

# **KENDALI DC-DC CONVERTER PADA PORTABLE PICO-HYDRO MENGGUNAKAN PID KONTROLLER**

---

---

**Denda Dewatama<sup>1)</sup>, Mila Fauziah, Hari Kurnia Safitri**  
Politeknik Negeri Malang

<sup>1)</sup>[denda.dewatama@polinema.ac.id](mailto:denda.dewatama@polinema.ac.id)

## **Abstrak**

Kebutuhan akan energi fosil semakin lama semakin meningkat dan mengakibatkan cadangan energi fosil semakin menipis. Sehingga dibutuhkan energi alternatif yang diharapkan dapat mengurangi konsumsi energi fosil. Sedangkan sumber daya air di Indonesia sangat melimpah. Oleh karena itu, pembangkit Listrik Piko hidro (PLTPH) merupakan sumber energi listrik alternatif. Umumnya PLTPH menggunakan konstruksi sipil yang permanen serta bobot yang berat sehingga membutuhkan biaya yang tinggi dan lahan yang luas. Sedangkan tidak semua potensi air dapat digunakan untuk konstruksi PLTPH permanen dan lagi kadangkala dibutuhkan sumber energi alternative yang mudah untuk dipindahkan. Berdasarkan permasalahan di atas di butuhkan PLTPH portable. PLTPH portable terdiri dari generator, rangkaian boost converter dan mikrokontroler digunakan untuk melakukan pengisian aki. Agar memperoleh hasil keluaran boost converter yang stabil maka dilakukan pengontrolan penyulutan boost converter dengan kontrol PID. Rangkaian boost converter di desain untuk masukan tegangan 2,5V sampai 4,5V dengan keluaran 7,6V. Digunakan kontrol PID pada boost converter dengan nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,05$ , dan  $K_d = 0,2$  menghasilkan respon sistem : rise time ( $t_r$ ) = 0,13, settling time ( $t_s$ ) = 0,22, maksimum over shoot (%OS) = 1,053%, error steady state (ess) = 1.

**Kata-kata kunci:** DC-DC Converter, PLTPH, PID

## ***Abstract***

*The need for fossil energy is increasing and causing fossil energy reserves to diminish. So that, alternative energy to reduce fossil energy consumption is needed. Water resources in Indonesia are very*

*abundant. Therefore, the Pikohidro Power Plant (PLTPH) is an alternative source of electrical energy. Generally PLTPH uses permanent civil construction and heavy weight that requires high costs and wide land. Whereas not all potential water can be used for permanent PLTPH construction and again sometimes an alternative energy source that is easy to move is needed. Based on the above problems, PLTPH portable is needed. PLTPH portable consists of a generator, a boost converter circuit and a microcontroller used to charge the battery. In order to obtain a stable boost converter output, control of the boost converter ignition with PID control is performed. The boost converter circuit is designed to input a voltage of 2.5V to 4.5V with an output of 7.6V. PID control on boost converter is used with values of  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0.05$ , and  $K_d = 0.2$  produces system response: rise time ( $t_r$ ) = 0.13, settling time ( $t_s$ ) = 0.22, maximum over shoot (% OS) = 1,053%, steady state (ess) error = 1.*

**Keywords:** DC-DC Converter, PLTPH, PID

## **1. PENDAHULUAN**

Listrik memiliki peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan, baik dari aspek pendidikan, sosial, ekonomi, budaya, maupun pariwisata. Listrik termasuk dalam kebutuhan vital yang menjadi salah satu tolak ukur kesejahteraan masyarakat Indonesia. Meskipun pemerintah telah merealisasikan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan, namun masih banyak daerah-daerah di Indonesia yang belum terjangkau aliran listrik. Direktur Eksekutif Institute for Essential Services Reform (IESR), Fabby Tumiwa mengatakan Indonesia berpotensi mengalami kekurangan pasokan listrik pada tahun 2018-2019. Ini ditunjukkan dengan rendahnya angka pasokan listrik setiap tahun<sup>[1]</sup>.

Kebutuhan listrik untuk penerangan dalam berbagai keperluan misalnya untuk melakukan studi atau survei lapangan di daerah yang belum ada listrik atau sekedar melakukan kegiatan wisata alam di daerah yang belum terjangkau PLN umumnya menggunakan genset yang kurang efisien dari segi harga dan membutuhkan bahan bakar fosil yang tentunya dapat mencemari lingkungan.

Pembangkit listrik menggunakan energy terbarukan merupakan solusi tepat untuk menanggulangi belum

terjangkaunya PLN sekaligus menjaga lingkungan tercemar. Salah satu penggunaan energy terbarukan adalah dengan memanfaatkan aliran air dimana untuk memperoleh tegangan yang konstan digunakan DC-DC converter.

Penelitian terdahulu tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLTMH) dan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hidro (PLTPH). Menurut Joni (2015), pemanfaatan pembangkit listrik kincir air terapung di desa Ella Hilir Kabupatern Melawi mempunyai perbandingan keuntungan terhadap biaya dengan menggunakan pembanding genset mempunyai rasio 1,79<sup>[2]</sup>. Dalam Suparman (2017), Maksimum daya yang dihasilkan adalah 518 Watt yang dicapai pada saat aliran air 3 m/s putaran kincir 44,09 rpm dan torsi kincir 112,22Nm<sup>[3]</sup>.

PLTPH merupakan sumber energi listrik alternatif yang terbarukan dan murah dari segi harga tetapi umumnya masih menggunakan kontruksi sipil yang permanen serta bobot yang berat sehingga tidak bisa digunakan untuk sumber listrik yang sifatnya sementara atau dapat dipindahkan (moveable).

Oleh karenanya untuk mengatasi permasalahan di atas muncul ide untuk membuat PLTPH Portabel dengan berat yang dapat dibawa oleh satu orang dengan harapan dapat memberikan kemudahan dalam upaya mendapatkan tenaga listrik di suatu tempat terpencil yang belum terjangkau listrik. Agar mendapatkan hasil keluaran generator stabil digunakan kontrol PID.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Pico-hydro**

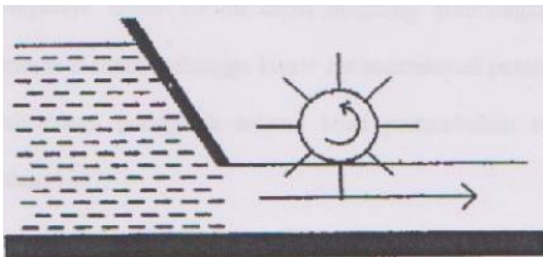
Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTA termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTA dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, tenaga air yang

digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun.

Berdasarkan besar energy yang dihasilkan PLTA dibagi menjadi beberapa bagian, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Pihohidro (PLTPH). PLTPH adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 5 kW).

Agar energy listrik dapat diperoleh dari aliran sungai maka diperlukan mekanisme untuk mengubah energy kinetic dan potensial dari aliran sungai melalui kincir air. Kincir air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik.

Guna mendesain portable PLTPH maka diperlukan kincir air dengan aliran air di bawah. Kincir air ini berputar karena energi kinetik yang tersimpan dalam aliran air. Energi potensial air berubah menjadi energi dan membantu energi kinetik air semula. Perencanaan secara teoritis pertama kali di lakukan oleh PECOLET di Inggris pada abad ke-19 dan selanjut seorang bangsa Francis pada tahun 1824 yang bernama BOURDIN telah membuat kincir air radial yang menggunakan sudu pengarah. Desain kincir air aliran bawah dapat dilihat dalam Gambar 1.

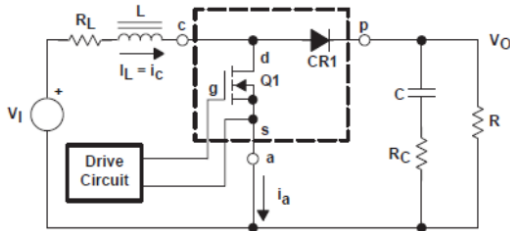


**Gambar 1. Kincir Air Saluran Bawah** <sup>[4]</sup>

## **2.2 Boost Converter**

Boost converter adalah converter yang menghasilkan tegangan output yang lebih besar dari tegangan inputnya. Tegangan output yang dihasilkan mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan inputnya. Boost converter biasa disebut juga

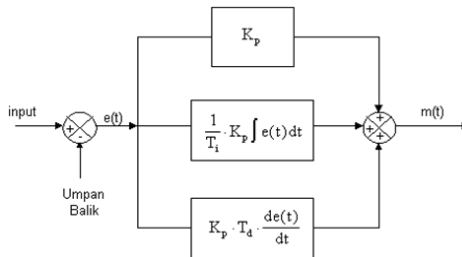
sebagai step-up converter. Berikut ini merupakan rangkaian dari boost converter.



Gambar 2. Boost Converter<sup>[5]</sup>

### 2.3 Kontrol PID

PID (Proportional Integral Derivative) Controller merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik / feed back pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu Proportional, Integratif, dan Derivatif. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun sendiri-sendiri, tergantung dari respon yang kita inginkan terhadap suatu plant. Blok diagram kontrol PID dapat dilihat dalam Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Blok Diagram Kontrol Pid<sup>[6]</sup>

### 2.4 Arduino UNO

Arduino merupakan sebuah board mikrokontroler berbasis ATmega328P. Arduino Uno sendiri diproduksi di Italia, sesuai dengan nama “Uno” yang dalam bahasa Italia berarti satu untuk menandai kode peluncuran Arduino 1.0. Pada Arduino Uno mempunyai 14 pin yang semua bisa difungsikan sebagai I/O digital dan beberapa bisa

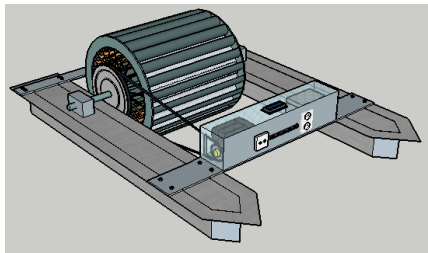
difungsikan sebagai input analog. Gambar fisik Arduino Uno dapat dilihat dalam Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Arduino Uno<sup>[7]</sup>

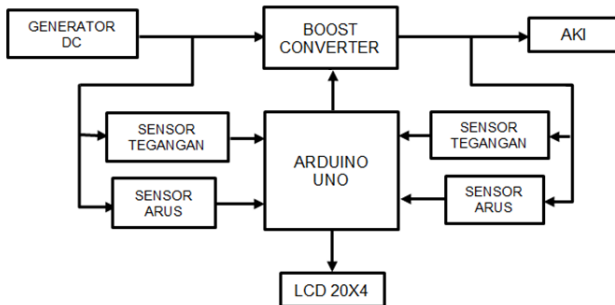
### 3. METODE

Perangkat mekanik yang dapat dilihat dalam Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Desain Mekanik

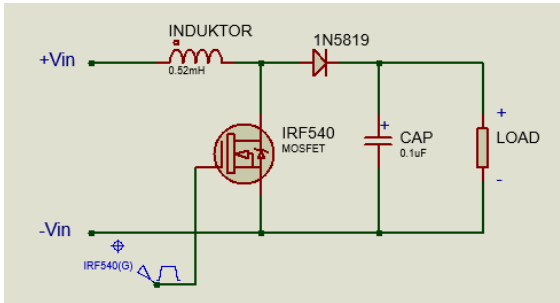
Blok diagram sistem ini dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Blok



Berdasarkan parameter desain seperti dalam Tabel 1 dilakukan perancangan rangkaian boost converter dalam Gambar 7 dan komponen-komponennya dalam Tabel 2.



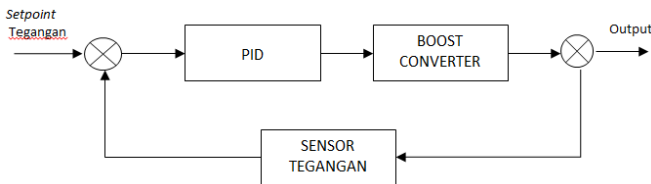
**Gambar 7. Rangkaian Boost Converter**

**Tabel 2. Komponen Boost Converter**

No.	Nama Komponen	Komponen
1.	Induktor	0.527mH
2.	Kapasitor	0.1µF
3.	MOSFET N-Channel	IRF540
4.	Dioda	1N5819

### 3.3 Kontrol PID

Dalam perancangan kontrol PID pada sistem ini yang diproses adalah umpan balik dari pembacaan tegangan keluaran boost converter. Blok diagram kontrol PID dapat di lihat dalam Gambar 8 di bawah ini.



**Gambar 8. Kontrol Pid**

Kontroler PID memiliki memiliki tiga parameter yang mempengaruhi pada kinerja dari kontroler tersebut yaitu konstanta proporsional ( $K_p$ ), konstanta integral ( $K_i$ ) dan konstanta diferensial



(Kd). Dalam menentukan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  menggunakan metode Ziegler-Nichols, maka didapat nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,05$ , dan  $K_d = 0,2$ .

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Pengujian Generator**

Pengujian generator bertujuan untuk mengetahui konversi tegangan keluaran generator terhadap kecepatan putar generator. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3 di bawah.

**Tabel 3. Hasil Pengujian Generator**

No.	RPM	Vout (V)
1.	30	2.2
2.	34	2.5
3.	38	2.8
4.	44	2.8
5.	61	2.6
6.	98	3.4
7.	100	3.8
8.	105	4.9
9.	116	5.4
10.	144	5.5

Berdasarkan Tabel 3 di atas dan di bandingkan dengan kecepatan yang dihasilkan oleh kincir air guna menggerakkan generator maka dapat disimpulkan generator dapat bekerja dengan baik.

### **4.2. Pengujian Sensor Arus**

Pengujian sensor arus dilakukan untuk memastikan sensor agar dapat bekerja dengan baik saat digunakan untuk membaca arus masukan generator maupun keluaran boost converter DC. Hasil pengujian sensor arus dapat dilihat dalam Tabel 4 di bawah ini.

**Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Arus**

No	I sensor (mA)	I avo (mA)	% Error
1	110	110	0.00
4	145	140	3.45
7	220	210	4.55
8	260	250	3.85

9	340	330	2.94
10	425	420	1.18
11	720	700	2.78
Rata-rata %error			2.68

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa error rata-rata sensor arus adalah 2,68%. Hal ini menunjukkan sensor arus bekerja dengan baik.

**4.3 Pengujian Boost Converter**

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian boost converter menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan pengisian aki. Pada pengujian ini nilai  $V_{out}$  dipertahankan 7.6V untuk mengetahui pengaruh nilai duty cycle terhadap tegangan masukan boost converter. Sebagai referensi digunakan software simulasi elektronik. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5 di bawah ini dan berdasarkan pada hasil pengujian Tabel 5. Dapat diketahui bahwa boost converter telah bekerja dengan baik .

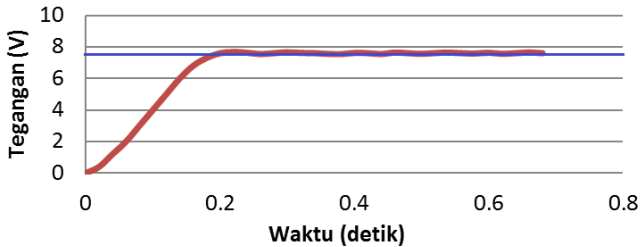
**Tabel 5. Hasil Pengujian Boost Converter**

c	Vin (V)	DUTY CYCLE (%)		Vout (V)	ERROR
		TEORI	UKUR		
1	2,5	69	72	7,6	4.35
2	3,0	64	65	7,6	1.56
3	3,5	59	60	7,6	1.69
4	4,0	55	53	7,6	3.64
5	4,5	27	25	7,6	7.41
rata-rata error					3.73

**4.4 Pengujian Sistem**

Pengujian dilaksanakan di sungai brantas. Tegangan dan arus masukan adalah 3,5 V dan 1,2 A. Agar keluaran tegangan boost converter stabil dilakukan pengontrolan nilai PWM boost converter menggunakan kontrol PID dengan nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,05$ , dan  $K_d = 0,2$ . Hasil tegangan dan arus keluaran boost converter saat stabil adalah 7.6 V dan 0,55 A , sedangkan hasil respon sistem dapat dilihat dalam Gambar 9 dan Tabel 5 di bawah ini.

## Respon Sistem



Gambar 9. Respon Sistem

Tabel 5. Karakteristik Respon

KARAKTERISTIK RESPON		NILAI
rise time	tr	0.13
settling time	ts	0.22
max. over shoot	%OS	1.053
error steady state	ess	1

## 5. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu dalam sistem PLTPH digunakan sensor arus ACS712, dengan error rata-rata 2,68%, batasan tegangan masukan dalam desain boost converter adalah 2,5V sampai dengan 4,5V dengan tegangan keluaran 7,6V. Dalam pengontrolan boost converter digunakan kontrol PID dengan metode Zeigler-Nicols dihasilkan nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,05$ , dan  $K_d = 0,2$  dengan respon sistem rise time ( $t_r$ ) = 0,13, settling time ( $t_s$ ) = 0,22, maksimum over shoot (%OS) = 1,053%, error steady state (ess) = 1.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] <https://www.merdeka.com/uang/2019-ri-berpotensi-kekurangan-pasokan-listrik.html> diunduh 9 Juli 2018
- [2] Joni Rahmadi, Ismail Yusuf, Hendro Priyatman, 2015. Studi Kelayakan Pemanfaatan Pembangkitan Listrik Kincir Air Terapung Di Desa Ella Hilir Kecamatan Ella Hilir Kabupaten Melawi, Jurnal ELKHA Vol. 7 No. 1 Maret 2015.

- [3] Suparman, Hadi Suyono, Rini Nur Hasanah, 2017. Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Terapung (PLTPHT), Jurnal EECCIS Vol 11 No. 2 Oktober 2017.
- [4] Wibowo Paryatmo, 2007. Turbin Air, Edisi Pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Texas Instruments. Understanding Boost Power Stage in Switchmode Power Supplies. Texas Instruments, Mar. 1999. PDF.
- [6] Ogata, Katsuhiko. 1996. Teknik Kontrol Automatik. Erlangga, Jakarta.