

Rancang Bangun *Unmanned Surface Vehicle* (USV) Dengan Sistem Navigasi Berbasis Kompas Dan Estimasi A-GPS

The Design of Unmanned Surface Vehicle (USV) With Compass-Based Navigation System And A-GPS Estimation

Akbar Maulana Triezani^{1,*}, Didit Andri Jatmiko²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati ukur No 112, Bandung, Indonesia 40132

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipati Ukur No. 112 – 116, Bandung, Indonesia 40132

*Email : akbarmaulana@mahasiswa.unikom.ac.id

Abstrak – Di zaman sekarang telah hadir suatu sistem yang dinamakan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) untuk mengestimasi posisi sebuah wahana *autonomous*. Namun pada kenyataannya penerima GNSS kerap mengalami gangguan yang berhubungan dengan akurasi dan kestabilan pembacaan dengan penyebab utama terhalangnya penerima GNSS oleh objek-objek seperti awan tebal, gedung-gedung atau posisi di dalam ruangan. Pada penelitian ini, sistem estimasi posisi dari wahana akan menggunakan pembacaan posisi melalui salah satu fitur dari GNSS yaitu *Assisted Global Positioning System* (A-GPS) yang ada pada *smartphone*. Dalam perancangannya, wahana akan menggunakan kompas sebagai penentu arah gerak agar dapat mencapai *waypoint* dengan akurat. Tujuan pada penelitian ini adalah merancang sistem navigasi yang mampu membuat wahana mencapai *waypoint* dengan tingkat keandalan yang lebih baik menggunakan kompas dan estimasi dari A-GPS. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menguji wahana untuk mencapai *waypoint* menggunakan perhitungan jarak dan *bearing* antara posisi wahana saat ini dan tujuan lalu membandingkan hasil dari sistem estimasi A-GPS dengan *Global Positioning System* (GPS). Hasil dari penelitian ini didapatkan sistem navigasi wahana menggunakan A-GPS mampu menghasilkan estimasi posisi yang lebih baik dibandingkan GPS dengan tingkat akurasi mencapai 1 hingga 3 meter untuk navigasi secara keseluruhan atau dengan rata-rata 1,5 meter untuk *waypoint* yang tercapai oleh wahana ketika bernavigasi. Wahana juga teruji mampu menyesuaikan arah gerak menuju *waypoint* menggunakan sensor kompas dengan simpangan terjauh dari *bearing* tujuan sebesar 3°. Konsep dari penelitian ini berasal dari premis sistem A-GPS yang telah terintegrasi pada *smartphone* untuk mendapatkan data posisi yang paling relevan tanpa perlu khawatir jika penerima GNSS terhalang oleh cuaca ataupun dalam posisi di dalam ruangan. Maka dari itu, dengan menggabungkan kedua sistem pembacaan tersebut, dapat menghasilkan estimasi posisi yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan keandalan dari sebuah wahana untuk bernavigasi secara *autonomous*. Selain itu, *impact* penelitian ini juga dapat diterapkan dalam berbagai sistem salah satunya untuk navigasi wahana *autonomous*.

Kata kunci : *Autonomous*, A-GPS, Kompas, Navigasi, *Waypoint*.

Abstract - Nowadays, there is a system called the *Global Navigation Satellite System* (GNSS) to estimate the position of an *autonomous* vehicle. However, in reality, GNSS receivers often experience disturbances related to accuracy and stability of readings with the main cause of obstruction of the GNSS receiver by objects such as thick clouds, buildings, or positions in the room. In this study, the position estimation system of the vehicle will use position reading through one of the features of the GNSS, namely the *Assisted Global Positioning System* (A-GPS) on the *smartphone*. In its design, the vehicle will use a compass as a determinant of the direction of motion to reach the *waypoint* accurately. The purpose of this study is to design a navigation system that can make the vehicle reach a *waypoint* with a better level of reliability using a compass and estimation from A-GPS. The method used in this study is to test the vehicle to reach the *waypoint* using distance and bearing calculations between the current position of the vehicle and the destination and then compare the results of the A-GPS estimation system with the *Global Positioning System* (GPS). The results of this study showed that the vehicle navigation system using A-GPS was able to produce a better position estimate than GPS with an accuracy level of 1 to 3 meters for overall navigation or with an average of 1.5 meters for the *waypoints* reached by the vehicle when navigating. . The vehicle has also been proven to be able to adjust the direction of motion towards the *waypoint* using a compass sensor with the farthest deviation from the

destination bearing of 30. The concept of this research comes from the premise of the A-GPS system that has been integrated into the smartphone to get the most relevant position data without worrying if the GNSS receiver is blocked by the weather or in a position indoors. Therefore, combining the two reading systems can produce a better estimate of the position to increase the reliability of a vehicle to navigate autonomously. In addition, the impact of this research can also be applied in various systems, one of which is for autonomous vehicle navigation.

Keywords : *Autonomous, A-GPS, Compass, Navigation, Waypoint.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Menilik dari metode pengendalian sebuah *Unmanned Surface Vehicle* (USV) menggunakan metode autonomus, sistem navigasi dari wahana tidak terlepas dari pembacaan koordinat posisi [1]. *Global Navigation Satellite System* (GNSS) adalah perangkat sensor yang dapat digunakan untuk menentukan posisi secara global. Sistem Satelit GNSS tidak mentransmisikan informasi posisi, tetapi yang ditransmisikan satelit adalah posisi satelit dan jarak penerima GNSS dari satelit [2]. Pada penelitian ini informasi posisi diolah oleh alat penerima *Global Positioning System* (GPS). GPS dapat memberikan informasi posisi dan waktu dengan ketelitian sangat tinggi. Walaupun begitu, disaat melakukan navigasi atau pengukuran, GPS juga rentan mengalami gangguan (*noise*) yang akan mengganggu ketelitian pengukuran yang dihasilkan oleh penerima GPS [3]. *Noise* tersebut berasal dari sinyal satelit yang terhambat karena setiap sinyal yang ditransmisikan pada frekuensi yang terlalu tinggi akan sulit untuk melewati benda padat pada saat perambatan sinyal. Untuk kasus ini, *receiver* GPS tidak bisa digunakan di dalam ruangan atau di luar ruangan dengan gedung-gedung tinggi serta pepohonan yang lebat dan medan yang dekat dengan bangunan pemancar sinyal lainnya. Akurasi data GPS tipe komersial mempunyai variasi sekitar 20 meter, sehingga masih perlu ditingkatkan .

Melihat dari permasalahan diatas, penggunaan koordinat *smartphone* atau biasa disebut dengan *Assisted Global Positioning System* (A-GPS) diharapkan dapat menanggulangi kelemahan dari sensor penerima GPS yang memiliki kelemahan dalam mendapatkan data koordinat ketika posisi sensor terhalang cuaca, gedung-gedung tinggi atau dalam kondisi di dalam ruangan. Selain itu, penerapan komponen sensor kompas juga perlu diperhitungkan untuk mendapatkan estimasi posisi yang lebih baik sehingga dapat digunakan untuk wahana bernavigasi. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas perancangan algoritma sistem estimasi posisi, pengujian terhadap sistem navigasi wahana dan juga analisisnya.

B. Tinjauan State of Art

Penelitian mengenai estimasi posisi untuk sebuah USV telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Salah satunya pada penelitian mengenai implementasi sebuah USV untuk menguji kualitas air dengan menggunakan estimasi posisi dari sebuah penerima GNSS [4]. Sistem tersebut masih memiliki kelemahan, salah satunya yaitu ketika sensor penerima GNSS gagal mendapatkan data satelit ketika penerima GNSS memiliki kelemahan ketika sensor penerima terhalang oleh cuaca atau dalam posisi *indoor* sehingga wahana tidak dapat bernavigasi [5] [6].

Pada penelitian ini digunakan estimasi posisi dari penerima A-GPS *smartphone* dan juga kompas sebagai penentu arah gerak wahana ketika dioperasikan secara *autonomous*. Kelebihan sistem ini salah satunya adalah penggunaan A-GPS *smartphone* yang dapat menerima sinyal satelit meskipun dalam posisi *indoor*, sehingga dapat meminimalisir kegagalan estimasi posisi ketika sensor penerima GNSS tidak mendapatkan data posisi. Sehingga akurasi data posisi dapat ditingkatkan dengan menggunakan data koordinat dari A-GPS yang terhubung dengan jaringan seluler. Penelitian sebelumnya mengenai sistem navigasi wahana telah banyak dilakukan. Salah satunya penelitian mengenai sistem navigasi berbasis GPS yang dapat membuat navigasi drone memasuki area yang diinginkan dalam radius 1 meter dari koordinat (*setpoint*) yang diinput dengan jumlah satelit GPS yang diperoleh adalah 24 satelit, dan keluar dari radius 1 meter saat jumlah satelit yang diterima adalah 19 satelit [7]. Melihat dari *track record* penelitian sebelumnya, membuat peneliti ingin membandingkannya dengan sistem estimasi posisi dari A-GPS yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi meskipun dalam posisi di dalam ruangan.

C. Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah meningkatkan keandalan suatu wahana *autonomous* dalam bernavigasi dengan menggunakan kompas dan estimasi posisi dari A-GPS.

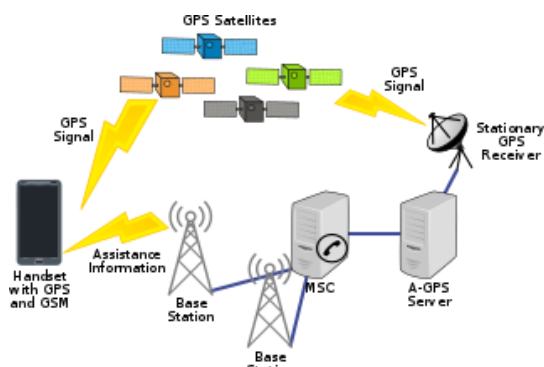
D. Sistematika Pembahasan

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perancangan sistem estimasi posisi wahana. Pada bagian metodologi akan membahas mengenai perancangan baik dari perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem. Perancangan algoritma sistem juga akan ditunjukkan. Pada bagian 3 akan menyajikan hasil pengujian dan analisa. Adapun kesimpulan akan disajikan pada Bagian 4.

I. METODOLOGI

A. Assisted GPS

A-GPS merupakan sistem penyempurna dari *Global Positioning System* (GPS) sebagai satelit penentu posisi di belahan bumi. A-GPS memiliki suatu fitur untuk mempercepat *Time To First Fix* (TTFF) atau kecepatan menentukan posisi pertama kali. Hal tersebut sangat dibutuhkan mengingat sistem konstelasi satelit yang selalu bergerak dan tidak selalu berada pada posisi yang sama [8]. Ilustrasi mengenai A-GPS dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1. Assisted GPS
(gpsworld.com/innovation-assisted-gps)

Sistem navigasi pada *smartphone* harus dapat mengetahui satelit mana yang relevan untuk perhitungan posisinya. Dengan A-GPS yang memanfaatkan jaringan seluler, sistem navigasi pada *smartphone* akan mendapatkan informasi mengenai satelit yang paling relevan untuk diperhitungkan. Dengan demikian, TTFF akan menjadi lebih cepat. A-GPS pada *smartphone* juga dapat bekerja dengan baik karena stasiun-stasiun pemancar sinyal seluler di darat atau menara-menara *Base Transceiver Station* (BTS) yang telah memiliki kepastian lokasinya masing-masing. Sehingga dengan mengirimkan laporan lokasinya sendiri dan data satelit serta keberadaannya secara akurat ke *smartphone* akan membuat sistem navigasi di *smartphone* dapat melakukan kalkulasi posisi dengan cepat. Pada penelitian ini untuk

mendapatkan data koordinat A-GPS *smartphone*, peneliti perlu mengakses *Google Geolocation API*.

B. Kompas

Pada penelitian ini, kompas akan digunakan sebagai penentu arah dari wahana sehingga dapat bernavigasi menuju *waypoint*. Mengingat fungsi dari sensor kompas yang merupakan alat navigasi untuk menentukan arah berupa sebuah jarum panah penunjuk magnetis yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat [9]. Sensor kompas yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Sensor Kompas HMC5883L
(alldatasheet.com/HMC5883L)

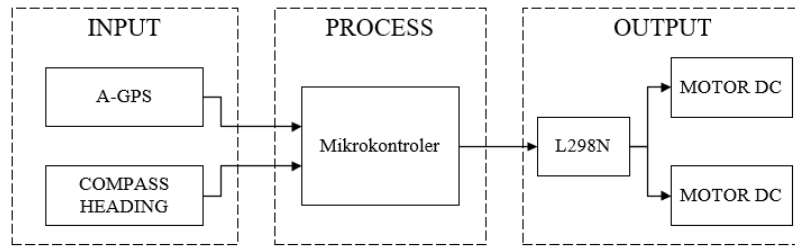
Adapun data yang digunakan dari kompas adalah pembacaan *heading* yang akan berpengaruh dalam menentukan *bearing* wahana menuju *bearing* yang dituju. Dalam sistem navigasi USV menggunakan kompas HMC5883L seperti **Gambar 2**, *axis* kompas yang digunakan hanya *yaw*, dikarenakan *yaw* berfungsi sebagai arah pada kapal atau yang biasa disebut *heading*. Berdasarkan datasheet, kompas tersebut memiliki 3 *axis* yang bisa digunakan untuk *pitch*, *yaw*, dan *roll* [10]. *Heading* wahana dapat ditentukan melalui persamaan (1).

$$\text{Heading} = \arctan\left(\frac{Y \text{ mag}}{X \text{ mag}}\right) - \text{declination angle} \quad (1)$$

Dengan menggunakan kedua sumbu yang terbaca dari *magnetometer* (HMC588L) dan sudut deklinasi, *heading* kompas dapat lebih akurat untuk digunakan dalam sistem navigasi wahana.

C. Blok Diagram Sistem

Gambaran mengenai perancangan sistem navigasi yang akan digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan pada **Gambar 3**. Blok diagram sistemnya sendiri terdiri dari bagian *input*, *process* dan *output*. Pada penelitian ini, A-GPS *smartphone* yang dibaca melalui ESP8266 dan *Heading* dari kompas menjadi *input* untuk mengestimasi posisi dan mengetahui *bearing* dari wahana. Lalu kedua pembacaan yang didapat akan diproses pada mikrokontroler untuk mendapatkan data yang optimal untuk wahana bernavigasi. Sehingga data posisi dan *bearing* yang didapat akan menjadi *output* dari sistem navigasi.



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

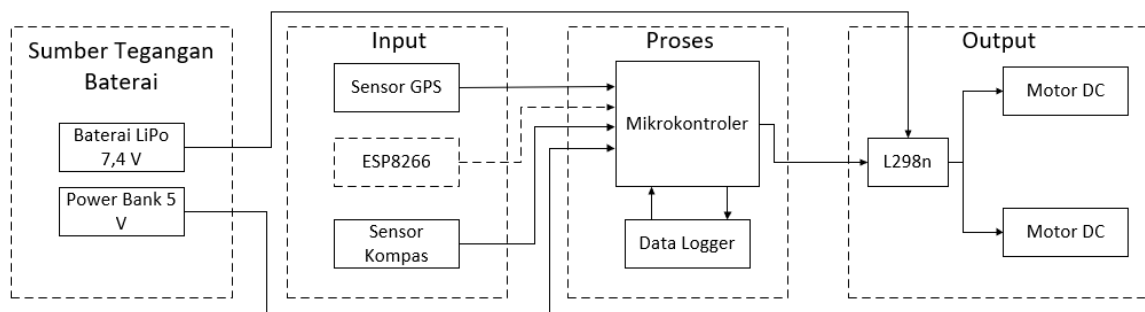
D. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4** dalam bentuk blok diagram implementasi sistem. Dapat terlihat pada **Gambar 4**, blok input terdapat dua komponen yakni ESP8266 dan sensor kompas yang masing-masing blok tersebut dihubungkan ke mikrokontroler ESP8266. ESP8266 membaca koordinat posisi A-GPS dengan cara mengakses *Google Geolocation API*. Lalu *output* dari proses akan disalurkan ke aktuator L298N untuk mengontrol dua buah motor DC. Adapun pemilihan dua buah sumber daya dimaksudkan untuk efisiensi penggunaan daya. Data logger pada blok diagram digunakan untuk menyimpan data hasil pengujian untuk nanti dianalisis. Adapun bentuk wahana yang digunakan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Desain purwarupa memiliki panjang 82 cm, lebar 32 cm

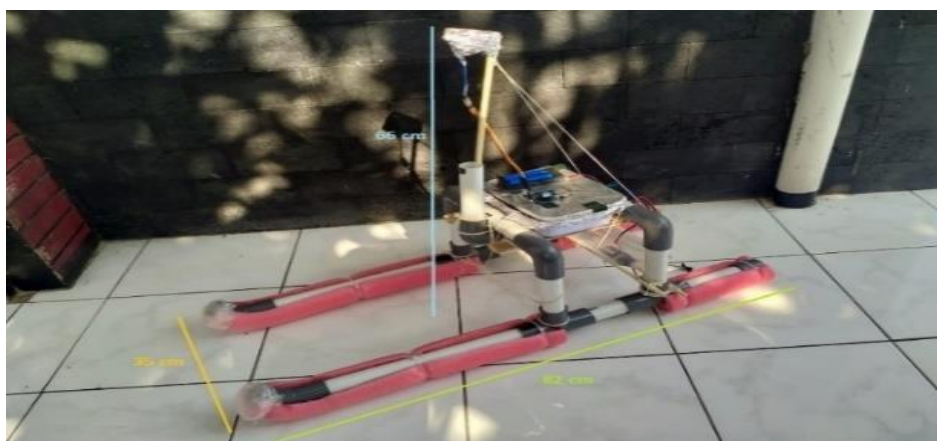
dan tinggi 66 cm. Bahan penyusun utama dari purwarupa menggunakan bahan pipa paralon dan *floating foam* sehingga purwarupa wahana memiliki berat total sebesar 2,8 kg. Penempatan komponen juga disesuaikan untuk menghindari intervensi dari putaran motor DC.

E. Perancangan Perangkat Lunak HMC5883L Magnetic Compass

Sensor kompas HMC5883L berfungsi untuk mengkonversi besaran fisik arah mata angin menjadi besaran elektrik yang akan diolah menjadi hasil pembacaan arah mata angin berupa nilai sudut yang dapat dibaca oleh mikrokontroler [11]. Perancangan perangkat lunak untuk membaca *heading* kompas ditunjukkan pada **Gambar 6**. berikut.



Gambar 4. Blok Diagram Perangkat Keras

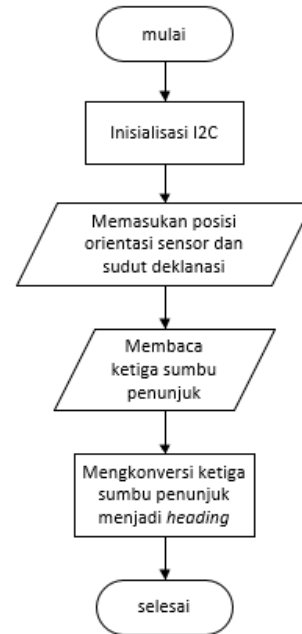


Gambar 5. Purwarupa Wahana

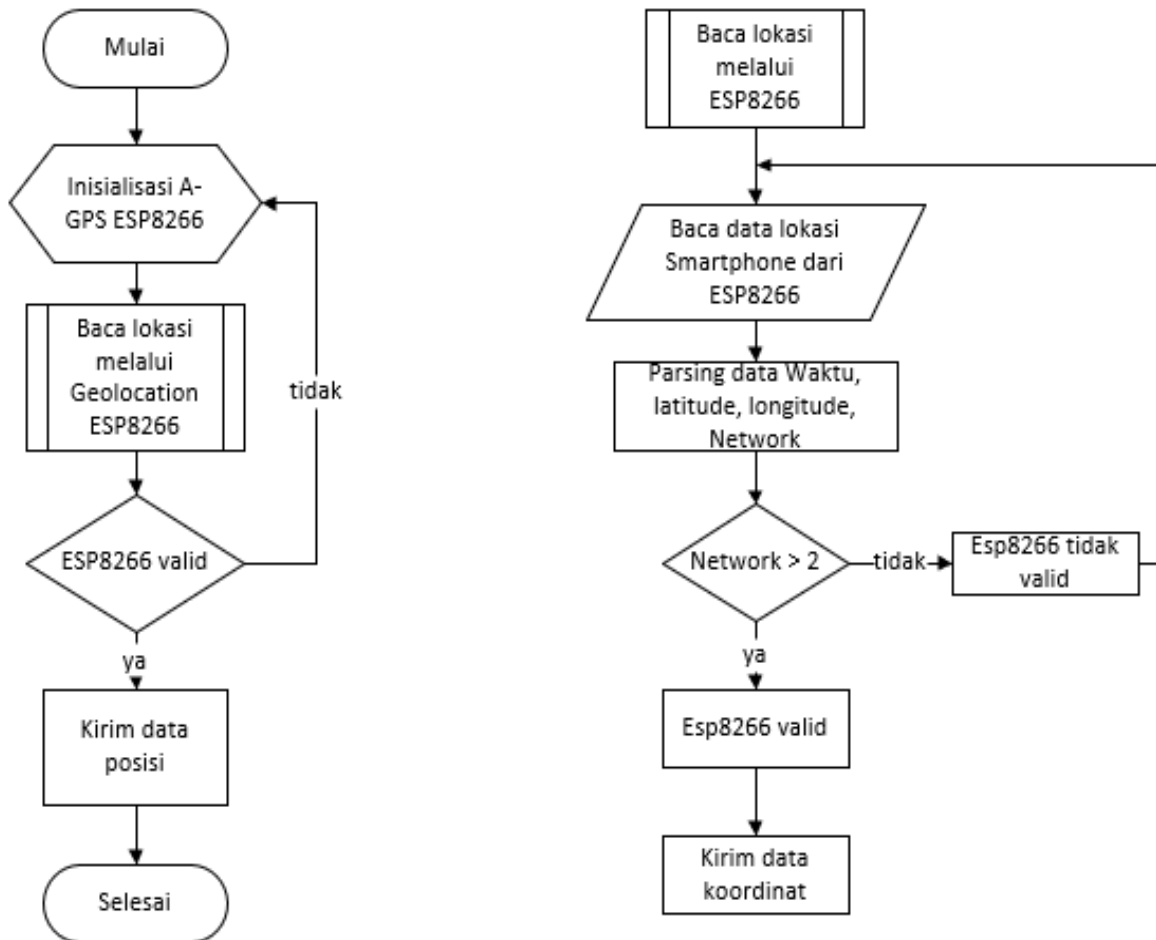
Pada penelitian ini sumbu penunjuk yang digunakan hanya sumbu X dan Y saja karena mengingat wahana yang berbentuk kapal tidak terlalu memperhatikan sumbu Z sehingga *axis yaw* yang menjadi acuan dalam penentuan *heading* kompas.

F. Perancangan Perangkat Lunak A-GPS

Assisted-GPS pada penelitian ini berfungsi untuk mengestimasi posisi wahana dalam bernavigasi. Data koordinat diambil melalui ESP8266 untuk mengakses *Google Geolocation API* menggunakan koneksi *WiFi* yang terkoneksi dengan jaringan selular. Perancangan perangkat lunak untuk mengakses A-GPS ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Flowchart Pembacaan Kompas HMC5883L



Gambar 7. Flowchart Pembacaan Koordinat A-GPS

Pada penelitian ini, data yang diambil hanya data yang dibutuhkan untuk navigasi wahana.

Diantaranya koordinat *Latitude*, *Longitude*, waktu dan *network*. Perlu diperhatikan bahwa jumlah

network dapat menjadi parameter untuk validitas data posisi. Untuk menentukan koordinat posisi wahana dan koordinat tujuan dapat dilihat pada persamaan (2) hingga (5) berikut.

$$\text{long rad}(a) = \text{long} \times \text{rad} \quad (2)$$

$$\text{latt rad}(b) = \text{latt} \times \text{rad} \quad (3)$$

Persamaan (2) merupakan persamaan untuk mencari estimasi posisi melalui koordinat *longitude* dan juga *latitude* untuk persamaan (3). Pada awalnya, kedua koordinat tersebut terbaca sebagai derajat. Untuk memudahkan dalam proses pembacaan pada mikrokontroler, maka kedua koordinat dikonversikan kedalam radian dimana 1 radian adalah 0,0174533.

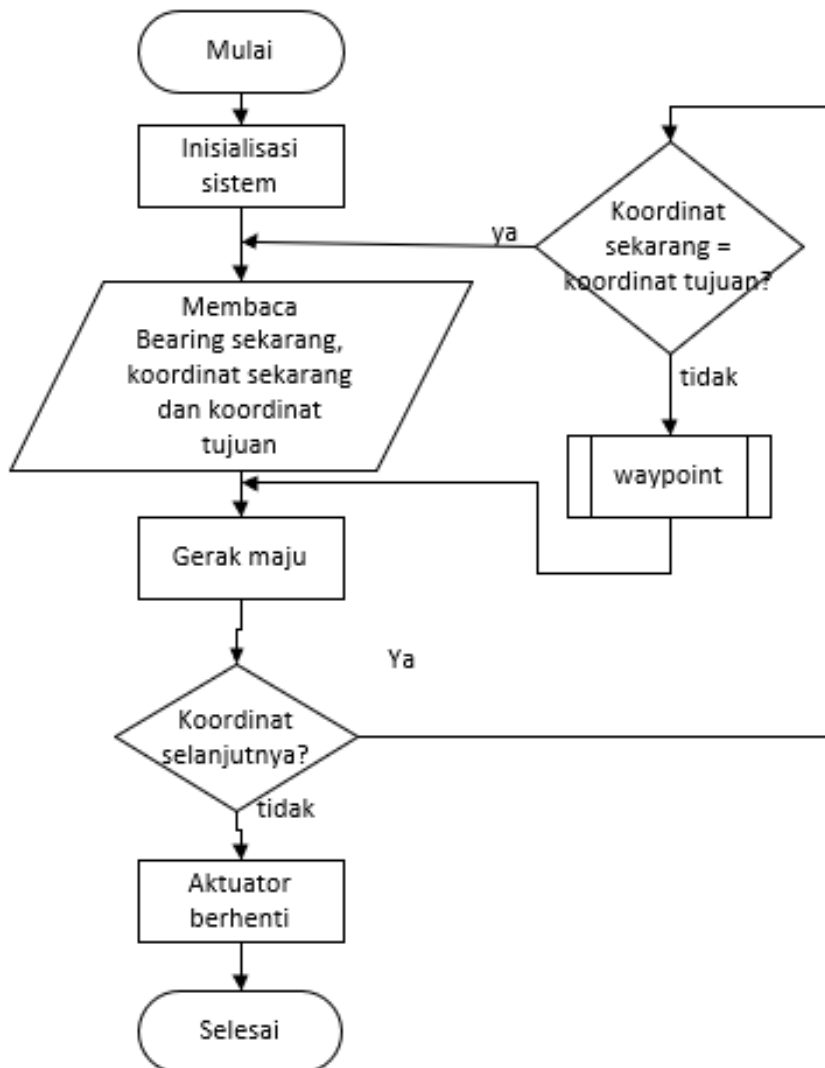
$$\text{long. target radian}(aa) = \text{longitude} \times \text{radian} \quad (4)$$

$$\text{latt. target radian}(aa) = \text{lattitude} \times \text{radian} \quad (5)$$

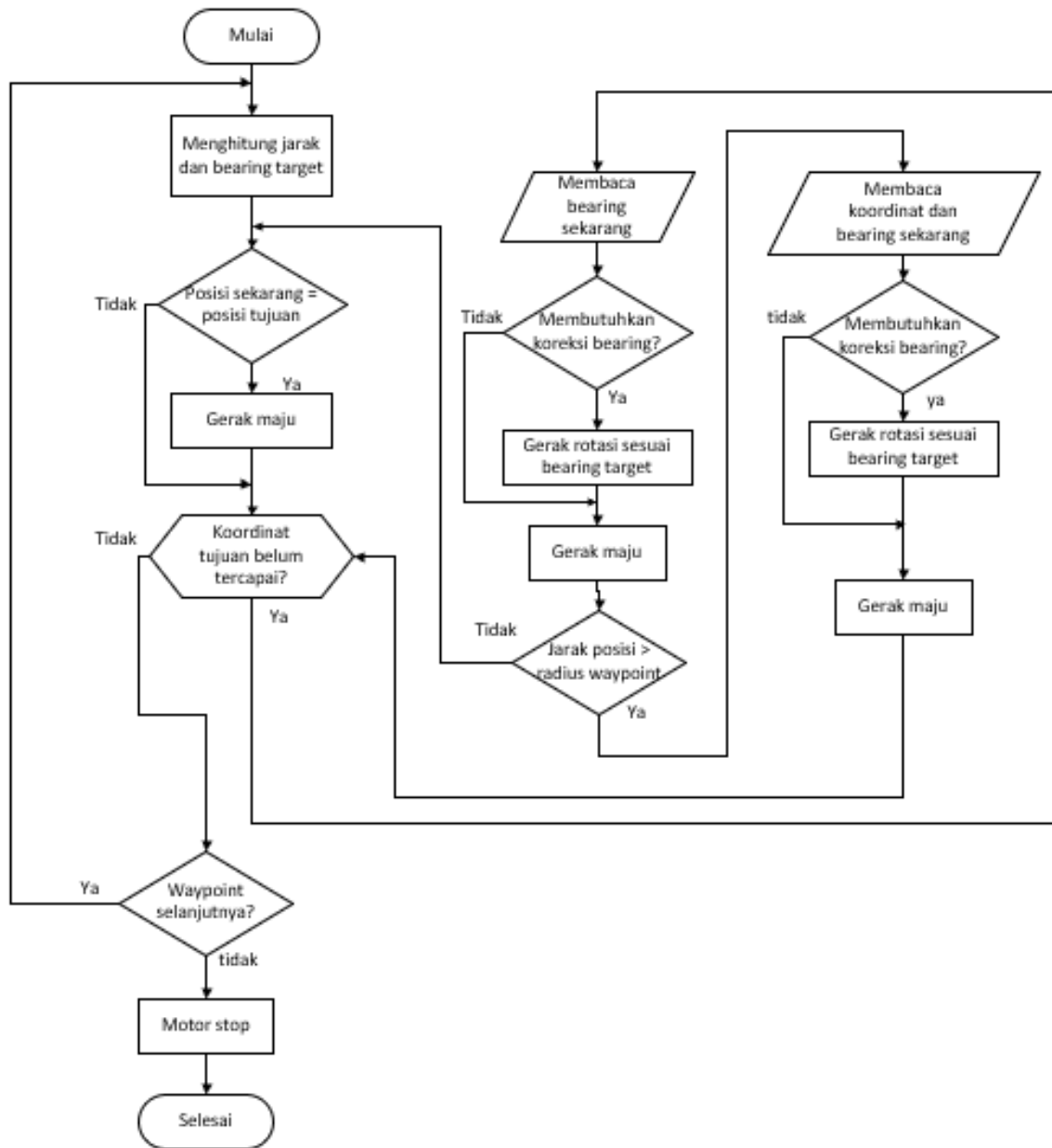
Sama halnya pada persamaan (2) dan (3). Posisi target yang berupa *longitude* dan *latitude* juga perlu diubah dari satuan derajat kedalam radian untuk memudahkan proses pengukuran.

G. Perancangan Perangkat Lunak Sistem Waypoint

Sistem navigasi *waypoint* dirancang untuk mengatur gerak *autonomous* wahana dalam mencapai posisi tujuan. Sistem navigasi dirancang agar wahana mampu mengenali posisi dan arah berdasarkan sistem koordinat Bumi serta mampu melakukan koreksi arah gerak (*bearing correction*). Perancangan perangkat lunak dari sistem *waypoint* disajikan dalam bentuk *flowchart* seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 8. Flowchart Navigasi Waypoint



Gambar 9. Flowchart sub proses navigasi waypoint

Perhitungan yang dilakukan dalam sistem navigasi *waypoint*, menggunakan perhitungan jarak antara posisi sekarang dengan posisi tujuan. Persamaan matematis sistem navigasi *waypoint* ditunjukkan pada persamaan (6) hingga persamaan (9) dibawah ini.

$$jarak = 6371 \times 1000(m) \times \left(2 \times \operatorname{atan2}(\sqrt{X}, \sqrt{1-X}) \right) \tag{6}$$

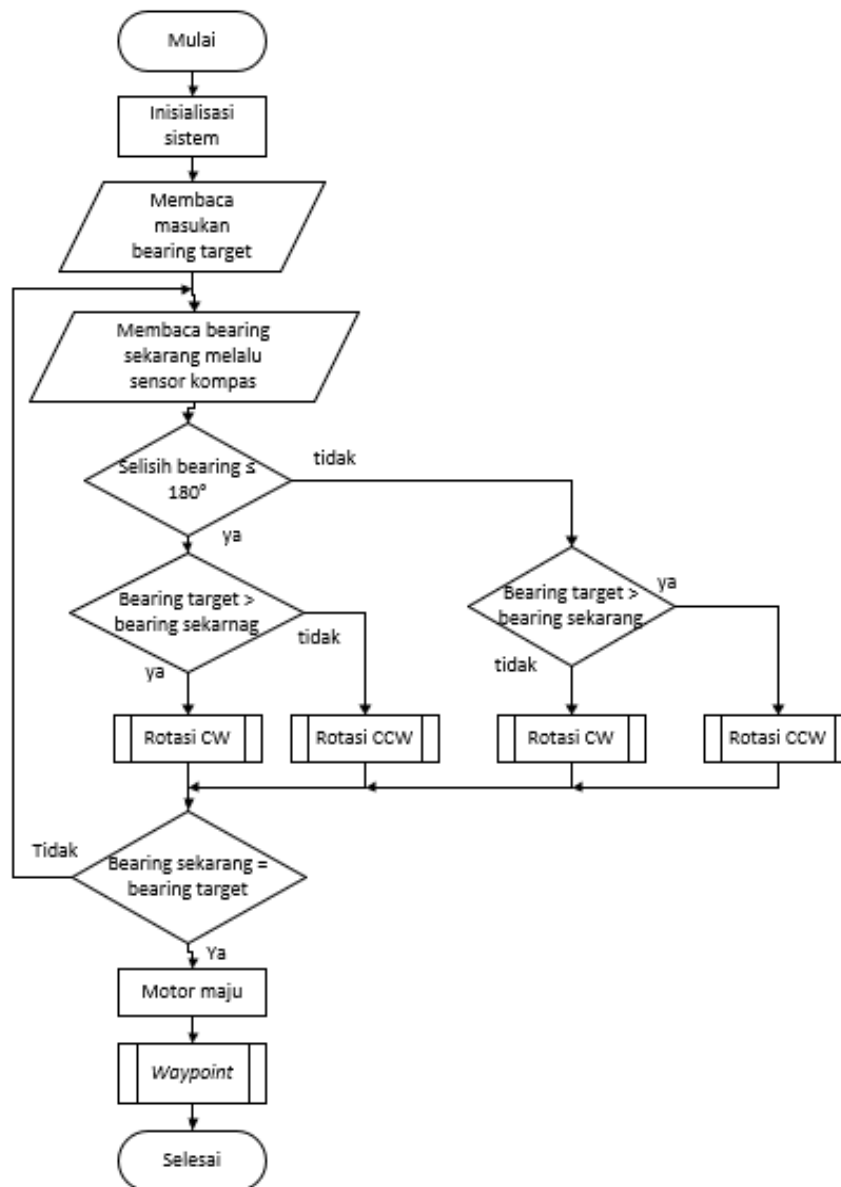
$$X = \sin(\Delta latt/2) \times \sin(\Delta latt/2) + \sin(\Delta long/2) \times \sin(\Delta long/2) \times \cos b \times \cos bb \tag{7}$$

$$\Delta long.rad. = aa - a \tag{8}$$

$$\Delta latt.rad. = bb - b \tag{9}$$

H. Perancangan Perangkat Lunak Sistem Gerak Rotasi

Gerak rotasi dalam sistem navigasi digunakan sebagai upaya koreksi arah gerak wahana. Gerak rotasi dirancang dengan masukan berupa *bearing target*, *output* berupa arah putaran motor (CW atau CCW), serta umpan balik berupa *bearing sekarang* yang diperoleh dari pembacaan modul kompas HMC5883L. Perancangan sistem gerak rotasi ditunjukkan pada **Gambar 10** dalam bentuk *flowchart*.



Gambar 10. Flowchart Sistem Gerak Rotasi

Untuk mengetahui *bearing* terhadap posisi tujuan, dapat menggunakan persamaan (10) hingga (12) berikut.

$$bearing = arc.tan2(y, x) \times 1rad \quad (10)$$

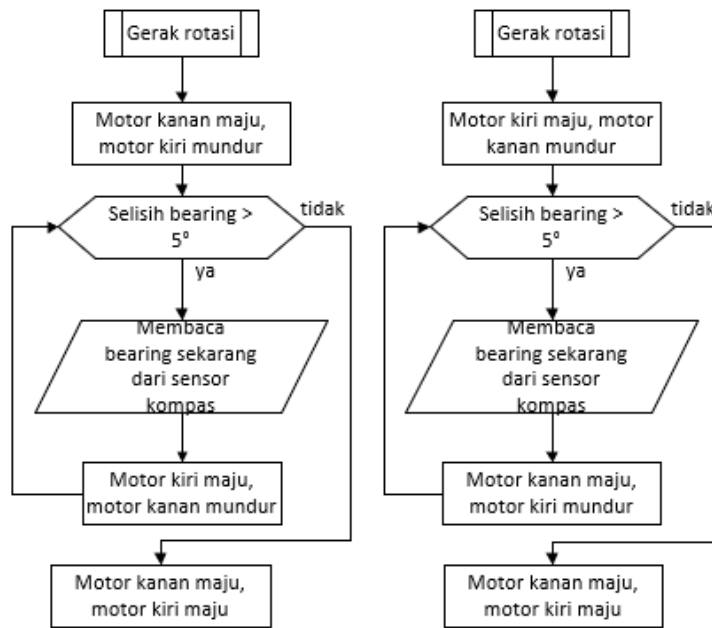
$$y = \sin(aa - a) \times \cos(bb) \quad (11)$$

$$x = \cos(b) \times \sin(bb) - \sin(b) \times \cos(bb) \times \cos(aa - a) \quad (12)$$

Berdasarkan persamaan (10), untuk mendapatkan *bearing* kita perlu mendapatkan hasil pembacaan kompas dari sumbu y dan x terlebih dahulu.

I. Perancangan Perangkat Lunak Arah Gerak Motor

Arah gerak motor sangat dipengaruhi oleh hasil pembacaan dari *bearing* wahana. Seperti yang telah terlihat pada **Gambar 10** sebelumnya, terdapat sub proses dari sistem gerak rotasi yang ditunjukkan dengan sub proses Rotasi *clockwise* (CW) dan Rotasi *counter clockwise* (CCW). Algoritma arah gerak motor ditunjukkan pada **Gambar 11**. Diagram alir pada **Gambar 11** dimulai dari sub program gerak rotasi. Pada sistem yang dibuat, peneliti menggunakan acuan derajat sebesar 5°, sehingga ketika wahana berputar untuk menyesuaikan posisi sesuai *bearing* tujuan, namun arah putarannya memiliki simpangan lebih dari acuan derajat yang telah ditentukan, maka sistem akan menyesuaikan posisi wahana agar mendapatkan *bearing* yang paling ideal dengan besar simpangan tidak melebihi acuan derajat yang telah diatur sejauh 5°.



Gambar 11. Flowchart Arah Gerak Motor Counterclockwise Dan Clockwise

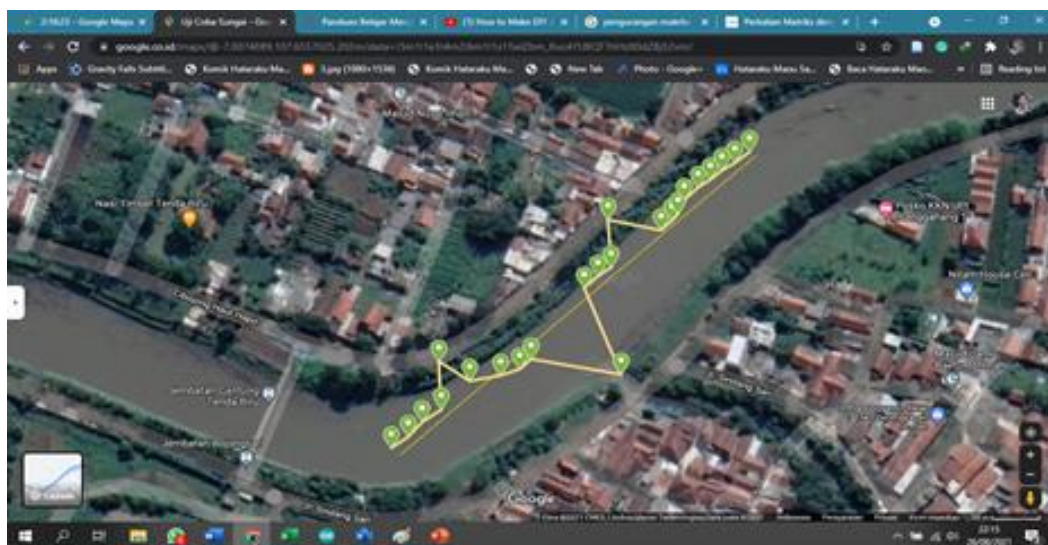
II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Estimasi Posisi A-GPS

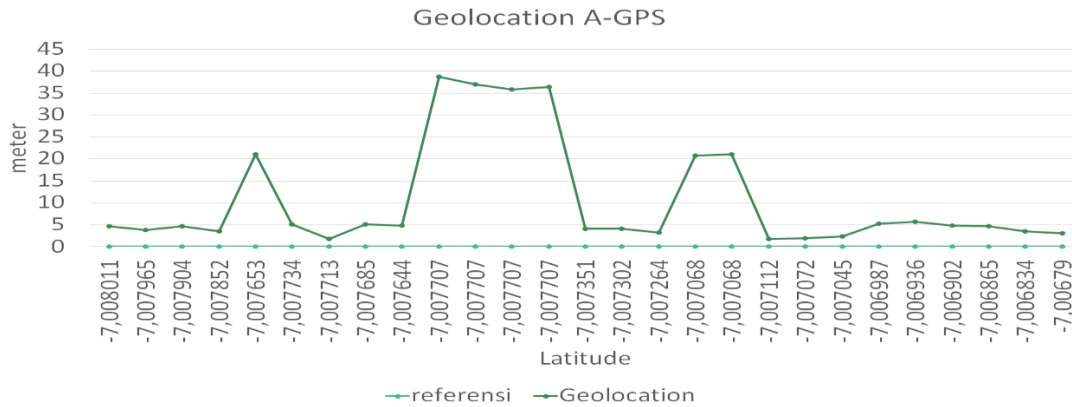
Tahap uji coba diawali dengan mengakses koordinat posisi A-GPS melalui *Google Geolocation API*. Tahap pengujian dilakukan dengan cara membawa penerima A-GPS pada garis lurus sejauh 200 meter untuk mengetahui karakteristik dari A-GPS yang didapat. Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Gambar 12**. Perlu diketahui jika proses pengujian masih dilakukan secara manual atau dengan kata lain penerima A-GPS belum digunakan untuk bernavigasi secara *autonomous* mengikuti *waypoint*, namun penerima A-GPS hanya

membaca estimasi posisi ketika wahana bergerak dengan kendali *manual*.

Berdasarkan hasil pengujian terlihat jika hasil pembacaan posisi sangat tidak presisi. Terlihat error paling jauh sejauh 38 meter. Hal tersebut disebabkan karena faktor medan yang terkenal memiliki sinyal yang kurang baik untuk salah satu operator seluler sehingga network yang didapatkan tidak stabil. Data hasil pengujian estimasi posisi *geolocation* A-GPS juga dapat dilihat pada grafik seperti **Gambar 13** berikut.



Gambar 12. Plot Hasil Pengujian Geolocation



Gambar 13. Grafik Estimasi Posisi Geolocation A-GPS

B. Pengujian Gerak Rotasi

Pengujian tahap selanjutnya yaitu menguji gerak rotasi dari wahana. Tahap pengujian dilakukan dengan cara memasukan *bearing* target lalu wahana akan dinyalakan untuk mengetahui bagaimana wahana dapat menyesuaikan arah gerak rotasi actuator. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali, Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Tabel I** berikut.

Tabel I. Hasil Pengujian Gerak Rotasi

Berdasarkan hasil pengujian gerak rotasi,

No	bearing awal	bearing target	bearing tercapai	rotasi motor	selisih
1	0°	90°	89°	CW	1°
2	90°	180°	181°	CW	-1°
3	180°	270°	269°	CW	1°
4	270°	180°	0°	CCW	0°
5	350°	90°	88°	CW	2°
6	0°	350°	351°	CCW	-1°
7	45°	90°	0°	CW	0°
8	90°	0°	0°	CCW	0°
9	0°	180°	178°	CW	2°
10	180°	350°	347°	CW	3°
11	200°	0°	1°	CW	-1°
12	330°	90°	93°	CW	-3°
13	0°	45°	0°	CW	0°
14	0°	180°	183°	CW	-3°
15	0°	200°	198°	CCW	2°
16	90°	180°	0°	CW	0°
17	180°	90°	0°	CCW	0°
18	45°	0°	0°	CCW	0°
19	270°	350°	348°	CW	2°
20	0°	180°	182°	CW	-2°

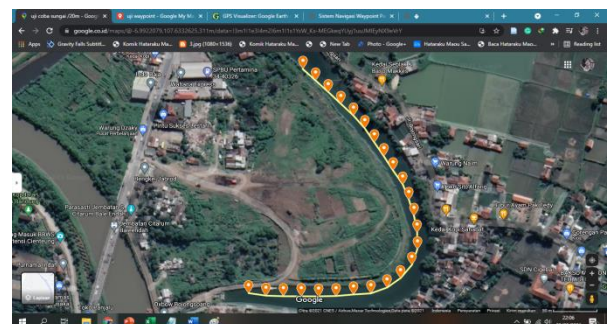
didapatkan hasil mengenai keberhasilan wahana dalam menyesuaikan *bearing* terhadap *bearing* tujuan dengan simpangan paling jauh sebesar 3°.

C. Pengujian Estimasi Posisi GPS

Pengujian estimasi posisi menggunakan sensor penerima *Global Positioning System* (GPS) digunakan sebagai pembanding dalam proses pengujian navigasi wahana. Tahap pengujian estimasi posisi GPS diawali dengan metode manual terlebih dahulu. Sensor penerima GPS dibawa secara *manual* untuk membaca posisi ketika wahana sedang bergerak secara *manual*. Berdasarkan hasil pengujian, estimasi posisi GPS terlihat cukup presisi dengan *error* terjauh sejauh 4,5 meter. Hasil dari pengujian estimasi posisi GPS dapat dilihat pada **Gambar 14** dan **Gambar 15** untuk tampilan grafik *error* dari pengujian estimasi posisi GPS.

D. Pengujian Sistem Navigasi

Tahap pengujian dilakukan dengan cara membawa wahana pada garis referensi yang telah diketahui koordinat *latitude* dan *longitudenya*. Adapun garis referensi yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 16** berikut. Proses pengujian akan membandingkan antara hasil estimasi posisi antara A-GPS dan GPS. Membandingkan kedua pembacaan tersebut dimaksudkan untuk mengetahui estimasi posisi yang mana yang lebih akurat dan stabil.



Gambar 16. Plot Garis Referensi

Garis referensi tersebut memiliki jarak total sejauh 500 meter dengan jarak antar setiap titik koordinat sejauh 20 meter dan radius *waypoint* diatur sejauh 3 meter. Pengujian dilakukan pada kecepatan ± 10 km/j dan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Pengujian sistem navigasi berbeda dengan pengujian sebelumnya pada tahap pengujian A-GPS dimana sebelumnya wahana dibawa secara manual sehingga tingkat keberhasilan navigasinya belum dapat dipastikan. Pada pengujian ini, wahana sudah dioperasikan secara *autonomous* sehingga sudah dapat diketahui keberhasilannya. Adapun hasil pengujian yang ditampilkan meliputi grafik *waypoint* yang tercapai seperti yang terlihat pada **Gambar 17**, lalu plot pada *Google Maps* terkait *waypoint* yang tercapai pada **Gambar 18**. Adapula grafik data navigasi keseluruhan yang dapat dilihat pada **Gambar 19** dan juga plot pada *Google Maps* terkait data navigasi keseluruhan yang ditunjukkan pada **Gambar 20**.

Berdasarkan hasil pengujian, koordinat *latitude* yang diambil sebagai *sample* untuk dilihat pada grafik menunjukkan simpangan terbesar sejauh 2,31 meter untuk *waypoint yang* tercapai. Sedangkan secara keseluruhan, simpangan terjauh dari garis referensi sejauh 2,67 meter. Dari pengujian ini kita dapat melihat jika wahana akan berusaha untuk menyesuaikan posisi untuk mencapai titik *waypoint* sehingga didapatkan hasil jika wahana dapat bernavigasi menggunakan kompas dan estimasi posisi dari A-GPS dengan rata-rata akurasi sebesar 1,5 meter. Namun pada pengujiannya ada faktor yang terkadang membuat wahana menjadi kesulitan dalam menyesuaikan arah gerak menuju titik tujuan. Faktor tersebut

dipengaruhi oleh arus air dan angin yang memicu bergesernya posisi wahana dari posisi yang diinginkan. Adajuga faktor yang perlu diperhatikan yaitu terkait posisi medan yang harus mempertimbangkan kekuatan sinyal agar ESP8266 dapat menangkap *network* yang lebih baik. xxx

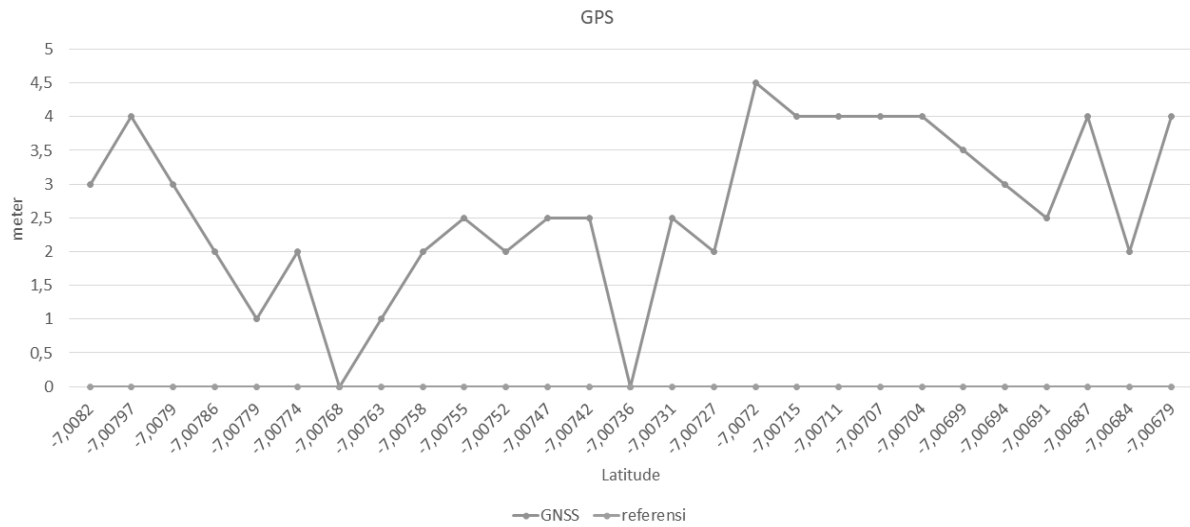
Metode pengujian yang dilakukan nyatanya masih memiliki keterbatasan. Keterbatasan tersebut disebabkan dari bagaimana estimasi posisi A-GPS didapatkan. Untuk mendapatkan estimasi posisi terbaik, maka wahana membutuhkan *access point* yang selalu aktif dan tidak terlalu jauh dari ESP8266 yang mana ESP8266 digunakan untuk mendapatkan data *geolocation* dengan menggunakan koneksi *wi-fi* [12].

Karena hal tersebut, peneliti mengambil resiko untuk menempatkan *smartphone* pada wahana agar tetap memberikan koneksi internet kepada ESP8266. Selain hal tersebut, proses menampilkan data navigasi wahana tidak dilakukan secara *real time*. Namun untuk pengambilan data navigasi wahana ketika berjalan menuju *waypoint*, menggunakan sistem *data logger*. Implementasi wahana pada penelitian ini mengedepankan efisiensi biaya namun tetap memperhatikan fungsi yang sama dengan implementasi wahana yang menggunakan komponen-komponen yang terbilang mahal. Namun karena hal itu proses pengujianpun menjadi terbatas dikarenakan keterbatasan kinerja dari beberapa komponen.

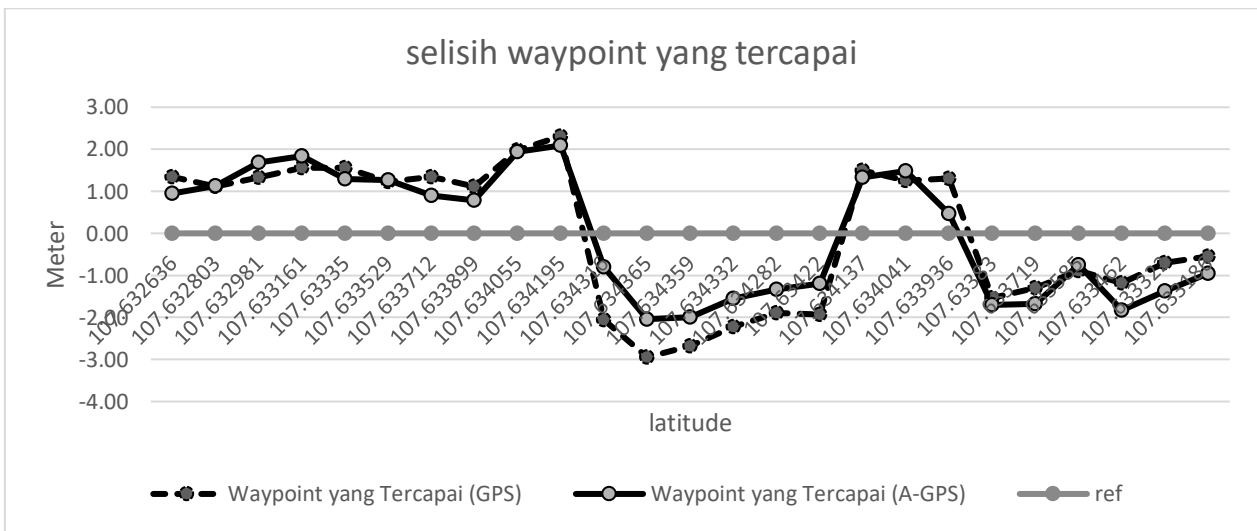
Dengan adanya penelitian ini, sistem estimasi posisi dari A-GPS teruji memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan estimasi posisi GPS. Namun tingkat kestabilan dari GPS teruji lebih stabil dibandingkan A-GPS yang berbasis jaringan seluler [6].



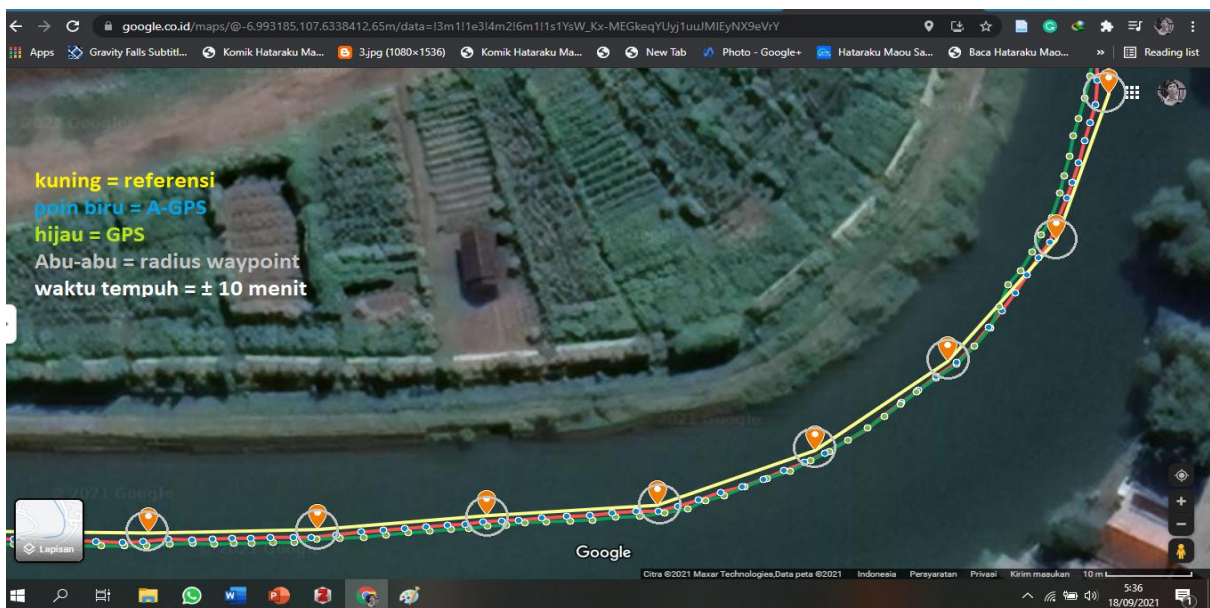
Gambar 14. Plot Hasil Pengujian GPS



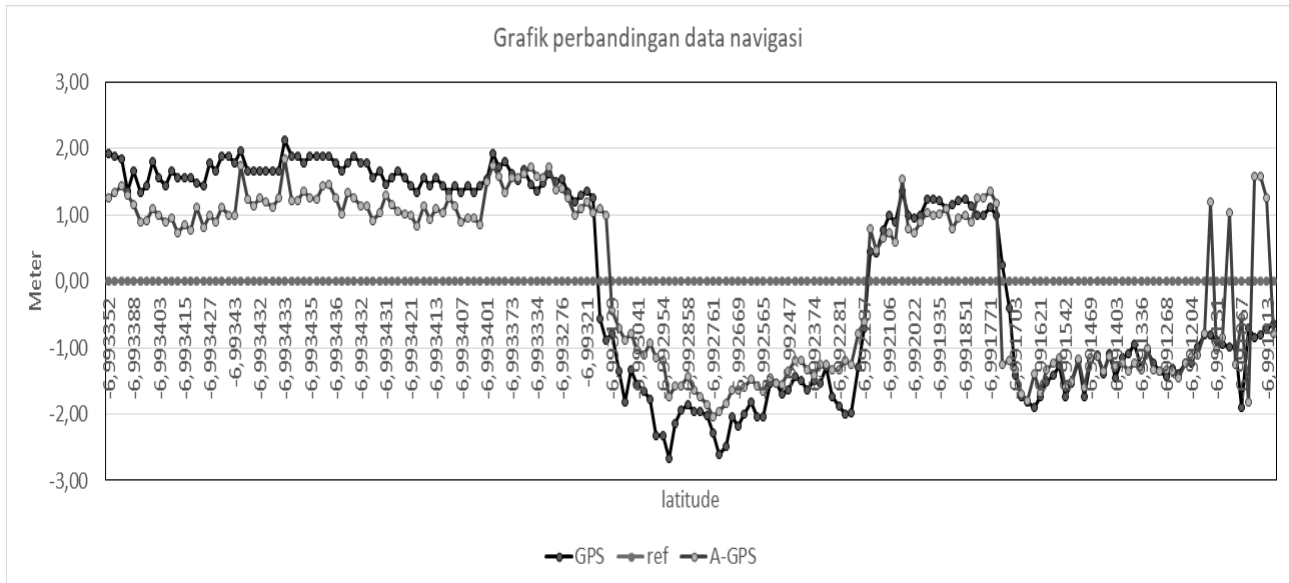
Gambar 15. Grafik Estimasi Posisi GPS



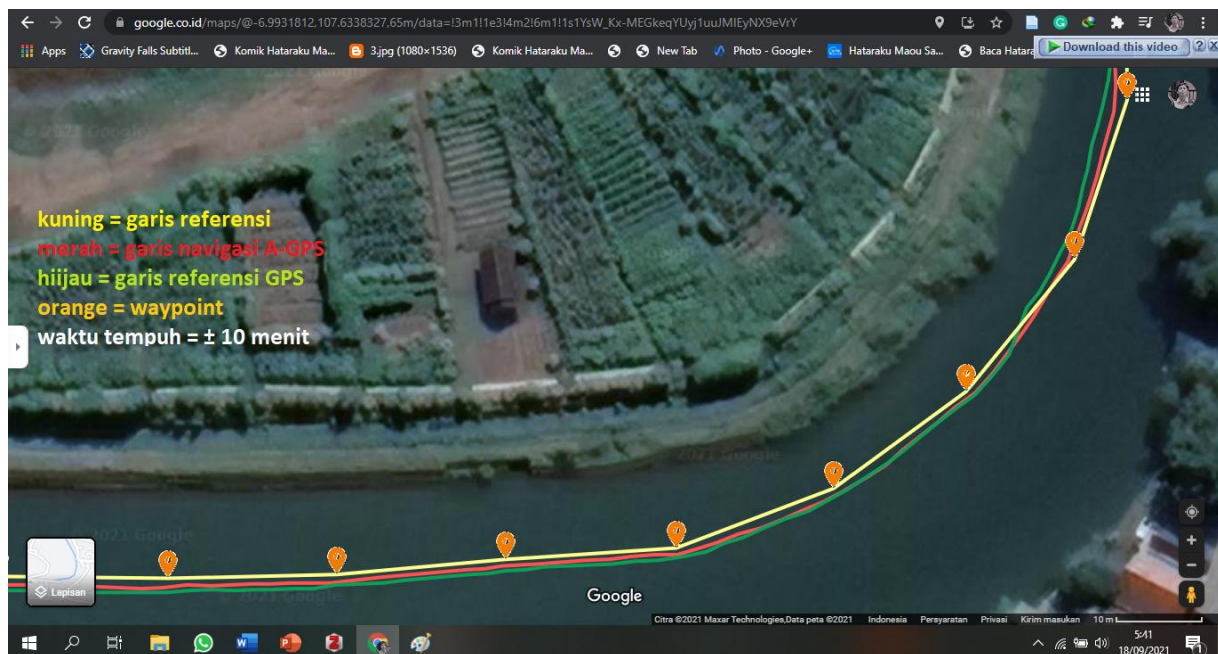
Gambar 17. Grafik Navigasi Waypoint Tercapai



Gambar 18. Plot Waypoint Tercapai Pada Google Maps



Gambar 19. Grafik Navigasi Keseluruhan



Gambar 20. Plot Navigasi Wahana Pada Google Maps

III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, terkait keberhasilan sistem navigasi wahana berbasis kompas dan A-GPS, sistem mampu meningkatkan akurasi data lokasi dengan rata-rata 2 meter, wahana juga teruji dapat mencapai *waypoint* dengan rata-rata akurasi sebesar 1,5 meter dan gerak rotasi yang dapat mencapai bearing target dengan selisih paling jauh sebesar 3°. Sistem tersebut memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan sebelumnya menggunakan sistem GPS dengan hasil estimasi posisi mencapai rata-rata 2,5 meter. Hanya saja,

pada penelitian ini tingkat presisi data yang didapat oleh A-GPS perlu *disetting* agar tetap membaca data lokasi dalam mode akurasi tinggi, sehingga *error* yang terjadi pada tahap pengujian A-GPS tidak akan terjadi lagi. Perlu diperhatikan juga, adanya faktor arus air yang cukup mempengaruhi keberhasilan navigasi wahana, maka disarankan untuk menambahkan parameter arus air untuk menjadi fokus penelitian selanjutnya. Dengan adanya penelitian ini, pemilihan A-GPS sebagai estimasi posisi dapat menjadi alternatif untuk navigasi wahana *autonomous*. Penggunaan A-GPS yang terhubung dengan jaringan seluler memiliki

keunggulan dibandingkan pembacaan dari GPS dari segi akurasi meskipun dalam posisi di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yan, S. Pang, H. Sun, and Y. Pang, "Development and missions of unmanned surface vehicle," *J. Mar. Sci. Appl.*, vol. 9, no. 4, pp. 451–457, Dec. 2010, doi: 10.1007/s11804-010-1033-2.
- [2] K. W. Park, J.-W. Suh, B.-S. Seo, M. J. Lee, and C. Park, "Design of signal acquisition and tracking process based on multi-thread for real-time GNSS software receiver," in 2016 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS), Jun. 2016, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICL-GNSS.2016.7533688.
- [3] L. Tang and P. Abplanalp, "GPS guided farm mapping and waypoint tracking mobile robotic system," in 2014 9th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Jun. 2014, pp. 1676–1681. doi: 10.1109/ICIEA.2014.6931437.
- [4] H. Cao, Z. Guo, Y. Gu, and J. Zhou, "Design and Implementation of Unmanned Surface Vehicle for Water Quality Monitoring," in 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC), Oct. 2018, pp. 1574–1577. doi: 10.1109/IAEAC.2018.8577260.
- [5] Z. Dong, W. Li, and Y. Zhou, "An autonomous navigation scheme for UAV in approach phase," in 2016 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference (CGNCC), Aug. 2016, pp. 982–987. doi: 10.1109/CGNCC.2016.7828919.
- [6] N. Y. Ko, H. T. Choi, C.-M. Lee, and Y. S. Moon, "Navigation of unmanned surface vehicle and detection of GPS abnormality by fusing multiple sensor measurements," in OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey, Sep. 2016, pp. 1–5. doi: 10.1109/OCEANS.2016.7761456.
- [7] R. Firdaus dan D. A. Jatmiko. "Design And Implementation Of GPS Sensor In Multirotor Navigation System | Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan", Accessed: Sep. 23, 2021. [Online]. Available: <https://ojs.unikom.ac.id/index.php/telekontran/article/view/3069>
- [8] G. M. Djuknic and R. E. Richton, "Geolocation and assisted GPS," *Computer*, vol. 34, no. 2, pp. 123–125, Feb. 2001, doi: 10.1109/2.901174.
- [9] Y. Lei and W. Yuanfei, "Marine navigation services based on COMPASS(Beidou) and GPS," in 2012 Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation, and Location Based Service (UPINLBS), Oct. 2012, pp. 1–7. doi: 10.1109/UPINLBS.2012.6409785.
- [10] A. V. Kramlikh, I. A. Lomaka, and S. V. Shafran, "Estimating the Inertial Characteristics of a Nanosatellite Using a Radio Compass Based on GNSS Technology," in 2019 26th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems (ICINS), May 2019, pp. 1–4. doi: 10.23919/ICINS.2019.8769358.
- [11] Inamullah, M. M. Kamal, I. Khan, and S. K. Haider, "Compensation of magnetic sensor with electric compass," in 2017 7th IEEE International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation, and EMC Technologies (MAPE), Oct. 2017, pp. 467–470. doi: 10.1109/MAPE.2017.8250898.
- [12] E. Nakata, T. Ebihara, and K. Mizutani, "Mobile robotic access point for transitional optimization of wireless access point positioning," in 2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), Oct. 2014, pp. 439–441. doi: 10.1109/GCCE.2014.7031245.