

**PERANCANGAN *ELECTRIC VEHICLE*
BERBASIS PID DENGAN ARDUINO MEGA 2560**



SKRIPSI

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :
LAGGA DANIARDY
03041381419177**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

PERANCANGAN *ELECTRIC VEHICLE*
BERBASIS PID DENGAN ARDUINO MEGA 2560



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

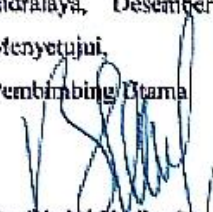
Oleh :
LAGGA DANIARDY
03041381419177

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Siddik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197108141999031005

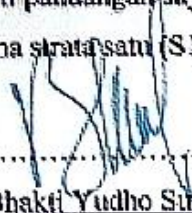
Indralaya, Desember 2019

Menyetujui,
Pembimbing Utama


Dr. Bhakti Yudho Supranto, S.T., M.T.
NIP: 197502112003121002

LEMBAR PERSETUJUAN

Saya sebagai pembimbingan 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 : Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.

Tanggal : 12/2019

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lagga Daniardy
NIM : 03041381419177
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul "**Perancangan Electric Vehicle Berbasis PID dengan Arduino Mega 2560**" merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, Desember 2019



Lagga Daniardy

ABSTRAK

Bahan bakar fosil merupakan sumber energi tak terbarukan yang akan habis suatu saat nanti. penggunaan bahan bakar berdampak negatif pada lingkungan dikarenakan efek rumah kaca dan polusi karena hasil gas buang bahan bakar. EV atau *electric vehicle* merupakan kendaraan dengan menggunakan motor listrik sebagai penggeraknya, EV berkontribusi pada pembangunan sektor transportasi karena salah satu strategi paling efektif untuk mengurangi emisi serta mengurangi penggunaan bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji performa serta mengetahui tingkat keberhasilan pembangunan *electric vehicle*. Proses pengambilan data dilakukan menggunakan *prototype electric vehicle* dengan konstruksi satu buah motor DC *brushed* 350watt sebagai *throttle*, dan satu buah motor DC *brushed* PG45 sebagai *steering*. Data latih yang diproses pada pengujian PID adalah data PWM motor dan data sensor ultrasonik yang diletakan bagian bumper depan EV. Perangkat inti yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai perangkat pengendali yang mampu merekam data. EV akan dirancang dan deprogram agar dapat mengurangi kecepatan saat terdapat halangan pada EV dengan jarak 100 centimeter dengan menggunakan algoritma PID. Pemograman PID dilakukan dengan nilai $K_p = 10$, $K_i = 30$, dan $K_d = 1$ yang didapat dengan tuning berulang – ulang hingga mendapatkan hasil yang sesuai dibutuhkan. Dari percobaan telah dilakukan menggunakan metode manual dengan trial error telah mencapai target sesuai set point yang telah ditentukan.

Kata kunci : *Electric Vehicle*, Kendaraan Listrik, mobil listrik, *Safety Vehicle*, *Semi Autonomous Vehicle*.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Muhammada Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D

NIP : 197108141999031005

Indralaya, Januari 2020

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T.

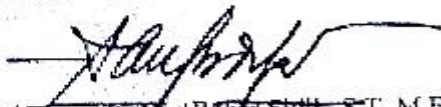
NIP ; 197502112003121002

ABSTRACT

Fossil fuels are a source of non-renewable energy that will be depleted sometime later. The use of fuel has a negative impact on the environment due to greenhouse effects and pollution due to the fuel exhaust gas. EV or *electric vehicle* is a vehicle using electric motors as a movement, EV contributes to the development of the transportation sector because one of the most effective strategies to reduce emissions and reduce the use of materials Burn. This research aims to design and test performance as well as to know the success rate of electric vehicle construction. Data retrieval process is done using prototype *electric vehicle* with construction of one DC motorcycle brushed 500watt as throttle, and one DC motorcycle brushed PG45 as steering. The training data processed on the PID test is the PWM motor data and the ultrasonic sensor data placed by the Rdden of the EV. The core device used is the Arduino Mega 2560 that serves as a controlling device capable of recording data. EV will be designed and deprogram in order to reduce the speed when there are obstacles on the EV with a distance of 100 centimeters by using PID algorithm. A PID programming is done with $K_p = 10$, $K_i = 30$, and $K_d = 1$ which is obtained by repeated tuning – reset until the corresponding result is needed. From the experiment has been done using the manual method with the trial error has reached the target corresponding set point specified.

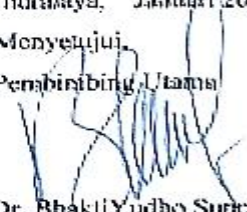
Keywords : Electric vehicle, Electric car, Autonomous Electric Vehicle.

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Agus Bakar Sidiq, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP ; 197108141999031005

Indralaya, Januari 2020

Menyetujui,
Pembimbing Utama


Dr. Bhakli Yudho Suprpto, S.T., M.T.
NIP ; 197502112003121002

KATA PENGHANTAR


Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT serta shalawat dalam kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan penuh rasa syukur atas rahmat dan ridho dari Allah SWT, penulis dapat membuat usul proposal skripsi ini dengan judul, “Perancangan Electric Vehicle Berbasis PID dengan Arduino Mega 2560”.

Pembuatan usul proposal skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana 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. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama tugas akhir.
4. Ibu Ir.Hj. Sri Agustina M.T. selaku Pembimbing Akademik.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Orang tua, Keluarga, dan saudara yang telah memberikan dukungan sepenuhnya selama pembuatasn usulan proposal skripsi.
7. Teman satu kosenterasi Teknik Kendali dan Komputer, Ahmad Rahmadhan, Yogi Anggara, Sandika Aditia, Ayu MW, Nurul Ikhlas Septiani, M. Imam BU, M. Ihsan Hamidin, Muhammad Almi Yunus, Noor Adibi MT, Robby Prabowo, M. Faiz Ismail, Ahmad Wahidin, dan Juliansyah.
8. Teman yang menemani ketika mengambil data, Rian Mahmudin, Pajri, Abeng Yogta, Indra kumala, dan radius.
9. Wahyu Hidayat, Danil Kusnandi, M. Ridho Nugraha, Indra Gifari A. ,Syande Rambe, dan Putra serta teman – teman BASTwei TEAM yang selalu memberikan dukungan.
10. Kak Andar Tri Atmaja, kak KandaJanuar Miraswan, kak Jeffry yang selalu memberikan dukungan.

11. Pihak – pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Palembang, 17 Desember 2019



Lagga Daniardy
(03041381419177)

DAFTAR ISI

Daftar	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGHANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Perumusan Masalah.....	2
Tujuan Penelitian.....	3
Pembatasan Masalah	3
Keaslian Penelitian	3
Sistematis Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. <i>State Of The Art</i>	6
2.2. <i>Electric Vehicle</i>	7
2.3. Komponen Penyusun	10
2.3.1. Perangkat Pengendali	10
2.3.2. Motor Listrik DC	10
2.3.3. Driver Motor	11
2.3.4. Sensor Ultrasonik.....	11
2.3.5. Baterai	12
2.3.9. Perangkat Komunikasi	13

2.3.9.1. Transmitter	13
2.3.9.2. Receiver.....	14
2.4. PWM	14
2.5. Metode Pengendalian	15
2.5.1. PID	16
2.5.2. Metode Tuning	19
BAB III METODOLOGI	
3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	22
3.2. Studi Pustaka.....	22
3.3. Perancangan <i>Electrical</i>	22
3.4. Perakitan <i>Electric Vehicle</i>	23
3.5. Perancangan Program.....	25
3.6. Pengujian.....	25
3.7. Pengambilan Data	25
3.8. Analisa dan Kesimpulan	25
3.9. Perancangan Program <i>Electric Vehicle</i>	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Perancangan <i>Electrical Vehicle</i>	27
4.2. Pengujian PID pada <i>Electric Vehicle</i>	27
4.2.1. Tuning PID Pertama.....	28
4.1.2. Tuning PID kedua.....	29
4.1.3. Tuning PID Ketiga.....	30
4.1.4. Tuning PID Keempat.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Diagram Blok Sistem Electric Vehicle	8
Gambar 2.2. Taksi listrik Sekitar tahun 1901	9
Gambar 2.3. Range-Extender Electric Vehicle	9
Gambar 2.4. Motor DC	11
Gambar 2.5. Driver Motor	12
Gambar 2.6. Cara kerja Sensor Ultrasonik.....	12
Gambar 2.7. Baterai	13
Gambar 2.8. Remote Control	13
Gambar 2.9. Receiver.....	14
Gambar 2.10. Output Sinyal PWM.....	14
Gambar 2.11. Konsep Sinyal PWM.....	15
Gambar 2.12. PWM Duty Cycle	15
Gambar 2.13. Diagram Blok Kontrol Proporsional	16
Gambar 2.14. Diagram Blok Kontrol Integral	17
Gambar 2.15. Diagram Blok Kontrol Derivative.....	17
Gambar 2.18. Diagram Blok PID.....	18
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian Tugas Akhir	22
Gambar 3.2. Skema Rangkaian <i>Electric Vehicle</i>	23
Gambar 3.3. Electric Vehicle Tampak Belakang.....	23
Gambar 3.4. Electric Vehicle Tampak Depan	24
Gambar 3.5. Electric Vehicle Tampak Atas.....	24
Gambar 3.6. Transmitter	24
Gambar 4.1. Grafik Distance Pengujian Pertama	28
Gambar 4.2. Grafik Output PID Pengujian Pertama.....	28
Gambar 4.3. Grafik Distance Pengujian Kedua	29
Gambar 4.4. Grafik Output PID Pengujian Kedua	29
Gambar 4.5. Grafik Distance Pengujian Ketiga.....	30

Gambar 4.6. Grafik Output PID Pengujian Ketiga.....	30
Gambar 4.7. Grafik Distance Pengujian Keempat.....	30
Gambar 4.8. Grafik Output PID Pengujian Kempat.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Spesifikasi Arduino Mega 2560.....	10
Tabel 2.2. Metode Penyetelan untuk Pengontrolan PID.....	20
Tabel 2.3. Diagram Tuning PID.....	21

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak merupakan sumber energi tak terbarukan yang akan habis suatu saat nanti. Serta meningkatnya kekhawatiran tentang kerusakan lingkungan dikarenakan efek rumah kaca dan polusi yang disebabkan oleh emisi gas buang bahan bakar minyak. *Electric vehicle* (EV) memiliki potensi untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan pada sektor transportasi. Saat ini, *Electric vehicle* adalah akan transportasi yang dapat memenuhi masalah emisi dari peraturan internasional [1]. *Electric vehicle* dianggap sebagai salah satu strategi yang paling efektif untuk mengurangi emisi serta penggunaan minyak dan gas, [2]. karena tidak memerlukan bahan bakar fosil untuk mengoperasikannya.

Electric vehicle adalah suatu kendaraan dengan penggerak mesin listrik jenis kendaraan ini sudah mampu terlepas dari penggunaan bahan bakar fosil karena menggunakan energi listrik yang disimpan pada baterai sebagai kebutuhan utamanya. akan tetapi EV juga memiliki beberapa jenis yang masih menggunakan bahan bakar fosil yang digunakan sebagai pembangkit energi listriknya untuk membuat EV dapat menepuh jarak yang jauh. EV secara umum dapat diklasifikasikan sebagai *hybrid electric vehicle* (HEV), *battery electric vehicle* (BEV), dan *fuel-cell electric vehicle* (FEV). Sementara itu, HEV dapat dibagi yaitu sebagai HEV konvensional (termasuk mikro hybrid, ringan, dan penuh), *plug-in hybrid electric vehicle* (PHEV), dan *range-extender electric vehicle* (REV) [3].

Penelitian lain yang berkaitan dengan EV adalah sebagai berikut, *hybrid electric vehicle* (HEV) [4], *battery electric vehicle* (BEV) [5], dan *fuel-cell electric vehicle* (FEV) [6], *plug-in hybrid electric vehicle* (PHEV) [7], dan *range-extender electric vehicle* (REV) [8]. Beberapa tipe EV tersebut menunjukkan hasil yang baik, akan tetapi setiap EV tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing.

Permasalahan yang dimiliki oleh HEV, ICEV, PHEV adalah masih menggunakan bahan bakar fosil, dan BEV memiliki masalah pada jarak tempuh yang tidak terlalu jauh karena hanya memiliki mesin tunggal. Untuk membuat EV agar dapat memiliki performa yang baik maka haruslah menggunakan algoritma untuk pengontrolannya, salah satu kontrol yang banyak digunakan yaitu kontrol PID.

Proportional Integral Derivative (PID) adalah algoritma PID untuk pengendalian sistem yang membandingkan antara nilai kesalahan, setpoint, dan variabelnya. PID akan meminimalkan nilai dari kesalahan secara terus menerus. Kontrol PID sering digunakan untuk kontrol robot *line followers*, PID tersebut bertugas untuk mengoreksi serta mengontrol robot agar tetap berada dalam garis yang telah ditentukan [22]. Kontrol PID telah berhasil diterapkan dalam industri. Lebih dari 97% pengontrol di industri kontrol prosesnya adalah PID. Oleh sebab itu pada penelitian ini algoritma yang digunakan untuk membantu *electric vehicle* dalam pengendalian menggunakan PID.

Berdasarkan penjelasan di atas penulis akan merancang *electric vehicle* yang terlepas dari bahan bakar fosil serta dapat dikendalikan dengan cara manual dan semi otonomus berbasis *Proportional Integral Derivative* (PID).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah utama yang dihadapi oleh EV adalah Kesulitan dalam melakukan pengendalian pergerakan seperti menghindari rintangan, mengikuti jalur dan sebagainya.

1.3 Tujuan Penulisan

Pada penelitian ini bertujuan sebagai berikut :

1. Membuat *electric vehicle* yang dapat beroperasi secara manual dan semi otonomus.
2. Menerapkan algoritma PID pada *electric vehicle*.

1.4 Pembatasan Masalah

Batasan perlu diberikan agar permasalahan yang dibahas pada tugas akhir ini menjadi terarah, yaitu :

1. *Electric vehicle* ini memiliki pembangkit listrik solar cell untuk mengecas baterai lipo untuk keperluan suplai listrik komponen pendukung.
2. Lintasan kendaraan ini dibatasi untuk lintasan rata.
3. *Electric vehicle* ini hanya menggunakan satu motor utama sebagai penggerak.
4. Algoritma PID pada *electric vehicle* menggunakan metode Trial and error.

1.5 Keaslian Penelitian

Penelitian ini berfokus pada perancangan *Electric vehicle* yang dapat dikontrol secara manual dan semi otonomus dengan algoritma PID yang dapat mengurangi resiko kecelakaan dan memiliki pembangkit listrik sendiri.

Penelitian mengenai *Electric vehicle* telah dilakukan oleh Amir Khajepour, Avesta Goodarzi, Ebrahim Esmailzadeh, dan Sohei Mohaghegi Fard, penelitian ini berfokus pada Desain dan kontrol EV dengan bentuk ramping yang dirancang kestabilannya untuk gerak miring. Kelemahan kendaraan listrik yang dirancang pada penelitian ini tidak dapat miring seperti mobil pada umumnya [1].

Penelitian lain dilakukan oleh Daejun kang, Sunjong Lee, Youjun Choi, dan Youngmin Kim membahas mengenai sistem rel dari kendaraan listrik serta mengembangkan sensor fluks magnetic untuk merasakan medan magnet. Kelemahan pada kendaraan ini adalah saat kendaraan kendaraan tidak akan berkerja pada saat kendaraan keluar dari jalur rel [9].

Selain itu Moez Ghariani, Mohamed Radhouan Hachicha, dan Mohamed Yaich melakukan penelitian tentang Pemodelan, simulasi kendaraan listrik dan hybrid dan

anallisis menggunakan ADVISOR. kelemahan pada penelitian ini hanya mesimulasikan kendaran golf dengan ADVISOR [10].

Al Mahmudur Rahman, dan Muhammad Sifatul Alam Chowdhury melakukan penelitian tentang Pemodelan dan simulasi sistem daya baterai, solar dan sel bahan bakar bertenaga hybrid *electric vehicle* dan dianalisa. Kelemahan pada penelitian adalah kendaraan hanya disimulakan pada simulink [11].

Bedasarkan penelitian yang telah dilakukan. Pada tugas akhir ini penulis ingin akan perancangan *electric vehicle* yang dapat bergerak secara manual dan semi otomus menggunakan PID yang dapat mengurangi resiko kecelakaan yang dikendalikan dengan oleh satu unit Arduino Mega 2560.

1.6. Sistematis Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori - teori yang berkaitan dengan *electric vehicle*, komponen penyusun, dan perangkat komunikasi pada *electric vehicle*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini bersikan *Flowchart* penelitian dan penjelasan isi flowchart dan Perancangan program pada *electric vehicle*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan tentang bagaimana algoritma PID saat diterapkan pada *electric vehicle*, hasil output dari *solar cell*, kemudian pembahasan dari hasil pengamatan serta hasil pengujian data untuk mengetahui tingkat akurasinya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan tentang Kesimpulan, dan saran. dari penelitian yang telah dilakukan pada *electric vehicle*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohamed Yaich, Moez Gharianti, Mohamed Radhouan Hachicha, “Modeling and Simulation of Electric and Hybrid Vehicles for Recreational Vehicle”, 16th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering – STA”2015, Monastir, Tunisia.
- [2] Chunhua Liu, K.T. Chau, Diyun Wu, “Opportunities and Challenges of Vehicle to home, Vehicle to Vehicle and Vehicle to Grid Technologies.
- [3] Gerfried Jungmeier, Jennifer B. Dunn, Amgad Elgowainy, Enver Doruk Ozdemir, Simone Ehrenberger, HansJorg Altaus, Rolf Widmer, “Key Issues Life Cycle Assessment of Electric Vehicle Findings in the International Energy Agency (IEA) on Hybrid and Electric Vehicle (HEV)”, EVS27, Barcelona, Spain.
- [4] Qi Bin, Zuo Fushan, “The Countermeasures And Analysis of the Bottlenecksof BEV in Development”.
- [5] Kosmas Knoedler, Jochen, Steinmann, Sylvain Laversanne, Stephen Jones, Arno Huss, Emre Kural, David Sanchez, Oliver Bringmann, Jochen Zimmermann, “Optimal Energy Management and recovery fo FEV”.
- [6] Mohammad Rastegar, Mahmud Fotuhi-Firuzbad, “Optimal Charger Scheduling of PHEV in A Multi-Carrier Energy Home”.
- [7] Ke Song, Jing Zhang, Tong Zhang, “design and Development of a pluggable PEMFC extended Range Electric Vehicle”.

- [8] Sohei Mohagheghi Fard, Amir Khajepour, Avesta Goodarzi, Ebrahim Esmailzadeh, "Design and control of a Narrow Electric Vehicle".
- [9] Youjun Choi, Daejun Kang, Sunjong Lee, Youngmin Kim, "The Autonomous Platoon Driving of the On Line Electric Vehicle", ICROS-SICE International joint Conference 2009.
- [10] Muhammad Sifatul Alam Chowdhury, Khandakar Abdulla Al Mamun, Al Mahmudur Rahman, Modelling and simulation of power system of battery, solar and fuel cell powered Hybrid Electric Vehicle".
- [11] James Larminie, John Lowry, "Electric Vehicle Technology Explained".
- [12] Iqbal Husain, "Electric and Hybrid Vehicle Design Fundamentals", Second Edition, CRC Press Taylor and Francis Group.
- [13] Anonim, 2016, "Arduino Mega 2560", [Online],(<http://roboromania.ro/datasheet/arduino-mega-2560.pdf>, diakses 31 oktober 2019).
- [13] Anonim, 2014, "Motor DC", [Online], (<http://zoniaelektro.net/motor-dc/>, diakses 31 oktober 2019).
- [14] K. Tero, K. Kimmo, V Ville, "Make:Sensor", Canada, Maker Media 2014.
- [15] Patra Ibeng, "Pengertian dan Fungsi Baterai", [Online],(<https://pendidikan.co.id/pengertian-fungsi-dan-jenis-baterai/>, akses 31 oktober 2019).
- [16] Anonim, 2018, "Pengertian dan Fungsi Transmitter", [Online],(<http://www.arita.co.id/pengertian-dan-fungsi-transmitter>, diakses 31 oktober 2019).

- [17] Caesar Wiratama, 2016, "Elektronika yang harus dimiliki pada pesawat aeromodelling", [Online], (<http://http://aeroengineering.co.id/2016/02/elektronika-yang-harus-dimiliki-pada-pesawat-aeromodelling/>), diakses 31 oktober 2019).
- [18] Fadhlhan Nuran Gani, 2012, "Pulse Width Modulation (PWM)", [Online], (<http://robotic-electric.blogspot.com/2012/11/pulse-width-modulation-pwm.html>), diakses 31 oktober 2019).
- [19] Ogata, Katsuhiko, 1985, Teknik Kontrol Automatik Jilid 1, Jakarta , Penerbit Erlangga.
- [20] K. Arab dan A. Mp, "PID Control Theory", Introd to PID Control Theory, Tuning Apply to Front. Areas, no. 1, 2012.