

Perancangan *Buck Boost Converter* Menggunakan *Fuzzy Logic Control* Sinyal *Pulse Width Modulation* pada Panel Surya

Rizky Tristyana Ardi Saputra, Supriatna Adhisuwignja , Mohammad Luqman

Abstrak - Buck-boost Converter adalah jenis konverter DC-DC yang memiliki magnitudo tegangan keluaran yang lebih besar dari atau kurang dari besarnya tegangan masukan. Ini setara dengan konverter flyback menggunakan induktor tunggal dan bukan transformator.

Buck-boost Converter dengan kontroler logika fuzzy menggunakan sinyal Pulse Width Modulation. Dalam penelitian ini, penggunaan panel surya terintegrasi dalam desain buck-boost converter dengan kontrol logika fuzzy sinyal Pulse Width Modulation atau PWM. Mikrokontroler yang mengukur input dan output tegangan dari sistem dan melakukan percobaan dimana ditentukan ketika pembacaan tegangan panel surya lebih dari 14 V sampai maksimal 18 V, mode buck dioperasikan. Ketika pembacaan tegangan panel surya setidaknya 6 V sampai dengan 13 V, mode boost dioperasikan. Dari percobaan yang telah dilakukan, pada saat Output Positif (OP) di-set 35 dan Output Negatif (ON) -20 sistem memasuki rise time pada saat 17 s dan segera memasuki settling time sesuai dengan setpoint.

Kata Kunci – buck-boost converter, kontrol logika fuzzy, PWM

I. PENDAHULUAN

Masalah energi terbarukan tampaknya akan tetap menjadi topic penelitian yang menarik sepanjang peradaban manusia. Upaya mencari sumber energy alternative sebagai pengganti bahan bakar dari minyak bumi masih tetap ramai di kalangan penelitian. Terdapat beberapa sumber energy alam yang tersedia sebagai energy alternative yang bersih tidak berpolusaman dengan persediaan yang tidak terbatas (Wilson 1996) diantaranya yaitu energy matahari. Pada waktu yang akan datang dengan adanya kebutuhan energy yang semakin besar, penggunaan sumber energy listrik besar, penggunaan sumber energy listrik yang beragam tampaknya tidak bisa dihindari. Maka dari itu, pengkajian terhadap berbagai macam sumber energi baru tidak akan pernah menjadi langkah yang sia-sia. Teknologi terbarukan yang mengkonversikan cahaya matahari menjadi

energi listrik dengan menggunakan perangkat semikonduktor

yang disebut sebagai panel surya (Fishbane et.al, 1996) banyak dikaji oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Di sisi lain panel sel surya pabrikan juga sudah tersedia.

Yang menjadikan permasalahan saat ini adalah bagaimana penggunaan panel sel surya demi mendapatkan output daya yang stabil melalui sebuah alat pengisian baterai dengan topologi buck-boost converter. Daya yang dihasilkan oleh panel surya memiliki nilai yang tidak stabil. Topologi buck-boost converter sendiri merupakan topologi DC to DC converter yang dimana tegangan keluaran yang dihasilkan akan lebih besar atau lebih kecil dari tegangan input. Fuzzy Logic Control atau FLC digunakan untuk mengatur sinyal PWM pada buck-boost converter sehingga dapat disesuaikan dengan tegangan yang dibutuhkan untuk pengisian baterai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Panel surya adalah bahan semi konduktor yang dapat melepas elektron apabila ada rangsangan dari sinar matahari yang kemudian membentuk arus listrik. Bahan semi konduktor yang sering dipakai oleh panel surya adalah silicon, di dalam silicon paling tidak terdapat dua lapisan yaitu lapisan bermuatan positif dan bermuatan negatif, sehingga membentuk suatu aliran elektron atau arus searah (DC). Besar gerbang arus berbanding lurus dengan banyaknya intensitas cahaya matahari yang masuk. Dikarenakan besarnya arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari, maka tidak sama antara kondisi cuaca cerah dan kondisi cuaca mendung.

2.2 *Buck-Boost Converter*

Buck-Boost Konverter adalah jenis konverter DC-ke-DC yang memiliki magnitudo voltage keluaran yang lebih besar dari atau kurang dari besarnya voltase masukan. Ini setara dengan konverter flyback menggunakan induktor tunggal dan bukan transformator.

Dua topologi berbeda disebut buck-boost converter. Keduanya bisa menghasilkan kisaran tegangan keluaran, mulai dari yang jauh lebih besar (dalam besaran absolut) dibanding tegangan input, hingga hampir nol.

2.3 Sistem Kontrol Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadech. Logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki kekaburan atau kesamaran antara benar dan salah atau antara 0 dan 1 (Zadech, 1965), berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1 (satu) dan 0 (nol). Logika fuzzy memberikan solusi praktis dan ekonomis untuk mengendalikan sistem yang kompleks. Logika fuzzy memberikan rangka kerja yang kuat dalam memecahkan banyak masalah pengontrolan. Logika fuzzy tidak membutuhkan model matematis yang kompleks untuk mengoperasikannya, yang dibutuhkan adalah pemahaman praktis dan teoritis dari perilaku sistem secara keseluruhan.

2.3.1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi digunakan untuk memetakan nilai atau harga variabel di dunia nyata ke dalam himpunan fuzzy (fuzzy sets). Pemetaannya dilakukan dengan menggunakan fungsi yang disebut *membership function*. Ada 3 metode fuzzifikasi yaitu *Singleton fuzzifier*, *Gaussian fuzzifier* dan *Triangular fuzzifier*.

2.3.2. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi mengembalikan hasil perhitungan fuzzy (himpunan fuzzy) menjadi variabel sesuai rentangnya di dunia nyata. Sama dengan fuzzifikasi, defuzzifikasi juga menggunakan *membership function* untuk memetakan nilai himpunan fuzzy menjadi variabel nyata. Terdapat beberapa metode defuzzifikasi, 3 diantaranya yaitu:

- Center of gravity defuzzifier yang dinyatakan dengan y^* , menunjukkan pusat area yang diliputi oleh *membership function B'*.
 - Center average defuzzifier menunjukkan *weight average* dari titik tengah masing-masing *membership function*.
 - Maximum defuzzifier memilih nilai tertinggi sebagai y^* .
- Ada 3 pilihan yaitu *smallest of maxima*, *largest of maxima* atau *mean of maxima*.

2.3.3. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaan yang memiliki nilai interval antara 0 dan 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Dalam logika fuzzy, fungsi keanggotaan menyatakan derajat keanggotaan pada suatu himpunan. Nilai dari fungsi keanggotaan ini berada dalam selang $[0,1]$, dan dinyatakan dengan μ_A

$$\mu_A : x \rightarrow [0,1] \tag{1}$$

Fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ bernilai 1 jika x anggota penuh himpunan A , dan bernilai 0 jika x bukan anggota himpunan A . Sedangkan jika derajat keanggotaan berada dalam selang $(0,1)$, misalnya $\mu_A(x) = \mu$, menyatakan x sebagian anggota himpunan A dengan derajat keanggotaan sebesar μ .

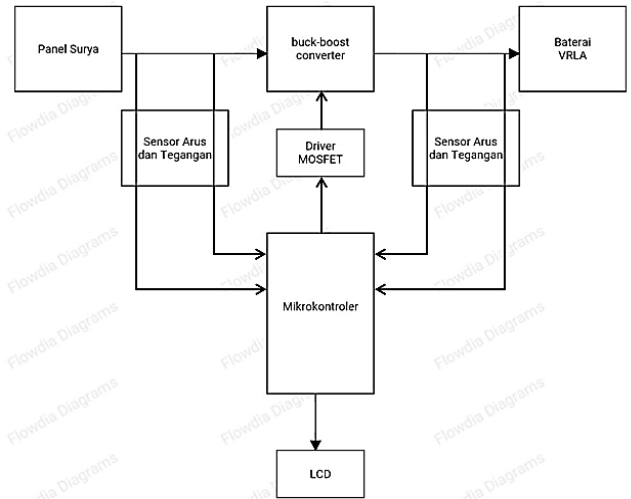
III. METODOLOGI

3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem dapat dilihat pada gambar 1, dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Panel Surya

Panel surya yang digunakan dalam alat ini yaitu sebesar 100Wp yang berfungsi untuk menangkap sinar matahari dan mengkonversikannya menjadi tegangan arus searah (DC). Selain itu, perangkat ini juga digunakan sebagai sumber tegangan.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

2. Buck-boost Converter

Buck-boost Converter adalah penguat lanjutan sebagai step up tegangan DC yang dihasilkan dari panel surya. Keluaran *buck-boost converter* ini kemudian selanjutnya diumpungkan pada sistem pengisian yang mengisi tegangan dan arus pada baterai.

3. Driver MOSFET

Rangkaian driver MOSFET merupakan rangkaian yang mengatur MOSFET sebagai saklar, dapat digunakan untuk mengendalikan beban arus yang tinggi. Untuk membuat MOSFET sebagai saklar maka hanya menggunakan MOSFET pada kondisi saturasi (ON) dan kondisi cut-off (OFF) pada arus pengisian baterai.

4. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor arus dan tegangan ini berfungsi untuk mendeteksi arus dan tegangan dari keluaran panel surya yang masuk ke rangkaian *buck-boost converter* dan mendeteksi arus dan tegangan pada hasil keluaran rangkaian *buck-boost converter* yang selanjutnya akan ditampilkan pada LCD melalui mikrokontroler.

5. Mikrokontroler ATmega32

ATMega32 merupakan mikrokontroler yang diproduksi oleh Atmel. Mikrokontroler ini memiliki clock dan kerjanya tinggi sampai 16 MHz, ukuran flash memorinya cukup besar, kapasistas SRAM sebesar 2 KiloByte, 32 buah port I/O yang sangat memadai untuk berinteraksi dengan LCD dan keypad. Mikrokontroler CMOS 16-bit buatan Atmel Keluarga AVR.

AVR mempunyai timer/counter dengan metode compare, interrupt eksternal dan internal, serial UART, progammable Watchdog Timer, ADC dan PWM internal.

6. LCD Display 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) Display 16x2 adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 16x2. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat.

7. Baterai VRLA

VRLA (Valve Regulated Lead Acid) ini difungsikan sebagai penyimpan daya yang dihasilkan dari panel surya melalui sistem pengisian menggunakan buck-boost converter.

3.2 Desain Mekanik



Gambar 2 Desain Mekanik

Berikut spesifikasi alat yang akan digunakan dalam penelitian:

a.) Dimensi Tempat Panel Surya

Panjang : 115,5 cm

Lebar : 68,5 cm

Tinggi : 78 cm

b.) Dimensi Control Box

Panjang : 22 cm

Lebar : 13,5 cm

Tinggi : 11 cm

c.) Bahan

Tempat panel surya: Besi Kanal L

Control Box: Acrylic

d.) Warna

Tempat panel surya dan penyangga : Hitam

Control Box: Hitam

3.3 Rangkaian Driver Buck

Untuk membuat rangkaian driver buck diperlukan tegangan berlebih dari panel surya yang didapat dari cahaya matahari yaitu tegangan fluktuasi dan driver mendapat inputan pwm dari mikrokontroler atmega32.

3.4 Rangkaian Buck

rangkaian buck adalah rangkaian penurun tegangan atau disebut juga step down, dalam rangkaian yang digunakan mendapat inputan dari mosfet dan disambungkan ke lilitan dan juga digunakan kapasitor dan diode.

3.5 Rangkaian Driver Boost

rangkaian driver boost pada tegangan panel surya. Untuk membuat rangkaian driver boost diperlukan tegangan dari solar cell yang didapat dari cahaya matahari yaitu tegangan fluktuasi dan di stabilkan menjadi 12 VDC, Driver mendapat inputan pwm dari mikrokontroler atmega32.

3.6 Rangkaian Boost

Rangkaian boost adalah rangkaian menaikkan tegangan atau disebut juga step up, dalam rangkaian yang digunakan mendapat inputan dari mosfet dan disambungkan ke lilitan dan juga digunakan dengan diode mur serta 2 kapasitor yang digabung secara seri.

3.7 Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor Tegangan digunakan untuk mengetahui tegangan output dari panel surya kemudian sensor tersebut mengeluarkan tegangan variabel yang nantinya disalurkan menuju microcontroller ATMEGA32. Tegangan variabel keluaran voltage sensor dipengaruhi oleh tegangan keluaran dari panel surya dan boost converter, dimana semakin tinggi tegangan panel surya dan keluaran boost, maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan menuju microcontroller ATMEGA32.

3.8 Rangkaian LCD

LCD (Liquid Crsytal Display) berfungsi untuk menampilkan karakter berupa angka dan huruf, serta memberikan informasi dari suatu sistem. Disini LCD berfungsi untuk menampilkan tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya dan menampilkan tegangan output rangkaian boost yang sedang berjalan, menampilkan.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.2 Pengujian Rangkaian Driver Buck-boost Converter

Pengujian rangkaian driver buck-boost conveter ini dilakukan dengan mengubah nilai tegangan output dari panel surya menggunakan input pwm Microcontroller Atmega32 dengan mengatur duty cycle. Berikut akan ditampilkan tabel perubahan tegangan pada panel surya yang telah diambil berdasarkan perubahan nilai output tegangan output dari Microcontroller Atmega32.

Tabel 1 Hasil Pengujian Driver Buck Converter Saat Tegangan Output Panel Surya 12 Volt

Duty Cycle	Tegangan (V)
0%	250 mV
10%	7,80 V
20%	9,81 V
30%	10,75 V
40%	11,26 V

50%	11,66 V
*) 60%	11,63 V
70%	12,67 V
80%	12,67 V

*) tegangan output turun di 60% karena duty cycle saturasi

Tabel 2 Hasil Pengujian Driver Boost Converter Saat Tegangan Output Panel Surya 12 V

Duty Cycle	Tegangan (V)
1%	12,3 V
2%	24,7 V
3%	28,5 V
4%	31,2 V
5%	33,7 V

4.3 Pengujian Sensor Tegangan Input pada Panel Surya

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan Panel Surya

Multimeter (volt)	Sensor (volt)	Error (%)
10	9,7	3
12,06	11,9	5
14,07	14	5
16,03	16	2
18	18,1	0,5
20,04	20,2	1
22,01	22,3	1
24,07	24,5	1

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara menemukan error sensor, diperoleh dari perbandingan hasil sensing sensor terhadap tegangan input panel surya yang tertampil pada LCD 16x2 dengan alat ukur tegangan (multimeter). Persentase error dapat ditemukan dengan rumus:

$$\% \text{ Error} = (\text{tegangan sensor} - \text{tegangan multimeter}) / (\text{tegangan multimeter}) \times 100\%$$

Hasil pengujian sensor tegangan membuktikan bahwa terdapat perbedaan hasil sensing sensor dengan multimeter. Rata-rata dari error setiap sensing terhadap perubahan tegangan input panel surya adalah 2,3%.

Selain itu, hasil sensing sensor yang tertampil pada LCD tidak dapat menampilkan nilai yang pasti, selalu berubah-ubah namun pada range yang masih dapat ditoleransi. Hasil sensing pada multimeter juga demikian. Hal ini yang menyebabkan terjadinya error namun tidak terlalu besar.

4.4 Pengujian Sensor Tegangan Input pada Output Boost

Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan Output Boost

Multimeter (volt)	Sensor (volt)	Error (%)
10	9,7	3
12,06	11,8	7
14,07	13,9	5,6
16,03	16	1,8
18	18	0
20,04	20,1	1,4
22,01	22,2	0,4
24,07	24,4	1,2

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara menemukan error sensor, diperoleh dari perbandingan hasil sensing sensor terhadap tegangan output boost yang tertampil pada LCD 16x2 dengan alat ukur tegangan (multimeter). Persentase error dapat ditemukan dengan rumus:

$$\% \text{ Error} = (\text{tegangan sensor} - \text{tegangan multimeter}) / (\text{tegangan multimeter}) \times 100\%$$

Hasil pengujian sensor tegangan membuktikan bahwa terdapat perbedaan hasil sensing sensor dengan multimeter. Rata-rata dari error setiap sensing terhadap perubahan tegangan input panel surya adalah 2,3%.

4.5 Pengujian Sensor Arus

Tabel 5 Hasil Pengujian Sensor Arus

Multimeter (A)	Sensor (A)	Error (%)
2	2	0
1,8	1,8	0
1,6	1,6	0
1,4	1,4	0
1,2	1,2	0
1	1	0
0,8	0,9	0,1
0,6	0,8	0,2

Pengujian Metode Fuzzy pada Panel Surya

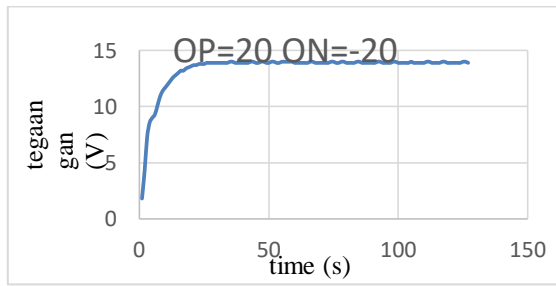
Pengujian metode fuzzy logic control untuk pengisian aki yang digunakan ini dilakukan dengan memasukkan setiap membership function yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah metode fuzzy logic ini dapat mengendalikan tegangan untuk pengisian aki dengan baik dan efektif. Prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian sistem pengisian aki ini adalah sebagai berikut:

Menghubungkan terminal input modul pengisian aki ke panel surya dengan memperhatikan terminal input positif (+) dan terminal input negatif (-).

Untuk pengujian tanpa beban, tidak perlu menghubungkan terminal

load ke baterai, sedangkan untuk pengujian dengan menggunakan beban, perlu menghubungkan terminal load ke terminal baterai.

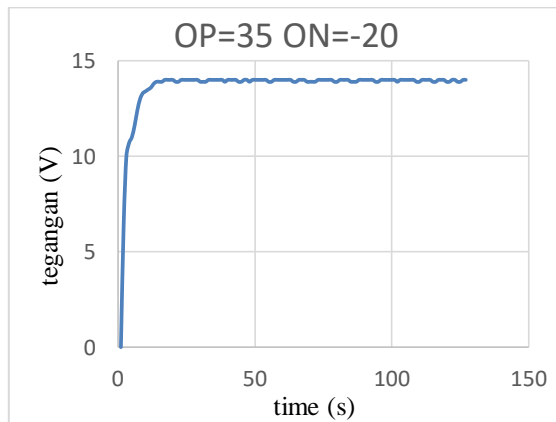
Melihat hasil pengamatan



Gambar 3 Grafik Respon Sistem OP= 20 ON=-20

Pada saat Output Positif (OP) di-set 20 dan Output Negatif (ON) -20, sistem memasuki rise time pada saat 25 s dan segera memasuki settling time sesuai dengan setpoint. Sesuai dengan perhitungan berikut;

$$\begin{aligned} \text{Time peak} &= 0 \text{ s} \\ \text{Setpoint} &= 14 \text{ V} \\ \text{Time delay} &= 50\% \times \text{setpoint} \\ &= 50\% \times 14 \text{ V} \\ &= 7 \text{ s} \\ \text{Maximum peak} &= ((\text{peak} - \text{setpoint}) / \text{setpoint}) \times 100\% \\ &= ((14 - 14) / 14) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$



Gambar 4 Grafik Respon Sistem OP= 35 ON=-20

Pada saat Output Positif (OP) di-set 35 dan Output Negatif (ON) -20, sistem memasuki rise time pada saat 17 s dan segera memasuki settling time sesuai dengan setpoint. Sesuai dengan perhitungan berikut;

$$\begin{aligned} \text{Time peak} &= 0 \text{ s} \\ \text{Setpoint} &= 14 \text{ V} \\ \text{Time delay} &= 50\% \times \text{setpoint} \\ &= 50\% \times 14 \text{ V} \\ &= 7 \text{ s} \\ \text{Maximum peak} &= ((\text{peak} - \text{setpoint}) / \text{setpoint}) \times 100\% \\ &= ((14 - 14) / 14) \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa kendali buck-boost untuk panel surya telah berhasil dibuat dan bekerja dengan baik, dan berikut ini adalah kesimpulan lain yang didapatkan:

1. Dengan mengimplementasikan metode Fuzzy Logic Control pada buck-boost untuk pengisian baterai VRLA atau aki dari panel surya mampu bekerja sesuai dengan setpoint yang ditentukan.
2. Menyesuaikan tegangan aki, set point 14 volt untuk membatasi tegangan jika aki sudah full, sebelum mencapai set point 14 volt aki akan terus diisi oleh output tegangan buck-boost dari panel surya.
3. Saat sistem belum dibebani, set point akan langsung tercapai 14 volt. Akan tetapi ketika dibebani dengan aki, tegangan belum mencapai set point dikarenakan pengisian aki bergantung pada waktu pengisian aki dan tegangan yang dihasilkan mengikuti tegangan beban aki, jika aki sudah full setpoint akan tercapai.
4. Semakin besar Output Positif (OP), maka time rise semakin cepat.

5.2 Saran

Sistem kendali buck-boost dengan metode Fuzzy Logic Control yang telah dibuat masih banyak kekurangan. Perlu adanya perbaikan dan penyempurnaan agar alat ini dapat bekerja secara optimal. Ada beberapa hal yang disarankan untuk perbaikan dan penyempurnaan yaitu:

1. Dari segi mekanik, akan lebih baik jika ditambahkan solar tracker agar panel surya bisa mendapatkan cahaya matahari secara lebih optimal.
2. Dari segi elektronik, perlu adanya perbaikan pada wiring pada elektronik sehingga perlu disempurnakan agar pembacaan sensor pada microcontroller lebih akurat lagi.
3. Dari segi software, perlu adanya metode kontrol lain sebagai perbandingan apakah metode yang digunakan lebih baik atau kurang baik dibandingkan metode Fuzzy Logic Control yang digunakan saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murtono, Ari. 2014. Buku Ajar Elektronika Daya. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [2] Fahma, Henny Ipi., Resa Fardana. 2017. Rancang Bangun Kontrol Pengisian Akumulator (AKI) dengan Panel Surya. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [3] Ugale, Chetan P. 2015. DC-DC Converter Using Fuzzy Logic Controller. India : MaharashtraMaulana, Agung. 2016. Rancang Bangun Konverter Buck-Boost Menggunakan Fuzzy Logic Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Ombak. Bandung : Universitas Telkom
- [4] Srivastava, Priyanka., Nishant Tripathi. 2014. Study of Fuzzy Logic and PID Controller in Buck-Boost Converter. India : National Institute Of Electronics And Information Technology (NIELIT)

- [5] Setiawan, Iwan. 2008. Kontrol PID Untuk Proses Industri. Jakarta : Penerbit Elex Media Komputindo.
- [6] Dewatama, Denda. 2012. Sensor dan Transduser. Malang : Modul Ajar Politeknik Negeri Malang.
- [7] Tarmukan. 2012. Teknik Kendali Otomatis. Malang : Modul Ajar Politeknik Negeri Malang.
- [8] Siswoko. 2012. Praktek Elektronika Analog 1 .Malang : Modul Ajar Politeknik NegeriMalang.
- [9] Kelvin, Michels. 2006. Studies In Fuzziness and Soft Computing. Jerman : ZentralblattMATH Media.