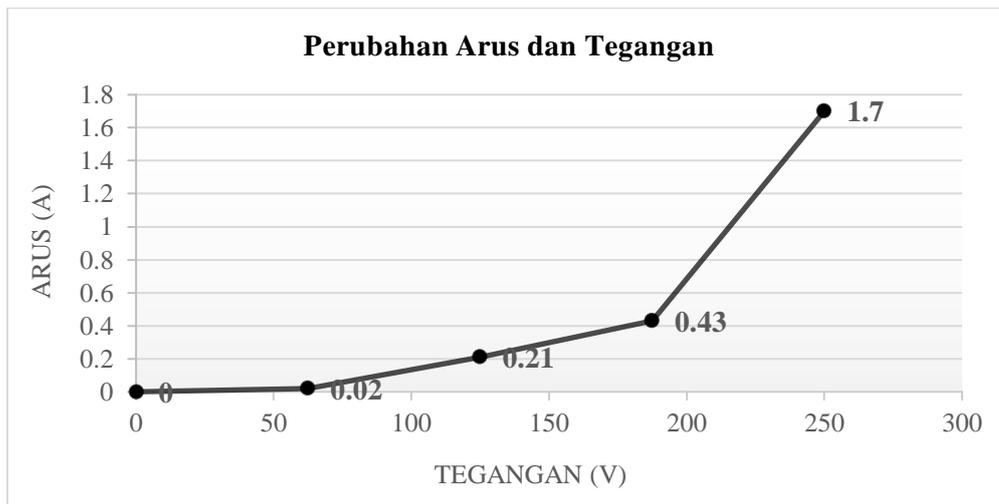
Pada tahap perakitan, semua komponen yang diperlukan dirakit sesuai dengan rangkain yang telah dibuat di atas. Komponen-komponen tersebut dihubungkan antara satu komponen dengan komponen yang lain menggunakan penghantar atau kabel.

Pada tahap pengujian *electric power converter* dilakukan dengan menggunakan motor DC shunt dan Generator Sinkron (eksitasi), dengan rangkaian yang dapat dilihat di bawah ini pada Gambar 4.:



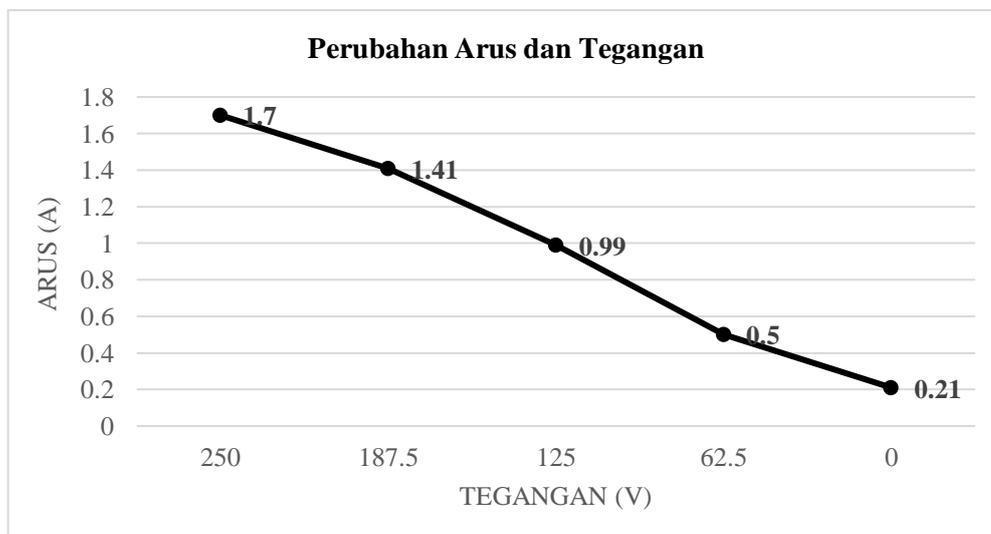
Gambar 4. Rangkaian *electric power converter*, motor DC shunt dan Generator Sinkron

Pada penelitian ini *electric power converter* dihubungkan dengan motor DC shunt dan Generator Sinkron (eksitasi). Tegangan *electric power converter* yang dihubungkan dengan Generator Sinkron dinaikkan secara perlahan-lahan dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% kemudian diukur arus keluaran dari *electric power converter* dengan menggunakan amperemeter dan di dapatkan nilai arusnya 0A, 0,02A, 0,21A, 0,43A dan 1,7A, ditunjukkan pada Gambar 5. Kestabilan tegangan dan arus keluaran yang diukur sangat terjaga sehingga generator dapat berputar dengan konstan sesuai dengan tegangan yang diinginkan.



Gambar 5. Perubahan Arus dan Tegangan saat Tegangan dinaikkan

Setelah tegangan dinaikkan dan mencapai besaran 100% atau 250V maka kemudian tegangan kembali diturunkan secara perlahan-lahan dari 100%, 75%, 50%, 25% dan 0% kemudian diukur arus keluaran dari *electric power converter* dengan menggunakan amperemeter dan di dapatkan nilai arusnya 1,7A, 1,4A, 0,99A, 0,5A dan 0,21A, ditunjukkan pada Gambar 6. Ketika diturunkan secara perlahan-lahan nilai arusnya tidak sama dengan ketika tegangan pada *electric power converter* diturunkan, karena pada saat tegangan diturunkan generator masih berputar dengan kecepatan tertentu sehingga penurunan arus membutuhkan waktu untuk turun secara cepat.



Gambar 6. Perubahan Arus dan Tegangan saat Tegangan diturunkan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dapat diambil kesimpulan perihal “Rancang Bangun Electric Power Converter (Catu Daya) Untuk Alat Anodizing Portable” berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas sebelumnya bahwa *electric power converter* merupakan sebuah alat listrik yang menyediakan tegangan atau sumber tegangan untuk perangkat listrik lainnya dengan cara mengubah tingkat tegangan listrik yang tersedia menjadi tegangan yang diinginkan, dalam hal ini merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Tahapan-tahapan yang dilakukan di dalam penelitian rancang bangun *electric power converter* ini berjalan dengan baik dan mendapatkan hasil yang diharapkan. Identifikasi masalah yang didapatkan dari hasil penelitian *electric power converter* ini yaitu: tegangan dan arus baik *input* maupun *output* tidak tercatat dengan baik dan diperlukan pemasangan proteksi arus hubung singkat pada alat.

4.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan yaitu sebagai berikut : penggunaan mikrokontroler (menggunakan sensor tegangan dan arus) untuk melakukan kontrol terhadap tegangan dan arus sehingga alat menjadi lebih akurat dalam melakukan kontrol, pengembangan *electric power converter* supaya menjadi lebih akurat dan dapat mencatat tegangan dan arus baik *input* maupun *output* yaitu penggunaan mikrokontroler dengan menambahkan sensor tegangan dan arus serta *micro SD* dan pemasangan proteksi arus hubung singkat pada *electric power converter*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi PLN (IT PLN) dan Direktorat Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan berupa dana penelitian sehingga penelitian yang penulis lakukan dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Istataqomawan, D. and A. Warsito, "Catu Daya Tegangan DC Variabel dengan Dua Tahap Regulasi (Switching dan Linier)".
- [2] J. S. Effendi, Y. S. R and E. Maydhona, "Perancangan Dan Implementasi Catu Daya PC Dengan Sistem Penyimpanan Daya Pada Baterai," e-proceeding of Applied Science, vol. 1, no. 2, p. 1283, Agustus 2015.
- [3] F. Timur, S. E. V, S. Arifai and B. Indarto, "Rangkaian Cau Daya," Jurnal Elektronika Catu Daya, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] I. M. Arifana, "Rancang Bangun Power Supply Switching Denan Arus dan Tegangan Terkendali Sebagai Catu Daya Proses Elektropleting Logam," Universitas Islam Negeri Maulan Malik Ibrahim, Malang, 2016.
- [5] A. Sentiani, "Rancang Bangun Power Supply untuk Mesin Electrical Discharge Machine (EDM)," niversitas Negeri Semarang, Semarang, 2015.
- [6] N. M. d. C. P. Hanung Hermawan, "PENGARUH KUAT ARUS PADA PROSES ANODIZING TERHADAP KARAKTERISTIK VELG MOBIL MERK BSA," Journal of Mechanical Engineering, Universitas Tidar., vol. Vol.1 No.1 (2017), pp. 34-40, 2017.
- [7] R. Sianipar, "DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," JETri, Jurnal Elektro Trisakti, pp. Volume 11, Nomor 2, Halaman 61 - 78, Februari 2014.

- [8] H. Sudarmanto and U. Margono, "Rancangan Sistem Catu Daya DC 2kV/2A Untuk Katoda Sumber Ion Sikltron 13 MeV Berbasis Trasnformator," in PROSIDING SEMINAR PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR, Yogyakarta, 2011.
- [9] Suwitno, "Mendisain Rangkaian Power Supply pada Rancang Bangun Miniatur Pintu Garasi Otomatis," *Journal of electrical Teknologi*, pp. Vol. 1, No. 1,ISSN : 2502 – 3624 , Februari 2016.
- [10] P. Rahardjo, *Catu Daya DC Tetap +5V DAN +12V / 10A Untuk Laboratorium Elektronika*, Bali: Universitas Udayana, 2015.
- [11] H. Ilmanda, M. Facta and K. , "Pembuatan Catu Daya Arus DC Menggunakan Topologi Inverter Jembatan Penuh dan Penyearah," *Transmisi*, vol. 1, p. 27, 2014.
- [12] A. Mujadin, "Sistem Proteksi Power Supply Modul Praktikum Teknik digital," *Jurnak Al Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 3, Maret 2014.
- [13] M. A. Darmawan, M. A. Fauzi, Y. F. Anurrahman and F. S. Prinata, "<https://konversi.wordpress.com/2014/04/13/pengaruh-harmonisa-pada-sistem-tenaga-listrik/>," Minggu Apri; 2014. [Online]. Available: <https://konversi.wordpress.com/2014/04/13/pengaruh-harmonisa-pada-sistem-tenaga-listrik/>.
- [14] S. Setiawan, "UTS 2 ELDAS," Minggu April 2013. [Online]. Available: <https://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211043safrulsetiawan/2013/04/28/harmonic-content-of-supply-side-current-part-iiharmonisa-dan-rectifier/>.
- [15] Fathoni, "Unjuk Kerja Catu daya 12 Volt 2A Dengan Pass Element Transistor NPN dan PNP," *Jurnal Neutrino*, vol. 3, 2010.
- [16] M. Chayadi, E. Nasrullah and A. Trisanto, "Rancang Bangun Catu Daya DC 1V–20V Menggunakan Kendali P-I Berbasis Mikrokontroler," *Electrician - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 10, Mei 2016.
- [17] E. P. Sihotang, D. J. Mamahit and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. ISSN:2301-8402, 2018.