

SISTEM KENDALI POSISI *AUTONOMOUS UNMANNED GROUND VEHICLE* BERODA TANK BERBASIS PID

A. A. Ibrahim^{1*}, B. Y. Suprpto¹, H. Hikmarika¹, S. Dwijayanti¹, M. I. Fadillah¹, dan S. Z. Daffa¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: afifbrahiim@gmail.com

ABSTRAK: Indonesia adalah negara yang beriklim tropis dengan luas daratan 189,1 juta ha, sebagian besar lahan di Indonesia termasuk lahan sub optimal yang di bagi menjadi empat tipologi yaitu lahan kering masam, lahan kering iklim kering, lahan rawa dan lahan gambut. Oleh sebab itu wilayah tersebut sangat sulit dijangkau, implementasi robotika merupakan suatu hal yang menjanjikan dalam penjelajahan pada wilayah tersebut. Teknologi yang dapat digunakan untuk pemetaan atau penjelajahan adalah unmanned ground vehicle (UGV). UGV adalah sebuah kendaraan yang dijalankan untuk tujuan tertentu tanpa dikendarai oleh manusia. Autonomus UGV bergerak berdasarkan area atau jalur yang telah ditentukan, namun pengendaliannya menjadi permasalahan tersendiri sehingga membutuhkan pengendalian yang optimal. Sistem yang dapat membantu untuk mengatasi kesulitan tersebut ialah sistem autonomus dan juga kontrol posisi pada UGV. Pengendalian UGV ini dirancang dengan sistem PID dimana dengan metode trial and error mendapatkan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 0.002$. Kecepatan gerak UGV pada penelitian ini bergantung dengan nilai error yang didapat dari sensor GPS yang dihitung dengan menggunakan rumus haversine. UGV mendapatkan perintah untuk berhenti pada posisi posisi yang ditentukan dalam 3 buah jalur, jalur persegi, jalur angka 8 dan jalur lurus. UGV berhasil berhenti pada posisi posisi yang sudah ditentukan dengan perbedaan jarak dengan titik asli sebesar +/- 1.7 meter.

Kata Kunci: *Unmanned Ground Vehicle, Control Position, PID*

ABSTRACT: Indonesia is a country with a tropical climate with a land area of 189.1 million ha, most of the land in Indonesia is sub-optimal land which is divided into four typologies, namely acid dry land, dry climate dry land, swamp land and peat land. Therefore, this area is very difficult to reach, the implementation of robotics is something that is promising in exploring this area. The technology that can be used for mapping or exploration is an unmanned ground vehicle (UGV). UGV is a vehicle that is operated for a specific purpose without being driven by humans. Autonomous UGV moves based on a predetermined area or path, but controlling it is a problem in itself so it requires optimal control. A system that can help to overcome these difficulties is an autonomous system and also position control on the UGV. This UGV control is designed with a PID system where using the trial and error method, the K_p value is obtained = 20 and $K_d = 0.002$. The movement speed of the UGV in this study depends on the error value obtained from the GPS sensor which is calculated using the haversine formula. The UGV received an order to stop at a specified position in 3 lanes, a square lane, a number 8 lane and a straight lane. The UGV managed to stop at the predetermined position with a distance difference of +/- 1.7 meters from the original point.

Keywords: *Unmanned Ground Vehicle, Control Position, PID*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang beriklim tropis dengan luas daratan 189,1 jutaha, Sebagian besar lahan di Indonesia termasuk lahan sub optimal yang dibagi menjadi empat tripologi, yaitu lahan kering masam, lahan kering iklim kering, lahan rawa, dan lahan gambut. Oleh

sebab itu wilayah tersebut sangat sulit dijangkau, implementasi robotika merupakan suatu hal yang menjanjikan dalam penjelajahan pada wilayah tersebut. Dalam hal pemetaan dan penjelajahan banyak hal yang harus dipertimbangkan dimulai dari akses yang sulit dijangkau, medan yang tak menentu dan segi ekonomis. Teknologi yang dapat digunakan untuk pemetaan atau

penjelajahan adalah unmanned ground vehicle (UGV). UGV adalah sebuah kendaraan yang dijalankan untuk tujuan tertentu tanpa dikendarai oleh manusia.

UGV tersebut digunakan untuk peperangan, pemetaan, penjelajahan pada daerah bekas tambang dan untuk pemantauan bencana. Medan yang sulit ditebak dan susah dijangkau tersebut menyebabkan pengendalian dan monitoring menjadi sulit. Untuk itu diperlukan UGV yang mampu menjelajah wilayah yang sulit dijangkau tersebut. Autonomous UGV bergerak berdasarkan area atau jalur yang telah ditentukan, namun pengendaliannya menjadi permasalahan tersendiri sehingga membutuhkan pengendalian yang optimal. Sistem yang dapat membantu untuk mengatasi kesulitan tersebut ialah sistem autonomus dan juga kontrol posisi pada UGV.

Pengendalian UGV secara autonomus telah diteliti oleh beberapa peneliti, penelitian tersebut diantaranya meneliti tentang sensor yang digunakan seperti sensor Global Positioning System (GPS) dan Kompas digital, LIDAR. Penggunaan sensor LIDAR memiliki hasil yang paling baik dibandingkan dengan GPS dan kompas digital, namun dari segi ekonomi LIDAR memiliki harga yang sangat mahal dibandingkan dengan GPS dan kompas digital. Beberapa peneliti juga telah melakukan penelitian UGV berdasarkan pengendalinya seperti menggunakan PID, Fuzzy, dan Neural Network. Diantara beberapa pengendali tersebut pengendalian PID merupakan pengendalian yang paling cocok untuk digunakan pada penelitian ini dikarenakan kemudahan dan kecocokan dengan UGV yang akan diteliti. Sistem roda pada UGV juga sudah banyak diteliti, macam macam roda seperti roda tank, rover, dan terrain. Jenis roda yang paling tepat untuk digunakan pada wilayah tersebut adalah roda tank. Peneliti juga meneliti jenis pengendali pada UGV seperti kecepatan, posisi, dan pergerakan.

Dari kelemahan yang sudah ditemukan dari setiap penelitian yang diatas, maka penulis akan mengambil topik penelitian yang membahas tentang sistem kendali posisi secara autonomus untuk UGV beroda tank berbasis PID.

TINJAUAN PUSTAKA

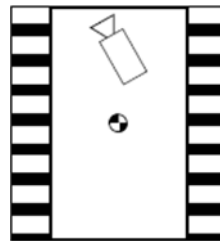
Pada penelitian ini akan dibuat sebuah alat Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem keamanan berbasis pemindai wajah (face recognition) menggunakan algoritma deep learning yang akan diaplikasikan pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

A. Unmanned Ground Vehicle

Unmanned Ground Vehicle adalah kendaraan tanpa awak yang bekerja di darat tanpa adanya kehadiran manusia didalamnya. UGV bisa diaplikasikan di tempat tempat yang tidak mungkin dilalui manusia, di tempat berbahaya atau di tempat yang sulit dimasukkan oleh manusia. Secara umum UGV memiliki seperangkat sensor agar bisa mengamati dan beradaptasi dengan lingkungan yang akan dilalui dan bisa membuat keputusan secara mandiri akan perilakunya atau meneruskan informasi yang ada kepada operator manusia yang berada dilokasi yang berbeda yang mengendalikan secara teleoperasi.

B. Tracked Vehicle (Kendaraan beroda Tank)

Kendaraan beroda tank lebih unggul daripada kendaraan beroda jika dihadapkan dengan medan yang sulit karena area rodanya yang besar. Namun, sulit untuk mengetahui yang mana bagian dari roda tank yang memiliki traksi pada waktu tertentu[11]. Kendaraan beroda tank bisa dimodelkan sebagai kendaraan roda dengan roda yang dipindahkan, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Model UGV beroda tank[11].

C. Global Positioning System(GPS)

GPS adalah sistem navigasi radio berbasis satelit yang bisa digunakan oleh banyak orang dan dapat digunakan dalam berbagai tempat dan cuaca, serta didesain untuk memberikan kecepatan dan posisi tiga dimensi yang teliti dan informasi waktu secara kontinyu diseluruh dunia. Sejak tahun 1973 Amerika telah mengembangkan GPS yang pada awalnya di gunakan untuk kepentingan militer. Pada 1 April 1994 GPS mencapai konfigurasi terakhir, sistem yang terdiri dari 24 satelit dengan 21 satelit yang beroperasi dan 3 sebagai cadangan ditempatkan pada ketinggian 20.200 km diatas permukaan bumi pada orbit bumi. Konfigurasi orbit satelit GPS bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi orbit Satelit.

Terdapat lima data keluaran GPS yaitu NMEA 0180, NMEA 0812, NMEA 0813, AVIATON, dan PLOTTING. Format data tersebut ditetapkan oleh NMEA (National Maritime Electronic Association) dan dapat dikoneksikan ke komputer melalui port komunikasi serial. Data keluaran dalam format NMEA 0183 berupa kalimat (string) yang merupakan karakter ASCII 8 bit. Setiap awal kalimat diawali dengan karakter "\$", dua karakter Talker ID, tiga karakter Sentence ID, dan diikuti oleh data fields yang masing- masing dipisahkan oleh koma serta diakhiri oleh optional checksum dan karakter carriage return/line feed (CR/LF). Sebuah GPS mempunyai Talker ID berupa GP. Jenis kalimat yang dihasilkan ada beberapa macam, diantaranya yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah kalimat RMC (Recommended Minimum Specific). Kalimat RMC keluar dari GPS setiap 1 detik, atau dapat diatur sesuai kebutuhan. Penjelasan mengenai format kalimat RMC dapat dilihat pada penjelasan berikutnya. Isi dari kalimat RMC ditunjukkan pada Gambar 3.

```
$GPRMC,021835.000,A,4730.7652,N,11408.3312,W,0.08,133.19,090310.0,*
$GPGGA,021836.000,4730.7652,N,11408.3313,W,1.08,1.1,931.8,M,-17.3,M
$GPRMC,021836.000,A,4730.7652,N,11408.3313,W,0.09,148.63,090310.0,*
```

Gambar 3. Kalimat NMEA GPS pada Terminal.

Pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa kalimat RMC memiliki beberapa informasi data. Data tersebut antara lain UTC time, status, latitude, N/S indicator, longitude, E/W indicator, speed, course, date, magnetic variation, mode, dan checksum.

D. Sistem Kontrol UGV

Kontrol sistem ini terbagi menjadi dua metode, yang pertama yaitu kontrol sistem loop terbuka. Dan yang kedua yaitu kontrol sistem loop tertutup. Gambar di bawah ini menunjukkan kontrol sistem loop terbuka dan tertutup.

1) *Kontrol Proporsional:*

Bentuk persamaan dari kontrol proporsional:
 $P_{out} = K_p e(t)$(1)

Kp merupakan konstanta proporsional. Nilai Kp tidak memberikan efek yang dinamik kepada kinerja dari sistem dan berfungsi sebagai gain (penguat). Untuk pembelajaran nilai P dianggap baik untuk pemulaan meskipun error steady state relative besar.

2) *Kontrol Integral:*

Bentuk umum dari kontrol integral dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$
.....(2)

Jika e(t) mendekati konstan (bukan nol) maka Iout akan menjadi sangat besar sehingga diharapkan dapat memperbaiki error. Jika e(t) mendekati nol maka efek kontrol I ini semakin kecil. Kontrol I dapat memperbaiki respon steady-state, namun pemilihan Ki yang tidak tepat dapat menyebabkan respon transien yang tinggi sehingga justru dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem. Pemilihan Ki yang sangat tinggi justru dapat menyebabkan output berosilasi.

3) *Kontrol Derivatif:*

Bentuk umum dari kontrol integral dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t)$$
(3)

Berdasarkan persamaan diatas control D berhubungan dengan kecepatan atau rate dari error. Nilai D ini dapat memprediksi error yang terjadi pada sistem, dengan memberikan nilai D maka sistem dapat mengantisipasi error yang akan terjadi.

E. *Persamaan Haversine*

Persamaan Haversine merupakan persamaan yang penting digunakan didalam proses navigasi, Persamaan haversine akan menghasilkan jarak terpendek yang didapat dari dua titik, bisa dianalogikan dengan bola yang diambil garis bujur (longitude) dan garis lintang (latitude). Persamaan ini merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan jarak antar dua titik dengan memperhitungkan bahwa bumi bukanlah sebuah bidang datar namun bidang yang memiliki derajat kelengkungan. Berikut adalah rumus Haversine :

$$\Delta lat = lat2 - lat1$$
.....(4)

$$\Delta long = long2 - long1$$
.....(5)

$$a = \sin^2(\Delta lat/2) + \cos(lat1) \cdot \cos(lat2) \cdot \sin^2(\Delta long/2)$$
.....(6)

$$c = 2 \arctan^2(\sqrt{a})$$
.....(7)

$$d = R \cdot c$$
.....(8)

Dimana :

R = jari-jari bumi sebesar 6371(Km)

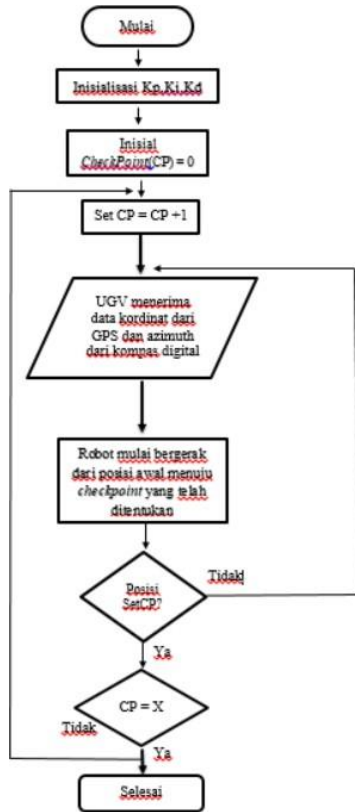
Δlat = besaran perubahan latitude

Δlong = besaran perubahan longitude

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan, dibuat suatu diagram alir digunakan sebagai acuan pada penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Flowchart ini berisi tahapan simulasi UGV dari awal sampai selesai. Perancangan sistem dibagi menjadi dua, yaitu perancangan pemrograman dan perancangan hardware.



Gambar 4. Flowchart kerja alat

1) Inisialisasi alat keseluruhan: Tahap pertama adalah inisialisasi alat, termasuk di dalamnya ialah inisialisasi Kp, Ki dan Kd yang akan digunakan serta inisialisasi checkpoint yang nanti akan dilalui oleh UGV dan dijadikan sebagai posisi tujuan.

2) Set CP = CP + 1: Pada tahap ini, sistem akan mengidentifikasi nilai CP dengan CP+1 yang nantinya akan berguna untuk melanjutkan menuju CP yang selanjutnya.

3) Penerimaan data GPS dan Kompas: Pada tahap ini sistem akan mendapatkan data GPS berupa latitude dan longitude yang kemudian akan dijadikan sebagai acuan untuk jalan menuju posisi yang akan dituju dan juga arah tujuan.

4) Pergerakan UGV: Pada tahap ini UGV akan bergerak menuju posisi yang sudah ditentukan perhitungan jarak dan arah dilakukan dengan penggunaan rumus haversine.

5) Posisi SetCP: Pada tahapan ini sistem akan memproses apakah UGV sudah berada posisi yang ditentukan, jika iya maka UGV akan lanjut berjalan menuju posisi selanjutnya dan jika tidak UGV akan terus berjalan menuju posisi.

6) CP = X: Selanjutnya sistem secara otomatis menentukan apakah CP sudah sama banyaknya seperti yang ditentukan pada awal, jika iya maka UGV akan berhenti dan jika tidak maka UGV akan lanjut berjalan hingga CP terakhir.

B. Sistem Kendali UGV

Hal yang harus dilakukan sebelum melakukan pemrograman adalah melakukan perancangan metode kendali pada UGV. Hal tersebut dilakukan agar mendapat respon yang baik dari UGV, maka pemilihan metode kendali yang cocok sangat diperlukan. Metode kendali yang akan dianalisa adalah metode kendali yang memiliki kehandalan yang tinggi dalam menjaga kestabilan sistem, dimana metode

- metode yang akan dijadikan parameter adalah PD (Proporsional Derivative), PI (Proporsional Integral), dan juga PID (Proporsional Integral Derivative).

Dengan metode kendali tersebut baik itu PD, PI atau PID, setpoint yang akan digunakan pada metode kendali robot berupa nilai variable. Nilai variable diperoleh dari pembacaan kompas digital dan GPS.

C. Pengujian Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan dan juga ketepatan sistem yang telah dirancang. Pada tahapan ini UGV akan diuji pada tanah lapang yang merupakan medan dengan permukaan yang tidak rata dan memiliki beberapa obstacle yang diletakkan untuk melihat kemampuan UGV saat ada halangan.

Pada pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui error yang diperoleh dari eksperimen. Error menunjukkan tingkat kegagalan UGV dalam mendapatkan posisi yang telah ditentukan. Nilai error ditunjukkan dalam persen (%). Eksperimen akan dilakukan di permukaan yang tidak rata dimana koordinat longitude dan latitude akan menjadi tempat berhentinya UGV. Keberhasilan dan kegagalan

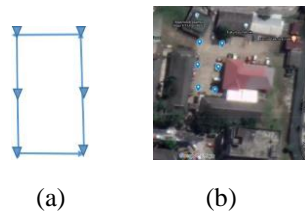
pada eksperimen ini dilihat dari kemampuan UGV untuk berhenti pada koordinat yang sudah ditetapkan dan sanggup menghindari halangan yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Jarak Posisi (Waypoint)

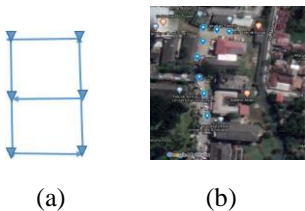
Waypoint adalah salah satu sistem navigasi yang memungkinkan sebuah kendaraan untuk bergerak secara otomatis menuju posisi – posisi yang sudah ditentukan[18]. Prinsip kerja pada navigasi waypoint yaitu dengan cara membuat titik koordinasi yang akan dituju oleh UGV, kemudian UGV akan berjalan sesuai jalur yang dibentuk dari titik - titik posisi yang sudah ditentukan.

Pada sistem navigasi waypoint dibutuhkan data – data seperti longitude dan latitude untuk mengetahui titik-titik tersebut, data longitude dan latitude bisa diambil ataupun dilihat dari google maps. Data tersebut kemudian dimasukkan kedalam program mikrokontroller hingga UGV mampu bergerak menuju titik posisi secara otomatis.



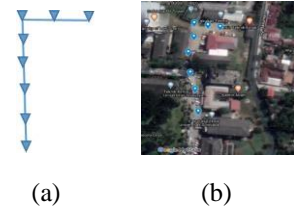
Gambar 5. Waypoint Jalur Persegi; (a) titik waypoint, (b) titik waypoint pada google maps.

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa waypoint tersebut berbentuk persegi panjang menyesuaikan dengan lapangan yang ada pada waypoint tersebut terdapat 6 titik posisi dengan jarak yang bervariasi antar posisi.



Gambar 6. Waypoint Jalur Angka 8; (a) titik waypoint, (b) titik waypoint pada google maps.

Pada gambar 4.3 titik – titik tersebut membuat angka 8 ketika dilalui oleh UGV. Terdapat 6 titik posisi yang sudah di tentukan dengan jarak yang berbeda beda.



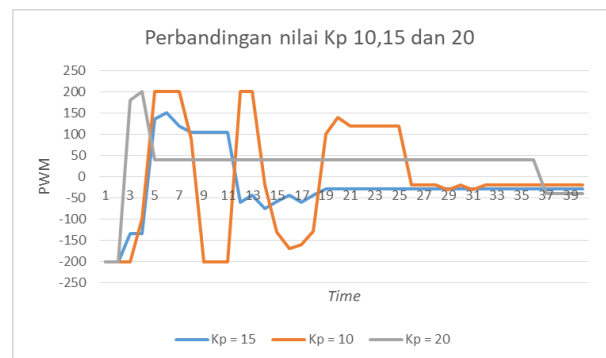
Gambar 7. Waypoint Jalur Lurus; (a) titik waypoint, (b) titik waypoint pada google maps.

Pada gambar diatas jalur yang akan dilalui oleh UGV hanya berjalur lurus dan titik posisi yang terdapat pada jalur tersebut berjumlah 8 titik, yang memiliki jarak antar titik yang juga berbeda beda satu sama lainnya.

B. Pengujian Pencarian Konstanta Proposional

Pada penelitian ini pencarian parameter PID diawali dengan mencari keberhasilan hasil pemrosesan oleh sistem kendali PID diperlukan nilai konstanta proposional (K_p), integral (K_i), dan derivative (K_d) yang sesuai. Pada penelitian ini penentuan nilai ketiga konstanta tersebut dilakukan dengan metode trial and error. Pada penelitian ini juga hanya 2 buah konstanta yang digunakan yaitu Proposional (K_p) dan Derivatif (K_d).

Proses penentuan gain pada sistem kendali UGV dilakukan dengan penentuan nilai K_p dengan random dan dilakukan 3 kali pengujian , pengujian yang pertama yaitu $K_p = 10$, lalu dilanjutkan dengan nilai $K_p = 15$ dan yang terakhir $K_p = 20$. Dari pencarian nilai tersebut dapat dilihat perbandingannya pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perbandingan nilai K_p dengan metode trial and error.

Gambar 8 diatas menunjukkan perbandingan nilai K_p yang sudah di coba dengan metode trial and error dapat dilihat dari gambar tersebut $K_p = 20$ adalah nilai yang paling bagus diantara ketiga percobaan diatas.

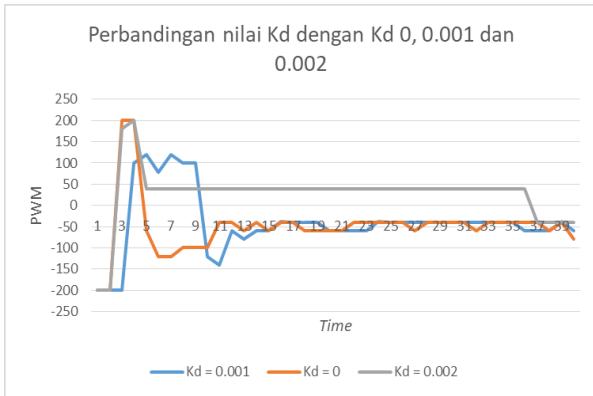
Nilai gain proposional yang berhasil diperoleh menggunakan metode trial and error adalah $K_p = 20$.

Nilai gain ini digunakan untuk kedua motor penggerak pada UGV karena kedua motor tersebut memiliki spesifikasi yang sama.

C. Pengujian Pencarian Konstanta Derivatif

Setelah mendapatkan nilai Proposional kemudian pengujian selanjutnya pada penelitian ini kita mencari nilai derivative. Pada penelitian ini kita mencari nilai Kd dengan metode trial and error. Pada proses penentuan nilai Kd dilakukan pada tempat memiliki gangguan yang paling sedikit.

Pada percobaan pertama penulis menguji dengan Kd = 0 kemudian dilanjutkan dengan Kd = 0.001 dan yang terakhir Kd = 0.002 dapat dilihat perbandingan dari ketiga nilai tersebut pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan nilai Kd dengan metode trial and error.

Pada gambar 4.12 diatas pengujian nilai Kd yang didapat menunjukkan bahwa Kd = 0.002 merupakan hasil yang baik untuk sistem. Nilai gain derivatif yang berhasil diperoleh menggunakan metode trial and error adalah Kd = 0.002 . Nilai gain ini digunakan untuk kedua motor penggerak pada UGV karena kedua motor tersebut memiliki spesifikasi yang sama.

D. Pengujian Output PWM terhadap Kompas Digital

Pengujian ini dilakukan dengan menampilkan nilai kompas digital (heading), heading error, target heading, PWM kiri dan PWM kanan yang ditampilkan pada lcd display arduino dan juga disimpan dengan Serial Monitor dengan nilai sebesar Kp = 20 dan Kd = 0.002.

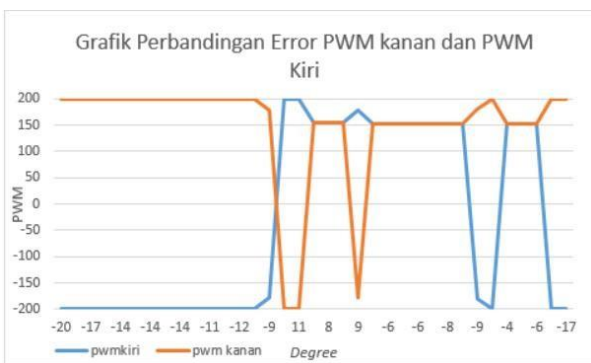
Tabel dibawah ini akan menunjukkan perbandingan tegangan motor kiri dan motor kanan dengan data uji waypoint jalur lurus. Pengujian ini menggunakan metode PD dimana target heading menjadi inputan untuk menghasilkan output motor dan kecepatan PWM kiri dan

PWM kanan. Berikut adalah hasil dari pembacaan kompas digital dan speed motor pada UGV :

Tabel I. Hasil Pembacaan Kompas Digital dan Output Speed Motor.

No	Heading Error	Heading	Target Heading	PWM kiri	PWM kanan
1	-20	273	253	-200	200
2	-20	273	253	-200	200
3	-17	270	253	-200	200
4	-18	271	253	-200	200
5	-14	267	253	-200	200
6	-15	268	253	-200	200
7	-14	267	253	-200	200
8	-14	267	253	-200	200
9	-14	267	253	-200	200
10	-15	268	253	-200	200
11	-11	264	253	-200	200
12	-11	264	253	-200	200
13	-12	265	253	-200	200
14	-10	263	253	-199	199
15	-9	262	253	-179	179
16	11	242	253	200	-200
17	11	242	253	200	-200
18	8	245	253	156	156
19	8	245	253	156	156
20	7	246	253	156	156
21	9	244	253	179	-179
22	8	245	253	152	152
23	-6	259	253	152	152
24	-6	259	253	152	152
25	-6	259	253	152	152
26	-6	259	253	152	152
27	-8	261	253	152	152
28	-6	259	253	152	152
29	-9	262	253	-180	180
30	-10	263	253	-200	200
31	-4	257	253	152	152
32	-4	257	253	152	152
33	-6	259	253	152	152
34	-16	256	240	-200	200
35	-17	257	240	-200	200

Pada tabel diatas dapat dilihat ketika heading masih memiliki error yang tinggi maka output dari pwm kiri dan kanan akan berbalikan arah, yang menyebabkan UGV berbelok, pada tabel 1 sampai 15 dilihat bahwa nilai keluaran daripada pwm kiri dan kanan menunjukkan berbelok ke arah kiri dan setelah itu pada nomer 16 dan 117 dilihat bahwa error masih memiliki nilai yang besar yaitu 11 derajat, kemudian pada nomer selanjutnya terlihat bahwa ketika error yang didapat sebesar 8 derajat maka UGV akan langsung berjalan lurus dengan menyamakan PWM pada kiri dan kanan rodanya. Kemudian dapat dilihat grafik perbandingan pada tabel diatas yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai error kompas digital terhadap output PWM pada data uji waypoint jalur lurus

Berdasarkan Grafik diatas dapat kita lihat bahwa nilai error heading yang didapat sangat mempengaruhi sistem dari navigasi UGV. Pada saat heading error mencapai -20 maka output PWM akan menjadi besar. Ketika nilai error yang didapat ≤ 8 maka PWM kiri dan PWM kanan akan mendapatkan nilai yang sama. Titik dasar pada grafik tersebut berada pada 150 dan ketika pwm kiri dan pwm kanan mendapatkan nilai yang sama maka UGV akan bergerak lurus, terdapat beberapa kali perubahan juga pada grafik tersebut hingga mendapatkan nilai minus yang artinya perputaran motor kebelakang. Nilai keluaran pwm yang besar ketika berbelok dikarenakan beratnya chasis yang ada pada UGV hingga membutuhkan gaya yang lebih kuat untuk membuat UGV berbelok kekanan ataupun kekiri. Terlihat pada grafik.

E. Pengujian Nilai Output PWM Motor pada sensor GPS

Pengujian ini dilakukan dengan menampilkan nilai GPS, Error, jarak sekarang, PWM kanan dan PWM kiri dengan nilai $K_p = 20$ dan $K_d = 0.002$.

Tabel dibawah ini akan menunjukkan perbandingan tegangan motor kiri dan motor kanan. Pengujian ini menggunakan metode PD dimana SP (set point) menjadi

inputan untuk menghasilkan output motor dan kecepatan PWM kiri dan PWM kanan yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel dibawah ini akan menunjukkan perbandingan tegangan motor kiri dan motor kanan. Pengujian ini menggunakan metode PD dimana SP (set point) menjadi inputan untuk menghasilkan output motor dan kecepatan PWM kiri dan PWM kanan yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

No	Jarak Sekarang	Pwm Kiri	Pwm Kanan
1	20	180	180
2	20	180	180
3	20	180	180
4	20	180	180
5	20	180	180
6	20	180	180
7	20	180	180
8	20	180	180
9	20	180	180
10	20	180	180
11	14	156	156
12	14	156	156
13	14	156	156
14	13	152	152
15	13	152	152

16	13	152	152
17	13	152	152
18	13	152	152
19	13	152	152
20	7	78	78
21	7	78	78
22	7	78	78
23	7	78	78
24	7	78	78
25	7	78	78
26	7	78	78
27	7	78	78
28	7	78	78
29	7	78	78
30	3	-200	200

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada awal UGV berjalan lurus dengan jarak 20 meter pwm kiri dan pwm kanan yang dikeluarkan sebesar 180, kemudian ketika

berjalan UGV akan memperbaiki heading yang di dapat hingga mendekati Target heading yang dituju kemudian barulah UGV akan memulai perjalanannya. Setelah mencapai posisi 2 terlihat pada gambar 4.17 diatas bahwa UGV berbelok dan kemudian UGV meluruskan kembali heading yang di dapat. Setelah mencapai pada posisi ke 3 UGV kembali memperbaiki heading dan berjalan menuju ke posisi selanjutnya. Setelah itu UGV terus berjalan hingga ke posisi terakhir yaitu waypoint 6 hingga bentuk akhir dari perjalanan ugv menyerupai bentuk persegi dan juga UGV berhasil berhenti pada titik titik yang sudah ditentukan.



Gambar 13. Hasil pengujian data jalur persegi pada google maps

Gambar 4.18 diatas merupakan hasil dari pengujian data jalur persegi. Titik berwarna biru merupakan posisi yang akan dituju oleh UGV, titik berwarna abu2 merupakan posisi start UGV, titik berwarna merah merupakan koordinat koordinat yang dibaca oleh UGV ketika berjalan menuju posisi dan yang hitam adalah titik posisi UGV berhenti sebelum melanjutkan ke posisi selanjutnya.

2) Pengujian Sistem Terhadap Jalur Angka 8

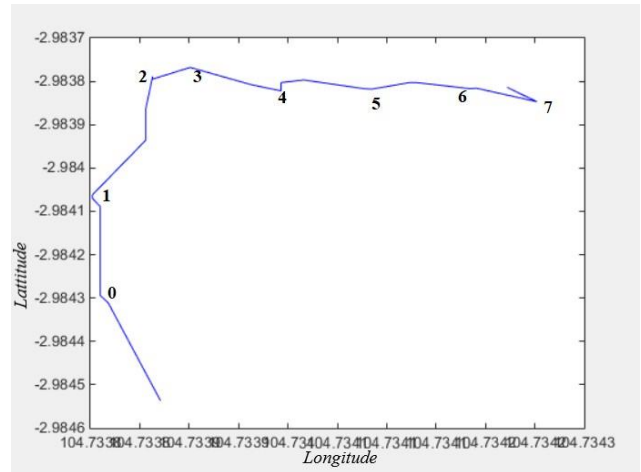
Pada pengujian sistem pada jalur angka 8 UGV bergerak dari atas dan kemudian memutar hingga membentuk angka 8 yang tidak sempurna, titik posisi yang harus dituju oleh UGV dapat dilihat pada tabel IV.

Tabel IV. Waypoint Jalur Angka 8

No	Lokasi	Latitude	Longitude
1	Start	-2.984102	104.733955
2	Waypoint 0	-2.984063	104.733912
3	Waypoint 1	-2.983822	104.733951
4	Waypoint 2	-2.983811	104.733832

5	Waypoint 3	-2.984051	104.733822
6	Waypoint 4	-2.984062	104.733913
7	Waypoint 5	-2.983942	104.733932
8	Waypoint 6	-2.983931	104.733822

Pada pengujian sistem terhadap jalur lurus UGV harus memulai dari titik start yang sudah ditentukan dan terus berjalan menuju posisi – posisi yang ditentukan. Hasil dari pengujian posisi terhadap jalur lurus dapat dilihat pada tabel V.



Gambar 16. Hasil pengujian data jalur lurus

Pada hasil pengujian pada jalur lurus dapat dilihat pada tabel UGV bermulai pada latitude -2.983847 dan longitude 104.734252. Dengan jarak target awal sebesar 20 meter, pada saat itu heading yang didapat sebesar 265 dengan target heading 268 sehingga heading error didapati sebesar 3 dan dengan output keluaran pwm kiri dan pwm kanan sebesar 180 ketika menuju ke waypoint 0, kemudian pada nomer 2 dilihat jarak ke target sebesar 14 meter dan output pwm sebesar 156. Pada nomer 3 dengan jarak target sebesar 13 meter output pwm sebesar 152, dan ketika jarak target sudah mencapai 7 meter dilihat UGV semakin memperlambat gerakan terlihat dari output pwm yang diberikan hanya 78. UGV terus berjalan menuju ke posisi poisis yang ditentukan hingga akhir. Gambaran perjalanan pada data lurus tersebut dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Hasil pengujian data jalur lurus

Pada gambar 15 diatas menunjukkan gambaran pada tabel (lampiran 3) dimana warna hitam sebagai posisi berhentinya UGV sedangkan titik biru merupakan posisi yang seharusnya. Pada gambar diatas titik hitam tidak sepenuhnya sama dengan titik biru, perbedaan tersebut dikarenakan akurasi pada gps sebesar +- 2 meter. Pada pengujian ini menunjukkan bahwa UGV sudah mampu berjalan menuju posisi yang diinginkan.

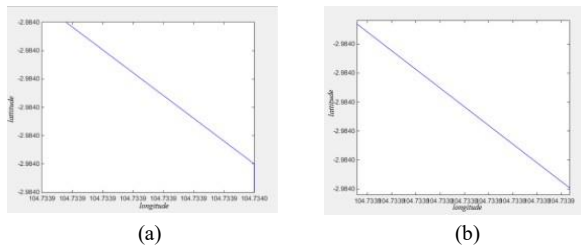
4) Pengujian Sistem Terhadap Obstacle

Pengujian Sistem yang dilakukan selanjutnya dalam penelitian ini adalah pengujian jalannya UGV ketika adanya obstacle. Waypoint pada pengujian ini hanya menggunakan 1 waypoint pada jalur lurus yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel VI. Waypoint Pengujian Obstacle

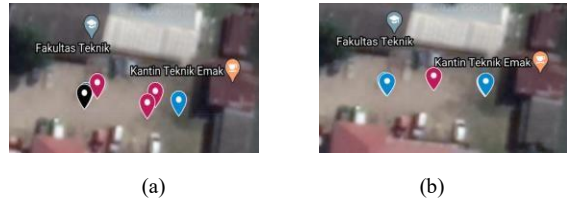
No	Lokasi	Latitude	Longitude
1	Start	-2.98384	104.73422
2	Waypoint 0	-2.98383	104.73406

Pada pengujian ini dilakukan 2 percobaan percobaan pertama dengan obstacle berupa triplek dan yang kedua adalah batu yang menghalangi jalannya UGV hasil dari kedua percobaan tersebut dapat dilihat pada gambar 16 berikut.



Gambar 18. Hasil pengujian obstacle; (a) hasil pengujian obstacle dengan triplek (b) hasil pengujian obstacle dengan batu.

Pada pengujian tersebut dapat dilihat bahwa pada hasil tersebut UGV terlihat berjalan lurus menuju waypoint, pada pengujian (a) seharusnya terdapat belokan sedikit yang didapat, tidak adanya belokan tersebut dikarenakan ketika memasukkan data kedalam matlab angka yang ada terlalu banyak didalam koma hingga tidak terbaca oleh matlab. Kemudian untuk membedakan perbedaan pada data diatas bisa dilihat dari gambar hasil pengujian yang kordinatnya dimasukkan kedalam google maps yang dapat dilihat pada gambar 4.24. dibawah ini.



Gambar 19. Hasil pengujian pada google maps; (a) hasil pengujian obstacle dengan triplek (b) hasil pengujian obstacle dengan batu.

Pada pengujian diatas dapat dilihat perbedaan antara penggunaan triplek dan juga penggunaan batu biasa, pada penggunaan triplek dapat dilihat bahwa UGV sempat berbelok ketika membaca triplek tersebut dan kemudian mengupdate posisi dan kemudian kembali berjalan menuju waypoint yang sudah di tentukan. Sedangkan pada pengujian dengan menggunakan obstacle berupa batu UGV berjalan lurus dengan kencang dan update posisi ketika berada di tempat obstacle berada dikarenakan UGV mengalami sedikit kesulitan ketika menanjak batu yang ada.

Berdasarkan pengujian jarak menggunakan persamaan haversine yang telah dilakukan didapatkan akurasi pada jalur persegi sebesar +- 1.54 meter kemudian pada jalur angka 8 sebesar +- 1.65 meter dan yang terakhir pada jalur lurus sebesar +-1.96 meter. Dari ketiga perbedaan tersebut kemudian dirata - ratakan dan didapatkan nilai rata rata sebesar +-1.71 meter. Dari nilai tersebut dapat di katakana bahwa penggunaan persamaan haversine pada sistem yang dibuat sudah berhasil dan hasil yang didapat bisa dibbilang sudah baik.

Dari pengujian sistem yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa penggunaan PID pada UGV kecepatan berhasil dilakukan. Begitu juga dengan penggunaan PID pada heading UGV mampu mendapatkan respon yang cukup cepat ketika UGV berada pada arah yang salah.

Metode pengendalian posisi menggunakan PID merupakan model yang baik untuk diterapkan pada UGV beroda track, dengan akurasi +- 2meter perbedaan jarak. UGV mampu berhenti pada posisi posisi yang sudah ditentukan dan mampu melanjutkan ke posisi selanjutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat dilihat bahwa sistem kendali posisi UGV telah berhasil dilakukan. UGV beroda track mampu berjalan pada medan bebatuan tanah dan aspal. Untuk navigasi UGV dengan menggunakan control PD pada kompas

digital dan GPS sudah berjalan baik pada $K_p = 20$ dan $K_d = 0.002$.

Pada penelitian yang dilakukan penggunaan rumus haversine yang digunakan untuk mendapatkan jarak memiliki keakurasian +/- 1.7 meter.

Pada pengembangan penelitian lebih lanjut, disarankan penentuan gain PID untuk menggunakan metode lain selain metode trial and error agar hasil yang didapat lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- M. Sarwani, "Karakteristik Dan Potensi Lahan Sub Optimal Untuk Pengembangan Pertanian Di Indonesia," vol. 7, no. 1, 2013.
- A. Rg, "Unmanned Ground Vehicle (UGV) - Defense Bot," 2018 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control, no. Icisc, pp. 1201–1205, 2018.
- B. Yoon, J. Na, S. Jung, and J. Kim, "Navigation of Unmanned Ground Vehicle (UGV) by using Dead Reckoning (DR) and global mapping optimization," pp. 595–598, 2008.
- E. Engineering and T. N. Academy, "Mine Detecting GPS-Based Unmanned Ground Vehicle," pp. 303–306, 2009.
- D. Teknik, F. Teknik, and U. G. Mada, "PERANCANGAN KENDARAAN TANPA AWAK (UNMANNED GROUND VEHICLE) UNTUK MISI PEMANTAUAN BENCANA Naufal Arif Prasetyo dan Herianto," no. Snttm Xv, pp. 5–6, 2016.
- M. I. Anshori, I. Setiawan, and Wahyudi, "Desain Kontrol Autopilot Pada Ugv (Unmanned Ground Vehicle) Berbasis Gps (Global Positioning System)," pp. 1–8, 2012.
- M. Pierzchała, P. Giguère, and R. Astrup, "Mapping forests using an unmanned ground vehicle with 3D LiDAR and graph-SLAM," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 145, no. March, pp. 217–225, 2018.
- W. Purbowaskito and C.-H. Hsu, "Sistem Kendali PID untuk Pengendalian Kecepatan Motor Penggerak Unmanned Ground Vehicle untuk Aplikasi Industri Pertanian," *J. Infotel*, vol. 9, no. 4, p. 376, 2017.
- A. Triwiyatno and B. Setiyono, "Sistem Autopilot Pada Unmanned Ground Vehicle (Ugv) Menggunakan Kendali Logika Fuzzy."
- J. Chen, P. Zhao, H. Liang, and T. Mei, "Motion Planning for Autonomous Vehicle Based on Radial Basis Function Neural Network in Unstructured Environment," *Sensors*, vol. 14, no. 9, pp. 17548–17566, 2014.
- M. Norberg, "Design and Implementation of an Design and Implementation of an Intuitive Control Method for Tracked UGVs Martin Norberg," 2011.
- M. Z. H. Noor, S. A. S. M. Zain, and L. Mazalan, "Design and development of remote-operated multi- direction Unmanned Ground Vehicle (UGV)," *Proc. - 2013 IEEE 3rd Int. Conf. Syst. Eng. Technol. ICSET 2013*, pp. 188–192, 2013.
- T. H. Tran, M. T. Nguyen, N. M. Kwok, Q. P. Ha, and G. Fang, "Sliding mode-PID approach for robust low-level control of a UGV," 2006 IEEE Int. Conf. Autom. Sci. Eng. CASE, pp. 672–677, 2006.
- X. I. N. Xu and H. He, "Neural-network-based learning control," *Mach. Learn.*, no. November, pp. 4–5, 2002.
- M. M. Kurdi, A. K. Dadykin, I. Elzein, and I. S. Ahmad, "Proposed system of artificial Neural Network for positioning and navigation of UAV-UGV," 2018 Electr. Electron. Comput. Sci. Biomed. Eng. Meet. EBBT 2018, pp. 1–6, 2018.
- D. Endo, Y. Okada, K. Nagatani, and K. Yoshida, "Path following control for tracked vehicles based on slip-compensating odometry," *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, no. December 2007, pp. 2871–2876, 2007.
- "No Title," 2015. [Online]. Available: <https://www.elangsakti.com/2015/05/sensor-ultrasonik.html>. [Accessed: 10-Jan-2020].
- B. O. Napitupulu, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. Sriwijaya, "Anan kendaraan bermotor," 2018.
- A. S. Taufik, "Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot," *J. Mhs. TEUB*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- V. N. Febrianto, "Aplikasi Kontrol PID untuk Pengaturan Putaran Motor DC pada Alat Pengepres Adonan Roti (Screw Conveyor)," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Brawijaya*, pp. 1–6, 2014.