

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ELECTRONIC LOAD CONTROLLER DENGAN MENGGUNAKAN PROPORTIONAL INTEGRATIF KONTROLER

### DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC LOAD CONTROLLER WITH USING PROPORTIONAL INTEGRATED CONTROLLER

Muhammad Firdaus<sup>1</sup>, Ir. Mas Sarwoko Suraatmadja, M.Sc.<sup>2</sup>, Kharisma Bani Adam, S.T., M.T.<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>muhammadfirdaus2203@gmail.com,

<sup>2</sup>massarwoko@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>kharismaadam@telkomuniversity.ac.id

---

#### Abstrak

Pada tugas akhir ini dengan judul Perancangan dan Implementasi Electronic Load Controller pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan Proportional Integratif Kontroller. Electronic Load Control (ELC) adalah suatu unit kontrol yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Penggunaan Proportional Integratif bertujuan untuk meningkatkan kecepatan respon dan juga untuk menghilangkan kesalahan steady state. Electronic Load Control menggunakan generator sinkron. Alat ini digunakan untuk menjaga frekuensi jaringan agar tetap pada harga presetnya. Electronic Load Controller mengatur daya dummy load ketika daya yang mengalir ke beban berubah-ubah. Pada tegangan keluaran dari generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Electronic Load Controller ini menjaga tegangan agar tetap konstan. Electronic Load Controller menjaga daya keluaran dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (generator). Jika ada perubahan pada beban, Electronic Load Controller mengatur daya yang mengalir ke ballast (dummy load) secara elektronik, yaitu dengan melakukan pencacahan gelombang tegangannya. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat Electronic Load Controller yang bekerja secara efektif dalam sistem untuk mendapatkan pengembalian tegangan secara konstan. Tegangan yang ditentukan adalah sebesar 12 Volt.

Kecepatan respon dan *error steady state* merupakan parameter yang diukur untuk menilai kinerja suatu sistem kendali. Dengan menggunakan trial dan error konstanta kendali Kp, Ki masing-masing sebesar Kp=0,8 dan Ki=1.

Kata Kunci : Electronic Load Controller (ELC) , Kontrol PI (Proportional-Integral), PLTMH.

---

#### Abstract

The title Final Project is Design and Implementation of Electronic Load Controller of mikrohidro power plant with Proportional Integrated Controller. Electronic Load Control (ELC) The Control Unit is a used at Micro Hydro Power (MHP). Use Proportional Integrative aims to review increasing the speed of response and also to review eliminate the steady state error. Electronic Load Control using a synchronous generator. Initial tool used to review Keeping Frequency Network to Keapon preset price. Power Electronic Load Controller arrange dummy load when the power supplied to load Changing. Output voltage from generation Micro Hydro Power

Plant, Electronic load controllers Keeping husband to Keep Constant voltage. Keeping electronic load controller Power Output From Micro Hydro Power Plant (generator). If change on expenses, Electronic load controllers

regulate the power supplied to the ballast (dummy load) by electronics, by conduct enumeration wave voltage. The goal of this research is to obtain a Electronic Load Controller that can operates effectively, in order to gain constant voltage, Specified voltage is 12 Volts. The response's rate and error steady state are the parameters that measured in evaluating the performance's control system. This research utilize trial and error constannta of control Kp, Ki, each of both parameter given its value Kp=0,8 and Ki=1

Keywords: Electronic Load Controller (ELC), PI Control (Proportional-Integral), Microhydro Power Plant (MHP)

---

#### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber energi listrik saat ini sangat diperlukan. Energi listrik inimerupakan salah satu hal yang sangat penting untuk kebutuhan sehari\_hari bagi kehidupan manusia. Sulit bagi kita untuk melakukan

suatu aktifitas tanpa adanya energi listrik, karena kegiatan manusia bergantung pada energi listrik ini, baik untuk penerangan komunikasi atau transportasi. Di Indonesia sendiri ada perusahaan milik negara yang menyediakan listrik, akan tetapi tidak semua daerah dapat menikmati listrik yang disediakan negara. Terutama daerah-daerah

terpencil disebabkan sulitnya akses untuk mencapai daerah tersebut dan biaya untuk instalasi listrik yang sangat besar.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengolah dari energi alam menjadi energi listrik. Salah satu dari energi alam yang dapat dimanfaatkan yaitu energi potensial air, di Indonesia banyak tersedia energi potensial air, akan tetapi belum digunakan secara maksimal. Kita mampu memanfaatkan energi potensial air, karena pada energi ini

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber merupakan energi yang dapat terbaharui kembali.

penghasil energi. PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

Pada tugas akhir kali ini akan dibahas mengenai perancangan dan implementasi *Elektronic Load Controller* pada PLTMH berbasis Mikrokontroler dengan Propotional Integratif Kontroler. Dengan upaya menggunakan sistem ELC ini diharapkan agar pada PLTMH selain ekonomis juga konstruksi turbin lebih sederhana dan dapat dijangkau ke daerah-daerah terpencil tersebut.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Electronic Load Controller<sup>[8]</sup>

*Electronic Load Controller* (ELC) berfungsi sebagai distribusi daya yang tidak terpakai oleh konsumen, dialihkan ke beban komplemen sehingga  $P_m$  (Daya Generator) =  $P_e$  (Daya Konsumen dan Daya Komplemen). Dengan demikian putaran generator juga akan konstan, sehingga perubahan tegangan yang terjadi tidak signifikan atau masih dalam batas toleransi. *Electronic Load Control* (ELC) adalah suatu unit kontrol yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

*Electronic Load Controller* mengatur daya *dummy load* ketika daya yang mengalir ke beban berubah-ubah. Pada tegangan keluaran dari generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, *Electronic Load Controller* ini menjaga tegangan agar tetap konstan. *Electronic Load Controller* menjaga daya keluaran dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (generator).

### 2.2 P-I(Proportional Integratif)<sup>[4]</sup>

Kontrol PI (*Proportional Integral*) berfungsi untuk menentukan kepresisian/kestabilan suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik. Kontrol pada PI terdiri dari P (*Proportional*) dan I (*Integral*). Dalam implementasinya masing-masing parameter dapat bekerja sendiri maupun bekerja bersama. Parameter PI dapat diatur dalam sistem yang akan dikendalikan, agar respon output sistem sesuai terhadap input sistem yang diinginkan. Parameter-parameter penyusun kontroler PI adalah sebagai berikut.

#### 1. Proportional

Pengontrol *proportional* memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya).

Pengaruh pada sistem:

Dapat memperbaiki respon transien khususnya *rise time* dan *settling time*.

Persamaan matematis:

$$P = K_p \cdot e(t) \dots \dots \dots (1)$$

#### 2. Integral

Pengontrol integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran pengontrol ini merupakan penjumlahan terus menerus dari perubahan masukannya.

Pengaruh pada sistem:

Menghilangkan *Error Steady State* namun dapat menimbulkan ketidakstabilan (karena menambah orde sistem). Selain itu kontrol Integral memiliki *rise time* yang lebih lama dibandingkan kontrol *Proportional* (responnya lebih lama).

Persamaan matematis:

$$I = K_i \int_0^t e(t) dt \dots \dots \dots (2)$$

Kontrol PI difungsikan sebagai koreksi RPM output agar respon output sesuai dengan RPM input, dengan menganalisa dalam cakupan domain waktu (*sampling time*) data yang didapat dari sensor *encoder*.

Pada turbin impuls, pancaran (jet) air bebas mendorong bagian turbin yang berputar yang ditempatkan pada

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang

### 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro<sup>[2]</sup>



mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis, memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil, yaitu sekitar 0-100 kW. Turbin merupakan salah satu mesin fluida yang mengubah energy mekanis fluida menjadi kerja poros. Terdapat dua jenis utama turbin, yaitu turbin aksi/impuls dan turbin reaksi.

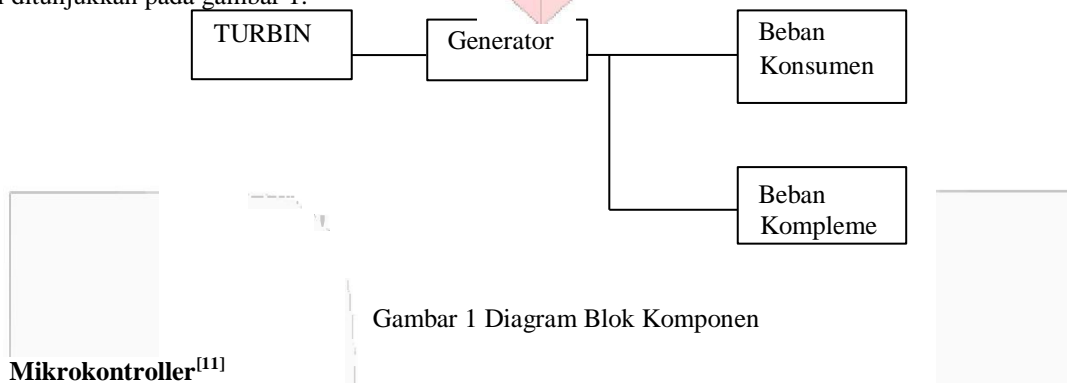


Pada turbin impuls, pancaran (jet) air bebas mendorong bagian turbin yang berputar yang ditempatkan pada

tekanan atmosfer. Sebagai contoh turbin ini adalah turbin pelton, turgo, dan *crossflow*. Sedangkan pada turbin reaksi, aliran air terjadi pada tekanan tertutup. Sebagai contoh turbin ini adalah turbin kaplan, propeller dan turbin francis. Kedua jenis turbin tersebut tergantung pada perubahan momentum dari air, sehingga gaya dinamiklah yang mengenai bagian yang berputar (*Runner*) dari turbin tersebut.

### 2.3.1 Komponen PLTMH

Pada umumnya PLTMH mempunyai tiga komponen utama yang masing-masing fungsinya sangat menentukan, yaitu : turbin air, generator, dan ELC. Pada pembangkit, pengendalian putaran dimaksudkan untuk mengendalikan putaran (frekuensi) generator sehingga pengendalian putaran dalam hal ini diutamakan berfungsi sebagai pengendali frekuensi generator. Perubahan putaran (frekuensi) generator dapat disebabkan karena adanya perubahan daya penggerak. Jika daya air yang masuk ke turbin dibuat selalu tetap sehingga daya penggerak turbin selalu tetap, maka frekuensi dan respon generator akan menjadi fungsi dari beban. Agar frekuensi yang dihasilkan oleh generator besarnya selalu tetap, maka besar beban dari generator harus selalu tetap. Untuk itu diperlukan beban tiruan yang besar bebannya dapat diatur sesuai dengan pengurangan beban dari PLTMH. Beban tiruan ini disebut beban komplemen. Pada suatu kondisi beban tertentu (misal pada beban sebesar 75% beban penuh), daya air yang masuk ke turbin diatur sehingga diperoleh putaran generator yang dikehendaki. Jika pada beban konsumen terjadi penurunan beban sebesar  $\Delta I$ , maka beban komplemen akan dilewati arus yang rata-ratanya akan sebesar penurunan arus akibat turunnya beban konsumen ( $\Delta I$ ). Dengan demikian generator akan dibebani dengan total beban yang selalu konstan. Diagram blok dari uraian tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Komponen

### 2.4 Mikrokontroler<sup>[11]</sup>

Pengendali mikro adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya juga telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja.

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal *input*, mengolahnya dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal *output* ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya.

Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu *chip*, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori, jalur *Input/Output* (I/O) dan perangkat pelengkap lainnya. Kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde *Gbyte*, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde *byte/Kbyte*. Contoh dari mikrokontroler atmega 8537 pada gambar 2.



Gambar 2 Mikrokontroler

### 2.5 Generator<sup>[10]</sup>

Generator merupakan sebuah alat yang mampu menghasilkan energy listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energy listrik. Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul GGL induksi.

Generator mempunyai dua komponen utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang bergerak (rotor). Rotor berhubungan dengan poros generator yang berputar di pusat stator. Poros generator biasanya diputar menggunakan usaha luar yang dapat berasal dari turbin, baik turbin air atau turbin uap dan selanjutnya berproses menghasilkan arus listrik.



Gambar 3 Generator

**2.6 Sensor Tegangan**

Sensor tegangan berupa sebuah transformer *step-down* pada umumnya besar transformer adalah 1 ampere. Keluaran dari sensor tegangan berupa tegangan berbentuk gelombang sinusoidal.

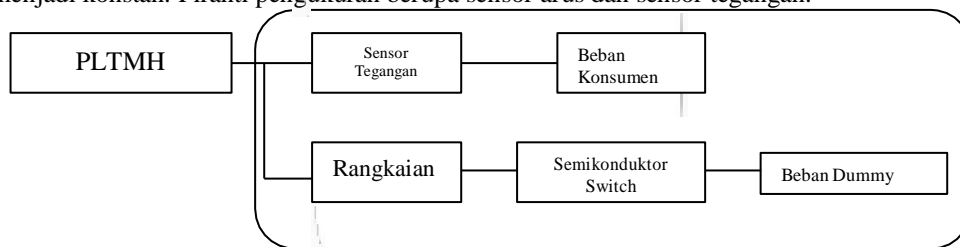


Gambar 4 Sensor Tegangan

**3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

**3.1 Perancangan Sistem**

Pada penelitian tugas akhir ini akan dirancang emulated model pembangkit listrik tenaga mikrohidro atau tenaga air berskala kecil sebagai ganti dari bahan bakar minyak yang sering digunakan untuk pembangkit. Dalam perancangan sistem kali ini dibagi menjadi perancangan elektronika dan pengukuran. Keseluruhan blok diagram yang akan di tunjukan pada gambar dibawah. Piranti elektronika yang berupa ELC (Elektronik Load Controller) berfungsi untuk mengontrol tegangan dari keluaran generator (emulated model) yang berupa listrik DC agar tegangan menjadi konstan. Piranti pengukuran berupa sensor arus dan sensor tegangan.



Gambar 5 Diagram Blok Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro

Keluaran energi listrik yang dihasilkan emulated model ini kemudian masuk ke sensor tegangan dari sensor tegangan akan memberikan informasi kepada rangkaian kontrol, agar beban tetap stabil beban tak terpakai akan dialihkan ke beban komplemen.

**3.2 Perancangan Alat**

Boost Converter yang dirancang dimisalkan memiliki *duty cycle* = 0 - 0,8 frekuensi = 40Khz, Resistansi minimum= 0,428571 Ω, Resistansi maksimum = 1 KΩ. Demikian dapat dicari induktor dengan perhitungan sebagai berikut :

$$L = \frac{(1 - D)^2 \cdot R}{2f} \dots\dots\dots (3)$$

$$L = \frac{(1 - 0,4)^2 \cdot 1000}{2(40 \cdot 10^3)}$$

$L = 4500 \mu H$

Nilai kapasitor dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$C = \frac{I}{\Delta V \cdot f} \dots\dots\dots (4)$$

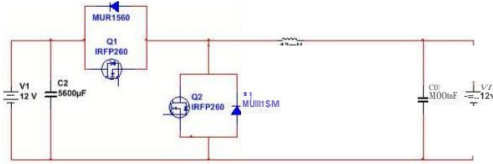
$$\Delta V = \pm 1\% \cdot V_0 \dots\dots\dots (5)$$

$\Delta V = 0,12$

$$C = \dots\dots\dots (6)$$

$$C = 4666 \mu F$$

Pada *Boost Converter* ini menggunakan induktor  $\geq 4500 \mu H$ , kapasitor  $\geq 4666 \mu F$ , MOSFET IRFP460 dan menggunakan IC TLP 250 sebagai rangkaian *optocoupler*. Rangkaian buckboost yang digunakan dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Rangkaian Boost Converter<sup>[12]</sup>

**3.3 Perancangan PI Kontroler**

Dengan menganalisa saat saklar dalam keadaan terbuka dan tertutup dapat dicari fungsi alih yang nantinya akan berguna untuk mencari nilai  $K_p$  dan  $K_i$ . Penggunaan metode *PI Controller* yang digunakan adalah *Trial and Error*, perhitungannya dengan mencari nilai *Error* dari sistem yang dibuat, nilai  $K_p$  dan  $K_i$  ditentukan. Agar mendapatkan respon yg baik  $K_i > K_p$ . Berikut adalah perhitungan dari metode *PI Controller* :

$$PI = K_p * e + K_i \int e(t) \dots\dots\dots (7)$$

Ditentukan :

$$K_p = 0,8$$

$$K_i = 1$$

\*Penentuan nilai  $K_p$  dan  $K_i$  didapat dari *Trial and Error*

Tegangan yang diinginkan :

$$V_{ekspektasi} = 12 \text{ Volt}$$

Tegangan Keluaran yang sebenarnya :

$$V_{real} = 13 \text{ Volt}$$

Didapatkan

Untuk mencari *Error System* :

$$e = V_{real} - V_{ekspektasi}$$

Untuk mendapatkan nilai *error* adalah selisih dari tegangan *output (real)* dengan tegangan yang diinginkan (tegangan *ekspektasi*)

$$e = 13 - 12$$

$$= 1$$

Jadi :

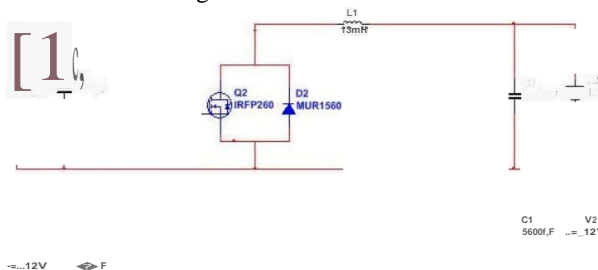
$$PI = K_p * e + K_i \int e(t)$$

$$= 0,8 (1) + 1 (1)$$

$$= 0,8 + 1$$

$$= 1,8$$

Analisa saklar tertutup dan saklar terbuka sebagai berikut :



Gambar 7 Keadaan S1 Terbuka

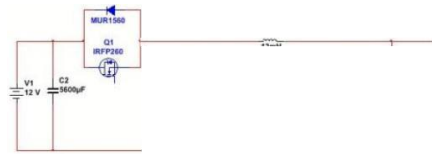
Untuk keadaan S1 terbuka didapatkan :

$$-V_i = V_{c1}$$

$$V_i + V_{c1} = 0 \dots\dots\dots (8)$$

$$-V_{c1} + V_L + V_{c2} = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$V_o - V_{c2} = 0 \dots\dots\dots (10)$$



Gambar 8 Keadaan S2 Terbuka



Untuk keadaan S2 terbuka didapatkan :

$-V_i = V_{c1}$

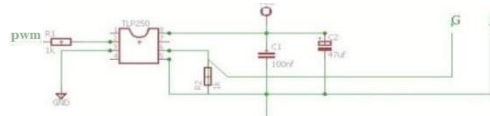
$V_i + V_{c1} = 0 \dots\dots\dots (11)$

$V_i + V_{c1} = 0 \dots\dots\dots (12)$

$V_L + V_{c1} = 0 \dots\dots\dots (13)$

**3.4 Perancangan Driver Mosfet TLP 250**

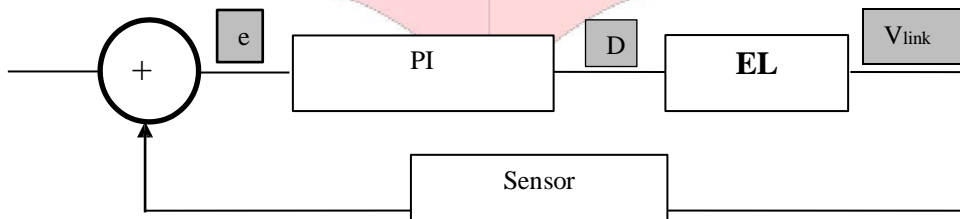
Rangkaian *optocoupler* yang digunakan sebagai berikut :



Gambar 9 Rangkaian *Optocoupler*

**3.5 Prinsip Kerja ELC**

Perancangan elektronik dari Sistem PLTMH adalah sebagai berikut.

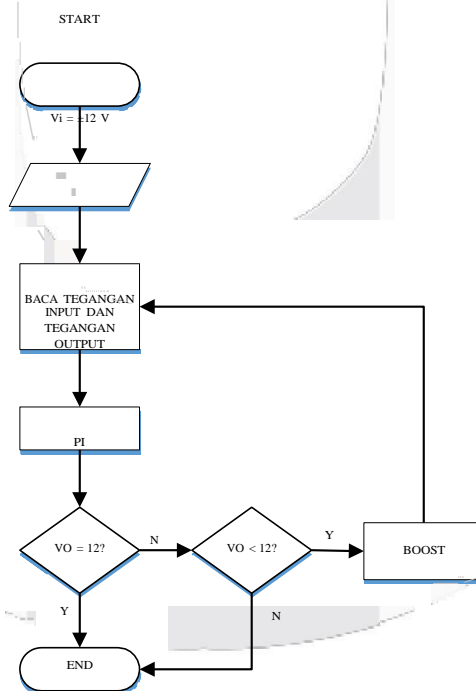


Gambar 10 Diagram Blok Kontrol

$V_{ref}$  12 Volt adalah tegangan referensi dari generator (*emulated model*), nilai *error* yang masuk ke Proportional Integratif (PI) adalah nilai  $V_{ref}$  (tegangan referensi) dikurangi  $V_{link}$  (tegangan link). Pada Proportional Integratif dengan keluaran adalah D (*Duty Cycle*) proporsi waktu dimana komponen, perangkat atau sistem dioperasikan, sebagai kontrol untuk *Electronic Load Controller* agar tegangan link sama dengan tegangan referensi bernilai sama. Dalam hal ini pada penggunaan *Electronic Load Controller* berfungsi sebagai kontrol tegangan agar tegangan yang keluar menjadi konstan.

**3.6 Flowchart Umum Sistem**

Keluaran dari generator (*emulated*) kemudian dihubungkan dengan sensor tegangan dan sensor arus, kemudian dari sensor masuk ke *Electronic Load Controller* untuk di ubah tegangan dan arusnya agar sesuai yang diinginkan, ELC menggunakan mosfet IRFP 460 dan dikontrol oleh mikrokontroler. Setelah tegangan dan arus diubah oleh sistem ELC, dengan sensor tegangan dan sensor arus kita dapat melihat perubahan pada tegangan dan arus.



Gambar 11 Flowchart Sistem

**4. PENGUJIAN DAN ANALISIS**

**4.1 Hasil Pengujian Alat**

*Electronic Load Controller (Boost Converter)* dihubungkan dengan PSU yaitu positif PSU pada kaki positif masukan dari *boost*, sedangkan kaki negatif pada ELC (*Boost*) dihubungkan ke *ground* PSU. Mikrokontroler terhubung ke *personal computer* dihubungkan dengan rangkaian *optocoupler*. *Personal computer* berfungsi sebagai pensuplai untuk mikrokontroler sekaligus untuk mengupload program. Dari mikrokontroler yang sudah terdapat program untuk mengatur dan menset keadaan keluaran agar sesuai dengan yang diharapkan. Kemudian sensor arus dan tegangan berfungsi sebagai *feedback* sekaligus mengecek arus dan tegangan dari masukan boost

**Tabel 1 Hasil Pengujian Boost Converter**

Percobaan Boost Converter				
No.	Vin	Catu Daya Mosfet 51,52		Vout
		51 (Volt)	52 (Volt)	
1	6.6	10	10	12.21
2	7.2	10	10	11.89
3	8	10	10	11.95
4	9.4	10	10	12.2
5	10.7	10	10	12.03
6	11.2	10	10	12.31
7	11.5	10	10	12.11

**Tabel 2 Hasil Pengujian Tegangan, Arus, Daya Input**

No	Tegangan Input (VIN)	Arus Input (IIN)	Daya Input (PIN)
1	6.6	1.24	8.184
2	7.2	0.98	7.056
3	8	0.82	6.56
4	9.4	0.66	6.204
5	10.7	0.55	5.885
6	11.2	0.52	5.824
7	11.5	0.49	5.635

**Tabel 3 Hasil Pengujian Tegangan, Arus, Daya Output**

No	Tegangan Output (Voirr)	Arus Output (Iour)	Daya Output (Pouir)
1	12.21	0.362	5.18925
2	11.89	0.425	5.29105
3	11.95	0.445	5.07875
4	12.2	0.425	5.002
5	12.03	0.41	4.83606
6	12.31	0.402	4.98555
7	12.11	0.405	4.90455

Efisiensi =  $\frac{P_{out}}{P_{in}} * 100\%$  ..... (14)

**Tabel 4 Efisiensi Daya**

No	Tegangan Output (Voirr)	Arus Output (Iour)	Daya Output (Pouir)	Tegangan Input (VIN)	Arus Input (IIN)	Daya Input (PIN)	Efisiensi (%)
1	12.21	0.362	5.18925	6.6	1.24	8.184	63.41
2	11.89	0.425	5.29105	7.2	0.98	7.056	74.98
3	11.95	0.445	5.07875	8	0.82	6.56	77.42
4	12.2	0.425	5.002	9.4	0.66	6.204	80.63
5	12.03	0.41	4.83606	10.7	0.55	5.885	82.18
6	12.31	0.402	4.98555	11.2	0.52	5.824	85.60
7	12.11	0.405	4.90455	11.5	0.49	5.635	87.04

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dari pengujian dan analisis pada alat yang berupa ELC, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dapat mengontrol tegangan dari keluaran generator yang berupa listrik DC agar tegangan menjadi konstan dengan penggunaan ELC
2. Penggunaan sensor tegangan digunakan untuk melihat nilai masukan dan feedback
3. Pengaruh PI kontroller yaitu dapat menstabilkan tegangan yang diinginkan

**5.2 Saran**

Selama pengerjaan tugas akhir ini tentunya tidak lepas berbagai macam kekurangan, secara khusus pada alat yang dibuat. Namun setelah masa waktu tugas akhir habis, penulis belum dapat memperbaiki kekurangan yang ada. Untuk itu penulis memberikan beberapa catatan demi kesempurnaan alat ini:

1. Kualitas alat ditingkatkan lagi
2. Perhatikan batas maksimal alat yang digunakan

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Indarto, Pitojo Tri Juwono Rispiningtati.2012. "KAJIAN POTENSI SUNGAI SRINJING UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) BRUMBUNG DI KABUPATEN KEDIRI", Malang. Universitas Brawijaya Malang.
- [2] Syafrima Wahyu..2009."RANCANGAN ELECTRONIC LOAD CONTROLLER (ELC) SEBAGAI PENGONTROL BEBAN KOMPLEMEN PADA PLTMH". Jakarta.FisikaFMIPA.UNJ.
- [3] Handy Wicaksono1, Josaphat Pramudijanto2.2004."Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Metode *Tuning Direct Synthesis*".Surabaya.Institut Teknologi Surabaya.
- [4] Muhamad Ali." Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab". Yogyakarta.Universitas Negeri Yogyakarta.
- [5] GENERATOR.2012. <http://imamsinaga.blogspot.com/>(diakses 15 April 2015)
- [6] Generator, Turbin, Pltm <http://id.scribd.com/doc/82250603/11a-Bab-Generator-Turbin-Pltm> (15 April 2015)
- [7] Generator Induksi.2013. <http://te.unib.ac.id/lecturer/amrirosa/?p=34> (diakses 15 April 2015)
- [8] Electronic Load Controller. <http://fauzunatabiq.blogspot.com/2010/12/pengatur-beban-elektronis-electronic.html> (diakses 15 April 2015)
- [9] Proportional-Integral(PID) Control. [http://urrq.eng.usm.my/index.php?view=article&catid=31%3Aarticles&id=106%3Aproportional-integral-pi-control-&tmpl=component&print=1&layout=default&page=&option=com\\_content&Itemid=70](http://urrq.eng.usm.my/index.php?view=article&catid=31%3Aarticles&id=106%3Aproportional-integral-pi-control-&tmpl=component&print=1&layout=default&page=&option=com_content&Itemid=70)(diakses 15 April 2015)
- [10] Prinsip dan Cara Kerja Generator.2015. [http://www.academia.edu/8360970/Prinsip\\_Cara\\_Kerja\\_Generator](http://www.academia.edu/8360970/Prinsip_Cara_Kerja_Generator) (diakses 15 April 2015)
- [11] Belajar Mikrokontroler. <http://mikrokontroler-indonesia.blogspot.co.id/2014/01/pengertian-mikrokontroler.html> (diakses 15 Februari 2016)
- [12] Y. Lung-Shang and L.Tsorng-Jun. "Analysis and Implementation of a Novel Bidirectional DC-DC Converter",vol. 59, pp. 422-427, 2012.