

Perancangan Kendali Kecepatan Mobil Listrik Dengan Metode Pid Berbasis Remot Kontrol

1st Afwan Ramadan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
afwanramadan@telkomuniversity.ac.id

2nd Angga Rusdinar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Ridho Rosa
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
mridhorosa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam dunia otomotif sangat pesat terlebih pada mobil listrik. Pada mobil listrik dikembangkan dengan teknologi mobil otonom yang berfungsi bergerak dan berjalan tanpa di kemudikan oleh manusia. Teknologi mobil otonom memiliki lima tingkatan dalam sistem otonomnya. Hal yang harus di perhatikan dalam teknologi mobil otonom adalah pada sistem vehicle throttle atau kendali kecepatan. Sistem kendali kecepatan ini akan mempengaruhi laju pada kendaraan. Apabila sistem kendali kecepatan ini tidak di kontrol maka akan mengakibatkan kendaraan tidak melaju bahkan akan menimbulkan laka lalu lintas. Pada Penelitian ini, penulis akan merancang sistem kendali kecepatan berbasis remot kontrol. Kecepatan mobil listrik akan dikendalikan dari jarak jauh menggunakan remot kontrol dengan data yang telah diolah oleh mikrokontroler menggunakan metode PID untuk mengatur pergerakan motor linear. Sistem kendali kecepatan mobil listrik berbasis remot kontrol kendali PID dengan nilai parameter kendali PID $K_p = 18$, $K_i = 0.18$, $K_d = 0.06$. Parameter tersebut didapat dari metode kendali PID yang di desain menggunakan Matlab.

Kata Kunci : *Vehicle Throttle, System, Remote, Control*

Abstract

The development of technology in the automotive world is very rapid, especially in electric cars. In electric cars developed with autonomous car technology that functions to move and run without being driven by humans. Autonomous car technology has five levels in its autonomous system. The thing that must be considered in autonomous car technology is the throttle system or speed control. This speed control system will affect the speed of the vehicle. If the speed control system is not controlled, it will result in the vehicle not moving and even causing a traffic accident. In this study, the author will design a speed control system based on a remote control. The speed of the electric car will be controlled remotely using a remote control with data that has been processed by the microcontroller using the PID method to regulate the linear motor movement. Electric car speed control system based on PID remote control with PID control parameter values $K_p = 18$, $K_i = 0.18$, $K_d = 0.06$. These parameters are obtained from the PID control method which is designed using Matlab.

Keywords: *Vehicle Throttle, System, Remote, Control*

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini, teknologi semakin maju dan berkembang di segala bidang. Para ilmuwan dan para peneliti berusaha menciptakan sebuah inovasi yang dapat memudahkan dan bermanfaat bagi manusia. Teknologi yang berkembang salah satunya di bidang pertahanan negara atau militer. Bidang pertahanan negara atau militer sangat diperhatikan dalam perkembangannya salah satunya adalah pengoperasian UGV (*Unmanned Ground Vehicle*). UGV atau Kendaraan darat tak berawak adalah perangkat mekanik yang dapat digunakan untuk

membawa sesuatu di sebuah medan tanah tanpa ada sentuhan manusia [2]. UGV dikendalikan dari jarak jauh untuk mempermudah manusia dalam jangkauan dan pengamatan ke daerah yang berbahaya [3].

Dalam bidang pertahanan atau militer, Lembaga militer memiliki beberapa akomodasi perang, salah satunya adalah Panser. Panser merupakan kendaraan perang yang digunakan dalam pertempuran darat. Panser dibutuhkan untuk menerjang bahayanya medan perang. Panser dibuat untuk menahan tembakan peluru dan Panser dilengkapi oleh peralatan tembak yang memadai [4]. Untuk saat ini kendaraan panser masih

dikemudikan secara manual oleh manusia. Dalam operasionalnya di medan perang, panzer memiliki resiko cacat maupun kematian bagi personil militer. Penulis memiliki solusi dan inovasi untuk mengurangi resiko cidera cacat dan kematian bagi personil militer. Solusi penulis diantaranya adalah membuat prototipe dengan mobil listrik berbasis remot kontrol. Diharapkan nantinya dapat diimplementasikan dalam kendaraan perang panzer. Panzer tersebut akan dapat dioperasikan dari jarak jauh sehingga dapat mengurangi resiko cidera cacat dan kematian.

Pada penelitian ini, penulis berfokus dalam sistem kendali kecepatan mobil berbasis remot kontrol. Kendali kecepatan mobil listrik ini akan menggunakan metode PID. Pada penelitian ini akan dibangun sistem kendali laju kecepatan kendaraan dengan aman dan mudah dioperasikan. Sistem kendali kecepatan akan memberikan *feedback* dan sistem ini bekerja secara *real-time*.

II. KAJIAN TEORI

a. Autonomous Electric Vehicle

Kendaraan otomatis adalah alat transportasi yang digerakkan tanpa ada pengemudi yang dikembangkan pada saat ini untuk masa yang akan datang[5]. Berdasarkan SAE *automated driving*, kendaraan otomatis memiliki lima tingkatan dalam sistem automasi mengemudi. Tingkat nol hingga dua pada kendaraan otomatis diartikan bahwa pengemudi memonitor semua aspek mengemudi (dalam kendali pengemudi). Tingkat tiga hingga lima diartikan bahwa kendali kendaraan sudah dalam kendali otomatis (*full automated*).[1]

b. Kontrol PID

Kontrol PID adalah metode kontrol yang sering digunakan di berbagai perguruan tinggi. Sistem kontrol loop tertutup yang sederhana dan dapat dikombinasikan dengan metode kontrol lain seperti *Fuzzy control*, *Adaptive control*, dan *Robust control*. Kontrol PID memiliki 3 buah jenis pengaturan yaitu P (*Propotional*), I (*Integral*), D (*Derivative*). Jenis pengaturan tersebut memiliki parameter yang dapat diatur agar beroperasi secara baik, parameter tersebut disebut *konstanta*. Besar nilai kontrol PID tergantung dari konstanta P, I, dan D. Dalam mengatur konstanta P, I, dan D memiliki respon yang berbeda – beda dan memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing, respon tersebut dapat dilihat pada table dibawah ini :

Closed-Loop Respon se	Rise Time	Oversho ot	Settling Time	SS Error
Kp	Decrease	Increase	Small Change	Decrease
Ki	Decrease	Increase	Increase	Eliminate
Kd	Small Change	Decrease	Decrease	Small Change

Nilai konstanta pada kp, ki, dan kd bersifat tidak *independent* sehingga dalam merancang sistem Kontrol PID banyak melakukan dengan cara coba – coba (*trial & error*). Untuk mendapatkan hasil terbaik, perancang dapat mengatur dan terus mencoba kombinasi konstanta tersebut.[6]

c. Sensor Efek Hall

Sensor efek hall dapat mengubah informasi magnetik menjadi sinyal listrik. Sensor ini sering digunakan untuk mendeteksi kecepatan, jarak, dan posisi. Pada umumnya sensor ini berbahan semi konduktor yang dilewati aliran arus listrik secara terus menerus. Prinsip kerja sensor ini adalah ketika sensor didekatkan dengan medan magnet, garis fluks magnet akan menggunakan gaya Gerakan pembawa (elektron dan holes) ke kedua sisi plat semikonduktor.

d. Pengendali Jarak Jauh

Sistem kendali jarak jauh (*Remote Control*) biasanya digunakan untuk mengendalikan sebuah perangkat elektronik dari jarak jauh. Terdapat dua buah komponen utama dalam kendali jarak jauh, yaitu Pengendalian lokal dan Pengendalian sisi jauh. Pengendalian lokal adalah pengendalian yang diakses oleh operator atau orang yang mengendalikannya. Sedangkan Pengendali sisi jauh adalah yang terhubung langsung dengan perangkat yang dikendalikan.[11]

Dalam sistem kendali jarak jauh dapat dibantu dengan Radio Frekuensi (RF). Radio Frekuensi merupakan sebuah modul yang berfungsi mengirim dan menerima sinyal. Modul Radio Frekuensi memiliki dua perangkat elektronik yaitu *transmitter* dan *receiver*. Perangkat *transmitter*

merupakan perangkat yang dapat mengirimkan sinyal elektromagnetik. Sedangkan perangkat *reciever* merupakan perangkat yang dapat menerima sinyal elektromagnetik. [12]

III. METODE

a. Diagram Blok Sistem



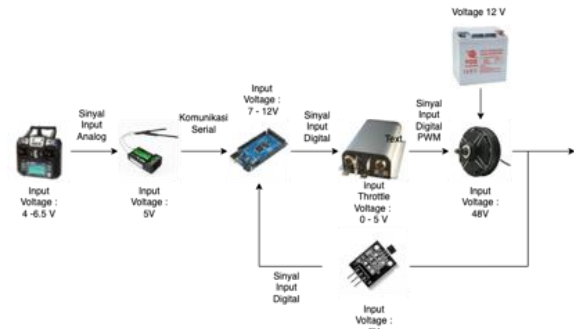
Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Fungsi dan Fitur pada alat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Remot kontrol sebagai media agar mobil listrik dapat melaju atau menambah kecepatan dari jarak jauh.
2. Arduino Mega 2560 berperan sebagai *microcontroller* yang akan mengolah data yang dikirimkan dari remot kontrol. Proses data menggunakan menggunakan metode PID sebagai sistem kendali.
3. Pengendali BLDC motor berfungsi untuk mengatur sinyal kecepatan PWM.
4. Sensor efek hall berfungsi sebagai *feedback* sensor untuk menentukan kecepatan dari motor BLDC.
5. BLDC motor berperan sebagai *output* aktuator yang dikendalikan untuk melajukan mobil listrik.

b. Desain Perangkat Keras

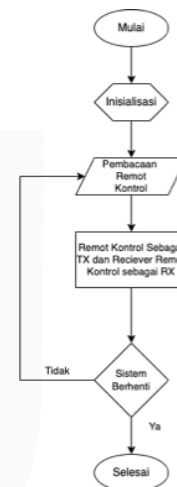
Perangkat keras pada penelitian ini menggunakan remot kontrol *Flysky FS-i6* sebagai tuas kendali. *Receiver Fs-ia6B* sebagai modul RF yang akan menerima data dari remot kontrol ke arduino mega. Arduino mega sebagai pengolahan data dengan metode PID. Data *input* didapatkan dari komunikasi serial dari remot kontrol. Hasil data kendali PID akan diteruskan ke *controller* BLDC motor untuk kecepatan *brushless motor DC* sehingga mobil akan melaju sesuai kecepatan. Desain perangkat sistem dapat di gambarkan sebagai berikut :



Gambar 2 Desain Perangkat Sistem

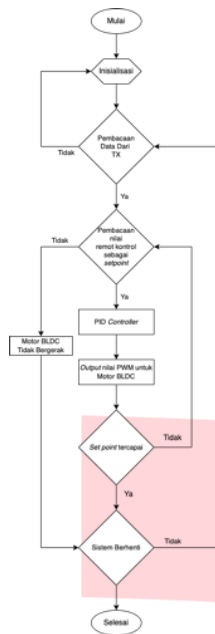
c. Desain Perangkat Lunak

Berikut merupakan perangkat utama yang terdiri dari perangkat *transmitter* (perangkat pengirim) dan *reciever* (perangkat penerima). Perangkat pengirim bertugas untuk mengirim sinyal data dari remot kontrol yang dikendalikan oleh pengguna.



Gambar 3 Diagram Alir Transmitter

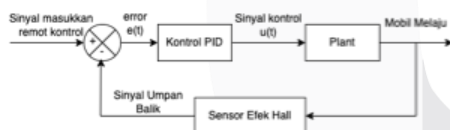
Pada perangkat penerima (*reciever*), bertugas menerima sinyal berupa nilai yang dari remot kontrol yang dikirimkan dari perangkat pengirim (*transmitter*). Sinyal tersebut akan diolah dengan metode kendali PID. Metode kendali aktif ketika nilai dari remot kontrol sesuai *setpoint* yang diinginkan.



Gambar 4 Diagram Alir Perangkat Reciever

d. Perancangan Logika Kendali PID

Perancangan kendali pada kecepatan mobil listrik berbasis remot kontrol ini menggunakan kontrol PID. Sinyal *input* diperoleh dari sebuah remot kontrol yang dikendalikan oleh pengguna. Berikut merupakan diagram blok kendali PID pada perancangan kendali mobil listrik berbasis remot kontrol.



Gambar 5 Diagram Blok Kendali PID

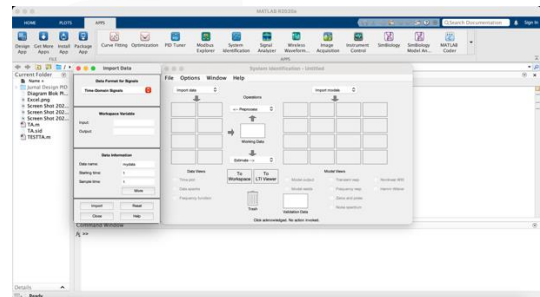
Diagram blok kendali PID terbagi beberapa bagian, yaitu :

1. Nilai masukan didapat dari remot kontrol yang dikendalikan oleh pengguna yang akan diproses mikrokontroller. Nilai tersebut akan diubah menjadi nilai *error* yang dipakai sebagai *set point*.
2. Selisih dari nilai yang dihasilkan oleh sensor efek hall dan nilai masukan disebut Error $e(t)$.
3. Kontrol PID merupakan pengolahan data nilai masukan nilai error.

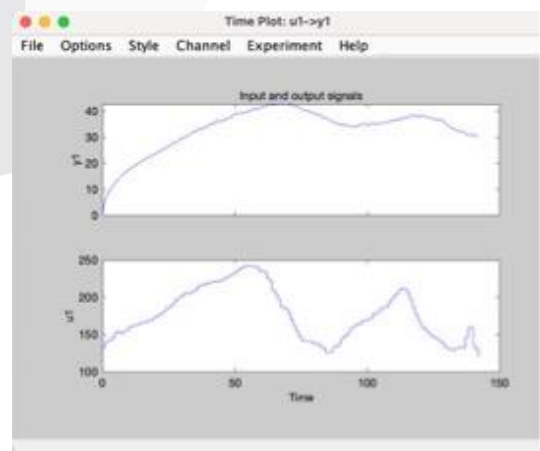
4. Sinyal $u(t)$, merupakan sinyal hasil pengolahan PID berupa nilai sinyal PWM.
5. Plant merupakan proses pengendalian berupa kendali PID pada aktuator berupa motor BLDC yang diproses oleh konroller motor BLDC.

e. Transfer Function Kendali Kecepatan Mobil Listrik Berbasis Remot Kontrol.

Transfer function dibutuhkan untuk merancang simulasi perancangan sistem kendali PID. Pada perancangan kendali kecepatan mobil listrik berbasis remot kontrol dibutuhkan data eksperimen untuk menentukan *transfer function* berupa sinyal *input* berupa PWM yang didapat dari remot kontrol yang dikendalikan oleh pengguna. Selain itu, dibutuhkan data eksperimen berupa nilai kecepatan (km/h) yang didapat oleh sensor efek hall. Setelah data eksperimen didapat akan dioleh menggunakan perangkat lunak MATLAB R2020a.



Gambar 6 Input data eksperimen pada system identification.



Gambar 7 Plot sinyal input dan output data eksperimen



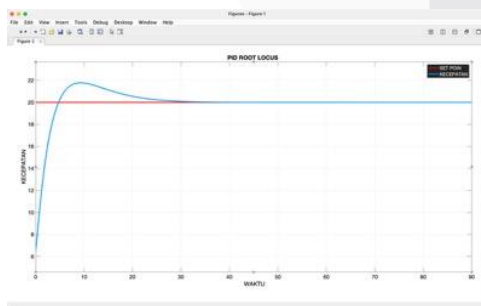
Gambar 8 Transfer Function dari system identification.

Dengan menggunakan *system identification* mendapatkan hasil nilai *transfer fuction* berdasarkan data lapangan mengikuti kondisi dari bentuk dan massa pada sebuah mobil sebesar $\frac{0.003545 s^2 + 0.01973 s + 0.00183}{s^3 + 3.644 s^2 + 0.3258 s + 0.003062}$ dengan *fit estimation* sebesar 83.07 % yang selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk merancang sistem kendali PID.

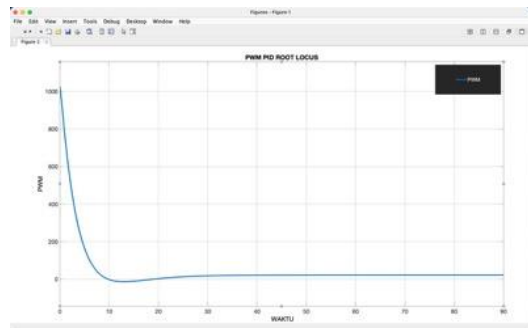
IV. HASIL

a. Pengujian Perhitungan PID *Root Locus*

Perhitungan dengan kendali PID metode *root locus* menghasilkan parameter nilai Kp sebesar 76.1, nilai Ki sebesar 76.1, dan Kd sebesar 0.00507. Respon kendali motor dengan memakai perhitungan *root locus* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 9 Grafik Output Perhitungan Root Locus

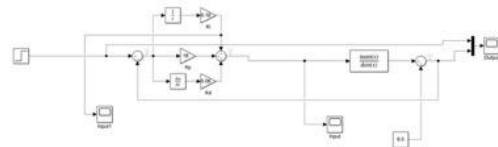


Gambar 10 Grafik PWM Simulasi Kendali PID Root Locus

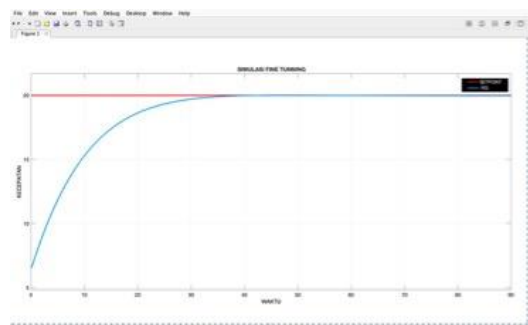
Dari hasil perhitungan *root locus* pada gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa kendali PID dengan menggunakan *root locus* masih belum sesuai yang diinginkan. Dari hasil simulasi dapat menunjukkan respon motor BLDC akan terjadi osilasi sebelum menuju titik *set point* dan PWM yang diinputkan melebihi batas kapasitas dari sebuah motor BLDC yang dipakai. Dengan demikian, selanjutnya akan dilakukan perancangan kendali dengan menggunakan metode *fine tuning*.

b. Pengujian Metode Fine Tuning

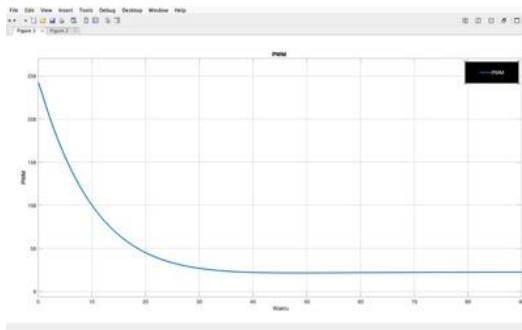
Metode *Fine Tuning* dilakukan, karena perhitungan kendali pada metode *root locus* masih sangat jauh dari kriteria desain kendali PID dan tidak sesuai dengan yang diharapkan. Dengan metode *fine tuning* diharapkan dapat sesuai dengan dengan yang diinginkan.



Gambar 11 Simulink Fine tuning



Gambar 12 Step Response PID

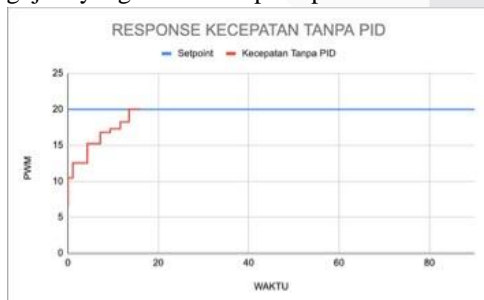


Gambar 13 Input PWM PID

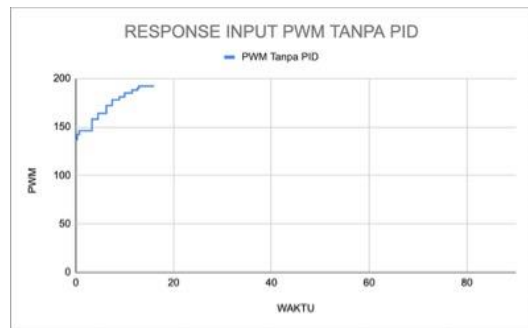
Hasil dari gambar 11 didapatkan nilai parameter kendali PID dengan nilai K_p sebesar 18, nilai K_i sebesar 0.18, dan nilai K_d sebesar 0.06. Hasil dari parameter kendali PID tersebut menghasilkan *step respons* seperti pada gambar 9 dengan nilai *overshoot* 0.05%. Desain kendali dengan metode *fine tuning* sudah sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga pengujian berikutnya akan menggunakan parameter kendali dari metode *fine tuning*.

c. Pengujian Mobil Listrik Tanpa Kendali PID Pada Kecepatan 6,5 Km/j – 20 Km/j

Dalam pengujian ini, mobil dijalankan diatas jalan aspal layaknya seperti mobil konvensional. Mobil dijalankan terlebih dahulu hingga mencapai kecepatan 6.5 Km/j dengan remot kontrol untuk menstabilkan laju mobil. Selanjutnya tuas remot kontrol di naikan hingga *set point* 20 Km/j. Pada pengujian ini, ditujukan untuk melihat respon dari mobil listrik tanpa menggunakan kendali PID. Berikut grafik pengujian yang dihasilkan pada percobaan ini.



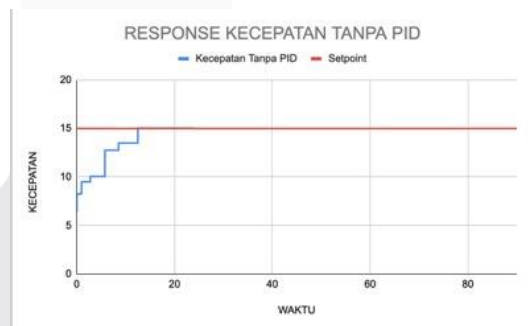
Gambar 14 Grafik Kecepatan Tanpa PID 20 Km/j



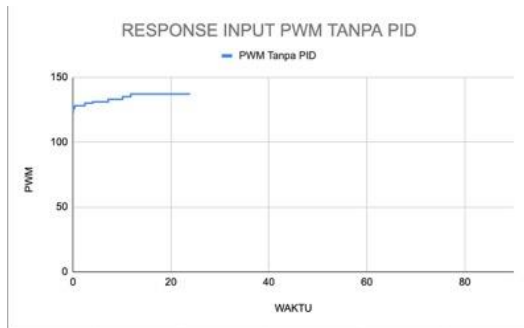
Gambar 15 Grafik Step Respons Tanpa PID 20 Km/j

d. Pengujian Mobil Listrik Tanpa Kendali PID Pada Kecepatan 6,5 Km/j – 15 Km/j

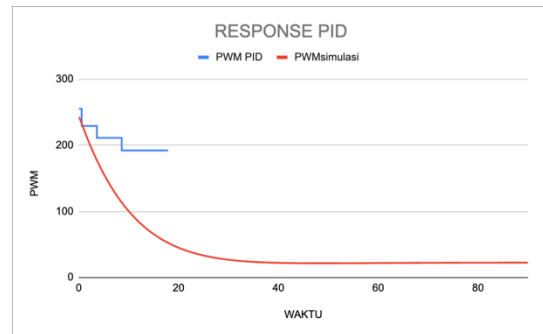
Dalam pengujian ini, mobil dijalankan diatas jalan aspal layaknya seperti mobil konvensional. Mobil dijalankan terlebih dahulu hingga mencapai kecepatan 6.5 Km/j dengan remot kontrol untuk menstabilkan laju mobil. Selanjutnya tuas remot kontrol di naikan hingga *set point* 15 Km/j. Pada pengujian ini, ditujukan untuk melihat respon dari mobil listrik tanpa menggunakan kendali PID. Berikut grafik pengujian yang dihasilkan pada percobaan ini.



Gambar 16 Grafik Kecepatan Tanpa PID 15 Km/j



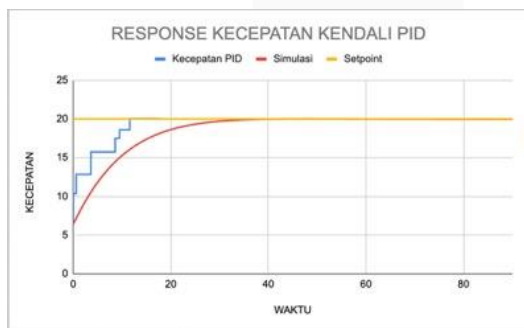
Gambar 17 Grafik Step Respons Tanpa PID 15 Km/j



Gambar 19 Grafik Perbandingan Data PWM Simulasi dan Eksperimen

e. Pengujian Mobil Listrik Dengan Kendali PID Pada Kecepatan 6,5 Km/j – 20 Km/j

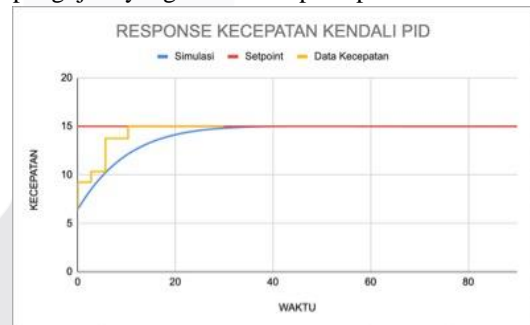
Dalam pengujian ini, mobil dijalankan diatas jalan aspal layaknya seperti mobil konvensional. Mobil dijalankan terlebih dahulu hingga mencapai kecepatan 6.5 Km/j dengan remot kontrol untuk menstabilkan laju mobil. Selanjutnya tuas remot kontrol di naikan hingga *set point* 20 Km/j. Pengujian ini ditujukan untuk membandingkan hasil eksperimen dan hasil simulasi dengan MATLAB. Berikut grafik pengujian yang dihasilkan pada percobaan ini.



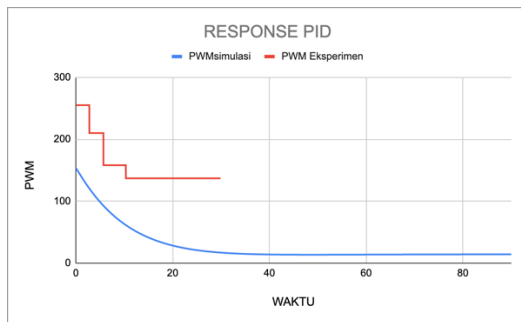
Gambar 18 Grafik Perbandingan Data Kecepatan Simulasi dengan Eksperimen

f. Pengujian Mobil Listrik Dengan Kendali PID Pada Kecepatan 6,5 Km/j – 15 Km/j

Dalam pengujian ini, mobil dijalankan diatas jalan aspal layaknya seperti mobil konvensional. Mobil dijalankan terlebih dahulu hingga mencapai kecepatan 6.5 Km/j dengan remot kontrol untuk menstabilkan laju mobil. Selanjutnya tuas remot kontrol di naikan hingga *set point* 15 Km/j. Pengujian ini ditujukan untuk membandingkan hasil eksperimen dan hasil simulasi dengan MATLAB. Berikut grafik pengujian yang dihasilkan pada percobaan ini



Gambar 20 Grafik Perbandingan Data Kecepatan Simulasi Dengan Eksperimen



Gambar 21 Grafik Data PWM Simulasi Dengan Eksperimen

- g. Analisis Kecepatan dengan kendali PID saat mobil listrik melaju dalam kecepatan antara 6,5 Km/j sampai 20 Km/j dengan hasil simulasi desain *simulink*.

Pada gambar 18 menjelaskan bahwa data simulasi kontrol PID dengan *setpoint* 20 Km/j memiliki nilai *overshoot* tidak lebih dari 1%. Dari grafik hasil simulasi PID dengan *setpoint* 20Km/j data simulasi memiliki nilai *rise time* sekitar 12 detik. Pada gambar 19 dapat dilihat PWM mengalami lonjakan tinggi hingga melebihi angka 200 yang menyebabkan mobil akan mengalami traksi awal yang besar. Hasil data eksperimen menggunakan kontrol PID dengan *setpoint* 20 Km/j menunjukkan bahwa data eksperimen juga memiliki nilai *overshoot* tidak lebih dari 1%. Pada gambar 18 dapat dilihat bahwa data eksperimen memiliki nilai *rise time* lebih cepat dibanding data simulasi *simulink*. Data eksperimen memiliki nilai *rise time* sekitar 10 detik. Pada gambar 19 dapat dilihat PWM data eksperimen juga mengalami lonjakan tinggi sehingga menyebabkan mobil memiliki traksi awal yang besar. Selanjutnya, PWM akan mengalami penurunan untuk mencapai nilai *steady state*. Dari gambar 18 dan 19 dapat dilihat bahwa data simulasi dan data eksperimen memiliki *error* data dikarenakan sistem yang didapat hanya 83% tidak mencapai 100%.

- j. Analisis Kecepatan dengan kendali PID saat mobil listrik melaju dalam kecepatan antara 6,5 Km/j sampai 15 Km/j dengan hasil simulasi desain *simulink*.

Dilakukannya percobaan *setpoint* 15 Km/j dikarenakan melihat dari simulasi *setpoint* pada 20Km/j bahwa nilai PWM mengalami lonjakan sangat tinggi. Pada gambar 20 menjelaskan bahwa simulasi kontrol PID dengan *setpoint* 15 Km/j memiliki nilai *overshoot* tidak lebih dari 1%. Dari grafik dapat dilihat juga bahwa simulasi kontrol PID memiliki nilai *rise time* sekitar 11 detik. Pada gambar 21 PWM pada simulasi kontrol PID dengan *setpoint* 15 Km/j tidak mengalami lonjakan tinggi sehingga mobil tidak akan mengalami traksi awal yang besar. Hasil data eksperimen menggunakan kontrol PID dengan *setpoint* 15 Km/j menunjukkan bahwa data eksperimen juga memiliki nilai *overshoot* tidak lebih dari 1%. Pada gambar 20 menunjukkan bahwa data eksperimen memiliki nilai *rise time* yang sama sekitar 11 detik. Pada gambar 21 terlihat perbedaan pada nilai PWM yang dihasilkan oleh simulasi dan data eksperimen. Nilai PWM pada data eksperimen mengalami lonjakan hingga melebihi angka 200. Hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti *fit estimate* pada sistem tidak mencapai 100%.

- k. Analisis Kecepatan tanpa kendali PID dengan kecepatan kendali PID saat mobil listrik melaju dalam kecepatan antara 6,5 Km/j sampai 20 Km/j.

Pada grafik kecepatan tanpa menggunakan kendali PID yang tertera pada gambar 14 bahwa untuk mencapai *setpoint* 20 Km/j respon kecepatan tanpa kendali PID memiliki nilai *rise time* sekitar 13 detik. Sedangkan respon kecepatan dengan kendali PID yang tertera pada gambar 18 memiliki nilai *rise time* sekitar 12 detik. Dari perbandingan antara kecepatan tanpa kendali PID dengan Kecepatan dengan Kendali PID pada *set point* 20 Km/j didapatkan nilai selisih *rise time* sekitar 1 detik. Pada gambar 15 nilai PWM yang didapatkan dimulai dari PWM rendah hingga tinggi sehingga mencapai nilai *set point* yang dituju. Hal ini terjadi karena kecepatan tanpa kendali PID tidak mengejar waktu untuk mencapai *set point* yang diinginkan. Sedangkan pada grafik kecepatan dengan kendali PID yang tertera pada gambar 19 nilai repon PWM yang didapat dimulai dari PWM tinggi

hingga rendah dan menyesuaikan dengan *set point*. Hal ini terjadi karena kecepatan dengan Kendali PID mempercepat waktu untuk mencapai nilai *set point*.

- k. Analisis Kecepatan tanpa kendali PID dengan kecepatan kendali PID saat mobil listrik melaju dalam kecepatan antara 6,5 Km/j sampai 15 Km/j.

Pada grafik kecepatan tanpa menggunakan kendali PID yang tertera pada gambar 16 bahwa untuk mencapai *setpoint* 15 Km/j respon kecepatan tanpa kendali PID memiliki nilai *rise time* sekitar 12 detik. Sedangkan respon kecepatan dengan kendali PID yang tertera pada gambar 20 memiliki nilai *rise time* sekitar 11 detik. Dari perbandingan antara kecepatan tanpa kendali PID dengan Kecepatan dengan Kendali PID pada *set point* 20 Km/j didapatkan nilai selisih *rise time* sekitar 2 detik. Pada gambar 17 nilai PWM yang didapatkan dimulai dari PWM rendah hingga tinggi sehingga mencapai nilai *set point* yang dituju. Hal ini terjadi karena kecepatan tanpa kendali PID tidak mengejar waktu untuk mencapai *set point* yang diinginkan. Sedangkan pada grafik kecepatan dengan kendali PID yang tertera pada gambar 21 nilai repon PWM yang didapat dimulai dari PWM tinggi hingga rendah dan menyesuaikan dengan *set point*. Hal ini terjadi karena kecepatan dengan Kendali PID mempercepat waktu untuk mencapai nilai *set point*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian, Analisa, dan implementasi yang dilakukan pada sistem pengendali kecepatan berbasis remot kontrol dengan metode kendali PID, dapat disimpulkan bahwa perancangan kendali kecepatan mobil listrik berbasis remot kontrol dengan metode kendali PID didapat parameter kendali PID dengan nilai $K_p = 18$, $K_i = 0.18$, dan $K_d = 0.06$. Hasil data simulasi kendali PID dengan data eksperimen pada *setpoint* 15 Km/j tercapai data eksperimen memiliki nilai *overshoot* kurang dari 1% dan nilai *rise time* 11 detik. Hasil data simulasi kendali PID dengan data eksperimen pada *setpoint* 20 Km/j tercapai data eksperimen

memiliki nilai *overshoot* kurang dari 1% dan nilai *rise time* 12 detik. Kendali kecepatan menggunakan kendali PID dapat mempercepat nilai *rise time* untuk menuju titik *set point*. Data Simulasi dan data eksperimen memiliki *error* data dikarenakan memiliki beberapa faktor seperti *fit estimate* pada sistem tidak mencapai 100% dan pengaruh mekanik pada mobil listrik.

REFERENSI

- [1] Jennifer Shuttleworth, "SAE J3016 automated-driving graphic." <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (accessed Apr. 14, 2021).
- [2] L. Xin and D. Bin, "The latest status and development trends of military unmanned ground vehicles," *Proceedings - 2013 Chinese Automation Congress, CAC 2013*, pp. 533–537, 2013, doi: 10.1109/CAC.2013.6775792.
- [3] S. Odedra, S. Prior, and M. Karamanoglu, "Investigating the Mobility of Unmanned Ground Vehicles," *International Conference on Manufacturing and Engineering Systems. Proceedings*, no. January, pp. 380–385, 2009, [Online]. Available: http://eprints.mdx.ac.uk/3863/1/Odedra,_S_-_MES_2009.pdf%0Ahttp://eprints.mdx.ac.uk/3863/
- [4] F. Afrizal, "Pembidik Otomatis Kubah Senjata Untuk Kendaraan Darat Tanpa Awak," p. 116, 2017, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/47079/>
- [5] F. S. Rudiyanto and A. Sachari, "dalam perspektif futuristik Michio Kaku," vol. 3, no. 7, pp. 223–230, 2020.
- [6] M. Ali, "Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol Pid Dengan Software Matlab," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 2, 2004.
- [7] R. Rahmayani, Sahara, and S. Zelviani, "Jurnal fisika dan terapannya," vol. 7, pp. 87–96, 2020.
- [8] SIR BRAM NOVALDISARBPUPUTRA, "PENGGEREMAN MOTOR DC DENGAN KONTROL PID," Jogjakarta, 2007.
- [9] H. A. Dharmawan, *Mikrokontroler Konsep Dasar dan Praktis*. 2017.
- [10] "No Title".
- [11] Alamsyah, A. Amir, and M. N. Faisal, "Peralatan Elektronik Jarak Jauh Berbasis Web,"

Perancangan Dan Penerapan Sistem Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Berbasis Web, vol. 6, no. 2, pp. 577–584, 2015.

[12] A. M. Fitrianiingrum and M. Abdullah, “Rancang Bangun Alat Pengendali Lampu Jarak Jauh Berbasis Radio Frekuensi 315MHZ FS1000A,” *Prosding Seminar Nasional Aplikasi & Teknologi (SNAST)*, no. September, pp. 73–81, 2018.

[13] I. Anshory, I. Robandi, and W. Wirawan, “Parameters identification BLDC motor: Instrumentations and transfer functions,” in *MATEC Web of Conferences*, Sep. 2018, vol. 197. doi: 10.1051/mateconf/201819711012.

[14] A. Nurtriartoro, “Rancang Bangun dan Uji Performa Axial Brushless DC Motor Dengan Gaya Output 2000 Watt,” Surabaya, 2014.

[15] “Kelly Brushless Motor Controllers - Kelly Controls.”

<https://kellycontroller.com/controllers/brushless/>
(accessed Jan. 10, 2022).

[16] X. Lu, S. Chen, C. Wu, and M. Li, “The pulse width modulation and its use in induction motor speed control,” in *Proceedings - 2011 4th International Symposium on Computational Intelligence and Design, ISCID 2011*, 2011, vol. 2, pp. 195–198. doi: 10.1109/ISCID.2011.150.

[17] C. Tatenda Katsambe, V. Luckose, and N. S. Shahabuddin, “EFFECT OF PULSE WIDTH MODULATION ON DC MOTOR SPEED,” *International Journal of Students' Research in Technology & Management*, vol. 5, no. 2, pp. 42–45, Jun. 2017, doi: 10.18510/ijstrtm.2017.522.