

RANCANG BANGUN KONTROL PERGERAKAN POSISI KAPAL DENGAN SISTEM *WAYPOINT* BERBASIS GPS MENGGUNAKAN METODE PID

Shinta Devionita, Suryadi Thoha, Joko Subur

Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya, Indonesia

Jl. Arif Rahman Hakim, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, Jawa Timur 60111 e-mail :

sdevionita97@gmail.com

ABSTRACK

Mengingat sangat mahalnya peralatan teknologi perkapalan saat ini sehingga menyebabkan masyarakat kalangan menengah masih menggunakan sistem manual dalam mengemudikan kapal untuk mencapai tujuan pelayaran. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem perkapalan untuk mengontrol pergerakan pengendali kapal menuju arah tujuan secara otomatis sesuai koordinat yang ditentukan. Sistem ini terdiri dari modul GPS (Global Positioning System), Sensor Kompas, Arduino Uno, Motor Servo, dan Metode PID. Disini modul GPS yang digunakan bertujuan sebagai receiver atau penerima untuk mengetahui posisi garis lintang dan garis bujur pada kapal dalam 10 kali pengujian. Sensor kompas bertujuan untuk mengetahui arah hadap kapal, dengan acuan data kompas yang telah terkalibrasi dan nilai eror yang diperoleh. Arduino uno sebagai sistem mikrokontroler untuk menyimpan atau pemroses data. Motor servo bertujuan sebagai penggerak tuas motor apakah sesuai dengan perintah nilai derajat pada program yang telah dibuat pada arduino. Metode PID yang digunakan disini sebagai kontroller, yaitu menjaga posisi kendali pada kapal agar dapat mengikuti lintasan waypoint yang telah direncanakan sebelumnya. Langkah pertama yang dilakukan dengan cara mengetahui nilai Kp, Ki dan Kd yang telah didapat pada pengujian. Sehingga menghasilkan nilai Kp = 2, Ki = 0,8 dan Kd = 0,5.

Keywords: Modul GPS, Sensor Kompas, Arduino Uno, Motor Servo. Metode PID.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas lautan 70% dari daerah teritorialnya. Hal ini membuat Indonesia kaya akan hasil laut dan memiliki potensi besar menjadi poros maritim dunia. Poros maritim dunia merupakan sebuah gagasan strategis yang diwujudkan untuk menjamin konektivitas antar pulau, pengembangan industri perkapalan dan sumber devisa negara. Sehingga dibutuhkan transportasi air berupa kapal untuk mempermudah aktivitas manusia. Kapal adalah alat transportasi air yang dapat mengapung dan digerakkan dengan energi mekanik. Namun dalam operasinya, kondisi medan perairan yang berubah - ubah secara terus menerus mengakibatkan kurangnya keakurasian arah posisi pada kapal. (Mora, dkk., 2018).

Penggunaan teknologi *autopilot* yang diterapkan pada kapal dianggap akan lebih mudah dan tepat. Sistem kendali berbasis GPS (*Global Positioning System*) pada kapal sangat membantu pengemudi untuk melakukan aktivitas di wilayah perairan, yang sulit dijangkau seperti hutan payau atau sungai-sungai kecil yang tidak dapat dilalui kapal besar. Kemudahan dalam melakukan aktivitas lingkungan perairan dengan biaya operasional yang

mudah dan minim resiko bahaya bagi pengemudi serta penumpang. (Zaky dkk, 2018).

Kapal *autopilot* disini tidak menggunakan pengemudi dan bekerja secara otomatis pada target yang telah ditentukan dengan tujuan tertentu. Kapal *autopilot* bisa digunakan untuk menjalankan aktivitas pengemudi dan penumpang yang berguna sebagai penentu keakurasian posisi kapal. Maka dari itu sistem, *waypoint* yang digunakan sebagai penentu arah posisi kapal sangat dipertimbangkan. *Waypoint* adalah istilah dalam GPS untuk suatu lokasi yang telah ditandai yang terdiri dari koordinat lintang (*latitude*) dan bujur (*longitude*). Penentuan *waypoint* pada kapal kali ini menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derrivative*) yang berfungsi sebagai pengontrol kendali posisi pada kapal. PID yang terhubung dengan mikrokontroler akan mengontrol motor servo sebagai penggerak kemudi kapal menuju *waypoint* yang telah ditentukan. (Zaky dkk, 2018).

2. TINJAUAN PUSTAKA

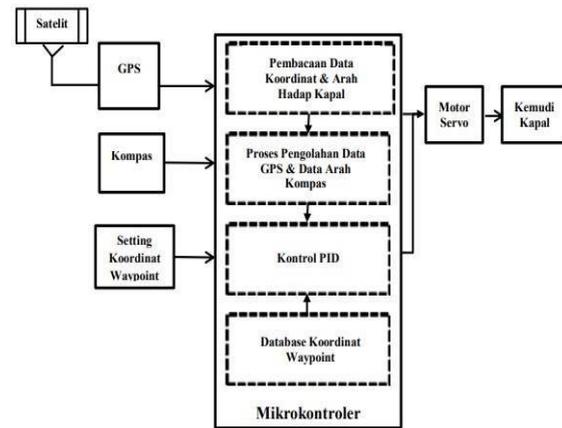
Sistem ini memberikan kemudahan dalam pengumpulan data dan pengawasan pada lingkungan perairan yang memiliki banyak resiko bila dilakukan secara manual. Track arah perjalanan yang sedang ditempuh dengan menggunakan

GPS telah digambarkan dalam garis pada display GPS dan xtrack. Dalam penelitian ini telah ditemukan selisih antara *track waypoint*. Dari tabel nanti dapat dilihat nilai rata-rata *xtrack* sangat bagus, kecuali di titik koordinat 1 atau waypoint 1 karena *waypoint radius* sebesar 6 meter. (Zaky dkk, 2018)

Jarak *waypoint* adalah jarak antara titik kordinat yang dilalui kapal tanpa awak, jarak antara *home* ke waypoint 1 sekitar 24 meter yang akan ditempuh kapal tanpa awak kemudian antara waypoint 1 menuju waypoint 2 sepanjang 33 meter dan jarak kembali pada titik awal atau *home* sepanjang 34 meter. Kapal akan menuju arah tujuan dengan membandingkan koordinat *waypoint* dengan koordinat kapal yang sebenarnya. Pada pengujian lapangan dengan menggunakan 2 waypoint yang berjarak sepanjang 33 meter, sistem berhasil menggerakkan kapal dengan nilai selisih pada jalur sebenarnya (*xtrack*) rata-rata - 0.33 meter. (Zaky dkk, 2018).

3. METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah proses jalannya metode penelitian, dibawah ini merupakan proses diagram blok sistem yang telah dirancang, diantaranya :



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

A. Prinsip Kerja Diagram Blok Sistem :

Terdapat tiga input yang berupa GPS, kompas, dan *setpoint* koordinat *waypoint*. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu. Inyal pemancar dari satelit akan ditangkap melalui GPS.

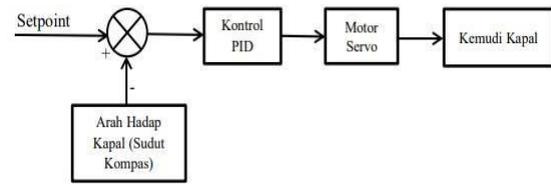
Kompas disini berfungsi sebagai penentu arah posisi, agar informasi hasil posisinya sesuai isi format data tersebut. Maka pemasangannya harus dilakukan secara tepat. Pada input yang ketiga, sistem navigasi *waypoint* dapat mencapai posisi tujuan dengan akurasi 5 meter (*radius*). Sistem navigasi *waypoint* dapat menyelesaikan misi dengan rute maksimal terdiri dari 10 posisi tujuan.

Dari ketiga input tersebut menghasilkan keluaran masing-masing, untuk keluaran GPS yaitu berupa data NMEA (*National Marine Electronics*

Association) yang dikirimkan ke dalam mikrokontroler, sedangkan untuk keluaran dari kompas itu sendiri berupa data sudut yang juga dikirimkan ke mikrokontroler. Keluaran dari setpoint koordinat waypoint berupa database sudut dan arah. Di dalam mikrokontroler, terdapat keluaran dari data GPS yang berupa data NMEA dengan bahasa C pada mikrokontroler. Sedangkan keluaran dari kompas yang berupa data sudut tersebut juga akan dipilah untuk menentukan titik koordinat sudut lintang bujurnya (latitude dan longitude), kemudian di dalam mikrokontroler, hasil keluaran dari GPS dan kompas akan diproses menggunakan metode PID.

Metode PID disini berfungsi sebagai kontroller, yang nantinya menghasilkan keluaran berupa database koordinat waypoint. Database koordinat waypoint tersebut digunakan untuk menggerakkan motor servo. Motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo itu sendiri. Selain itu juga berfungsi sebagai penggerak rudder untuk mengarahkan poros kapal agar bisa berputar arah baliknya, setelah itu hasilnya akan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai parameter.

Berikut ini merupakan rancangan blok diagram sistem pada kontrol PID :



Gambar 2. rancangan blok diagram sistem pada kontrol PID

Dari penjelasan sistem kontrol PID diatas dapat disimpulkan bahwa langkah awal yang harus dilakukan yaitu menentukan setpointnya, Lalu menentukan arah hadap kapal dengan menggunakan sudut kompas, Agar dapat diproses hasilnya menggunakan PID, sedangkan motor servonya itu sendiri berfungsi untuk menggerakkan poros pada kemudi kapal agar dapat berjalan dengan baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan menjelaskan tentang data pengujian dan analisa sistem yang merupakan tahap akhir dari realisasi Rancang Bangun Kontrol Pergerakan Posisi Navigasi Kapal Dengan Sistem *Waypoint* Berbasis GPS Menggunakan Metode PID, pada tahap ini pengujian dan pengambilan data yang digunakan merupakan real-time, serta pada tahap yang paling penting untuk mengetahui tingkat keberhasilan, keunggulan dan kekurangan dari sistem tersebut. Sehingga dengan begitu dapat diketahui sistem yang telah dibuat

menghasilkan keluaran yang diinginkan. Pengujian dan analisa yang dilakukan meliputi sistem secara keseluruhan.

A. Pengujian Data GPS GY-NEO6MV2

Dari pengujian rangkaian modul GPS GY-NEO6MV2 telah diperoleh hasil Data titik koordinat berupa *latitude* dan *longitude*. Bentuk perhitungannya seperti ini :

Perhitungan Rata – Rata Error :

Total Error : 10 Jumlah Lokasi = %
 10,6 : 10 lokasi = 1,06 % (Data Latitude)
 Total Error : 10 Jumlah Lokasi = %
 11,2 : 10 lokasi = 1,12 % (Data Longitude)

Tabel 1. Perhitungan Tabel Error

Lokasi	Data Latitude			Data Longitude		
	Alat	Google Maps Hp	Error	Alat	Google Maps Hp	Error
1	-7.290886	-7.291162	0,05 %	112.801579	112.801643	0,17 %
2	-7.290464	-7.290390	2,1 %	112.800012	112.799842	0,35 %
3	-7.290411	-7.290387	0,13 %	112.795867	112.799850	1,62 %
4	-7.291079	-7.290314	1,22 %	112.791153	112.796066	0,77 %
5	-7.289869	-7.289872	0,45 %	112.784929	112.784873	1,85 %
6	-7.289503	-7.289563	1,62 %	112.781581	112.781578	0,92 %
7	-7.288699	-7.288832	0,75 %	112.800410	112.801902	1,75 %
8	-7.286651	-7.286670	1,17 %	112.801170	112.801603	0,88 %
9	-7.283738	-7.283760	1,23 %	112.802646	112.802650	1,92 %
10	-7.285164	-7.285354	1,88 %	112.802381	112.802238	0,97 %
Rata-Rata Error	Data Latitude		1,06 %	Data Longitude		1,12 %

B. Pengujian Data Kompas

Dari pengujian rangkaian modul kompas tipe GY-271-HMC5883L ini telah diperoleh hasil data percobaannya :

Tabel 2. Pengujian Data Kompas

Percobaan	Data Alat	Data Kompas Alat Terkalibrasi	Error
1	0°	0,05	0,05
2	12°	12,18	0,18
3	36°	36,1	0,1
4	49°	50,02	1,02
5	62°	63,12	1,12
6	77°	78,7	1,7
7	98°	98,24	0,24
8	110°	110,38	0,38
9	232°	232,07	0,07
10	260°	261,08	1,08
Rata –Rata Error :			0,594

Dari tabel diatas dapat disimpulkan keberhasilan sensor GPS dan sensor kompas yang dirangkai pada sistem *hardwere* dengan sistem google maps pada handphone. Keduanya sangat berkesinambungan dalam menangkap sinyal data yang dipantulkan oleh satelit-satelit yang ada diorbit hingga mencapai tingkat keberhasilan tinggi dan nilai dari pembacaan sensor tergolong berubah-ubah dikarenakan pergerakan alatnya yang bergerak. Sehingga dirumuskan dalam perhitungan seperti ini :

C. Pengujian Data Motor Servo

Pada pengujian motor servo dapat diketahui pergerakan tuas motor apakah sesuai dengan perintah nilai derajat pada program yang telah dibuat pada arduino. Dari pengujian data tersebut dapat diketahui pergerakan motor servo hampir mendekati nilai derajat yang telah dimasukkan pada program.

Tabel 3. Perhitungan Data Motor Servo

Pengujian	Nilai Perintah Program	Posisi Poros Servo	Selisih Pegerasan
1	Pos = 10	10°	0°
2	Pos = 30	32°	2°
3	Pos = 50	53°	3°
4	Pos = 60	61°	1°
5	Pos = 80	83°	3°
6	Pos = 100	102°	2°
7	Pos = 120	123°	3°
8	Pos = 140	141°	1°
9	Pos = 160	162°	2°
10	Pos = 180	178°	2°

D. Pengujian Data Kemudi Kapal

Pada pengujian data kemudi kapal (*rudder*) ini diharapkan akan diketahui seberapa tajam manuver kapal untuk berbelok sesuai derajat kemudinya. Posisi kemudi adalah posisi kapal bergerak lurus. Pergerakan belok kapal dipengaruhi oleh kecepatan dan lebar dari kemudi atau *rudder* kapal itu sendiri.

Tabel 4. Perhitungan Data Kemudi Kapal

Percobaan	Posisi Kemudi	Arah Gerak Kapal Dalam Waktu 5 Detik
1	90°	Lurus
2	80°	Belok Kiri 10°
3	70°	Belok Kiri 25°
4	100°	Belok Kanan 10°
5	110°	Belok Kanan 20°
6	120°	Belok Kanan 30°

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pergerakan kemudi dari posisi 90 derajat ke 70 derajat akan menghasilkan pergerakan kapal belok kiri dan posisi 90 derajat ke 120 akan menghasilkan pergerakan kapal belok ke kanan. Ketelitian manuver dipengaruhi oleh *body* kapal, bentuk *rudder* dan kecepatan kapal.

E. Pengujian Data Koordinat Waypoint

Pada pengujian ini dapat diketahui posisi lintang dan bujur pada GPS dan melihat pada gambar GPS yang ditampilkan oleh google maps.



Gambar 3. Titik Koordinat Awal



Gambar 4. Titik Koordinat Akhir

Pada pengujian data waypoint dari titik awal ke titik akhir GPS google maps telah dilakukan pengambilan data yang dibagi menjadi 10 kali pengambilan data diantaranya berikut ini :

Tabel 5. Pengujian Data *Way Point*

No	Koordinat Titik Awal	Koordinat Titik Akhir	Selisih Garis Lintang	Selisih Garis Bujur
1	-7.290822,112.801537	-7.291017,112.801236	0,000195	0,000301
2	-7.291017,112.801236	-7.290970,112.799751	0,000047	0,001485
3	-7.290970,112.799751	-7.290831,112.798806	0,000139	0,000945
4	-7.290831,112.798806	-7.290653,112.797836	0,000178	0,000097
5	-7.290653,112.797836	-7.290682,112.797291	0,000029	0,000545
6	-7.290682,112.797291	-7.290758,112.796716	0,000076	0,000575
7	-7.290758,112.796716	-7.290910,112.795567	0,000152	0,001149
8	-7.290910,112.795567	-7.290961,112.794597	0,000051	0,000970
9	-7.290961,112.794597	-7.290771,112.793934	0,000019	0,000663
10	-7.290771,112.793934	-7.290723,112.793493	0,000480	0,000441

Dari pengujian tersebut dapat dirumuskan arah tujuan adalah garis lurus menuju ke arah barat dengan masing masing pengambilan data sejauh 200 m. Total tujuannya sejauh 2 km.

F. Pengujian Data PID Kemudi Servo

Untuk mendapatkan hasil PID yang akan dikonversi ke nilai servo sebagai penggerak kemudi. Persamaan nilai keluaran dari kontrol PID, dirumuskan sebagai :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \tag{1}$$

Dari rumus diatas dapat dijelaskan bahwa nilai keluaran $u(t)$ merupakan jumlah dari gain proportional (K_p), gain integral (K_i), dan gain derivative (K_d) yang masing-masing dipengaruhi oleh error (e) dalam selang waktu (t) tertentu. Pada teknis pengujian ini kontroler PID digunakan untuk menjaga posisi kendali pada kapal agar dapat mengikuti lintasan *waypoint* yang telah direncanakan sebelumnya. Jadi harus diketahui dahulu posisi kemudi kapalnya menunjukkan arah berapa derajat ketika berada pada posisi lurus, belok kanan ataupun belok kiri. Sehingga hasil keluaran kontroler PID

nantinya dapat dikonversikan untuk mendapatkan nilai kemudi sebagai penggerak kapal yang utama.

```

devi_waypoint

void kontrol_pid(){
  error = nilaisp - arahnya;
  p = error * nilaikip;
  sumerr = error + errorx;
  i = nilaiki * sumerr;
  selisih = error - errorx;
  d = nilaikd * selisih;
  pid = p + i + d;
  errorx=error;
  if(pid <-1){
    datamin=pid*(-1);
    datamin=datamin/1.5;
    datamin=90+datamin;
    pos=datamin;
  }
  if(pid>0 && pid<10 ){
    pos=pid+90;
  }
  if(pid>10 && pid<1000 ){
    int rumus=pid/20;
    pos=90-rumus;
  }
}
    
```

Gambar 5. Konversi PID

```

devi_waypoint

void gerak_kemudi(){
  if(pid <-1){
    datamin=pid*(-1);
    datamin=datamin/1.5;
    datamin=90+datamin;
    pos=datamin;
  }
  if(pid>0 && pid<10 ){
    pos=pid+90;
  }
  if(pid>10 && pid<1000 ){
    int rumus=pid/20;
    pos=90-rumus;
  }
}
    
```

Gambar 6. Proses Gerak Kemudi

Proses Gerak Kemudi Percobaan merupakan tabel untuk menentukan nilai K_p , K_i dan K_d yang menghasilkan eror *setpoint* paling terkecil serta menghasilkan output PID yang sesuai untuk diubah ke posisi derajat servo pada kemudi. Nilai *setpoint* dalam percobaan ini adalah nilai kompas arah barat.

1. Percobaan Penentuan Nilai

No.	Rumus PID						Respon Gerak Kemudi
	Sensor Kompas	Setpoint	Nilai Kp	Nilai Ki	Nilai Kd	PID	
1	320	325	2	0,8	0,5	16,5	Stabil
2	320	325	2	1,5	1	22,5	Tidak Stabil
3	320	325	3	2	2	35	Tidak Stabil
4	320	325	3	2,5	2	31,5	Tidak Stabil
5	320	325	4	3	3	50	Tidak Stabil
6	320	325	4	3,5	3	52,5	Sangat Tidak Stabil
7	320	325	5	4	4	65	Sangat Tidak Stabil
8	320	325	5	4,5	4	67,5	Sangat Tidak Stabil
9	320	325	6	6	5	85	Sangat Tidak Stabil
10	320	325	6	6,5	5	87,5	Sangat Tidak Stabil

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai Kp, Ki dan Kd yang menghasilkan nilai PID yang paling mendekati nilai untuk diproses ke derajat servo merupakan nilai yang dianggap stabil. Dari kedua gambar diatas, dapat diketahui proses pengontrolan PID untuk menghasilkan nilai yang dapat dikonversi ke proses nilai servo kemudi. Posisi servo kemudi berada pada 90 derajat ketika posisi lurus, kurang dari 90 derajat menghasilkan posisi belok kiri dan lebih dari 90 derajat merupakan posisi belok kanan. Percobaan nilai kontrol PID ini didapatkan melalui pengujian *trial and error* yang diperoleh hasil nilai erornya kecil, sehingga nilai Kp, Ki dan Kd yang didapatkan sebagai berikut :

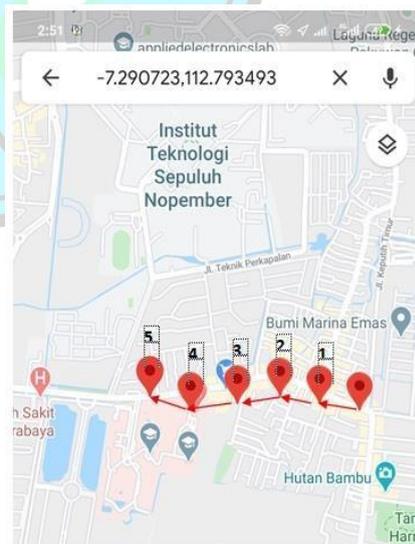
$$Kp = 2 ; Ki = 0,8 ; Kd = 0,5 \quad (2)$$

2. Pengujian PID Kemudi Servo

Tabel 4.8 Pengujian Data PID Kemudi Servo

No	Koordinat Titik Awal GPS	Koordinat Titik Akhir GPS	Kompas	Arah Kemudi Servo	Posisi
1	-7.290822,112.801537	-7.291017,112.801236	323°	92°	Lurus
2	-7.291017,112.801236	-7.290653,112.797836	324°	95°	Serong Kanan
3	-7.290653,112.797836	-7.290758,112.796716	328°	88°	Serong Kiri
4	-7.290758,112.796716	-7.290961,112.794597	330°	86°	Serong Kiri
5	-7.290961,112.794597	-7.290723,112.793493	324°	80°	Serong Kanan

Dari data diatas telah didapatkan data pengujian PID pada motor servo sesuai dengan arah tujuan 335 . Sedangkan di sisi lain terdapat pengujian arah kemudi servo menuju waypoint dengan arah tujuan kompas 325 sama dengan arah barat dari titik awal . Dari pengujian tersebut dapat diketahui proses PID untuk mengontrol kemudi menuju waypoint dengan masing masing pengambilan data sejauh 400 meter. Dengan total tujuan sejauh 2 km.



Gambar 7. Titik Kordinat Awal Menuju Kordinat Waypoint

Pengujian pengendalian *waypoint* menggunakan PID dilakukan untuk mengetahui kinerja pengendali PID ketika diimplementasikan pada kemudi kapal. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa arah kemudi akan berada pada posisi lurus ketika menghadap ke barat. Nilai K_i , K_p , K_d diatas adalah nilai yang paling mendekati laju kapal yang dipengaruhi oleh kecepatan dan angin. Maka dari itu, apabila konstantanya berubah, maka akan berpengaruh terhadap semua hasil respon pergerakan alat. Dari data pengujian kontrol PID dapat diketahui bagaimana cara untuk menentukan setpoint yaitu seperti posisi kapal yang ada di Jalan Keputih menuju pintu gerbang Universitas Hang Tuah Surabaya yang ditarik dengan garis merah. Pada google maps ditunjukkan menuju arah ke barat.

G. Proses Pengoperasian Alat

Pada proses pengoperasian alat ini cukup mudah dan praktis hanya diberikan power suplay dari power bank, menyalakan hotspot internet HP dan taruh di target kapal *prototype* yang akan dideteksi keberadaannya.

1. Persiapkan alat-alatnya.
2. Sambungkan power bank dengan arduino menggunakan kabel mikro USB.

3. Nyalakan hotspot internet HP dan setting nama hotspot HP beserta passwordnya.
4. Lalu, letakan alat yang telah dirangkai sebelumnya pada ujung kapal dan alat akan secara otomatis bekerja.

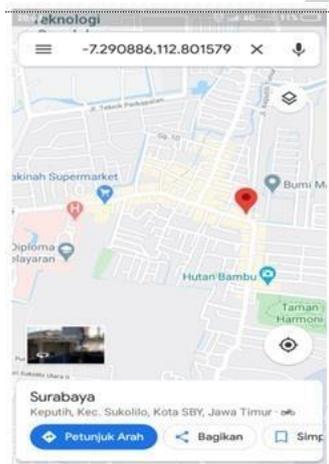
H. Proses Pengoperasian Aplikasi Pada Smartphone

Untuk proses pengoperasian aplikasi pada smartphone cukup mudah dan praktis, download aplikasi google maps pada playstore dan instal aplikasinya, caranya sebagai berikut :

1. Untuk bisa mengakses aplikasi ini harus memakai hp android dan minimal sistem androidnya adalah jellybeen. Setelah itu download melalui google.
2. Buka dengan browser yang ada, jika tidak memiliki aplikasi dropbox silakan pilih lanjutkan ke situs web.
3. Setelah masuk di website, kemudian unduh langsung dan install aplikasinya di smartphone. Setelah diinstal, buka aplikasinya. Pada tampilan awal nanti akan ada tombol berwarna biru untuk mendeteksi semua alat yang telah bekerja. Pada tampilan di smartphone akan berubah menjadi maps yang terdapat pin-pin GPS.



Gambar 8. Tampilan Alat



Gambar 9. Tampilan Google Maps

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan melalui proses pengambilan data, studi literatur, pengujian data dan sistem, serta pengoperasian alat yang berjalan baik dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini penulis berhasil mengolah sinyal GPS untuk memantau posisi kapal bergerak terintegrasi dengan menggunakan aplikasi yang telah dibuat yaitu berupa tampilan pada

google maps. Pada penelitian ini penulis berhasil mengolah titik garis lintang dan bujur menggunakan sensor kompas yang telah terintegrasi dengan sistem pada *smarthphone*.

2. Penulis dapat menggerakkan kapal mulai dari titik koordinat awal sampai kembali ke titik koordinat akhir sesuai dengan metode.
3. Pengambilan nilai kontrol PID berhasil didapatkan melalui percobaan *trial and error* yang nilainya dianggap kecil, agar mudah untuk diubah ke dalam posisi kemudi servonya.
4. Setiap sepuluh detik aplikasi google maps pada *smartphone* akan mengambil data baru secara *realtime*.

DAFTAR PUSTAKA

Johanes, Benidectus, B. 2017. *Analisis Variasi Posisi Rudder Terhadap Efektivitas Manuver Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Rahmanda, Rian, P. Husnawati. dan Rossi Passarella. 2018. *Penerapan Metode State Chart pada Sistem Kendali Autopilot Kapal Laut dengan Jalur Virtual*. Annual Research Seminar (ARS) 2018 Vol 4, No 1.

Palembang: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Shinta Devionita, Suryadi Thoha, Joko Subur

- Rizki, Fadlila, S. Muhammad R. *Autonomous Surface Vehicle sebagai Alat Pemantau Lingkungan Menggunakan Metode Navigasi Waypoint*. Jurnal Teknik ITS Vol 7, No 1. Surabaya: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Rusli, Mochammad. 2019. *Kajian Stokastik Pada Sistem Kontrol*. Malang: UB Press.
- Sombaon, Mora, D. Wilma A. dan Ari W.B.S. 2018. *Analisa Teknis Kekuatan Konstruksi Akibat Penggantian Alat Tangkap Dan Nilai Ekonomisnya*. Jurnal Teknik Perkapalan Vol 6, No 1. Semarang: Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Subur, Joko. 2017. *Rancang Bangun Prototype Papan Informasi Digital Pada Transportasi Laut Berbasis Global Positioning System (GPS)*. Seminar Nasional Kelautan XII. Surabaya: Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah.
- Zaky, Muhammad. Alfatirta M. Dan Aulia R. 2018. *Perancangan Sistem Kendali Berbasis GPS (Global Positioning System) Pada Kapal Tanpa Awak*. Jurnal Online Teknik Elektro Vol 3, No 2. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.