

PENERAPAN PELATIHAN JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK SISTEM KONTROL UMPAN BALIK PADA BUCK CONVERTER SWITCHING POWER SUPPLY

Setya Ardhi
Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknik Surabaya
setyaardhi@stts.edu

ABSTRAK

Buck converter ialah salah satu rangkaian elektronika yang menghasilkan tingkat tegangan rata-rata lebih rendah dari tegangan tegangan input atau tegangan sumber. Cara kerja dari buck converter ialah dengan menggunakan teknik switching. Dengan mengatur teknik switching menggunakan dutycycle tertentu akan menghasilkan keluaran tegangan dari buck converter. Keluaran tegangan dari buck converter sering mengalami penurunan tegangan pada saat pembebanan. Pengaturan respon tegangan akibat pembebanan telah banyak dilakukan baik dengan teknik kontrol sistem balik dengan konversi analog ke digital dengan pengambilan data langsung dari output atau dengan jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti kontrol PI.

Pengendalian keluaran tegangan adalah hal penting dari sebuah penyedia tegangan agar tegangan yang dihasilkan tidak mengalami penurunan tegangan pada saat pembebanan. Tujuan utama penelitian ini dengan membandingkan controller baik menggunakan sistem balik dari konversi analog ke digital secara langsung atau dengan pelatihan jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti kontrol PI (Proportional Integral controller). Beban yang akan dipakai adalah dengan penggunaan beban resistif.

Kata kunci: *Buck Converter, Switching*

ABSTRACT

Buck converter is one of the electronic circuit that generates an average voltage level lower than the voltage of the input voltage or voltage source. The workings of the buck converter is how to use a switching technique. By adjusting the switching technique that's used specific duty cycle will produce output voltage of the buck converter. The output voltage of the buck converter is often decreased voltage on the time of loading. Setting the voltage response as a result of loading has been carried out either by turning the system control techniques with analog to digital conversion with data retrieval directly from the output or the control technique as neural network as PI.

The control of output voltage is important from a provider in order to voltage to the voltage does not become decrease the voltage at the time of loading. The main objective of this study by comparing the system controller using either turning from analog to digital conversion directly or by using PI control (Proportional Integral controller). The loading that will be used is the usage of resistive load.

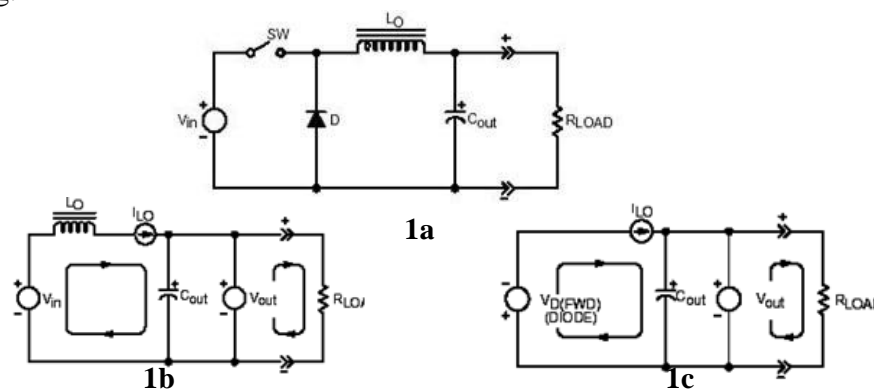
Keywords: Buck Converter, Switching

I. PENDAHULUAN

Switching power supply ialah sebuah rangkaian elektronika yang menghasilkan tingkat tegangan rata-rata lebih rendah dari tegangan tegangan input atau tegangan sumber. Tegangan yang dihasilkan oleh power supply switching sering mengalami penurunan tegangan ketika terjadi pembebanan maka dibutuhkan sebuah sistem untuk pengaturan tegangan. Saat ini pengaturan tegangan yang dihasilkan oleh power supply switching telah dapat dilakukan dengan pengaturan program atau sistem kontrol. Teknologi switching dengan pengaturan program atau sistem kontrol disebut Programable switching power supply atau Proportional Integral Controller switching power supply. Pengaturan tegangan dari switching power supply pada umumnya dengan cara mengontrol Pulse Width Modulation (PWM) yaitu dilakukan pengaturan time-on serta time-off pada saklar (Transistor/MOSFET dari sistem switching power supply) untuk menghasilkan tegangan DC. Dengan membaca tegangan yang dihasilkan oleh power supply switching akan digunakan sebagai nilai umpan balik dari sistem kontrol untuk mengatur keaktifan dari saklar.

II. KONVERTER BUCK ATAU STEP DOWN

Kebanyakan pada pemakaian power supply menggunakan system konverter ini yang dimana merupakan menurunkan dari penyediaan tegangan DC yang lebih tinggi. Konverter ini mempunyai dua periode waktu yang berbeda yaitu kondisi nyala (on) pada waktu switch SW tertutup atau tersambung dan kondisi mati (off) pada waktu switch SW terbuka atau terlepas. Pada waktu switch SW dalam keadaan tertutup, arus mengalir dari tegangan V_{in} melewati induktor L_o , dimana menghasilkan tegangan output menuju beban yang akan terpasang.



Gambar 1a,1b, 1c. Konverter Buck, Konverter Buck Switch On, Konverter Buck Switch Off

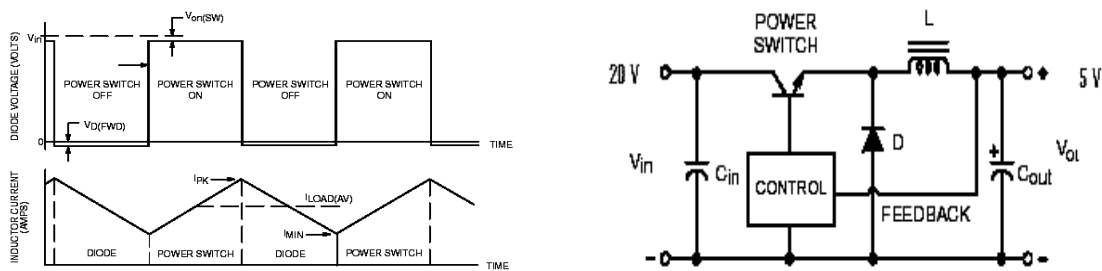
Diode D juga mengalami reverse – bias disebabkan oleh polaritas input sumber tegangan. Selama periode ini terdapat sumber tegangan yang konstan yang terhubung dengan induktor dan penyearah (rectifier) kembali terbias. Periode ini dapat dilihat pada gambar 1b Selama periode ini berlangsung sejak dari tegangan input yang konstan ,yang terhubung dengan lilitan (inductor), arus dari lilitan (inductor) ini dapat diperoleh dari jumlah tegangan yang masuk dikurangi dengan tegangan yang akan mau dikeluarkan kemudian dikalikan dengan waktu periode nyala (on) pada SW , kemudian dibagi dengan besar jumlah lilitan (inductor). Dapat terlihat pada rumus 1.

$$I_L = \frac{(V_{in} - V_{out})t_{on}}{L} \dots\dots\dots (1)$$

Pada waktu switch SW dalam keadaan terbuka, arus mengalir dari tegangan Vin melewati induktor Lo, dimana tegangannya output menuju ground dan di rangkaian tersebut juga dipasang sebuah diode D juga mengalami penurunan tegangan oleh catch diode. Dan selama periode ini arus yang dari tegangan sumber akan mengalir melalui diode dan juga mengalir ke beban. Periode ini dapat dilihat pada gambar 1c. Selama periode ini berlangsung sejak dari tegangan input yang konstan ,yang terhubung dengan lilitan (inductor), arus dari lilitan (inductor) ini dapat diperoleh dari jumlah yang akan mau dikeluarkan dikurangi dengan tegangan dioda Vd kemudian dikalikan dengan waktu periode mati (off) pada SW, kemudian dibagi dengan besar jumlah lilitan (inductor). Dapat terlihat pada rumus 2:

$$I_{L(off)} = \frac{(V_{out} - V_D)t_{off}}{L} \dots\dots\dots (2)$$

Setelah itu merupakan teori dasar, maka untuk aplikasi langsung dalam pemakaian dengan bantuan Pulse Width Modulation (PWM) sebagai kontrol untuk tegangan output dan juga sebagai titik balik atau feedback dari output tegangan. Dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Gelombang Buck Switching Converter dan Topologi Buck Converter

Untuk topologinya bisa dilihat di gambar 2 dimana saklar dapat dipakai baik dengan transistor BJT, MOSFET, ataupun jenis yang lainnya seperti IGBT dan masih banyak yang lainnya, Tegangan output dari buck regulator dimana tergantung dari waktu periode T, dan untuk mengoptimalkan frekuensi switching pada buck konversi dengan memilih nilai dari inductor L dan besar nilai dari kapasitansi C dengan menyesuaikan dari frekuensi yang dijalankan bisa dilihat pada gambar 2 tersebut.

III. KONTROL ADC FREE RUNNING

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS). Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 (2n – 1) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini

berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi (V_{ref}) 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner). Pada AVR AT90S8535 terdapat on-chip ADC. ADC yang digunakan pada AT90S8535 adalah 8 channel 10 bit successive approximation ADC dimana setiap input pin pada port A pada IC AT90S8535 merupakan input tiap channel untuk ADC.

IV. KONTROL ADC DENGAN JARINGAN SYARAF TIRUAN

Dalam pelatihan untuk pembentukan jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti kontrol PI akan menggunakan 2 buah nilai input yaitu: nilai error serta *dutycycle*. Nilai error yang digunakan merupakan nilai acak antara -1 hingga 1, sedangkan nilai *dutycycle* yang digunakan merupakan nilai *dutycycle* tunda. Batasan nilai error dibuat berdasarkan pengamatan pada penggunaan kontrol PI yang menghasilkan nilai error pada saat kondisi tegangan stabil tidak lebih dari batasan -1 dan 1. Yang bisa dilihat pada gambaran 5 dimana terlihat program untuk pelatihan jaringan syaraf tiruan.

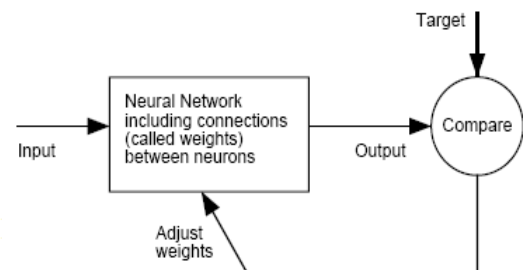
Segmen Program Pelatihan jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti

kontrol PI

```

1: p=[0.9976 0.9748 0.9988 0.5872 -0.1794 0.3181 0.9196
0.0294 0.3500 0.5908 -0.5880 0.8199 0.3438 0.9917 0.6976
0.6798 -0.3562 0.0055 0.7534 -0.0310 0.9067 -0.1334
0.6931 0.1577 0.7535 0.0503 0.6511 0.7292 -0.2638 -
0.1171 0.1292 0.9827 0.9923 -0.5792 0.4592 -0.1597 -
0.6819 -0.9158 0.1430 0.2845 -0.4830 -0.6263 0.5475
0.4915 0.3684 0.7371 0.4700 0.0025 -0.5561 0.0210 0.1677
0.4731 0.1212 0.6999 0.4449 -0.1014 0.8826 0.6894 -
0.0253 -0.6759 0.8007 0.0013 0.3081 0.1910 -0.3117 -
0.2318 -0.9473 0.4845 0.2942 0.1014 0.4811 0.7458 -
0.0114 -0.0849 -0.1704 -0.4919 -0.6130 0.5203 0.3300
0.6139 0.2768 -0.6589 -0.4184 0.1606 0.7094 -0.9299
0.7356 0.3887 -0.1271 0.9541 0.4078 0.7810 0.5982 -
0.9500 -0.9449 0.3484 0.2044 0.0576 -0.2542 0.6682 -
0.3041 -0.7224 -0.2703 0.7380 0.4155 -0.1909 0.9568 -
0.8694 0.3148 0.3240 0.7757 -0.6354 0.7246 0.2818 -
0.3250 -0.3781 0.9221 0.3775 0.2131 -0.5086 -0.5138
0.0544 0.2162 0.3962 0.7908 0.6980 0.2817 -0.5867 -
0.9799 0.4605 -0.5910 -0.7883 -0.6006 0.3688 -0.1001
0.6368 0.7289 -0.4386 -0.5749 -0.7549 0.0461 -0.3951
0.1947 0.6180 -0.2903 0.2557 0.9043 0.0521 0.9141 -
0.7805 0.4076 -0.9534 0.6679 0.6523 0.7702 -0.6684 -
0.6375 -0.2178 0.8710 0.2452 0.9014 0.8099 -0.8783 -
0.2733 0.4793 0.1204 0.7975 0.4794 0.2687 0.7692 0.2728

```

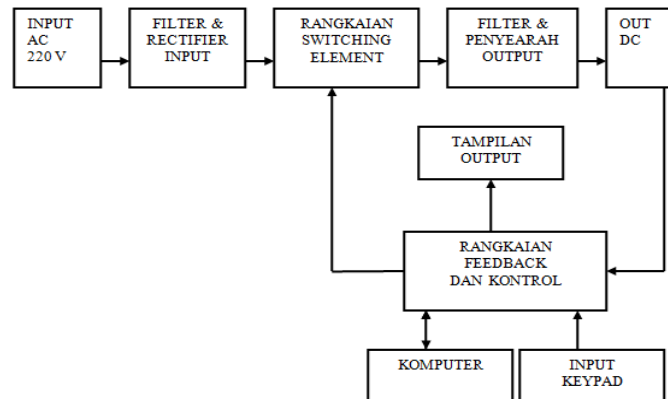


Gambar 5. Sistem Kontrol Umpan Balik dengan pelatihan Jaringan Syaraf tiruan

Nilai pada p merupakan nilai matrik yang terdiri dari 2 yaitu nilai error dan nilai *dutycycle* tunda. Untuk variabel t merupakan target atau hasil yang diinginkan dari proses tersebut. Proses pelatihan dengan menggunakan program Matlab dengan memanggil fungsi dari *newff*. Hasil pelatihan jaringan syaraf tiruan akan menghasilkan nilai bobot serta nilai bias. Nilai-nilai tersebut akan digunakan untuk proses perhitungan jaringan syaraf tiruan pada Delphi.

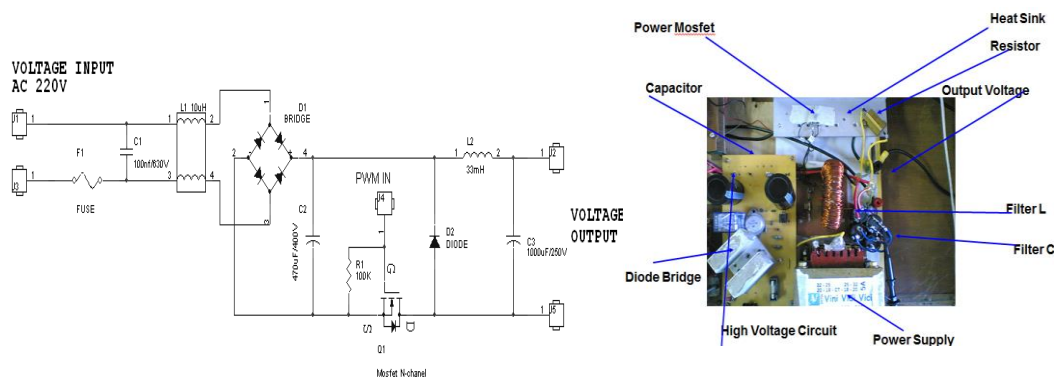
V. PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

Perencanaan dan pembuatan perangkat keras (hardware) yang berperan mendukung perangkat lunak untuk mengeluarkan tegangan 0 sampai 24 Volt.



Gambar 6. Blok Diagram Perangkat Keras

Dimana pertama kali Mikroprosesor akan menghasilkan PWM yang diumpungkan pada rangkaian switching. Dengan bantuan tegangan masukan, filter dan hambatan beban, maka tegangan keluaran yang dikehendaki bisa diketahui besarnya. Setelah besar nilai tegangan keluaran yang diukur dengan multimeter yang bersesuaian dapat diketahui dengan pasti berapa besarnya, maka nilai tadi ditampilkan ke LCD.



Gambar 7. Rangkaian Buck Converter

Mikrokontroler akan mengeluarkan gelombang PWM sesuai dengan nilai PWM yang diterima dari komputer untuk mengendalikan keluaran tegangan buck converter yang rangkaian bisa dilihat pada gambar 7.

VI. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Pada perancangan perangkat lunak ini di buat dengan dua metode dimana metode pertama dengan menggunakan free running ADC atau dikenal dengan umpan balik langsung dengan menerima data secara langsung dan metode yang memakai

penggunaan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan proporsional dan integral. Untuk yang pertama menggunakan free running ADC dan bisa dilihat pada flowchart berikut. Pada gambar 8 menggunakan AVR mempunyai PWM 8 bit, 9 bit, dan 10 bit. Nilai dari prosentase PWM disimpan dalam register OCR1A dan OCR1B. Suatu misal diinginkan sinyal PWM dengan duty cycle high 50 %, maka nilai OCR1A atau OCR1B nya adalah $50\% \times 256 = 128$ (OCR1A = 0x80).

Rumus sebagai berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung prosentase PWM:

$$\% PWM = \frac{V_1}{V_{max}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (3)$$

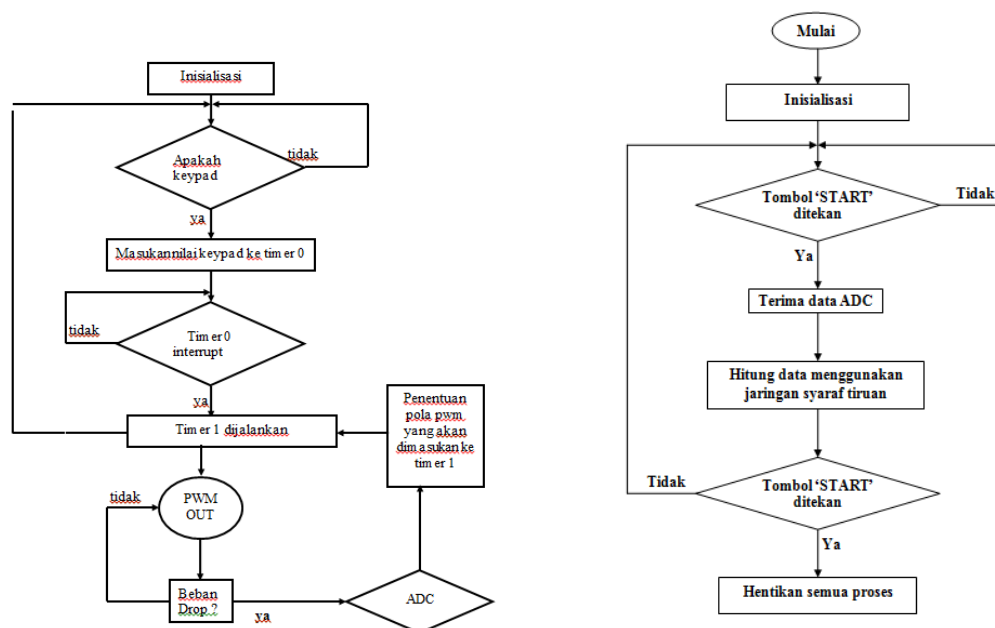
Dimana V_1 = nilai tegangan yang diinginkan (Volt), V_{max} = Tegangan Maksimum (Volt). Besar nilai PWM yaitu 15.6 KHz didapat dari $F = \text{Nilai Kristal} / 510$. Dan untuk menentukan nilai PWM harus mengetahui nilai t_{on} dan nilai t_{off} pada switching. Pertama misal diinginkan tegangan output 1 Volt maka yang dicari dahulu t_{off}

$$t_{off} = \frac{1 - (V_{output}/V_{input})}{2 \times \text{Frekuensi}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$= \frac{1 - (1/40)}{2 \times 16000} \mu s = 0.304 \mu s$$

$$T = \frac{1}{16000} = 0.625 \mu s \rightarrow t_{on} = T - t_{off} \rightarrow t_{on} = 0.625 - 0.304 = 0.3207 \mu s$$

Kemudian dikalikan dengan nilai PWM untuk menjadi nilai OCR Nilai OCR = nilai $t_{on} \times 256$ Jadi nilai = $0.3207 \times 256 = 82.09$. Kemudian di hexakan nilai OCR = 0x52 dan juga seterusnya.



Gambar 8. Flow Chart Pembentukan Program dengan ADC Free Running dan ADC dengan jaringan syaraf tiruan

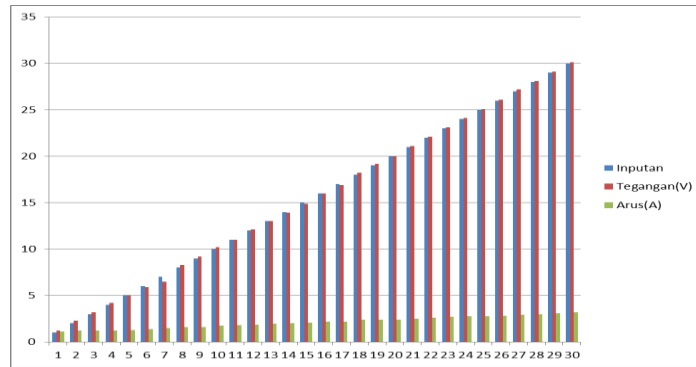
Tabel 1. Presentase PWM dengan Free Running ADC

Tegangan(V)	T _{off} (μs)	T _{on} (μs)	Percent %	PWM	OCR
1	0.304	0.321	32	82	0x52
2	0.296	0.329	33	84	0x54
3	0.289	0.336	33	86	0x56
24	0.125	0.500	50	128	0x80

Dalam pelatihan untuk pembentukan jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti kontrol PI akan menggunakan 2 buah nilai input yaitu: nilai error serta dutycycle. Nilai error yang digunakan merupakan nilai acak antara -1 hingga 1, sedangkan nilai dutycycle yang digunakan merupakan nilai dutycycle tunda. Batasan nilai error dibuat berdasarkan pengamatan pada penggunaan kontrol PI yang menghasilkan nilai error pada saat kondisi tegangan stabil tidak lebih dari batasan -1 dan 1. Nilai dutycycle tunda dihasilkan oleh rumus kontrol PI yang dihitung dengan menggunakan nilai error, dari nilai dutycycle yang terbentuk akan digeser dan diberi nilai awal 0 serta nilai paling akhir dihilangkan sehingga nilai dutycycle akan menjadi nilai dutycycle tunda. Pada proses pelatihan jaringan syaraf tiruan untuk pembuatan kontrol PI akan menggunakan 500 data input. Data-data digunakan untuk proses pelatihan pada jaringan syaraf tiruan sebagai pengganti kontrol PI. Data nilai error merupakan hasil dari perbedaan antara tegangan referensi dengan tegangan output. Pelatihan jaringan syaraf tiruan pengganti kontrol PI menggunakan 11 neuron dan menghasilkan 1 output yaitu nilai dutycycle, pada umumnya jaringan syaraf tiruan dengan yang akan dibuat sebagai pengganti kontrol PI dikenal dengan penulisan 2-11-1 yang artinya memiliki 2 input, 11 neuron, dan 1 output. Penggunaan program Matlab akan menghasilkan hasil lebih akurat karena Matlab memiliki fungsi untuk perhitungan jaringan syaraf tiruan. Berikut data jaringan syaraf dengan backpropagation untuk pelatihan neural untuk pengganti kontrol PI= $[0.9976 \ 0.9748 \ 0.9988 \ 0.5872 \ -0.1794 \ 0.3181 \ 0.9196 \ 0.0294 \ 0.3500 \ 0.5908 \ -0.5880 \ 0.8199 \ 0.3438 \ 0.9917 \ 0.6976 \ 0.6798 \ -0.3562 \ 0.0055 \ 0.7534 \ -0.0310 \ 0.9067 \ -0.1334]$ dst. Dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan sebanyak 500 data sebagai kontrol PI dapat menghasilkan tegangan keluaran sesuai dengan tegangan yang diinginkan. Pada saat penambahan beban resistif pada detik ke-10,15,20,dan 25 jaringan syaraf tiruan mampu mengendalikan keluaran tegangan buck konverter agar tetap menghasilkan tegangan yang stabil.

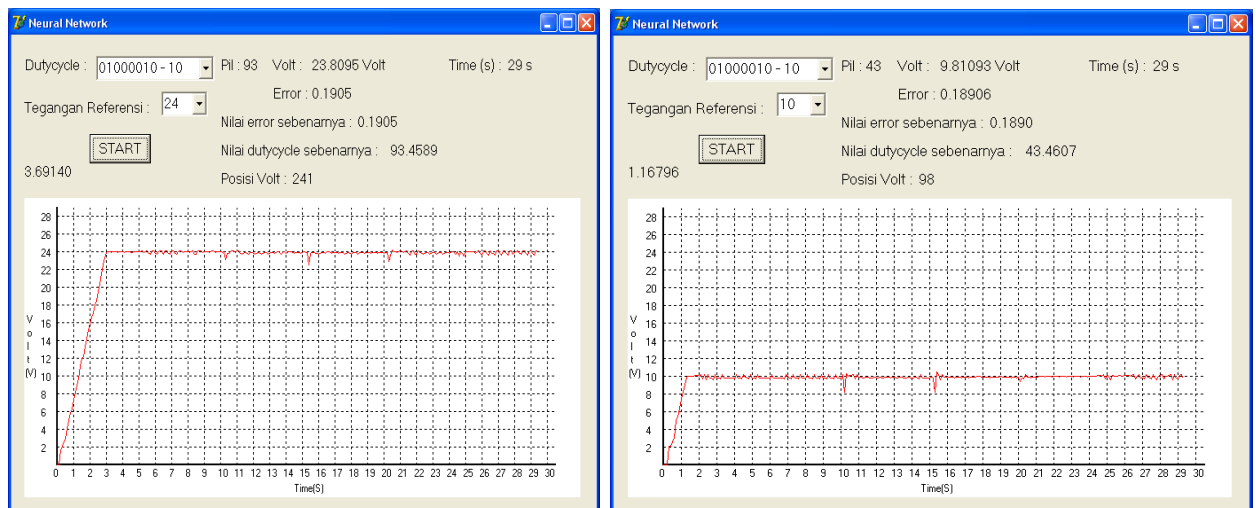
VII. UJI COBA ALAT

Pada penelitian ini, beban resistif yang digunakan adalah 2 lampu yang diseri, pada tiap lampu memiliki kemampuan daya sebesar 36 Watt dengan tegangan maximum 12 volt dan arus maksimal yang bisa ditarik sebesar 3A dan nilai resistif sebesar 4 Ohm dan bila diseri menjadi 8 ohm dan tegangan yang dapat dilewati sebesar 24 volt tetapi kenyataannya bisa dicoba hingga tegangan sebesar 29 Volt dan kemampuan arus yang dapat ditarik sebesar 3,2 Ampere. Berikut ini adalah hasilnya.



Gambar 9. Diagram Output dengan Kontrol Free Running ADC

Kemudian dengan beban yang sama akan di uji dengan controller PI, dan hasilnya bisa terlihat pada gambar berikut ini pada tegangan 10 Volt DC dan 24 VDC.



Gambar 10. Output dengan PI Kontroller

IV. PENUTUP

Dari pembuatan penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk menggunakan kontroller system umpan balik bisa menggunakan ADC dengan beberapa cara, dimana cara yang paling mendasar dengan pengambilan data secara langsung atau dengan cara free running ADC atau dapat lebih dikembangkan dengan pelatihan jaringan syaraf dalam controller tersebut.
- Untuk pelatihan pada jaringan syaraf tiruan membutuhkan minimal 500 data sebagai data input pelatihan jaringan syaraf tiruan agar dapat menghasilkan jaringan syaraf tiruan yang mampu mengendalikan keluaran tegangan buck converter.
- Jaringan syaraf tiruan yang terbentuk dari 2 lapis jaringan dengan fungsi aktivasi log-sigmoid pada lapis pertama, fungsi linear pada lapis kedua dan tiap lapis terdiri dari 11 neuron dapat melakukan perhitungan sebagai pengendali untuk menggantikan kontrol PI (*Proportional Integral Controller*).

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brown, Marty. *Practical Switching Power Supply Design*, 1990.
- [2] Baci, I.H.; Ciocan, I.; Lungu, S. *Modeling Transfer Function for Buck Power Converter*. Electronics Technology, 30th International Spring Seminar on , vol., no., pp.541,544, 9-13 May. 2007.
- [3] Fausett, L. *Fundamentals of Neural Network Architectures, algorithms and Applications*, Prentice Hall. 1994.
- [4] George C Chryssis. *High – Frequency Switching Power Supplies Theory & Design Book*. 1995
- [5] Kiam Heong Ang; Chong, G.; Yun Li. *PID control system analysis, design, and technology*,” Control Systems Technology, IEEE Transactions on, vol.13, no.4, pp.559,576, July. 2005.
- [6] Mohan, Ned, Tora M. Undeland, and William P. Robbins. *Power Electronics: Converter, Application, and Design*; John Wiley & Sons. 1989.
- [7] Pressman, Abraham I. *Switching Power Supply Design*, McGraw-Hill. 1998.