

Bidang unggulan: Energi, transportasi, lingkungan.  
Kode>Nama Bidang Ilmu: 451/Teknik Elektro

# **LAPORAN AKHIR**

## **PENELITIAN UNGGULAN PROGRAM STUDI**

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KONTROL LEVEL AIR  
BERBASIS KONTROLER PID  
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO**

Peneliti :

Ir. I Nyoman Budiastra, MKes., MT. (NIDN. 0031126728)



Ir. AA. Maharta Pelayun. MT. (NIDN. 0025056516)

Dibiayai oleh :  
DIPA PNBP Universitas Udayana TA-2019  
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian  
Nomor : 2496.1/UN 14.2.5.II/I/LT/2019, tanggal 10 April 2019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS UDAYANA  
DENPASAR  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENELITIAN UNGGULAN PROGRAM STUDI**



Judul : PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KONTROL LEVEL AIR BERBASIS KONTROLER PID PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

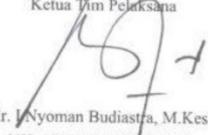
Peneliti / Pelaksana

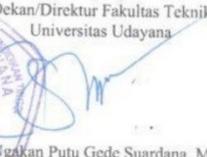
Nama lengkap : Ir. I Nyoman Budiastira, M.Kes  
NIP/NIDN : 196712311993031015 / 0031126728  
Jabatan Fungsional/Stuktural : Lektor Kepala / WD 3 pada Fakultas Teknik  
Program Studi : Sarjana Teknik Elektro  
Nomor HP : 081239802906  
Alamat Surel (e-mail) : budiastira@unud.ac.id

Anggota 1

Nama Lengkap : Ir. ANAK AGUNG GEDE MAHARTA PEMAYUN, MT  
NIDN : 0031126516  
Perguruan Tinggi : Sarjana Teknik Elektro  
Institusi Mitra (jika ada) :  
Nama Institusi Mitra :  
Alamat :  
Penanggung Jawab :  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 1 tahun  
Biaya Diusulkan : Rp. 25.000.000  
Biaya Disetujui : Rp. 25.000.000

Mengetahui  
Ketua Jurusan Kepala Bagian Teknik Elektro  
  
(Dr. Ida Bagus Gede Manuaba, ST., MT)  
NIP:196901091997031003

Denpasar, 30 Oktober 2019  
Ketua Tim Pelaksana  
  
(Ir. Nyoman Budiastira, M.Kes)  
NIP:196712311993031015

Menyetujui,  
Dekan/Direktur Fakultas Teknik  
Universitas Udayana  
  
(Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT, Ph.D.)  
NIP:196409171989031002

## RINGKASAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok pada masyarakat, karena hampir sebagian besar peralatan yang dipergunakan sebagai alat bantu mengerjakan pekerjaan membutuhkan listrik. Perusahaan Listrik Negara (PLN) selaku penyedia energi listrik belum mampu melayani kebutuhan energi listrik untuk seluruh masyarakat di Indonesia. Khususnya di Bali masih ada beberapa dusun atau banjar yang belum terlayani listrik. Pemerintah mengupayakan agar masyarakat mendapatkan listrik, salah satunya dengan jalan membangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). 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 energi listrik. Tantangan yang paling utama dalam mengembangkan PLTMH adalah kontinuitas pasokan air yang difungsikan sebagai tenaga penggerak turbin. Untuk itu, perlu dilakukan sebuah kajian atau analisis untuk menentukan volume air yang ditampung agar kecepatan aliran sebagai penggerak turbin selalu stabil. Pada kesempatan ini, akan dibuat sebuah Prototype control level air sebagai alat simulasi untuk mendapatkan kecepatan aliran air yang stabil. Pada Prototype yang akan dirancang ditambahkan kontroler PID (Proporsional Integrator Differensiator) berbasis mikrokontroler untuk mengatur bukaan valve pengisian air pada bak penampung. Hasil simulasi Water Flow Sensor dengan kendali PID Berbasis Arduino menunjukkan bahwa pada nilai penguatan  $P = 450$   $K_i = 1$  dan  $K_d 1,5$  waktu respon untuk menuju kestabilan paling cepat dan nilai overshoot paling kecil. tegangan maksimal pada lampu LED sebesar 3 V dibutuhkan kecepatan putaran turbin sebesar 180 rpm, sehingga pada system ini ditambahkan pulley dengan perbandingan 1:8.

**Kata kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, Kontroler PID**

## **PRAKATA**

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas karunia-Nya kami dapat menyelesaikan Laporan kemajuan penelitian hibah unggulan Program Studi tepat pada waktunya.

Laporan ini disusun guna memenuhi pertanggung jawaban 70% penggunaan anggaran yang dikeluarkan oleh pihak Universitas Udayana.

Terlaksananya kegiatan dan terselesaikannya laporan ini dengan cukup baik, atas partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, kami sampaikan terima kasih kepada semua teman – teman maupun mahasiswa yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kami mengharapkan segala bentuk kritik dan saran demi sempurnanya laporan ini

Jimbaran, Agustus 2019

Penyusun

## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| Halaman Sampul.....                           | 1  |
| Halaman Pengesahan.....                       | 2  |
| RINGKASAN.....                                | 3  |
| PRAKATA.....                                  | 4  |
| Daftar Isi.....                               | 5  |
| BAB 1. PENDAHULUAN.....                       | 6  |
| a. Latar Belakang.....                        | 6  |
| b. Rumusan Masalah.....                       | 6  |
| c. Pembatasan Masalah.....                    | 7  |
| d. Tujuan dan Manfaat.....                    | 7  |
| BAB 2. STUDI PUSTAKA.....                     | 8  |
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro..... | 8  |
| 2.2 Fluida Dinamis.....                       | 13 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN.....                 | 18 |

|   |    |
|---|----|
| BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI..... | 20 |
| BAB 5. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....    | 27 |
| BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....          | 28 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                       | 29 |
| LAMPIRAN (Luaran yang diperoleh).....     | 30 |

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **a. Latar Belakang**

Pengembangan inovasi teknologi salah satunya dibidang sistem kendali di segala aspek kehidupan sangat dibutuhkan untuk mempermudah pekerjaan manusia, contohnya didalam aspek kehidupan dunia industri. Sebagai contoh pengembangan sistem kendali adalah kendali kecepatan aliran air pada pipa penstock untuk menjaga kecepatan putar turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Kestabilan pada PLTMH sangat diperlukan karena untuk menjaga kecepatan putar turbin yang terhubung dengan generator tetap stabil.

Untuk tetap menjaga kestabilan aliran air diperlukan pintu air untuk mengatur aliran air yang keluar dari waduk menuju ke penstock, pintu air disebut

dengan valve yang dapat dikontrol dengan mikrokontroler dengan membandingkan data sensor yang terpasang pada pipa.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis akan merancang dan membuat simulasi sistem pengendalian pintu air waduk dimana pada alat tersebut terdapat valve elektrik yang akan bekerja untuk mengatur besar kecilnya bukaan air waduk. Pada alat ini juga memanfaatkan Arduino Uno sebagai kontroler dan water flow sensor dipakai untuk mengetahui debit aliran air. Alat ini dapat digunakan untuk kegiatan praktikum di Laboratorium Sistem Kendali

#### **b. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis dapat merumuskan permasalahan pokok yaitu bagaimana perancangan prototype sistem control level air berbasis kontroler PID dapat mengendalikan kecepatan air pada pembangkit listrik mikrohidro ?

#### **c. Pembatasan Masalah**

Dalam pembahasan laporan ini penulis akan membatasi masalah hanya pada cara perancangan water flow sensor pada pada sistem kendali PLTMH serta cara kerja modul Simulasi pengaturan kecepatan air dengan sistem kendali PID sebagai pengaturan kecepatan air pada sistem kendali water flow PLTMH berbasis arduino uno.

#### **d. Tujuan dan Manfaat**

##### **Tujuan**

Adapun tujuan dalam pembuatan laporan ini yaitu mempelajari prinsip kerja aplikasi PID kontroler sebagai pengatur valve pintu air pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro..

**Manfaat**

Adapun manfaat dalam pembuatan laporan ini yaitu mengetahui prinsip kerja aplikasi flow water sensor untuk mengatur kecepatan air dengan valve electric pada microhydro.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil dengan output di bawah 100 KW yang memanfaatkan potensi aliran air yang terdapat di pedesaan sebagai sumber tenaga misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam. PLTMH memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dioperasikan, mudah dalam perawatan serta dengan biaya investasi yang terjangkau sehingga cocok diterapkan untuk menerangi wilayah pedesaan yang tidak terjangkau aliran listrik PLN.

##### **2.1.1 Skema-skema PLTMH**

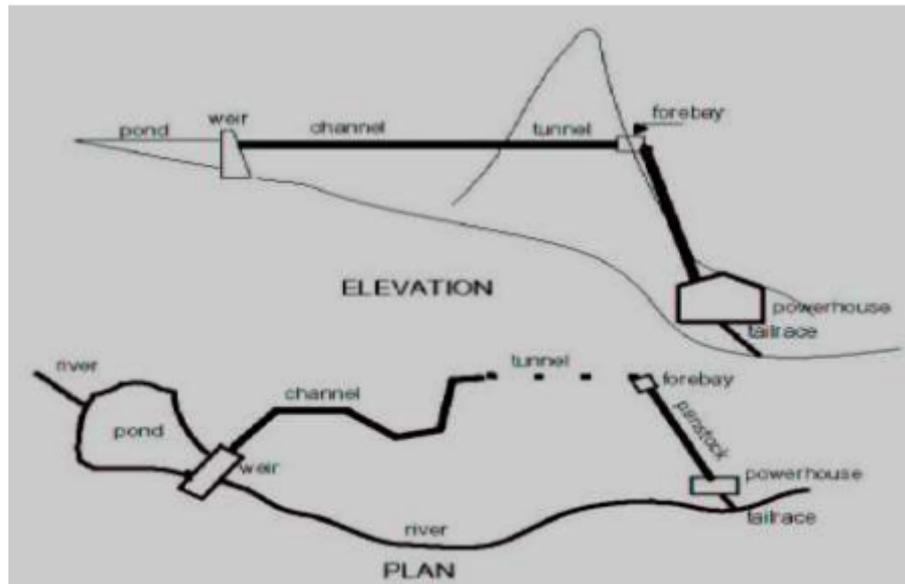
Berdasarkan parameter *head*, PLTMH dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Skema *head* rendah, bila digunakan *head* sebesar 2-10 meter.
2. Skema *head* menengah, bila digunakan *head* sebesar 10-100 meter.
3. Skema *head* tinggi, bila digunakan *head* lebih dari 100 meter.

Adapun berdasarkan kriteria konfigurasi lokasi, skema PLTMH dibedakan menjadi berikut :

##### *1. Skema Run-off River*

*Run-off river* merupakan skema yang paling banyak digunakan dalam teknologi PLTMH. Dalam skema ini sebagian debit air dialirkan melalui kanal dan pipa menuju turbin. Pada skema ini tidak ada penyimpanan air. Keuntungan skema ini adalah pembuatannya mudah, lebih tahan lama, dan tidak mengganggu ekosistem air. Kekurangan skema ini adalah tidak adanya cadangan air sehingga ketika musim kering pasokan aliran air ke turbin akan berkurang.

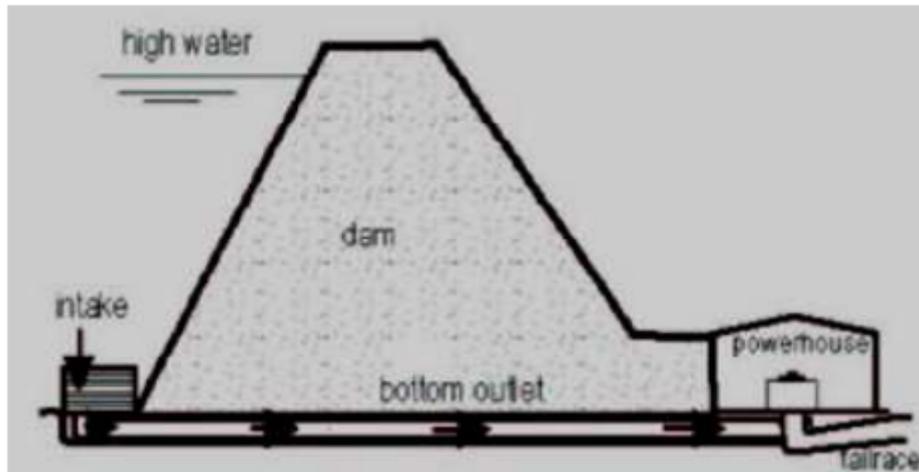


**Gambar 2.1** Skema Run-off River

Skema head menengah dan head tinggi menggunakan bendung untuk mengarahkan air ke intake. Air dari intake kemudian dialirkan ke turbin melalui pipa pesat atau penstock. Penstock mahal sehingga desain ini biasanya tidak ekonomis. Ada pilihan lain yaitu mengantarkan air melalui kanal dengan kemiringan rendah melalui sepanjang sungai menuju kolam penenang. Dari kolam penenang air dialirkan melalui penstock yang pendek ke turbin. Air kembali ke sungai melalui saluran pelepasan. Jika topografi lokasi menyulitkan untuk pembuatan kanal, pipa bertekanan rendah bisa jadi pilihan ekonomis. Dapat juga dibuat kolam kecil untuk menyimpan air pada bendung seperti terlihat pada gambar 2.1.

## 2. Skema *Storage*

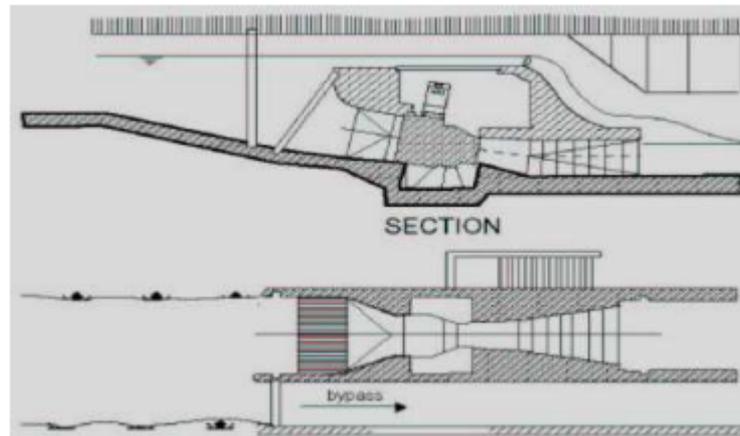
Skema lain PLTMH adalah skema penyimpanan (storage) air. Dalam skema ini aliran air dihentikan dengan dam. Dengan demikian, air akan tersimpan dalam waduk. Keuntungan skema ini adalah adanya cadangan air yang bisa digunakan sewaktu-waktu. Kerugiannya adalah adanya dam bisa merusak ekosistem air. Selain itu, setelah beberapa tahun, bisa jadi banyak sampah yang tertimbun pada waduk.



**Gambar 2.2** Contoh Dam

### 3. Integrasi

Pada skema ini aliran air tidak ditampung seperti pada skema run-off river yang membutuhkan pembuatan saluran baru untuk mengarahkan air ke turbin, skema ini memanfaatkan saluran yang sudah ada, baik berupa kanal irigasi atau pipa suplai air.



**Gambar 2.3** Contoh Skema Integrasi PLTMH dengan Irigasi

## 2.1.2 Komponen-Komponen PLTMH

### A. Komponen Sipil

Komponen sipil merupakan komponen yang berfungsi mengantarkan air berenergi mekanik dalam jumlah yang cukup dan kualitas yang baik ke komponen mekanikal-elektrikal. Berikut komponen sipil terdiri atas:

1. Bendung (weir)

2. Intake
  3. Saluran pembawa (Channel/Carrier)
  4. Bak Penenang (forebay)
  5. Penstok
- B. Komponen Mekanikal-Elektrikal

Merupakan komponen yang mengubah energi mekanik air menjadi energi listrik. Komponen mekanikal-elektrikal terdiri dari:

1. Turbin
2. Transmisi mekanik
3. Generator dan Sistem Kontrol

### 2.1.3 Prinsip Kerja

Pembangkit tenaga listrik mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik.

### 2.1.4 Metode Pengukuran Debit Air

Debit air adalah besarnya volume air yang mengalir tiap detik. Debit air diukur dengan beberapa metode. Di sini hanya dipaparkan *metode lengkung debit* [1]. Metode inilah yang digunakan oleh Balai Hidrologi Pusat Sumber Daya Air Jawa Barat dalam pengukuran debit sungai-sungai di Jawa Barat. Metode ini didasarkan pada pengukuran luas penampang basah dan kecepatan aliran air, sesuai dengan persamaan :

$$Q = Axv$$

dengan :

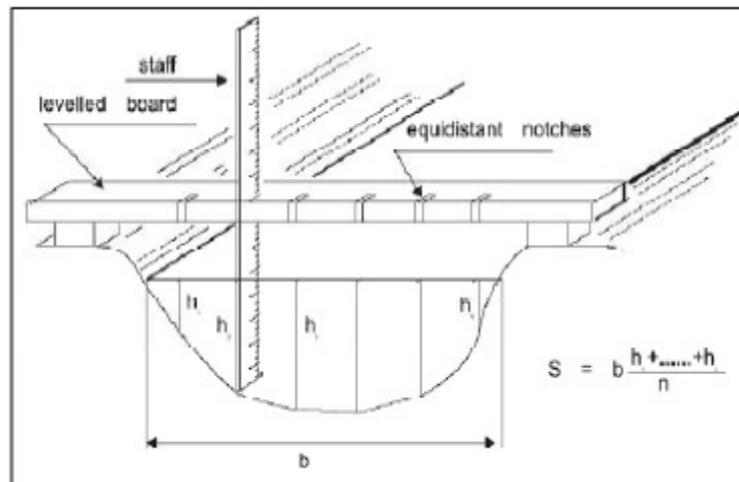
Q : debit air (m<sup>3</sup>/s)

A : luas penampang basah (m<sup>2</sup>), diukur dengan patok kedalaman dan alat ukur lebar,

v : kecepatan rata-rata air pada penampang basah (m/s), diukur dengan *current meter*

Pengukuran Luas Penampang

$$S = b \frac{h_1 + h_2 + \dots + h_n}{n}$$



**Gambar 2.4** Pengukuran Luas Penampang

### *Pengukuran Kecepatan Air*

Kecepatan aliran rata-rata di suatu penampang basah diukur dengan alat yang disebut dengan *current meter*. Kecepatan rata-rata ini diukur dari hasil pengukuran kecepatan rata-rata di beberapa titik vertikal (vertikal adalah suatu tempat yang berjarak tertentu  $b$  dari titik tetap). Kecepatan rata-rata di suatu vertikal diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan aliran satu titik, dua, tiga, atau lebih banyak titik, tergantung pada kedalaman air, lebar aliran, dan sarana yang tersedia.

1. Pengukuran kecepatan aliran satu titik, dilaksanakan pada titik yang berjarak  $0,6$  atau  $0,2$  kedalaman ( $d$ ) dari permukaan air
  - a. kedalaman  $0,6 d$  dilakukan apabila kedalaman kurang dari  $0,75$  m
  - b. kedalaman  $0,2 d$  dilakukan apabila pengukuran  $0,6 d$  tidak dapat dilakukan, misalnya pada saat banjir
2. Pengukuran kecepatan aliran dua titik dilakukan apabila kedalaman air lebih dari  $0,75$  m. Pengukuran dilakukan pada jarak  $0,2 d$  dan  $0,8 d$ , dan kecepatan rata-ratanya diambil dari persamaan :

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

Dengan :

$V$  = Kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal (m/s)

$V_{0.2}$  = kecepatan aliran pada titik 0.2  $d$  (m/s)

$V_{0.8}$  = kecepatan aliran pada titik 0.8  $d$  (m/s)

## 2.2 Fluida Dinamis

Fluida adalah segala zat yang dapat mengalir, yaitu zat cair dan gas. Fluida dinamis adalah ilmu yang mempelajari fluida dalam keadaan bergerak. Fluida terdiri dari fluida ideal dan fluida sejati.

### A. Persamaan Kontinuitas

Debit aliran adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir melalui suatu penampang dalam waktu tertentu.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = A \cdot v$$

Dimana ;

$Q$  = debit aliran ( $m^3/s$ )

$V$  = volume fluida ( $m^3$ )

$t$  = waktu (s)

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$v$  = kecepatan aliran (m/s)

Persamaan kontinuitas menjelaskan bahwa massa fluida yang masuk ke dalam suatu penampang akan keluar di ujung penampang lain dengan massa yang sama. Oleh karena itu, debit fluida di seluruh titik penampang adalah sama.



**Gambar 2.5** Persamaan Kontinuitas

Perbandingan kecepatan aliran fluida dengan penampangnya memenuhi persamaan berikut :

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

Debit aliran dapat membangkitkan suatu daya oleh energi potensial fluida dari suatu ketinggian.

$$P = \rho Qgh$$

Dimana ;

$P$  = daya (W)

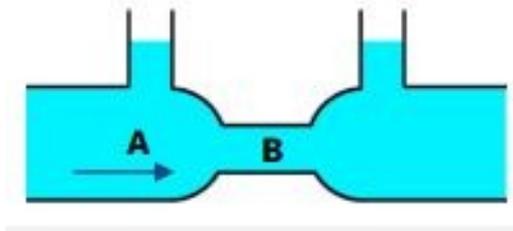
$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q$  = debit aliran fluida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$h$  = ketinggian aliran fluida (m)

## B. Hukum Bernoulli

Tekanan fluida dan kelajuan fluida pada pipa mendatar dijelaskan oleh Azas Bernoulli.

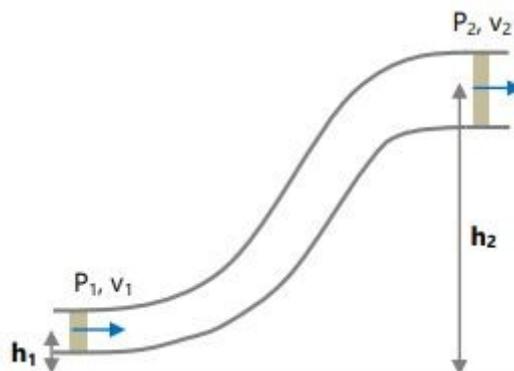


**Gambar 2.6** Penampang pipa menyempit

Dapat dilihat pada pipa mendatar, tekanan fluida terbesar ada pada bagian yang kelajuan airnya paling kecil (diameter melebar). Pada pipa mendatar, tekanan fluida terkecil ada pada bagian yang kelajuan airnya paling besar (diameter menyempit).

Hukum Persamaan Bernoulli menyatakan:

“ Jumlah dari tekanan, energi kinetik per volume, dan energi potensial per volume memiliki nilai yang sama pada tiap titik di sepanjang suatu garis arus.”



**Gambar 2.7** Persamaan Bernoulli

Dapat dirumuskan :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Hukum Bernoulli dapat diterapkan dalam dua kasus, yakni fluida statis dan fluida dinamis.

1. Fluida statis

Dengan nilai  $v = 0$ , persamaan Bernoulli :

$$P_1 - P_2 = \rho g (h_2 - h_1)$$

2. Fluida dinamis pada pipa mendatar

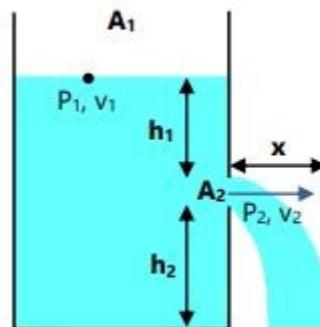
Dengan nilai  $h_1 = h_2$ , persamaan Bernoulli :

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

❖ Penerapan Hukum Bernoulli

Teorema Torricelli menjelaskan bahwa :

“ Jika suatu wadah yang berhubungan dengan atmosfer bagian atasnya, kemudian memiliki lubang yang jauh lebih kecil dari luas penampang wadah di bawah permukaan fluida , maka kelajuan semburan fluida sama dengan kelajuan gerak jatuh bebas benda. “



Gambar 2.8 Teorema Torricelli

Persamaan yang berlaku dari teorema Torricelli :

$$v_2 = \sqrt{2gh_1}$$

Penurunan persamaan teorema Torricelli :

$$Q = A_2 \sqrt{2gh_1}$$

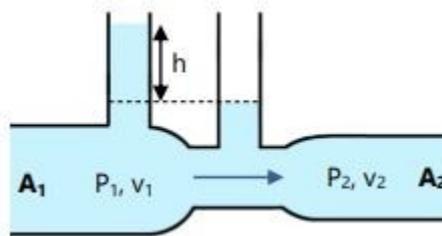
$$X \text{ maks} = v \cdot t$$

$$X \text{ maks} = 2 \sqrt{h_1 \cdot h_2}$$

$$t \text{ maks} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_2}{g}}$$

Tabung venturi adalah sebuah pipa yang memiliki bagian menyempit. Venturimeter adalah suatu alat yang dibuat berdasarkan konsep tabung venturi yang digunakan untuk mengukur kelajuan fluida. Venturimeter terdiri dari dua :

1. Venturimeter tanpa manometer



Gambar 2.9 Venturimeter tanpa Manometer

Berlaku persamaan :

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \rho gh$$

Kecepatan aliran dapat dihitung :

$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - 2gh}$$

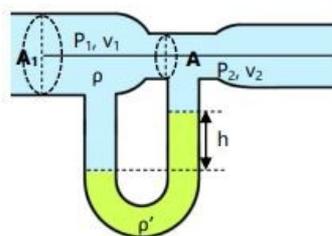
$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2gh}$$

Hubungan dengan Persamaan Kontinuitas :

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

2. Venturimeter dengan manometer



Gambar 2.10 Venturimeter dengan Manometer

Berlaku persamaan :

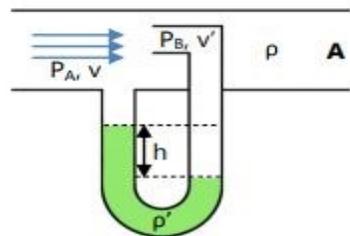
$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = (\rho' - \rho)gh$$

Kecepatan aliran dapat dihitung :

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

$$v_2 = A_1 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

Tabung pilot adalah tabung yang digunakan untuk mengukur kelajuan gas.



Gambar 2.11 Tabung Pilot

Berlaku persamaan :

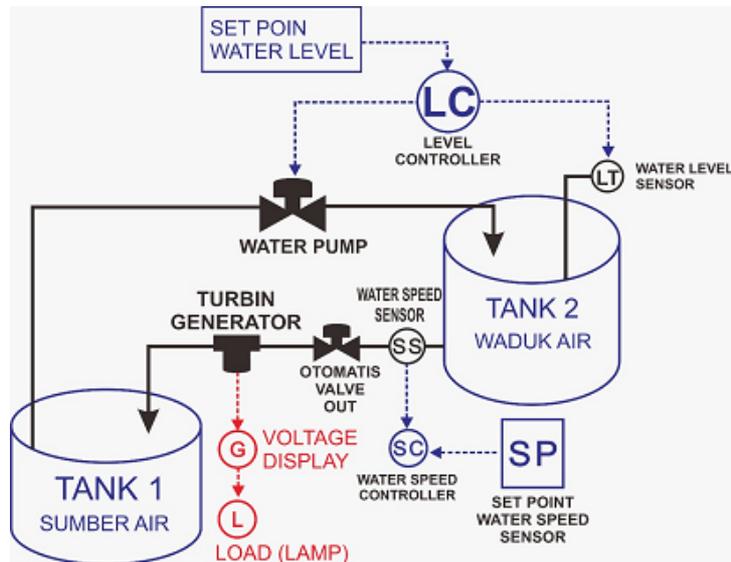
$$P_B - P_A = \frac{1}{2} \rho v^2 = \rho'gh$$

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan yang perlu dilakukan adalah :

1. Membuat gambaran alat yang diterapkan, seperti pada gambar 3.1 diperlihatkan block diagram konsep perancangan prototype sistem PLTMH



Gambar 3.1 Gambar Block Diagram

2. Mencari referensi menggunakan alat dan bahan yang digunakan dan cara pengerjaannya
3. Menentukan waktu dan tempat untuk pengerjaan alat dan bahan yang telah dipersiapkan

### 3.1 Tahap Pengerjaan

1. Pengerjaan *power supply* dengan sumber tegangan dari PLN dengan tegangan AC 220v menjadi Tegangan DC 24 Volt, yang di rangkai dengan control charger dan accu sebagai tempat menyimpan energi listrik tegangan DC.
2. Pengerjaan *controller* kanal air, controller ini berbasis arduino dan sensor *water level* yang digunakan sebagai mengukur ketinggian air
3. Pengerjaan mekanik pintu kanal air, pada perakitan mekanik akan di dihubungkan dengan controller dan di kalibrasi dengan sensor water level dan mendapatkan sumber tegangan dari power supply.
4. Pengerjaan meja modul dengan menggunakan besi siku.
5. Rangkai *controller* yaitu arduino, sensor *water level*, sensor pendukung dan komponen lainnya yaitu, resistor, kapasitor, LED, transistor.
6. Hubungkan mekanik pintu kanal air dengan controller dan *power supply*.

7. Pembuatan Water Wheel dan Waduk untuk menampung air yang berasal dari Bak penampung. Dan saluran air penstock dihubungkan menggunakan pipa dari waduk ke Water Wheel. Pipa telah terhubung dengan sensor Water Flow yang digunakan untuk mengukur Kecepatan Debit air.
8. Pada tahap ini, alat yang sudah dirangkai, diuji coba dan dianalisis untuk penyempurnaan dan perbaikan terhadap kekurangan sehingga alat simulasi Water Flow Sensor dengan kendali PID Berbasis Arduino ini dapat dioperasikan dengan maksimal sesuai dengan fungsi dan kebutuhannya.

### **3.2 Penyempurnaan dan Finalisasi**

Pada tahap ini, semua permasalahan dan kekurangan diperbaiki, diperbaharui dan diinovasikan. Setelah dilakukan inovasi dan segala kekurangan diperbaiki, alat simulasi Water Flow Sensor dengan kendali PID Berbasis Arduino ini siap untuk di gunakan Sebagai alat peraga kuliah Sistem Kendali Teknik Elektro Universitas Udayana.

### **3.3 Peralatan Kerja**

Adapun peralatan kerja yang digunakan dalam perancangan, dibagi menjadi dua bagian yaitu:

Peralatan untuk pembuatan *hardware* dan mekanik adalah :

1. Komputer / laptop digunakan untuk merancang 3D plan waduk dan tiap komponen perangkat dengan *software SketchUp*, pemrograman kontroler Arduino menggunakan Software Arduino IDE.
2. Serta peralatan pendukung lainnya seperti tang, obeng.

## **BAB 4 HASIL DAN LUARAN**

Hasil yang tercapai dalam pengerjaan kegiatan ini, sudah mencapai 80% dari keseluruhan rencana pengerjaan. Berikut adalah pemaparan dari hasil yang telah tercapai.

### **4.1 Realisasi Hardware**

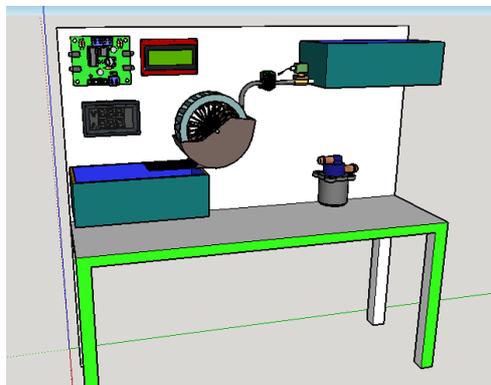
#### 4.1.1 Tahap Persiapan

Pada realisasi hardware untuk tahap persiapan akan dilakukan dengan membuat desain 3D dari sistem. Kemudian mempersiapkan bahan-bahan untuk pengerjaan, diantaranya :

1. Aluminium Hollow
2. Baut dan mur
3. Generator Mini
4. Pompa Air
5. PCB
6. Komponen elektronika
7. Modul control water level
8. Arduino UNO
9. Kabel
10. Valve digital
11. Water flow sensor
12. LED indicator

Proses persiapan ini berlangsung pada bulan Mei sampai bulan Juli 2019. Hasil berupa desain 3D dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Desain Alat



#### 4.1.2 Tahap Pengerjaan

Pada tahap pengerjaan dilakukan dengan mengerjakan rangkaian dari setiap perangkat, membuat tempat waduk,

membuat tempat rangkaian dan memosisikannya bersama tempat flow sensor.

Setelah membuat sistem yang akan diuji maka selanjutnya akan membuat media simulasi dengan memasang beberapa pipa dan juga valve digital beserta water flow sensor. Pada gambar 4.2 diperlihatkan hardware yang dibuat.



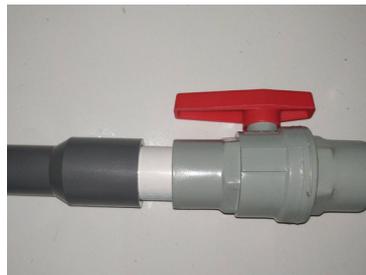
**Gambar 4.2**

Control

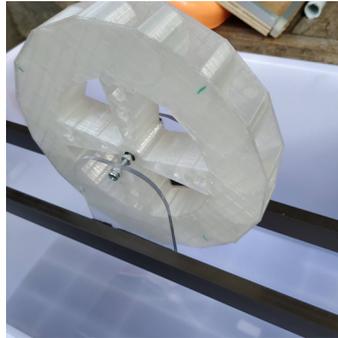
Rangkaian Flow



**Gambar 4.3** Pembuatan Breaket untuk generator mini



**Gambar 4.4** Pemasangan Pipa untuk Penstok



**Gambar 4.5** Posisi pemasangan Water Wheel



**Gambar 4.6** Realisasi Prototype

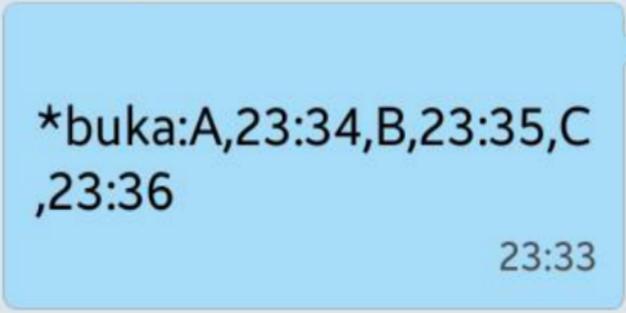
## 4.2 Realisasi Software

Pengerjaan software yang dilakukan diantaranya mensetting PID pada modul, Memprogram pembacaan Water Flow Sensor, dan Mencoba output valve digital.

## 4.3 Pengujian Sistem

### 4.3.1 Pengujian Power Supply

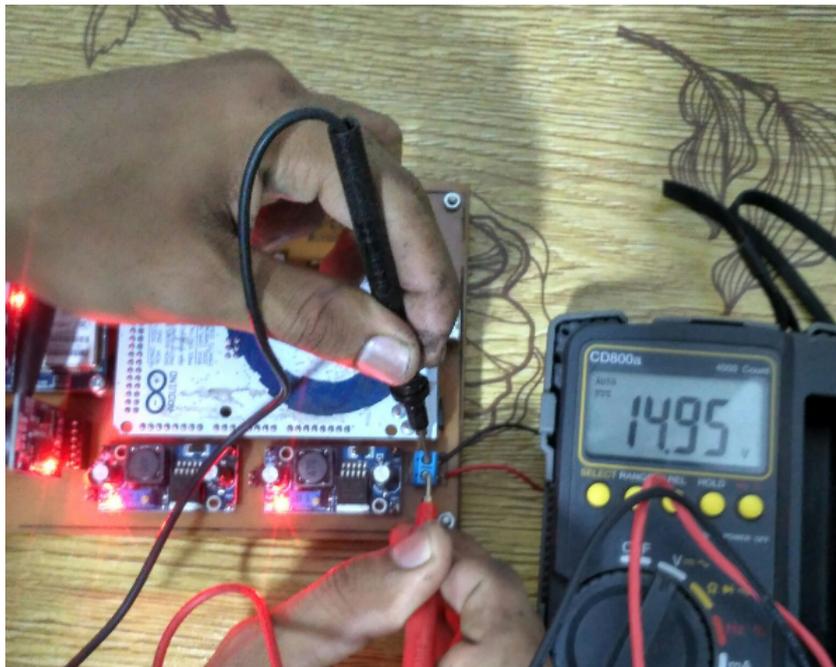
Power supply yang digunakan bersumber dari step down yang terpasang pada tiap perangkat akan menggunakan modul step down. Disini

A screenshot of a chat message in a blue speech bubble. The message text is: `*buka:A,23:34,B,23:35,C,23:36`. The time 23:33 is displayed in the bottom right corner of the bubble. A small profile picture of a person is visible in the top right corner of the chat area.

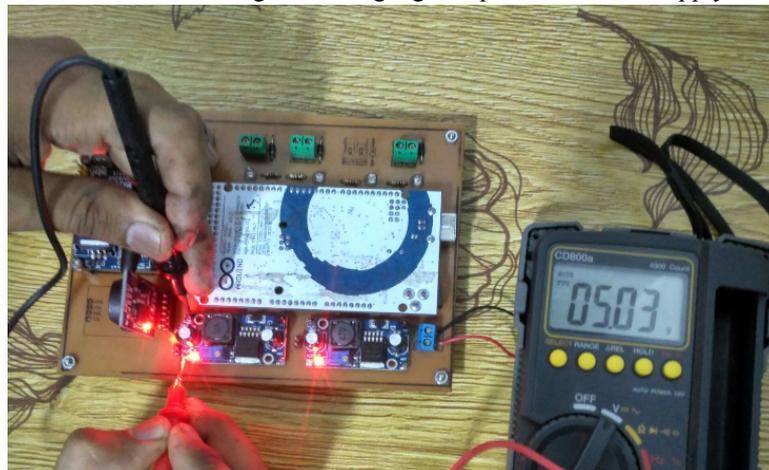
`*buka:A,23:34,B,23:35,C,23:36`

23:33

buah, masing-masing untuk mensuplai mikrokontroler dan sensor. Pengujian yang dilakukan untuk power suplai adalah dengan mengukur langsung keluaran dari modul step down yang digunakan. Gambar pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.7** Pengukuran Tegangan Input Dari Power Supply



**Gambar 4.8** Pengukuran Tegangan Input Rangkaian

#### **4.4 Pengujian Sensor Flow sensor dan Sistem PID**

Sistem yang digunakan pada alat ini adalah PID, yang berfungsi untuk menjaga kestabilan debit aliran air dari penstock yang terhubung dengan waduk.

Besar debit aliran yang diperlukan agar putaran turbin tetap stabil pada 800Rpm yakni 2 Liter/s. Berikut data perbandingan Aliran air dengan dan tanpa PID :

**Tabel 4.1** Data Pengujian Tanpa PID

| Debit Air Terukur pada sensor | Kondisi Valve Digital | Over shoot |
|-------------------------------|-----------------------|------------|
| 2,8 L/s                       | Terbuka 100%          | 0.8 L/s    |
| 2 L/s                         | Terbuka 80%           | 0          |
| 1,5 L/s                       | Terbuka 45%           | 0          |

Pada tabel 4.1 diperlihatkan data hasil pengujian tanpa menggunakan kontrol PID sehingga debit air yang keluar tidak konstan atau stabil, putaran generator menjadi tidak stabil.

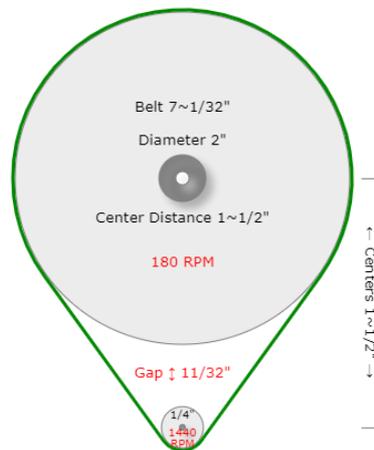
Pada table 4.2 diperlihatkan data hasil pengujian menggunakan kontroler PID dengan debit air yang stabil menjadi 2 L/s. Hasil lengkap pengujian diperlihatkan dalam table 4.2 berikut.

**Tabel 4.2** Data Pengujian dengan PID

| Kp  | Ki | Kd  | Over shoot | Delay time (td) | Rise time (tr) | Peak Time (tp) | Settling Time (ts) |
|-----|----|-----|------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 300 | 1  | 2   | 0.95 L/s   | 6 s             | 9s             | 10s            | 12s                |
| 450 | 1  | 1.5 | 0.3 L/s    | 4s              | 6s             | 7s             | 10s                |
| 500 | 1  | 1.5 | 0.85 L/s   | 3s              | 6s             | 8s             | 13s                |

#### **4.5 Pengujian Pengaruh Perubahan Kecepatan Turbin Air terhadap Tegangan Luaran yang dihasilkan**

Pada sistem mikrohydro ini menggunakan generator dengan tegangan maksimal 3 volt pada putaran turbin 180 Rpm dengan menggunakan puley sebagai transmisi dari turbin ke generator dengan ratio perbandingannya 1:8



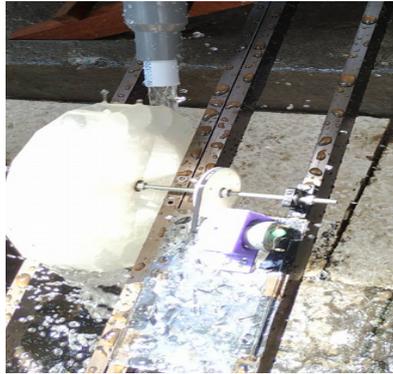
**Gambar 4.9** Perbandingan Penggunaan Pulley

Perbandingan pulley digunakan untuk mendapatkan kecepatan maksimal pada generator sehingga ketika turbin berputar 180 Rpm maka pada generator akan berputar 1440 Rpm. Sehingga didapatkan pengukuran tegangan pada generator seperti pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Data Pengujian Tegangan

| Kecepatan Putaran Turbin | Tegangan generator |
|--------------------------|--------------------|
| 180 Rpm                  | 3 volt DC          |
| 160 Rpm                  | 2,8 volt DC        |
| 150 Rpm                  | 2 volt DC          |

Pada gambar 4.10 diperlihatkan pengujian tegangan yang dihasilkan oleh generator dapat menghidupkan lampu LED.



**Gambar 4.10** Pengujian generator dengan lampu LED

## **BAB 5**

### **RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

#### **5.1. Luaran Penelitian**

Penelitian ini menghasilkan luaran sebagai berikut :

1. Prosiding International Conference on Science Technology and Humanities (ICOSTH 2019).
2. Publikasi ilmiah di jurnal Ilmiah JEEI (Journal Of Electrical, Electronics and Informatics)
3. Prototype Sistem Kontrol Level Air

## **5.2 Publikasi Prosiding International Conference on Science Technology and Humanities (ICOSTH 2019).**

Luaran dari penelitian ini akan di muat di Prosiding pada International Conference on Science Technology and Humanities (ICOSTH 2019). Abstrak prosiding seperti pada lampiran1 dan Poster seperti pada lampiran 3.

### **5.2.1 Publikasi ilmiah Ilmiah Pada JEEI (*Journal Of Electrical, Electronics and Informatics*)**

Luaran juga berupa jurnal ilmiah yang akan dikirim ke jurnal Ilmiah JEEI (*Journal Of Electrical, Electronics and Informatics*).

## **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1 Kesimpulan**

Hasil pengujian yang dilakukan pada alat yang dibuat memperlihatkan pemberian nilai penguatan  $K_p = 450$ ,  $K_D = 1$  dan  $K_I = 1,5$  memberikan hasil respon system lebih cepat menjadi 10 detik dengan puncak overshoot kecepatan aliran  $0,3 \text{ L/dt}$ .

Untuk menghasilkan tegangan maksimal pada lampu LED sebesar 3 V dibutuhkan kecepatan putaran turbin sebesar 180 rpm, sehingga pada system ini

ditambahkan pulley dengan perbandingan 1:8. yang Perubahan putaran turbin menyebabkan penurunan tegangan luaran yang dihasilkan.

Untuk mempertahankan tegangan bekerja stabil diperlukan ketinggian air pada bak tersebut selalu tetap.

## **6.2 Saran**

Hasil percobaan akan menjadi lebih baik jika nilai variasi penguatan dapat disetting secara manual

## DAFTAR PUSTAKA

Abdur Rohman<sup>1</sup>, M. Agung Prawira Negara<sup>2</sup>, Bambang Supeno, Sistem Pengaturan Laju Aliran Air pada *Plant Water Treatment* Skala Rumah Tangga dengan Kontrol *Fuzzy-Pid*, *Saintek* 2017, V (1): 29-34

Andy, 2015. Teori Motor DC Dan Jenis-Jenis Motor DC. <http://elektronika-dasar.web.id>.

Hidayat, Rahmat. 2013. Pengertian dan Fungsi Baterai Aki <http://www.kitapunya.net/2013/12/pengertian-dan-fungsi-baterai-aki.html>. Diakses pada tanggal 16 Mei 2017

Heri Andrianto. 2016. Belajar Cepat & Pemrograman Arduino. Bandung: Informatika.

Handry Setya Utama, Medila Kusriyanto Prototype Pembangkit Mikrohidro terintegrasi beban komplemen, *jurnal Teknoin* Vol. 24 1 maret 2018.

Muhammad Ruswandi Djalal, Dwi Ajiatmo, Imam Robandi, Frequency Control PLTMH dengan capacitive Energy Storage menggunakan Cucko Search Algorithm, *Research Gate* 2015

Purnama, Agus. 2012. Teori Motor DC dan Jenis-jenis Motor DC. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-motor-dc-dan-jenis-jenis-motor-dc/>.

Riandi, Muchlisin. 2016. Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro. <https://www.kajianpustaka.com/2016/10/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>. Diakses pada tanggal 17 Oktober 2016)

Rr Sri Sukarni Katamwatiningsih, Pengaruh Ketinggian Dan Debit Air Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), artikel, 2014

## LAMPIRAN



Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SENASTEK) –  
The International Conference on Science, Technology and Humanities (ICoSTH)  
Bali, Indonesia, 14-15 November 2019  
Abstrak

# PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM KONTROL LEVEL AIR BERBASIS KONTROLER PID PADA PLTMH

<sup>1</sup>Ir. I Nyoman Budiastira, MKes., MT.

*Teknik Elektro  
Fakultas Teknik  
Universitas Udayana  
budiastira@unud.ac.id*

<sup>2</sup>Ir. AA. Maharta Pemayun. MT., <sup>3</sup>Author Name

*<sup>2</sup>Teknik Elektro  
Fakultas Teknik*

*Universitas Udayana  
mahartapemayun@unud.ac.id*

*<sup>3</sup>dept. name of organization (of Affiliation)  
name of organization (of Affiliation)*

*City, Country  
email address*

**Abstract**—Pengembangan inovasi teknologi salah satunya dibidang sistem kendali di segala aspek kehidupan sangat dibutuhkan untuk menjaga kestabilan kerja suatu sistem, kendali PID untuk menjaga kecepatan aliran air pada pipa penstok agar dapat menjaga kecepatan putar turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sangat diperlukan karena untuk menjaga kecepatan putar generator tetap stabil. Untuk tetap menjaga kestabilan aliran air diperlukan pintu air untuk mengatur aliran air yang keluar dari waduk menuju ke penstok, pintu air disebut dengan valve yang dapat dikontrol dengan mikrokontroler yang akan membuka dan menutup sesuai dengan nilai data Water Flow Sensor yang terpasang pada pipa. Simulasi Water Flow Sensor dengan Kendali PID digunakan untuk mensimulasikan sistem PLTMH dengan kendali PID dengan membandingkan outputnya jika nilai PIDnya dirubah.

**Kata Kunci**— Microkontroler, PID, PLTMH , Valve, Waterflowsensor.