

Perancangan Sistem Kontrol Pada Kecepatan Motor Dc Menggunakan Pid Adaptif

1st Frendy Naiborhu
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

frendynaiborhu@student.telkomuni-versity.ac.id

2nd Agung Surya Wibowo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

agungsw@telkomuniversity.co.id

3rd Erwin Susanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

erwinsusanto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak - Tingginya permintaan akan sistem dan kontrol yang semakin efektif dan efisien di era industri 4.0 ini, jumlah plant yang semakin tinggi dan semakin banyak struktur yang membuat semakin kompleks. Salah satu jenis kontroler yang banyak digunakan saat ini adalah kontroler PID (Proporsional Integral Diferensial). Pada penelitian ini, dirancanglah sebuah perancangan sistem kontrol pada kecepatan motor DC menggunakan sistem PID. Perancangan sistem direalisasikan dalam beberapa tahap blok sistem yang saling berintegrasi untuk mencapai sebuah sistem kendali adaptif PID. Kontribusi penelitian dalam penelitian ini meliputi implementasi dual design PID. Arsitektur kontroler bertujuan untuk meningkatkan sistem kinerja dengan mengurangi eror dan menghemat listrik energi dalam sistem. Kegiatan penelitian ini merupakan demonstrasi dari kemampuan kontroler dual design untuk secara efektif mengurangi eror dan menghemat energi listrik dalam sistem eksperimen dan studi kasus. Temuan ini menjanjikan solusi untuk meningkatkan kinerja sistem melalui penggunaan menggunakan dual design PID controller, sehingga tercapainya atau terjadinya osilasi ruang yang rapat. Dari penelitian ini yang diinginkan ialah merancang sistem kontrol pada motor DC dengan nilai rise time 0.9 detik, merancang sistem kontrol motor DC dengan nilai Error 2% dan dapat membandingkan performance dari hasil sistem kendali PID adaptif dengan PID konvensional.

Kata kunci : motor dc, PID, ziegler-nichols, osilasi

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sistem kontrol yang lebih efektif dan efisien di era industri 4.0 ini semakin meningkat, mengingat bahwa jumlah *plant* yang akan dikontrol semakin banyak dan memiliki struktur yang semakin kompleks. Maka dari itu sistem kontrol yang dapat dikendalikan melalui perangkat komputer sangat mutlak diperlukan. Selain dapat melakukan sistem monitoring secara real time dengan menggunakan penyajian data yang lebih bagus, perangkat komputer dapat dengan mudah

melakukan proses pengiriman set point yang dikehendaki. Salah satu jenis kontroler yang banyak digunakan saat ini adalah kontroler PID (Proporsional Integral Diferensial) karena kontroler ini sederhana dan relatif mudah dalam pengaplikasiannya. Pada umumnya PID diimplementasikan menggunakan rangkaian analog bahkan ada yang menggunakan komponen mekanis dalam penentuan set point ataupun setting parameter.[1][2]

Sistem kendali PID tunggal hanya mampu bekerja untuk kondisi yang bersifat linier. Sedangkan Motor DC adalah sebuah plant yang memiliki efek non- linieritas. Sehingga dari perbedaan sifat ini yang membuat kendali PID tunggal tidak dapat menghasilkan respon keluaran yang memiliki karakteristik yang sama jika diberi nilai *setpoint* yang berbeda. Untuk mendapatkan respon keluaran yang mempunyai karakteristik yang sama dari setiap *setpoint* yang berbeda, harus menggunakan metode yang dapat menghilangkan sifat efek non-linearitas. [3]

Penulis juga menggunakan logika double PID atau dual sistem PID, dikarenakan disaat penulis merancang alat menggunakan single PID disaat setpoint di bawah 500 osilasi ruang yang terjadi itu kecil ruang nya atau bukit dan lembah nya rapat, sementara di saat set point di atas 500 yang dimana masih menggunakan KI, KP, KD yang sebelumnya terjadi osilasi ruang yang sangat lebar, kita tahu bahwa tujuan dari PID yang paling di prioritaskan adalah rapat nya bukit dan lembah nya sehingga antara set point dan RPM itu akan tercapai sama atasedikit tidak sama. Jadi dari Teori diatas penulis memutuskan menggunakan logika double PID, maka dari itu penulis bisa membuat dua logika yang dimana di saat set point di bawah 500 menggunakan KI, KP, KD yang tepat sehingga osilasi ruang yang terjadi itu rapat dan begitu juga di saat set point diatas 500.

Pada penelitian ini, dirancanglah sebuah Perancangan Sistem kontrol pada kecepatan motor DC menggunakan sistem PID. Sistem yang dirancang direalisasikan dalam beberapa tahapan blok yang saling berintegrasi dalam mencapai sebuah sistem kendali adaptif PID. Blok sistem tersebut terdiri dari beberapa bagian, seperti masukan, proses, dan keluaran. Pada tahap bagian masukan, terdapat dua tahapan masukan berupa, nilai *setpoint* RPM dan interupsi di mikrokontroler Arduino uno, pemberian nilai melalui masukan eksternal dari *push button*. Pada tahapan proses terdapat tiga tahapan yaitu , pemilihan, perhitungan dan pemetaan hasil perhitungan kendali PID terhadap daerah kerja yang memiliki batasannya. [1]

Penelitian ini yang diinginkan ialah Merancang sistem kontrol pada motor DC dengan nilai rise time 0.9 detik, merancang sistem kontrol motor DC dengan Nilai Error dengan 2%, akurasi perhitungan Respon Time pada kecepatan motor DC dengan menggunakan adaptif PID maupun konvensional dan Dapat membandingkan *performance* dari hasil sistem kendali adaptif PID dengan PID konvensional.

II. DASAR TEORI

A. Kendali PID (Proporsional Integral Diferensial)
Pengendali PID adalah suatu sistem pengendali yang merupakan gabungan antara pengendali proporsional, integral, dan turunan (derivative). Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PID dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$u(t) = K_p(e(t)) + \frac{1}{T_i} \int e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Atau

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

$$u(k) = K_p(e(k)) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_d}{T} (e[k] - e[k-1]) \quad (3)$$

Pengimplementasian sistem memiliki cara tersendiri maupun secara bergabung.

Dalam perancangan sistem, yang diperlukan adalah mengatur parameter berupa P,I,D agar respon sinyal keluaran sistem terhadap masukan sama dengan yang diinginkan [1]

PID akan digunakan sebagai kontroler utama dari sistem motor. Oleh karena itu, nilai Kp, Ki, dan Kd yang digunakan harus sangat diperhatikan. Pemberian nilai ini akan sangat berpengaruh dengan respon keluaran dari motor BLDC. [4]

Pengendali proporsional Kp akan memberikan efek mengurangi waktu naik tetapi tidak menghapus kesalahan keadaan. Pengendali integral Ki akan memberikan efek menghapus kesalahan keadaan tetapi berakibat memburuknya tanggapan transient. Pengendali derivatif Kd akan memberikan efek meningkatnya stabilitas sistem, mengurangi lewatan maksimum dan menaikkan tanggapan fungsi alih [5].

Double PID adalah variasi dari kontrol PID tradisional yang digunakan untuk mengatasi sistem yang lebih kompleks dengan dua variabel kontrol yang saling terkait. Dalam Double PID, terdapat dua kontroler PID terpisah yang bekerja bersama-sama untuk mengatur dua variabel yang berbeda dalam sistem yang sama. Misalnya, pertimbangkan sistem yang memiliki dua variabel yang saling mempengaruhi, seperti temperatur dan kecepatan dalam suatu proses industri.

Tujuan kontrol ini adalah untuk mencapai setpoint yang diinginkan untuk kedua variabel tersebut secara bersamaan. Struktur dari Double PID mirip dengan kontrol PID tunggal, tetapi dengan dua set koefisien P, I, dan D yang berbeda untuk masing-masing variabel kontrol. Secara umum, rumus matematis untuk Double PID adalah sebagai berikut:

$$\text{Output1} = (Kp1 * \text{error1}) + (Ki1 * \text{integral dari error1}) + (Kd1 * \text{turunan dari error1}) \quad (4)$$

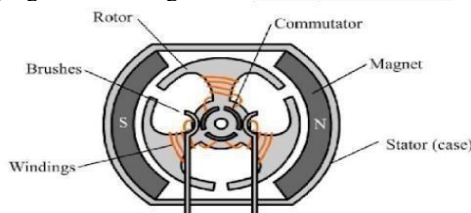
$$\text{Output2} = (Kp2 * \text{error2}) + (Ki2 * \text{integral dari error2}) + (Kd2 * \text{turunan dari error2}) \quad (5)$$

Kemudian, kedua output dari kontroler PID tersebut dijumlahkan dan diteruskan sebagai input ke sistem untuk mengatur kedua variabel secara bersamaan. Tentu saja, penyetelan koefisien Kp, Ki, dan Kd untuk Double PID juga memerlukan uji coba dan penyesuaian yang cermat agar kontroler dapat berfungsi dengan baik dan menghasilkan respons yang sesuai dengan karakteristik sistem yang kompleks.

Double PID sering digunakan dalam sistem yang kompleks dan saling tergantung, seperti dalam industri kimia, proses manufaktur, atau kendali robot dengan banyak variabel yang perlu diatur secara bersamaan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Dengan menggunakan Double PID, sistem dapat mencapai performa yang lebih baik dan lebih stabil dibandingkan dengan penggunaan kontrol PID tunggal untuk dua variabel yang saling terkait.

B. Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor dengan sumber tenaga tegangan searah. Motor akan berputar satu arah jika tegangan yang diberikan berbeda, dan akan berbalik arah jika polaritas dari tegangan dibalik. Motor DC terdiri dari dua komponen, yaitu stator dan rotor. Stator merupakan kumparan dengan medan magnet yang tidak berputar, sedangkan rotor adalah bagian yang bergerak karena adanya kumparan jangkar untuk menggerakkan benda perlu adanya gearbox sebagai media motor DC.



GAMBAR 1. Bagian-bagian Motor DC [1].

Kecepatan putaran Motor DC memiliki persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{v_{tm} - I_a R_a}{K\phi} \quad (6)$$

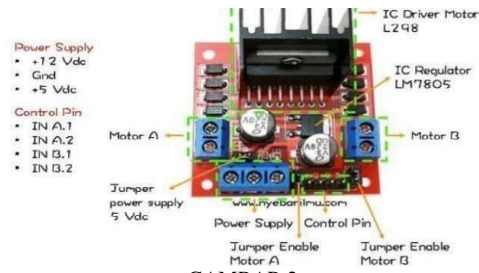
Keterangan :

- v_{tm} : Tegangan Terminal
- I_a : Arus Jangkar
- R_a : Hambatan Jangkar Motor
- k : Konstanta Motor
- ϕ : Fluk Magnet yang Terbentuk pada Motor

C. Driver Motor L298N

Driver motor L298N adalah module driver motor DC yang saat ini paling banyak digunakan di dunia elektronika yang berfungsi untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor

DC. IC L298 adalah sebuah IC tipe H- bridge yang dapat mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang memiliki fungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor dc maupun motor stepper. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol.



GAMBAR 2. Driver Motor L298

D. Metode Ziegler-Nichols

Pengendali PID (Proporsional Integral Diferensial) adalah kombinasi dari ketiga jenis pengendali. Jika ketiga pengendali tersebut berdiri sendiri, maka hasil yang dicapai akan kurang baik. Hal ini dikarenakan masing-masing memiliki kelemahan maupun kelebihan sendiri. Maka untuk dapat memenuhi sistem yang diinginkan, maka ketiga parameter PID harus ditetapkan secara optimal. Salah satu metode penalaan atau *tuning* yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengendali PID adalah metode Ziegler-Nichols [6].

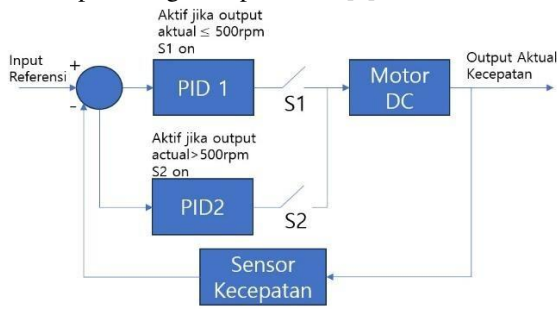
Teori Ziegler-Nichols merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mencari nilai Koefisien proporsional, integral, dan diferensial. Nilai PID dari hasil percobaan dengan masukan unit step hasilnya nanti akan terbentuk kurva berbentuk huruf S. Jika kurva ini tidak terbentuk, maka metode ini tidak dapat diterapkan. Kurva berbentuk S ini memiliki karakteristik dengan 2 buah konstanta meliputi waktu tunda (L) dan *time constant* (T). Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S [7].

III. METODE

A. Diagram Blok

Proses kerja sistem *setpoint* yang diberikan berupa nilai RPM dari kecepatan putaran motor DC Encoder. Kondisi awal sistem bernilai nol. Ketika diberikan nilai *setpoint*, maka sistem akan memilih jenis PID yang akan digunakan sesuai dengan Batasan linearitas. Untuk menghasilkan sinyal PWM yang tepat, dilakukan proses pemetaan batasan daerah kerja linear. Keluaran sinyal berupa PWM yang akan dikirim ke driver motor untuk menggerakkan motor DC. Ketika motor DC mulai berputar, sensor magnetic encoder akan memberikan sinyal pulsa yang disampling setiap

0,1 detik dan hasil penjumlahan pulsa akan diproses secara perhitungan yang akan menghasilkan nilai dalam satuan Rpm sebagai umpan balik.[8]



GAMBAR 3. Diagram Blok

B. Desain Perangkat Keras

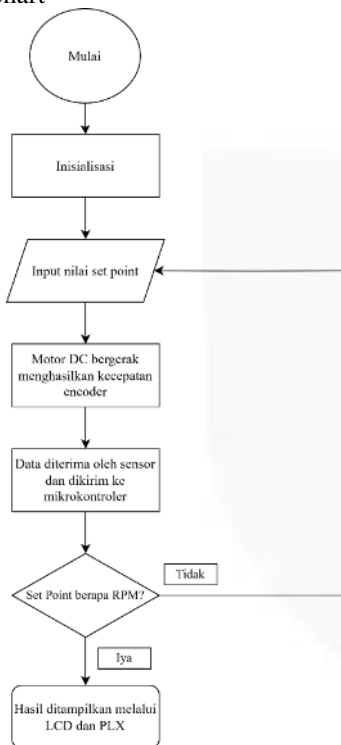


GAMBAR 4.

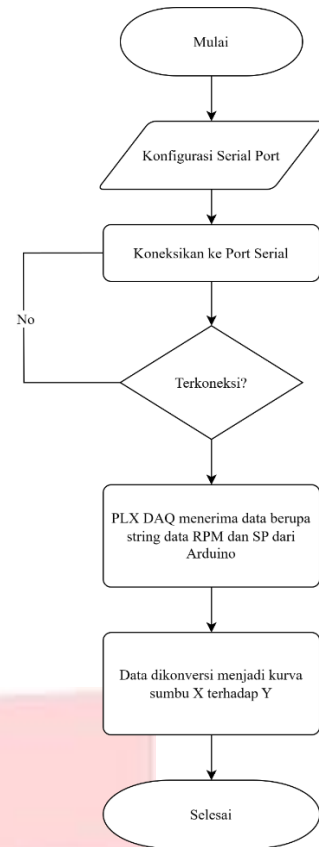
Desain Perangkat Keras Gambar diatas merupakan desain alat

keseluruhan dari penulis dan rekan rekan penulis yang akan dibuat, terdiri dari kontroler PID, Double PID, Driver Motor, Sensor Magnetic Encoder, dan Motor DC. Sensor Encoder digunakan untuk mengetahui rotasi putaran pada motor DC.

C. Flowchart



GAMBAR 5. Flowchart Sistem Perangkat Lunak



GAMBAR 6. Perancangan PLX

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas hasil pengujian serta analisis dari alat yang telah dirancang pada bab sebelumnya. Tujuan dari pengujian yang dilakukan oleh penulis adalah untuk melihat bagaimana reaksi dan pergerakan atau perubahan kecepatan motor terhadap nilai set point yang telah ditetapkan oleh penulis pada tiap pengujian, pembahasan pada bab ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut:

1. Hasil perancangan sistem PID.
2. Validasi Sensor Magnetic Encoder.

A. Hasil Perancangan Sistem Kontrol pada Kecepatan Motor DC

Hasil rancangan dari judul penulis dapat dilihat pada gambar 7, yang merupakan penampakan alat dari sistem yang telah didesain sedemikian rupa. Sistem ini dirancang sedemikian rupa agar dapat memudahkan pengguna dalam menggunakan alat ini.



GAMBAR 7. Hasil Rancangan Penulis

B. Validasi Sensor *Magnetic Encoder*.

Validasi ini bertujuan untuk memeriksa kembali dan mengukur akurasi sensor yang digunakan dengan cara membandingkan dengan alat tolak ukur konvensional. Sensor yang penulis gunakan pada tugas akhir ini yaitu sensor *magnetic encoder* yang berfungsi untuk membaca nilai banyaknya rotasi atau perputaran per-menitnya (RPM) yang digunakan pada saat proses penghitungan PID.

Alat pengujian:

1. Sensor *Magnetic Encoder*.
2. *Taco Meter*.

Pada validasi nilai sensor magnetic encoder dilakukan sebanyak 15 kali pengujian dari nilai input kecil ke besar. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan nilai sensor *magnetic encoder* yang ditampilkan pada LCD dengan *taco meter*. Hasil validasi nilai sensor *magnetic encoder* dengan *taco meter* ditampilkan pada tabel 1 dibawah ini. Untuk mencari nilai error pada pembahasan ini penulis menggunakan rumus galat, berikut adalah rumus dari persentase galat / error.

$$\% \text{ error} = \frac{|\text{approx} - \text{exact}|}{\text{exact}} \times 100 \quad (7)$$

TABEL 1.
Hasil Validasi Nilai Sensor *Magnetic Encoder*

No	Tegangan (V)	Encoder (RPM)	Alat Ukur (Tacometer)	Error (%)
1	1,54	166.67	163.2	2.1
2	2,33	240	234	2.6
3	5.15	506.67	495.1	2.3
4	6.71	680	662.9	2.6
5	8,08	806	803.1	0.4
6	8,83	873	848.6	2.9
7	9,30	920	899.2	2.3
8	9,70	940	928.6	1.2
9	9,95	966	963.7	0.2
10	10,14	1020	1012	0.8
11	10,28	1033	1026	0.7
12	10,38	1046.67	1033	1.3
13	10,47	1066.67	1050	1.6
14	10,73	1086.67	1068	1.7
15	11.04	1093.67	1080	1.3

C. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, pada pengujian dengan set point dibawah 500 sering menghasilkan output sistem yang overshoot. Overshoot merupakan suatu kondisi dimana output dari sistem melebihi nilai setpoint atau target yang diinginkan sebelum akhirnya mencapai nilai yang stabil dari setpoint tersebut. Overshoot dapat terjadi dikarenakan sistem responsnya bergerak melewati titik setpoint yang mencapai nilai lebih tinggi. Untuk set point dibawah 500 sering menghasilkan output sistem overshoot

dikarenakan PID 1 untuk setpoint dibawah 500 lebih dekat jalurnya ke ouput sistem dan sensor kecepatan. Selain itu, PID 1 juga kemungkinan lebih sensitif sehingga overshoot yang dihasilkan lebih sering terjadi dan osilasi yang ditimbulkan lebih tinggi. Untuk mengurangi nilai overshoot yang terjadi, dapat dilakukan dengan cara penguatan proporsional pada sistem saat mulai beresilasi.

Saat terjadi perpindahan kontrol pada sistem double PID, output rpm motor mengalami penurunan. Hal ini bisa disebabkan karena terjadinya peristiwa osilasi pada kontrol PID sehingga menghasilkan respon yang kurang stabil dan menyebabkan penurunan nilai output yang signifikan saat terjadi perpindahan kontrol. Selain itu, perubahan setpoint yang cepat juga menjadi faktor kenapa terjadi penurunan ouput dimana apabila setpoint sistem berubah secara signifikan, maka kontroler membutuhkan waktu untuk menyesuaikan outputnya agar sesuai dengan setpoint yang baru.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan sistem yang dirancang, diperoleh kesimpulan rancangan alat yang telah dibuat oleh penulis dan sudah direalisasikan pada akhirnya mendapatkan respon RiseTime di bawah atau sama dengan 0,9 detik. Dalam 9 pengujian yang sudah penulis lakukan di peroleh hasil KP, KI, KD. Berdasarkan hasil terbaik pengujian 0-500 rpm nilai kp: 0.08 ki: 0.008 kd:0.0.1 dan set point 500-100 di dapatkan nilai kp: 1 ki: 0.1 kd: 0.01. Dalam pengujian PID Adaptif di bagi 2 logika, dikarenakan untuk mendapatkan hasil grafik lebih bagus dari pada tidak menggunakan 2 logika. Kendali PID adaptif mampu kembali pada posisi yang diinginkan lebih cepat dibandingkan kendali PID konvensional.

REFERENSI

- [1] H. Hibban, "Desain Kontroler Fuzzy PID Gain Scheduling Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Tanpa Sikat," J. Tek. ITS, vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2015.
- [2] A. R. Nugraha, A. Pengaduk, A. A. P. Adonan, and I. Pendahuluan, "Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID," no. Dc, pp. 1–6, 2009.
- [3] H. [3] H. P. Nurba, E. Susanto, and A. S. Wibowo, "Desain Dan Implementasi Kendali Pid Adaptif Pada Kecepatan Motor Dc Design and Implementation of Adaptive Pid Control To Dc Motor Speed," vol. 2, no. 2, pp. 2050– 2058, 2015.
- [4] H. Shim *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Adv. Opt. Mater.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–9, 2018, [Online]. Available:

- <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.089902>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.anto.2015.04.009>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-05514-9>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-13856-1>
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2>
- [5] M. R. Setiawan, M. A. Muslim, and D. Nusantoro, "Kontrol Kecepatan Motor DC Dengan Metode PID Menggunakan Visual Basic 6.0 Dan Mikrokontroler ATmega16," *Eecis*, vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2012..
- [6] N. Allu dan S. Salu, "Aplikasi Penalaan Dengan Metode Ziegler Nichols Di Perancangan Pempendali PID Pada Putaran Motor DC," *Prosiding Seminar Nasional vol 1* pp 203–207, 2018.
- [7] A. Riyanto dan M. Syafrullah, "Pemantauan Suhu Pada Sistem Pemanas Air Menggunakan Temperatur Kontrol Dengan Metode PID Ziegler Nichols Berbasis Web," *SENSITEK* pp 682–687, 2018
- [8] M. Sulaiman and A. H. Ermanu, "MODUL SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC SECARA REAL-TIME BERBASIS LABVIEW," pp. 131–137, 2016..
- [9] W. Li, H. Ding and K. Cheng, "An investigation on the design and performance assessment of double-PID and LQR controllers for the inverted pendulum," *Proceedings of 2012 UKACC International Conference on Control*, Cardiff, UK, 2012, pp. 190
 196,doi:10.1109/CONTROL.2012.6334628
- [10] Astrom,J.K. dan Wittenmark,Bjorn. 1989. *Adaptive Control*. Canada : Addison Wesley Publishing Company.
- [11] J. Zhou and Q. Zhang, "Adaptive fuzzy control of uncertain robotic manipulator," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, doi: 10.1155/2018/4703492.
- [12] Y. Xin, B. Xu, H. Xin, J. Xu, L. Y. Hu, "The computer simulation and real- time control for the inverted pendulum system based on PID," *Communication Systems and Information Technology, Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2011, vol.100, pp. 729-736.
- [13] J. J. Wang, "Simulation studies of inverted pendulum based on PID controllers," *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2011, vol. 19, pp. 440-449.
- [14] M. Ge, M. S. Chiu, Q. G. Wang, "Robust PID controller design via LMI approach," *Journal of Process Control*, 2002, vol.12, pp.3-13.
- [15] H. Feng, C. B. Yin, W. W. Weng, W. Ma, J. J. Zhou, W. H. Jia, and Z. L. Zhang, "Robotic excavator trajectory control using an improved GA based PID controller," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 105, pp. 153-168, 20
- [16] Moch. Ardi Firmansyah "Desain kendali Kapal SSV BRP TARLAC (LD-601) menggunakan Adaptive PID Controller" 2017.