

**SISTEM PENGENDALIAN WATER PUMP UNTUK
MENGATUR TINGGI LEVEL AIR DENGAN ALGORITMA
PID PADA PLANT WATER TREATMENT**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**FAHMI FAHROJE PANE
03041381720033**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM PENGENDALIAN WATER PUMP UNTUK MENGATUR TINGGI LEVEL AIR DENGAN ALGORITMA PID PADA PLANT WATER TREATMENT



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Fahmi Fahroje Pane

03041381720033

Palembang, Juli 2019

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D Hera Hikmarika, S.T., M.Eng.
NIP. 197108141999031005 NIP. 197812072002122002

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan Saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :



Pembimbing Utama : Hera Hikmarika, S.T., M.Eng

Tanggal : 31 /Juli / 2019

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fahmi Fahroje Pane
NIM : 03041381720033
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Sistem Pengendalian *Water Pump* Untuk Mengatur Tinggi
Level Air Dengan Algoritma PID pada Plant Water Treatment
Hasil Pengecekan : 19%
Software iThenticate/Turnitin

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2019



Fahmi Fahroje Pane
NIM 03041381720033

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad Sholallahu A'laihi Wassalam. Dengan penuh rasa syukur atas rahmat dan ridho dari Allah Subhanahu wa Ta'ala, penulis dapat membuat skripsi ini dengan judul, "Sistem Pengendalian Water Pump Untuk Mengatur Tinggi Level Air dengan Algoritma PID pada Plant Water Treatment".

Pembuatan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Hera Hikmarika, S.T., M.Eng. ,selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk memberikan arahan pada proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprapto, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti, S.T., M.S. yang telah memberi masukan penggeraan tugas akhir.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Segenap Staf dan Pegawai Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu proses administrasi dan menyediakan fasilitas selama penyusunan skripsi ini.
7. Kedua Orang tua yang tersayang dan selalu dihormati, Erna Eri dan A. Karim Pane, atas segala doa, motivasi, dan dukungan penuh yang menjadikan Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.
8. Teman-teman satu tim pembuatan alat dan penyusunan skripsi, yang telah banyak membantu penulis dalam proses pembuatan alat dan penyusunan skripsi.
9. Teman-teman konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer angkatan 2017 alih jenjang
10. Seluruh pihak yang telah membantu serta memotivasi dalam proses penyusunan skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Palembang, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

Salah satu prosedur yang digunakan pada *Plant Water treatmeant* adalah pengendalian *level*. Masalah yang sering timbul ketika *level* ketinggian air dalam tangki penampungan tidak diketahui, sehingga dimungkinkan terjadi keadaan tangki yang meluap atau kosong dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tangki penampungan. Maka dibutuhkannya pengendalian *water pump* untuk mengatur tinggi *level* air pada tangki penampungan. Untuk mengoptimalkan kinerja pompa pada saat pengisian tersebut diterapkan algoritma PID pada sistem kontrol untuk mengoptimalkan kinerja *water pump* agar dapat mengatur tinggi *level* air ketika proses pengisian air pada tangki penampungan berdasarkan *setpoint* yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter optimal untuk PID adalah nilai $K_p : 0,7$, $K_i : 0,001$, dan $K_d : 2$. Penggunaan metode PID membuat pengisian air ditangki penampungan saat menuju *setpoint* menjadi lebih cepat dibandingkan dengan tidak menggunakan metode PID dan pompa mati saat mencapai *setpoint* yang telah ditentukan dan kinerja sensor dapat mempengaruhi data grafik PID yang diambil.

Kata kunci : *Level*, PID, Ketinggian air, kontrol PID.

Palembang, Juli 2019

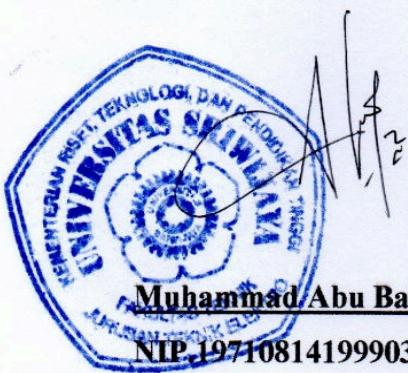
Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

An

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng, Ph.D **Hera Hikmarika, S.T., M.Eng**

NIP. 197108141999031005

NIP. 197812072002122002

ABSTRACT

One of the procedures used in Plant Water Treatments is level control. The problem that often arises it when the level of water in the storage tank is unknown. Such condition may cause a tank to be overflowed or empty due to lack of supervision of the storage tank. Hence, it is necessary to control of the water pump to regulate the water level in the storage tank. To optimize the performance of pump during filling, the PID algorithm is applied to the control system. This controller may optimize the performance of water pump by adjusting the water level based on the setpoint. The result of the research indicate that optimal parameters for PID are $K_p = 0.7$, $K_i = 0.001$, and $K_d = 2$. The use of the PID method makes the process of filling water in the storage tank is faster than without using PID method especially when it heads to the set point. The water pump turns off when it reaches the setpoint and sensor performance can affect the graph of PID.

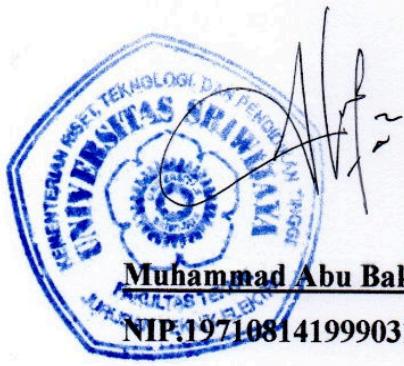
Key words : Level, PID, Water Level, PID control.

Palembang, Juli 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

an



Menyetujui,

Pembimbing Utama

Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T, M.Eng, Ph.D **Hera Hikmarika, S.T., M.Eng**
NIP. 197108141999031005 **NIP. 197812072002122002**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Keaslian Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Mikrotroler Arduino	9
2.2.1 Pengenalan Arduino Mega 2560.....	10
2.3 Bahasa Pemograman Arduino.....	11
2.4 Software Arduino IDE	11
2.5 Sensor Jarak Infra Merah Sharp GP.....	14
2.6 Pengertian Pompa.....	15

2.6.1 Gangguan Kerja Pompa.....	16
2.7 Motor DC.....	16
2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC	17
2.8 Driver Motor L298	18
2.9 Sistem Kendali PID	20
 BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	22
3.1 Metode Peneltian	22
3.2 Perancangan Mekanik	23
3.3 Perancangan Elektrikal.....	25
3.3.1 LCD (Liquid Crystal Display)	25
3.3.2 Sharp GP Sensor	26
3.3.3 Hardware Pendukung.....	27
3.4 Perancangan Program	28
3.5 Blok Diagram Perancangan.....	28
3.6 Flowchart Perangkat.....	30
3.7 Pengujian dan Pengambilan Data.....	31
 BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN.....	32
4.1 Pengujian Ketinggian Level air berdasarkan pembacaan sensor	32
4.2 Pengujian Motor dan Driver Motor DC	35
4.3 Percobaan-Percobaan penentuan nilai K _p ,K _i ,K _d dengan Try & Error	36
4.3.1 Percobaan Pertama.....	36
4.3.2 Percobaan Kedua.....	37
4.3.3 Percobaan Ketiga	37
4.3.4 Percobaan Keempat.....	38
4.3.5 Percobaan Kelima	39
4.4 Pengujian perbandingan waktu pada sistem pengendalian water pump Antara PID dan tanpa PID	39
4.4.1 Pengujian Sistem pengendalian water pump tanpa PID	40

4.4.2 Sistem Pengendalian Water Pump dengan Pengendali PID ..	40
4.5 Perbandingan Sistem Pengendalian Water Pump dengan PID dan Tanpa PID	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian Pengendali Level Air.....	7
Gambar 2.2	Level 75% Motor ON.....	7
Gambar 2.3	Rangkaian Layout Arduino	8
Gambar 2.4	Board Arduino Mega 2560.....	11
Gambar 2.5	Tampilan Arduino IDE.....	12
Gambar 2.6	Toolbar Arduino IDE	13
Gambar 2.7	Ilustrasi cara kerja sensor Sharp GP.....	15
Gambar 2.8	Motor DC	17
Gambar 2.9	Bentuk Fisik IC L298 dan Modul Driver Motor L298N.....	19
Gambar 2.10	Diagram Blok Sistem Kendali PID	21
Gambar 3.1	Tampilan Depan	24
Gambar 3.2	Tampilan Belakang	24
Gambar 3.3	Skema Rangkaian hubungan pin arduino mega 2560 dan LCD	26
Gambar 3.4	Skema Rangkaian arduino dengan sensor Sharp GP	27
Gambar 3.5	Blok Diagram Perancangan.....	29
Gambar 3.6	Flowchart Sistem.....	30
Gambar 4.1	Tangki Sumber Air.....	33
Gambar 4.2	Grafik percobaan PID Pertama	36
Gambar 4.3	Grafik Percobaan PID Kedua	37
Gambar 4.4	Grafik Percobaan PID Ketiga.....	38
Gambar 4.5	Grafik Percobaan PID Keempat.....	38
Gambar 4.6	Grafik Percobaan PID Kelima.....	39
Gambar 4.7	Grafik waktu tempuh tanpa pengendali PID	40
Gambar 4.8	Grafik waktu tempuh dengan pengendali PID	41
Gambar 4.9	Grafik perbandingan antara pengendali PID dan Tanpa Pengendali PID.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi <i>Driver</i> Motor L298N	19
Tabel 2.2	Respon Kendali PID tehadap Perubahan Konstanta Parameter	20
Tabel 3.1	Pin-Pin LCD 16 x 2.....	25
Tabel 3.2	Spesifikasi dari sensor Sharp GP	27
Tabel 3.3	<i>Hardware</i> Pendukung	28
Tabel 4.1	Data pengujian pembacaan sensor	33
Tabel 4.2	Data pengujian driver motor pada Motor DC	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. *Source Code Full Program Alat*

Lampiran 2. Beita Acara Seminar Skripsi

Lampiran 3. Hasil Pengecekan *iThenticate*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber kehidupan bagi seluruh makhluk hidup. Manusia dan makhluk hidup yang lain sangat bergantung pada air untuk mempertahankan hidupnya. Manusia membutuhkan air untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan keperluan lain. Air yang dikonsumsi setiap hari harus memenuhi standart kualitas air bersih. Namun tak jarang kita mendapati air yang belum memenuhi standart kualitas air bersih, terutama pada saat musim kemarau. Air sumur dan sumber lainnya menjadi keruh dan berbau. Ironisnya terkadang air tersebut tercampur dengan mikroorganisme yang dapat mengganggu fungsi tubuh pada seseorang. Selama kuantitasnya masih banyak kita sebagai manusia yang peduli sesama masih dapat berupaya merubah air keruh tersebut menjadi air yang jernih yang layak untuk dapat dikonsumsi.

Solusinya adalah dengan menggunakan *Plant Water Treatment* yang mengolah air sungai menjadi air bersih yang siap digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Pada bagian penyedotan air dari sungai ke plant menggunakan sebuah pompa, namun kinerja pompa tersebut secara konstan. Kinerja pompa tersebut apabila terjadi gangguan pada saat pengisian dapat menyebabkan kurangnya volume debit air atau bisa juga sebaliknya.

Salah satu prosedur yang digunakan pada *Plant Water treatment* adalah pengendalian *level*. Pengendalian level di lakukan pada tangki penampungan air. Masalah yang sering timbul ketika level ketinggian air dalam tangki penampungan tidak diketahui, sehingga dimungkinkan terjadi keadaan tangki yang meluap atau kosong dikarenakan kurangnya pengawasan terhadap tangki penampungan [2]. Jika tanki tersebut sudah penuh seringkali air di dalamnya meluap karena *water pump* yang terus menerus mengisi tanki. Maka dibutuhkannya pengendalian *water pump* untuk mengatur tinggi level air pada tangki penampungan. Namun pada penelitian Ditya Satriya Nugroho Hadi, Aris Triwiyatno dan Budi Setiyono masih menghasilkan respon sistem yang belum baik karena hanya menggunakan tuning

PI tidak menggunakan Kontrol *Derivative* dan motor pompa yang bekerja kurang maksimal.

Untuk mengoptimalkan kinerja pompa pada saat pengisian tersebut dibutuhkan sebuah algoritma cerdas pada sistem pengontrolannya, apabila terjadi sebuah gangguan atau terdapat sinyal error pada sistem algoritma PID akan menyelesaikan permasalahan tersebut. Proses pengontrolan di industri-industri pun banyak menggunakan kendali konvensional seperti PID karena kesederhanaan struktur serta kemudahan dalam melakukan tuning parameter kontrolnya. Penentuan parameter-parameter yang sesuai agar mendapatkan respon keluaran *system* yang stabil dapat dilakukan dengan metode tuning PID.

Oleh karena itu, judul Tugas Akhir yang akan dipilih adalah “ Sistem Pengendalian *Water Pump* Untuk Mengatur Tinggi *Level Air* dengan Algoritma *PID* pada *Plant Water Treatment*”.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang bisa diambil dari latar belakang tersebut adalah belum menggunakan PID yang membuat respon sistem belum baik dan kinerja motor pompa kurang maksimal.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Rancang bangun optimalan kinerja pompa pada plant *water treatment* menggunakan arduino mega 2560 sebagai mikrokontroler.
2. Menggunakan sensor Infra red Sharp GP sensor
3. Menggunakan pompa air elektrik dengan tegangan DC 12 Volt.
4. Menggunakan Alogaritma PID.
5. Untuk mencari nilai kp, ki dan kd melalui *tuning* dengan metode *try and error*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu menerapkan algoritma PID pada sistem kontrol untuk mengoptimalkan kinerja *water pump* agar dapat mengatur

tinggi *level* air ketika proses pengisian air pada tangki penampungan berdasarkan *setpoint* yang telah ditentukan.

1.5 Keaslian Penelitian

Pada penelitian ini penulis menganalisis dari beberapa jurnal yang dapat dijadikan bahan referensi untuk sistem pengendalian *Water Pump* untuk mengatur tinggi level air dengan Algoritma PID pada *Plant Water Treatment*. Beberapa jurnal tersebut ditulis oleh Aldea Steffi Maharani, Sumarni, Budi Setiyono. Pada penelitian ini membuat aplikasi kontrol PID dalam model sistem kontrol fluida. Sistem akan mengontrol ketinggian cairan level sesuai dengan titik pengaturan yang diberikan oleh operator. Tugas akhir ini menggunakan potensiometer sensor sebagai indikator untuk mengatur level dan motor servo yang berfungsi sebagai aktuator, keypad sebagai perangkat input, LCD penampil dan komputer sebagai server media sebagai unit kontrol online dan sistem pemantauan pusat [1]. Kekurangan pada penelitian ini masih menggunakan sensor yang belum akurat dan tidak stabil sehingga membuat respon sistem yang kurang baik.

Asaad Ahmed Mohammedahmed Eltaieb, Zhang Jian Min. Dalam penelitian ini penulis menggunakan Arduino Uno untuk mengotomatisasi proses pemompaan air di sistem penyimpanan tangki over-kepala dan memiliki kemampuan untuk mendeteksi level air didalam tangki menggunakan buzzer. juga terdapat switch on / off pompa sesuai tingkat air. Kekurangan pada penelitian ini tidak menerapkan algoritma seperti Fuzzy atau PID agar meminimalisir tingkat eror yang terjadi [3].

Vardan Mittal. Penelitian ini bertujuan mengukur tingkat air menggunakan sensor ultrasonik. Untuk membangun sebuah sistem secara otomatis menghidupkan motor pompa. Kontrol otomatis hidup ketika air pada tingkat yang rendah. Kekurangan pada penelitian ini tidak diterapkan algoritma cerdas seperti fuzzy atau PID agar meminimalisir tingkat error yang terjadi [4].

Ditya Satriya Nugroho Hadi, Aris Triwiyatno, Budi Setiyono. Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem pengontrolan level air pada tangki penampungan water treatment sistem berbasis mikrokontroler. Pengontrolan ini digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi level air yang ada pada tangki

penampungan dan mengontrol level air pada ketinggian tertentu dengan menggunakan sensor jarak (Ping) dan pompa penghisap sebagai aktuatornya serta menampilkannya pada LCD (Liquid Crystal Display) [2]. Pengendalian dilakukan melalui metode PI Ziegler Nichols I. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kontrol PI dapat diaplikasikan dengan baik untuk mengontrol level air dengan menggunakan metode penalaan Ziegler Nichols. Kekurangan pada penelitian ini adalah respon sistem yang belum baik karena hanya menggunakan tuning PI dan motor pompa yang bekerja kurang maksimal.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode-metode yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini yaitu:

a. Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mendahulukan studi serta kajian teori yang mendukung desain aplikasi pada penelitian ini. Literatur yang dijadikan sumber berasal dari buku, jurnal dan referensi lain yang relevan dengan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

b. Simulasi dan Perancangan Alat

Pada tahap ini dilakukan perancangan pada *software* dan *hardware* sesuai dengan spesifikasi yang telah dilakukan.

c. Implementasi Alat

Pada tahap ini dilakukan pembuatan alat berdasarkan hasil perancangan Alat yang telah dilakukan sebelumnya.

d. Pengujian Alat

Setelah semua blok dan sistem telah dibuat, maka untuk selanjutnya akan dilakukan pengukuran dan pengambilan data sesuai parameter uji yang telah ditentukan di awal.

e. Analisis Hasil Pengujian

Tahap akhir dalam penelitian adalah menganalisis data dari hasil pengukuran yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri atas lima bab yang terdiri dari:

a. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini penulisan memberikan gambaran secara jelas mengenai latar belakang permasalahan, ruang lingkup masalah, maksud dan tujuan, metodelogi penulisan dan sistem penulisan.

b. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang teori-teori dasar yang menjadi landasan dan mendasari penulisan ini yang mendukung penyusunan penelitian sesuai dengan judul yang diambil.

c. BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang metode perancangan, blok diagram alat, skema rangkaian, rincian biaya yang diperlukan dan rencana pelaksaan.

d. BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dari analisis data pengukuran sesuai parameter yang telah ditentukan diawal.

e. BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran dari penelitian yang telah dilakukan yang berguna untuk masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aldea Steffi Maharani, Sumarni, dan Budi Setiyono, "Aplikasi Kontrol PID untuk Pengendalian Ketinggian Level Cairan dengan menggunakan TCP/IP" Makalah Tugas Akhir, Universitas Diponegoro.
- [2] Ditya Satria Nugroho Hadi, Aris Triwiyatno, and Budi Setiyono, "Pengendalian Level Air Pada Plan Tangki Penampungan Sistem Pengolahan Air Limbah Menggunakan Metode Kontrol PI" *Transmisi*, vol. 15, pp. 28-35, 2013.
- [3] Asaad Ahmed Mohammed Eltaieb, Zhang Jian Min, "Automatic Water Level Control System," *International Journal of Science and Research*, vol. 4, no. 12, pp. 1505 - 1509, 2015.
- [4] Vardaan Mittal , "Automatic Water Level Controller," *International Journal of Science and Research*, vol. 6, pp. 136 – 138, 2017.
- [5] H. Santoso, *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula*. 2015.
- [6] Simanjuntak, MG. 2013. *Bab II Dasar Teori*, <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/37482/4/Chapter%20I.pdf>. [Diakses tanggal 15 Januari 2019]
- [7] Agung, M Bangun, 2014. "Arduino For Beginners". Tanggerang: Surya University
- [8] Arief, U. M. "Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air." *Jurnal Ilmiah Electrical Engineering* UNHAS, Vol. 9, no. 12, Mei – Agustus, 2011.
- [9] Sularso, MSME. Ir. Haruo Tahara. Dr. prof., 2006. "*Pompa dan Kompresor*", Jakarta : PT Pradnya Paramitha.
- [10] Frank D.Petruzella. 2001. "*Elektronik Industri*" , Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- [11] Winarno, Arifianto, Deni. 2011. "*Bikin Robot Itu Gampang*". Penerbit Kawan Pustaka.
- [12] A.Nasir, M.Ahmad, and R. R Ismail, "The Control of a highly non linear two-wheels balancing robot: A comparative assessment

between LQR and PID-PID control schemes" *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol.70, pp.227-232,2010.