

# Perancangan dan Implementasi Pengendalian Model *Rudder* Kapal dengan Menggunakan Metode Logika *Fuzzy* Berbasis Android OS Versi 2.3.7

ARINA PRAMUDITA, SABAT ANWARI, NOVIYANTORO SADEWO

Jurusan Teknik Elektro, ITENAS, Bandung  
Email: rinz.arina173@gmail.com

## ABSTRAK

*Dinamika kapal dipengaruhi oleh gangguan lingkungan tak terduga seperti gelombang yang dapat mempengaruhi haluan kapal yang sedang bergerak. Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengendalikan rudder kapal dengan respon yang cepat dan efisien, yaitu dengan menggunakan logika fuzzy. Pengukuran perubahan orientasi kapal dapat diperoleh dengan menggunakan sensor akselerometer dan kompas yang saat ini telah terdapat pada ponsel Android. Naskah ini menyajikan perancangan dan implementasi pengendalian model rudder dengan metode logika fuzzy berbasis Android OS versi 2.3.7. Perubahan orientasi yang terukur oleh sensor pada ponsel Android ini kemudian akan diolah oleh Arduino ADK dengan menerapkan metode logika fuzzy yang akan mengatur lebar pulsa yang dibangkitkan ke motor servo sebagai model rudder kapal. Pengendali berbasis logika fuzzy cukup efektif untuk diimplementasikan pada pengendalian rudder kapal karena responnya yang cepat yaitu rata-rata 2,93 detik untuk menggerakkan model rudder kapal.*

**Kata kunci:** *model rudder kapal, motor servo, ponsel Android, logika fuzzy.*

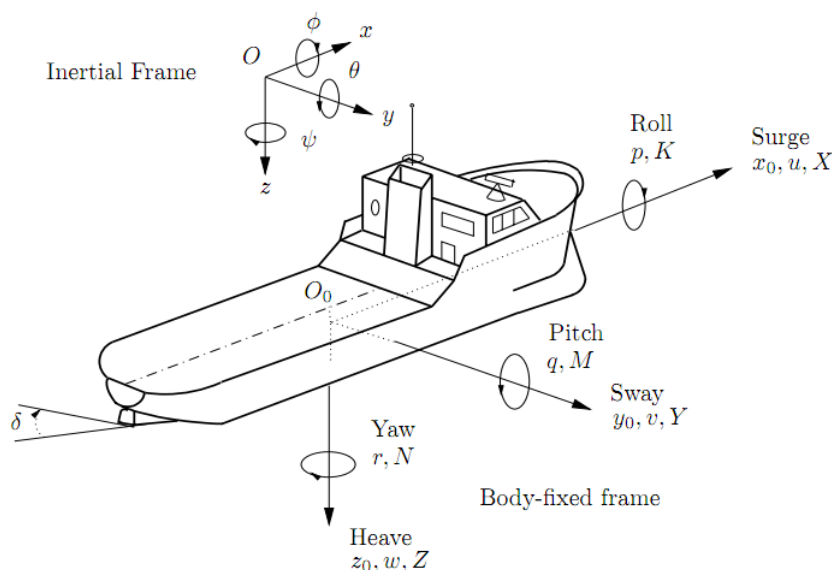
## ABSTRACT

*The dynamics of the vessel affected by unpredictable environmental disturbances such as waves that can affect the ship's bow when moving. Therefore we need a system that can control the rudder ship with fast response and efficient, using fuzzy logic. Measuring changes in the orientation of the vessel can be obtained by using the accelerometer and compass sensor, which has been found in Android phones. This manuscript presents the design and implementation of the model rudder control with fuzzy logic method based on Android OS version 2.3.7. The change in orientation that measured by sensors on an Android phone then will set the pulse width that is generated to the servo motor as the model of ship's rudder. The fuzzy logic based controller is quite effective to be implemented at ship rudder control due to the rapid response which is an average 2.93 seconds to move the rudder ship models.*

**Keywords:** *model of ship's rudder, servo motor, Android phones, fuzzy logic.*

## 1. PENDAHULUAN

Kapal sebagai sarana pelayaran mempunyai peran sangat penting dalam sistem angkutan laut. Untuk meningkatkan keselamatan navigasi kapal yang salah satunya diakibatkan oleh kekurangan personel di kapal, sistem kapal kini menjadi semakin efisien, otomatis, dan cerdas. Berdasarkan dinamika kapal, gerak yang paling berpengaruh dalam manuver kapal adalah Berdasarkan dinamika kapal seperti terlihat pada Gambar 1, gerak yang paling berpengaruh dalam manuver kapal adalah gerak *yaw* (gerak rotasi pada arah sumbu-z), sehingga untuk mengendalikan haluan (arah) kapal dalam penelitian ini, gerak *surge*, *sway*, dan *heave* pada kapal tidak diperhitungkan.



Gambar 1. Derajat kebebasan kapal (Fossen, 1999)

Aktuator yang digunakan dan terpasang dalam mengendalikan haluan kapal adalah *rudder*, yang mempunyai kemampuan dalam menjaga arah sesuai dengan perintah. Aktuator ini mempunyai kemampuan dalam menjaga arah sesuai dengan perintah dari sinyal kendali *on-off* (Fossen, 1999). Pada naskah ini *rudder* kapal dimodelkan oleh Parallax Standard Servo yang dikendalikan melalui metode pengaturan lebar pulsa atau dikenal sebagai PWM, dengan *duty cycle* dari 3,75% hingga 11,25%, yang secara teori sebanding dengan pergerakan *servo* mulai posisi  $-90^\circ$  hingga  $+90^\circ$ . Pada umumnya sudut *rudder* akan berada di rentang  $-35^\circ$  s.d.  $+35^\circ$  dari posisi  $0^\circ$  *rudder* (berada di tengah), sehingga pada tulisan ini defleksi model *rudder* kapal pun dibatasi di rentang  $-35^\circ$  s.d.  $+35^\circ$ .

Dengan akselerometer dan kompas, ponsel telah menjadi perangkat ekstra-sensorik. Penggunaan gerakan dan orientasi dalam aplikasinya dimungkinkan berkat penyertaan sensor orientasi dan akselerometer di perangkat tersebut. Android menjadi perangkat lunak bersifat *open source* sejak Oktober 2008. Pada Mei 2011, Google mengumumkan standar pertama perangkat yang dapat menghubungkan perangkat Android dengan perangkat keras eksternal, yaitu *Android Open Accessory Standard* dan *Accessory Development Kit* (ADK). Keduanya merupakan kunci bagi perangkat Android untuk berkomunikasi dengan perangkat keras dan membangun aksesoris eksternal (Bö hmer, 2012).

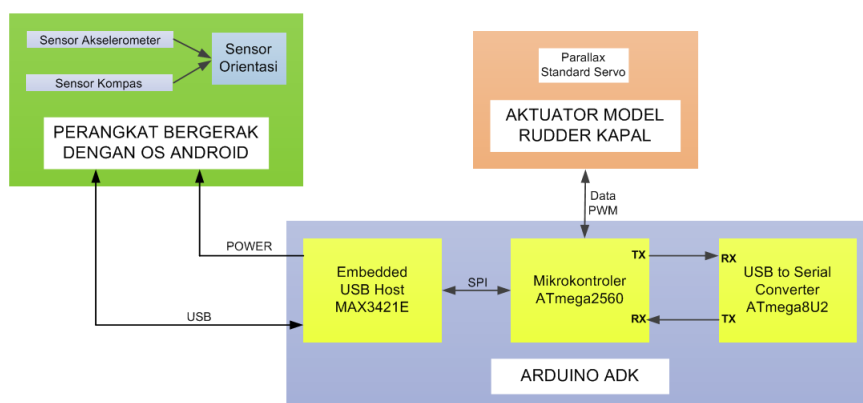
Pengendali logika *fuzzy* memiliki respon yang cepat, serta logika fuzzy bersifat fleksibel serta dapat mengimplementasikan bahasa manusia ke dalam bahasa mesin secara mudah dan efisien. Pengukuran perubahan orientasi kapal dapat diperoleh dengan menggunakan sensor

akselerometer dan kompas yang saat ini telah terdapat pada ponsel Android. Dinamika kapal dipengaruhi oleh gangguan lingkungan tak terduga seperti gelombang yang dapat mempengaruhi haluan kapal yang sedang bergerak. Oleh sebab itu diperlukan suatu sistem yang dapat mengendalikan *rudder* kapal dengan respon yang cepat dan efisien.

Penelitian ini bertujuan melakukan pengendalian model *rudder* kapal dengan menggunakan metode logika *fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7. Naskah ini menyajikan perancangan dan implementasi pengendali model *rudder* kapal, dimana sensor akselerometer dan kompas pada perangkat bergerak Android digunakan sebagai sumber navigasi kapal, serta *rudder* kapal yang digunakan berbasis motor servo. Informasi dari kedua sensor pada perangkat Android digunakan sebagai *input* untuk pengendalian model *rudder* kapal. Teknik pengendalian yang akan digunakan adalah metode logika *fuzzy* berbasis Android OS Versi 2.3.7 dan Arduino ADK.

## 2. METODE PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Blok diagram pengendali model *rudder* kapal yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2. Pengendali model *rudder* kapal ini menggunakan metode logika *fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK. Pengendali model *rudder* kapal ini dirancang untuk mengembalikan haluan model kapal ke *set point* pada arah timur ketika model kapal memperoleh gangguan berupa gelombang kecil yang akan mengubah haluan kapal yang sedang mengarah ke arah timur. Pengendali model *rudder* kapal terdiri dari Arduino ADK serta sensor akselerometer dan kompas yang terdapat pada Sony Ericsson Xperia PLAY R800i sebagai perangkat bergerak Android. Sensor akselerometer dan sensor kompas berfungsi untuk mendeteksi (mengukur) perubahan orientasi perangkat bergerak Android yang terpasang pada model kapal. Perubahan orientasi ini kemudian akan diolah oleh Arduino ADK dengan menerapkan metode logika *fuzzy* yang akan mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) yang dibangkitkan ke model *rudder* kapal.



**Gambar 2. Blok diagram sistem**

Data perubahan orientasi yang terukur oleh sensor akselerometer dan sensor kompas ini kemudian dikirimkan oleh ponsel Android ke Arduino ADK melalui *port* USB. *Kernel* dari ponsel ini mendukung mode *accessory* yang memungkinkan perangkat bergerak yang tidak memiliki kemampuan *USB host* untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat keras eksternal. Sensor akselerometer dan sensor kompas pada ponsel yang dipasang pada model kapal digunakan untuk menghitung orientasi dari model kapal.

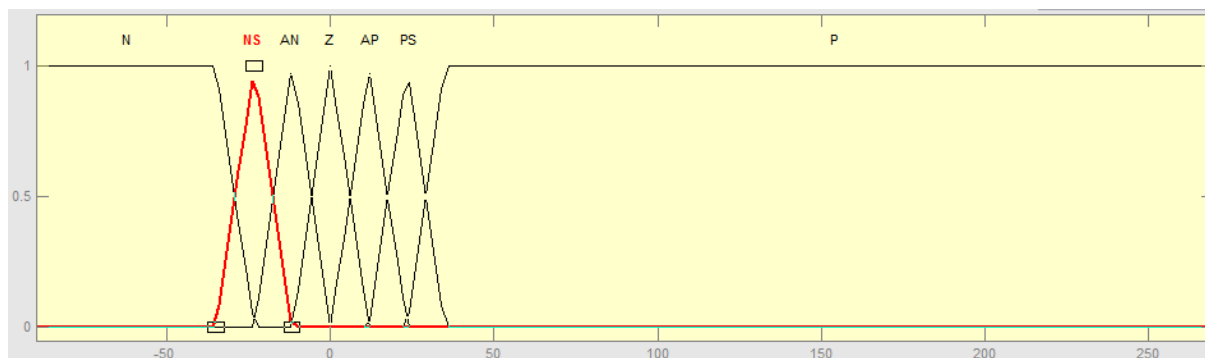
Arduino ADK merupakan *USB-enabled microcontroller* yang berbasis ATmega2560. ATmega2560 merupakan mikrokontroler 8 bit dengan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) produksi Atmel. ATmega2560 memiliki 256kB *flash memory*, 4kB EEPROM, 8kB SRAM. ATmega2560 juga memiliki beberapa periferal seperti ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit, komunikasi USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*), dan berbagai periferal lainnya.

Pada Arduino ADK juga terdapat rangkaian *embedded USB Host* dan rangkaian *USB to serial converter*. Rangkaian *embedded USB Host* bertugas menyediakan *power supply* bagi *USB peripheral*. *USB to serial converter* digunakan untuk komunikasi antara PC (*Personal Computer*) dengan Arduino ADK (Emmanuel, 2012). Komunikasi serial ini digunakan untuk memasukkan program ke dalam Arduino ADK dengan bantuan *bootloader* pada ATmega2560 (Emmanuel, 2012). *USB to serial converter* yang digunakan adalah ATmega8U2, yaitu mikrokontroler keluarga Atmel AVR 8 bit yang dilengkapi dengan kontroler USB (Atmel, 2011). Komunikasi USART yang digunakan adalah mode asinkron. *Board* Arduino ADK diprogram sedemikian rupa sehingga dapat mengirimkan sinyal PWM ke model *rudder* kapal berbasis Parallax Standard Servo sesuai dengan perubahan orientasi yang terukur oleh sensor.

## 2.1 Fuzzy Logic Controller

Pengendali logika *fuzzy* terdiri dari empat komponen utama yaitu fuzzifikasi, basis aturan, mekanisme inferensi, dan defuzzifikasi (Nasution, 2002). Fuzzifikasi yang digunakan mengkonversi *input* ke dalam nilai-nilai *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan dalam bentuk segitiga. Basis aturan berisi deskripsi linguistik dinyatakan dalam bentuk implikasi logika. Mekanisme inferensi *fuzzy* digunakan untuk mengevaluasi informasi yang mengaktifkan dan menerapkan aturan pengendalian. Mekanisme inferensi yang digunakan adalah metode Sugeno. Defuzzifikasi digunakan untuk mengubah mekanisme inferensi ke dalam nilai-nilai *crisp* yang diterapkan pada sistem nyata. Defuzzifikasi yang digunakan adalah metode *weighted average* (Naba, 2009).

Ada dua *input* dan satu *output* dari pengendali *fuzzy* yang digunakan pada tugas akhir ini. *Input* pertama adalah *error* antara nilai orientasi model kapal dengan *set point* pada arah timur (e). *Input* kedua adalah *delta error* (de) yaitu besar perubahan sudut kapal yang diperlukan untuk mengembalikannya ke *set point*. Rancangan dari pengendali *fuzzy* didasarkan oleh perilaku sistem. Fungsi keanggotaan masukan untuk *error* dan *delta error* ke pengendali *fuzzy* dibagi menjadi tujuh domain yaitu N (Negatif), NS (Negatif Sedang), AN (Agak Negatif), Z (Zero), AP (Agak Positif), PS (Positif Sedang), P (Positif) seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.** dan Tabel 1.

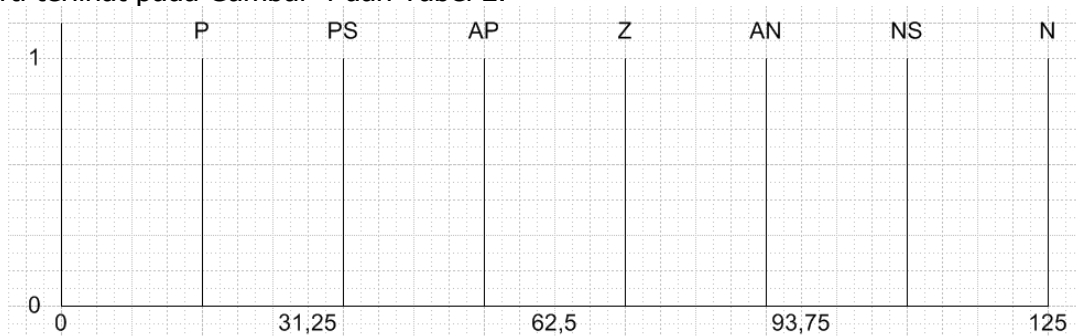


Gambar 3. Tipe fungsi keanggotaan *error* dan *delta error*

**Tabel 1. Fungsi Keanggotaan *error* dan *delta error***

<b>Nama Fungsi Keanggotaan</b>	<b>Parameter</b>
N	[-90 -90 -35 -23,33]
NS	[-35 -23,33 -11,67]
AN	[-23,33 -11,67 0]
Z	[-11,67 0 11,67]
AP	[0 11,67 23,33]
PS	[11,67 23,33 35]
P	[23,33 35 270 270]

Setiap nilai *e* dan *de* akan dihitung berdasarkan pembacaan sensor pada perangkat Android kemudian difuzzifikasi berdasarkan **Error! Reference source not found.** dan Tabel 1. Ketika nilai *e* dan *de* adalah  $-45^\circ$ , maka berdasarkan Tabel 1 nilai *e* dan *de* termasuk fungsi keanggotaan N (Negatif), serta berdasarkan Gambar 3 fungsi keanggotaan N memiliki derajat keanggotaan 1. Fungsi keanggotaan *output* terdistribusi atas tujuh fungsi *singleton* seperti terlihat pada Gambar 4 dan Tabel 2.



**Gambar 4. Tipe fungsi keanggotaan *output***

**Tabel 2. Fungsi keanggotaan *output***

<b>Nama Fungsi Keanggotaan</b>	<b>Parameter</b>
N	55
NS	66.67
AN	78.33
Z	90
AP	101,7
PS	113,3
P	125

Gambar 4 dan Tabel 2 menunjukkan fungsi keanggotaan *output* yang akan diproses oleh algoritma logika *fuzzy* berdasarkan set aturan pengendali *fuzzy* yang ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil pemrosesan ini kemudian menghasilkan posisi model *rudder* kapal *singleton* yang digunakan untuk mengendalikan posisi model *rudder* kapal yang membatasi posisi model *rudder* kapal pada  $55^\circ$  sampai dengan  $125^\circ$  ( $0^\circ$  terletak di arah selatan).

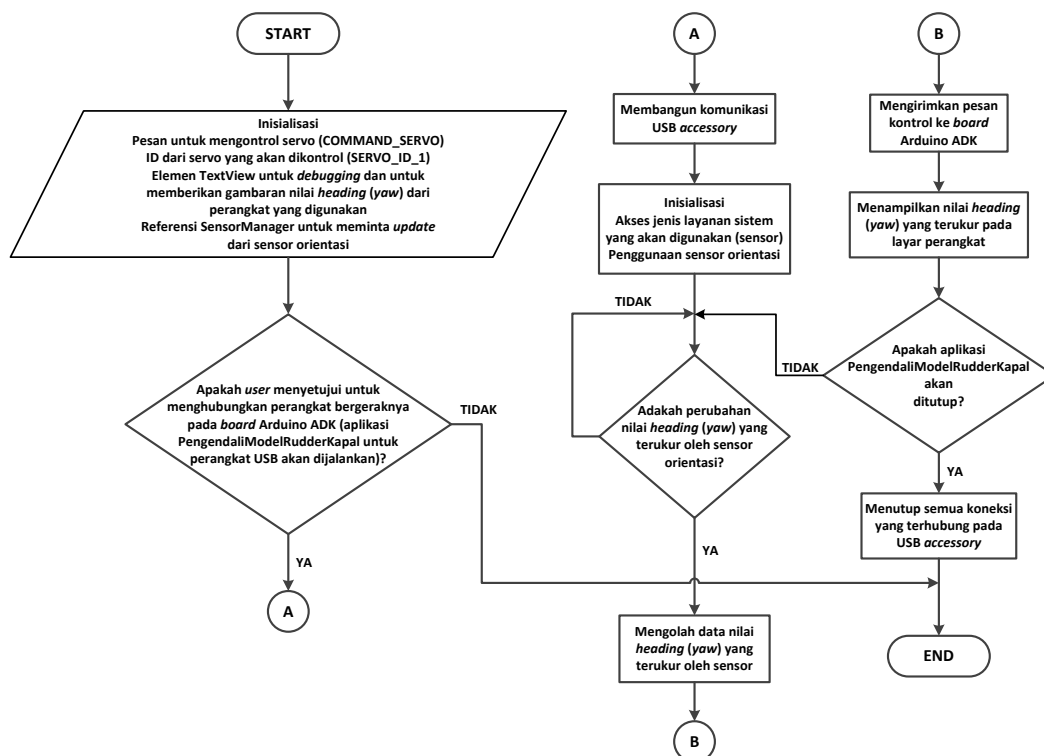
Tabel 3. Set Aturan Fuzzy

e	de	N	NS	AN	Z	AP	PS	P
N	P	P	PS	AP	AP	Z	AN	
NS	P	PS	PS	AP	Z	AN	NS	
AN	P	PS	AP	Z	Z	AN	NS	
Z	P	PS	AP	Z	AN	NS	N	
AP	PS	AP	Z	Z	AN	NS	N	
PS	PS	AP	Z	NS	NS	NS	N	
P	AP	Z	AN	NS	NS	N	N	

Berdasarkan Tabel 3, bila nilai e dan de termasuk fungsi keanggotaan N (Negatif), maka *output* yang dihasilkan adalah *output* dengan fungsi keanggotaan P (Positif). Set aturan *fuzzy* ini kemudian akan diterapkan dalam mekanisme interferensi *fuzzy* Sugeno. Hasil defuzzifikasi dengan menggunakan metode *weighted average* akan menggerakkan model *rudder* ke posisi 125°.

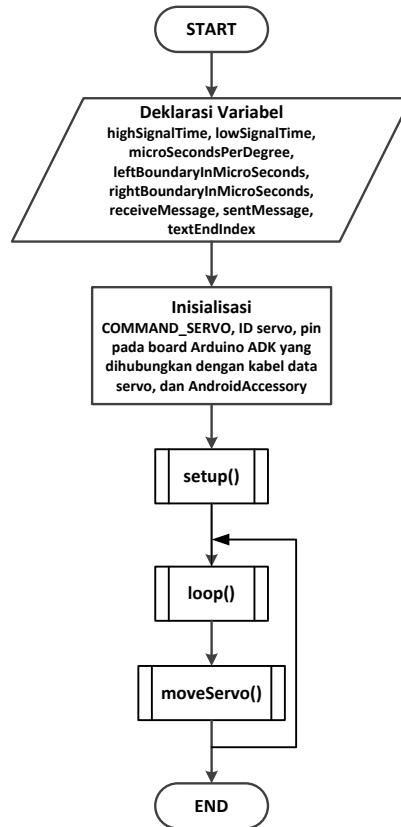
## 2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat program aplikasi pada ponsel Android adalah Eclipse IDE. Dalam penelitian ini, orientasi model kapal diperoleh secara langsung dengan menggunakan akselerometer dan sensor kompas melalui sensor orientasi pada perangkat bergerak Android. Orientasi perangkat ini akan secara langsung berhubungan dengan gerakan model *rudder* kapal yang berbasis motor *servo*. Program aplikasi dirancang berdasarkan diagram alir seperti pada Gambar 5.



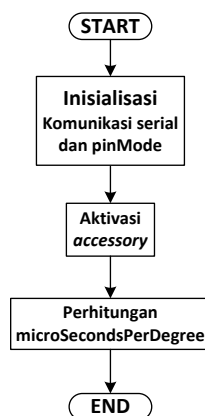
Gambar 5. Diagram alir program aplikasi Android Pengendali Model Rudder Kapal

Gambar 5 menunjukkan bagaimana Android menerima data sensor setelah perangkat Android terhubung dengan unit *controller*. Data-data sensor ini kemudian diolah menjadi data orientasi dari perangkat yang kemudian akan dikirimkan ke unit *controller*. Untuk memrogram Arduino ADK (unit *controller*) digunakan Arduino IDE untuk yang kemudian akan di-*upload* ke *board*. Rutin utama dirancang berdasarkan diagram alir seperti pada Gambar 6.



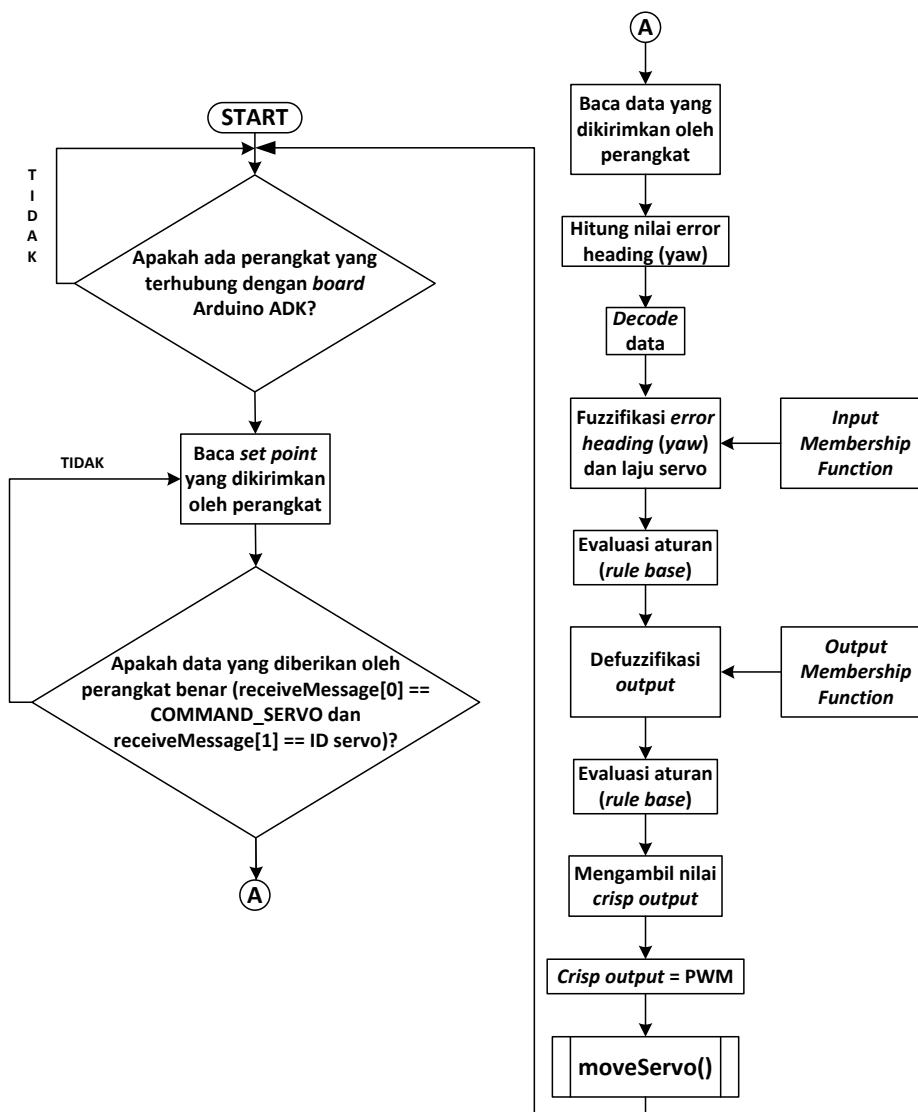
**Gambar 6. Diagram alir rutin *sketch* pada Arduino IDE**

Gambar 6 adalah blok utama program pada unit *controller*. Suatu *sketch* Arduino memiliki dua buah subrutin penting, yaitu *setup* dan *loop*. Pada rutin utama program ini ditambahkan sebuah subrutin lagi yaitu *moveServo*. Subrutin *setup* dirancang berdasarkan diagram alir pada Gambar 7.



**Gambar 7. Diagram alir subrutin *setup***

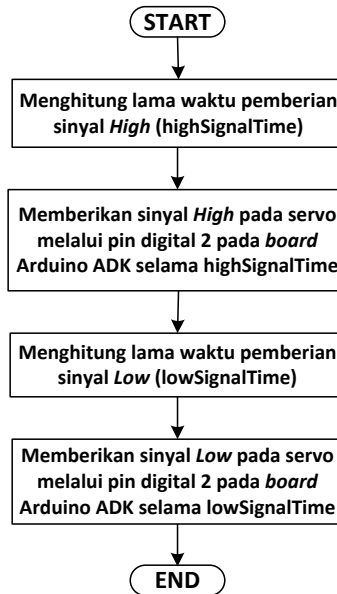
Gambar 7 menunjukkan subrutin pertama pada *sketch* Arduino yang hanya dijalankan sekali saja pada saat awal pengekseskuan *code*. Pada subrutin ini terdapat inialisasi komunikasi serial dan pinMode, serta aktivasi *accessory* dan perhitungan lamanya pemberian pulsa *high* untuk menggerakkan *servo* sebagai model *rudder* kapal setiap satu derajat (*microSecondsPerDegree*).



Gambar 8. Diagram alir subrutin *loop*

Gambar 8 menunjukkan diagram alir subrutin *loop* yang telah diimplementasikan metode logika *fuzzy*. Pada subrutin *loop* ini juga diimplementasikan logika program utama untuk mendukung aplikasi yang telah dirancang pada perangkat Android. Setelah menerima data dari aplikasi Android, kemudian data ini di-*decode* dengan menggunakan teknik *bit-shifting*, serta difuzzifikasi dan didefuzzifikasi untuk memperoleh nilai *crisp* yang menyatakan nilai posisi yang dapat diberikan pada pin sinyal *servo* yang telah terhubung pada *board* Arduino ADK melalui subrutin *moveServo*. Gambar 9 menunjukkan diagram alir subrutin *moveServo*.





**Gambar 9. Diagram alir subrutin *moveServo***

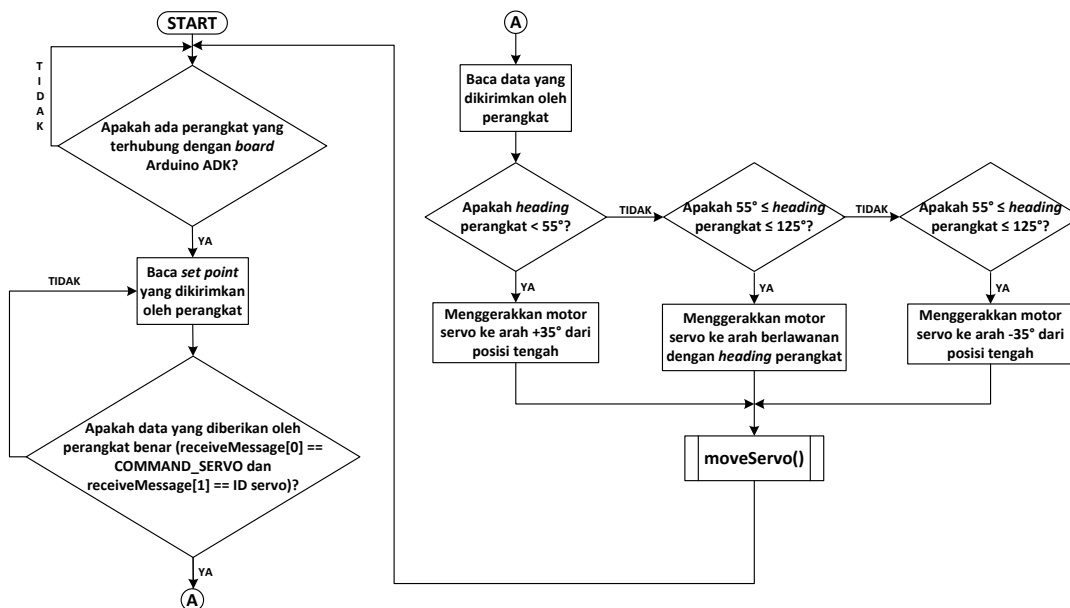
Gambar 9 menggambarkan pembentukan PWM yang diperlukan untuk mengontrol motor *servo* sebagai model *rudder* kapal. Untuk menggerakkan motor *servo* diperlukan sinyal dengan periode 20 ms. Berdasarkan Gambar 9, untuk menggerakkan motor *servo* ke posisi 125°, diperlukan pemberian PWM dengan dengan *duty cycle* 11,25% dari Arduino ADK.

### 3. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian telah dilakukan pada model kapal dengan menggunakan pengendali model *rudder* kapal yang berbasis Android OS 2.3.7 dan Arduino ADK. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel data melalui komunikasi serial pada *Serial Monitor* di Arduino IDE selama satu menit untuk setiap perubahan orientasi perangkat bergerak Android. Pengujian dilakukan dengan dengan mengubah orientasi perangkat bergerak Android pada arah -5°, +5°, -10°, +10°, -35°, +35°, dan -45° dari *set point* 0° pada arah timur. Komunikasi serial dikonfigurasi pada *baudrate* 57600 di unit *controller* Arduino ADK dan perangkat bergerak Android. Dari pengujian selama satu menit diperoleh banyak sampel data  $n$  sebanyak 360 data.

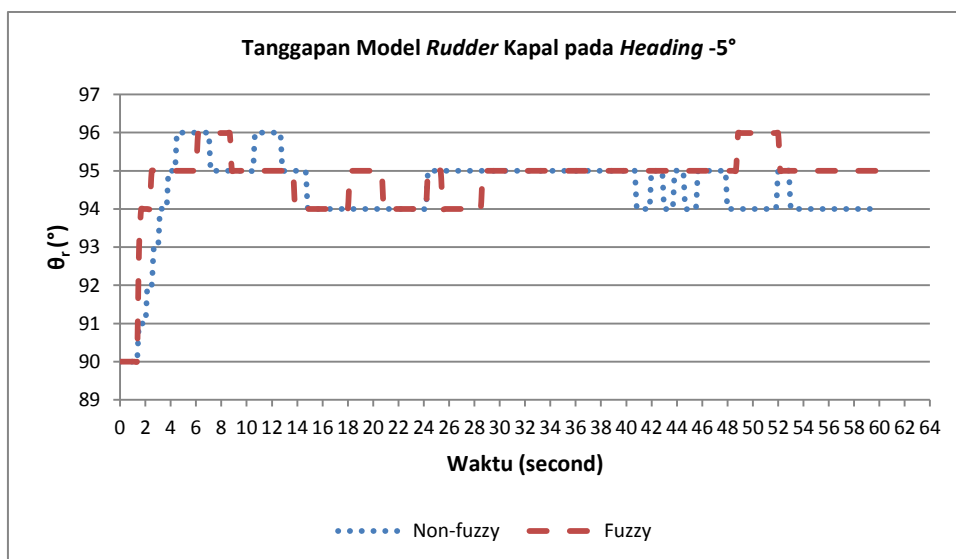
Perubahan orientasi perangkat ini merepresentasikan perubahan orientasi model kapal. Pengendali model *rudder* kapal dirancang untuk mengembalikan haluan model kapal ke *set point* pada arah timur ketika model kapal memperoleh gangguan berupa gelombang kecil yang akan mengubah haluan kapal yang sedang mengarah ke arah timur.

Untuk mengetahui efisiensi dari pengendali *fuzzy* yang telah dirancang, pada tugas akhir ini dirancang pula suatu pengendali sederhana yang membatasi posisi model *rudder* kapal pada 55° s.d. 125° (0° terletak di arah selatan). Pengendalian model *rudder* kapal sederhana ini diimplementasikan pada Arduino IDE berdasarkan diagram alir pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir subrutin *loop* untuk pengendali non-fuzzy

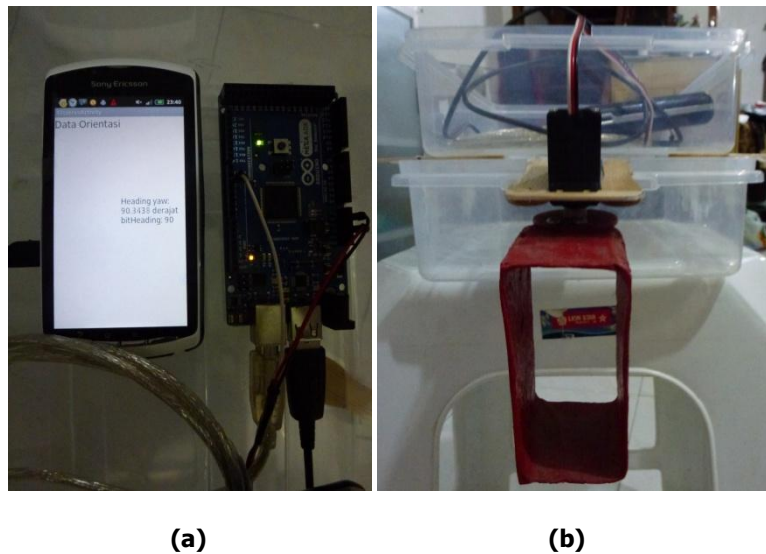
Gambar 10 menggambarkan bagaimana pemrosesan data sensor yang dikirimkan oleh perangkat Android. Hasil pemrosesan ini kemudian menghasilkan posisi motor *servo* sebagai model *rudder* kapal yang dapat diberikan pada pin sinyal *servo* yang telah terhubung pada *board* Arduino ADK melalui subrutin *moveServo*. Pengujian kemudian dilakukan dengan mengambil sampel data melalui komunikasi serial pada *Serial Monitor* di Arduino IDE selama satu menit untuk setiap perubahan orientasi perangkat bergerak Android. Komunikasi serial dikonfigurasi pada *baudrate* 57600 di unit *controller* Arduino ADK dan perangkat bergerak Android.



Gambar 11. Tanggapan model *rudder* kapal pada *heading*  $-5^\circ$  dari *set point*

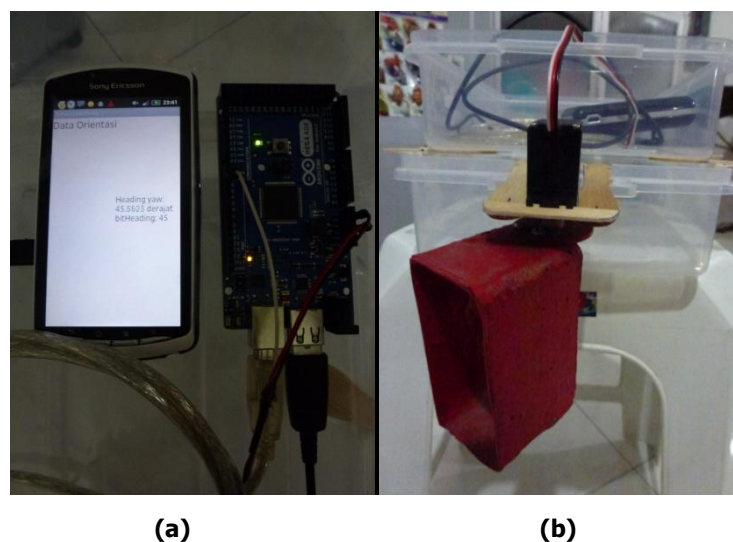
Hasil pengujian seperti pada Gambar 11 menunjukkan bahwa pengendali *fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK dapat menggerakkan model *rudder* kapal dengan lebih cepat dibandingkan dengan pengendali non-fuzzy. Pada pengujian dengan mengubah orientasi model kapal pada  $-5^\circ$  dari *set point*  $0^\circ$  pada arah timur, pengendali *fuzzy* dapat

menggerakkan model *rudder* kapal ke posisi  $95^\circ$  lebih cepat 1,33 detik dibandingkan pengendali non-*fuzzy*.



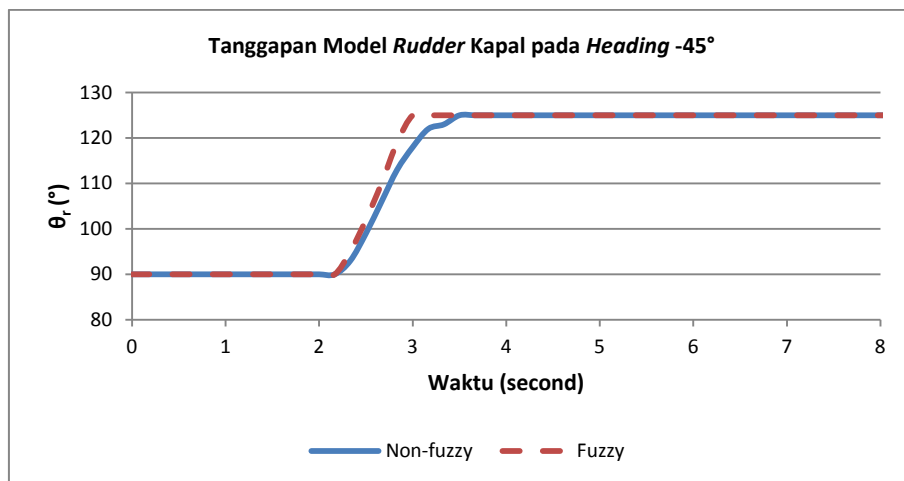
**Gambar 12. Kondisi model *rudder* ketika model kapal berada di *set point* pada arah timur**

Gambar 12 (a) menunjukkan pembacaan sensor pada perangkat Android dan Gambar 12 (b) menunjukkan kondisi model *rudder* ketika model kapal berada di *set point*. Pengujian juga dilakukan dengan mengubah orientasi model kapal di luar batasan pergerakan model *rudder* kapal yaitu pada  $-45^\circ$  dari *set point*  $0^\circ$  pada arah timur.



**Gambar 13. Kondisi model *rudder* dengan orientasi model kapal  $-45^\circ$  dari *set point***

Gambar 13 (a) menunjukkan pembacaan sensor pada perangkat Android ketika model kapal berada digerakkan pada  $-45^\circ$  dari *set point* dan Gambar 13 (b) menunjukkan kondisi model *rudder*-nya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pengendali *fuzzy* dan non-*fuzzy* dapat mempertahankan posisinya pada posisi  $125^\circ$  (posisi maksimumnya).



Gambar 14. Tanggapan model *rudder* kapal pada *heading -45°* dari *set point*

Dari grafik pada Gambar 14, terlihat bahwa pengendali *fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK dapat menggerakkan model *rudder* kapal lebih cepat lebih cepat 1,833 detik dibandingkan dengan pengendali non-*fuzzy*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan dan pengujian pengendali model rudder kapal dengan menggunakan metode logika fuzzy berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK diperoleh kesimpulan bahwa pengendali *fuzzy* dan non-*fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK mengakibatkan gerakan yang selaras pada model *rudder* kapal sesuai dengan hasil perancangan. Dari hasil pengujian dengan mengubah orientasi perangkat bergerak Android pada arah  $-5^\circ$ ,  $+5^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $+10^\circ$ ,  $-35^\circ$ ,  $+35^\circ$ , dan  $-45^\circ$  dari *set point*  $0^\circ$  terlihat bahwa pengendali *fuzzy* berbasis Android OS versi 2.3.7 dan Arduino ADK dapat menggerakkan model rudder kapal rata-rata lebih cepat 1,26 detik dibandingkan dengan pengendali non-*fuzzy*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Saudara Dave Emmanuel dari Jurusan Teknik Elektro ITENAS Bandung yang telah meminjamkan *board* Arduino ADK.

## DAFTAR RUJUKAN

- Atmel Corporation, (2010), *ATmega8U2 Datasheet rev8899D-11/10*, San Jose.
- Bö hmer, M. (2012), *Beginning Android ADK with Arduino*, New York, Apress.
- Fossen, T. I. (1999), *Guidance and Control of Ocean Vehicles*, Chichester, John Wiley & Sons.
- Emmanuel, D. (2012), *Perancangan dan Implementasi Alat Bantu Sistem Navigasi Menggunakan Modul Navigasi Berbasis Sistem Operasi Android*, Tugas Akhir Program Sarjana, Bandung, ITENAS.
- Naba, A. (2009), *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*, Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Nasution, H. (2002), *An Introduction to Fuzzy Logic Control (FLC)*, Padang, Bung Hatta University.