

## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Program Arduino :

```
#include <Wire.h>
#include <Servo.h>
Servo servo0;//servo pitch
Servo servo1;//servo roll
Servo servo2;//servo yaw
//Gyro Variables
float elapsedTime, time, timePrev;
//Variables for time control
int gyro_error=0;
//We use this variable to only
calculate once the gyro data error
float Gyr_rawX, Gyr_rawY,
Gyr_rawZ; //Here we store the
raw data read
float Gyro_angle_x, Gyro_angle_y,
Gyro_angle_z; //Here we
store the angle value obtained with
Gyro data
float Gyro_raw_error_x,
Gyro_raw_error_y; //Here we
store the initial gyro data error
//Acc Variables
int acc_error=0;
//We use this variable to only
calculate once the Acc data error
float rad_to_deg = 180/3.141592654;
//This value is for pasing from
radians to degrees values
float Acc_rawX, Acc_rawY,
Acc_rawZ; //Here we store the
raw data read
float Acc_angle_x, Acc_angle_y;
//Here we store the angle value
obtained with Acc data
float Acc_angle_error_x,
Acc_angle_error_y; //Here we store
the initial Acc data error
float Total_angle_x, Total_angle_y;
//Here we store the final total angle
//More variables for the code...
int i;
int mot_activated=0;
long activate_count=0;
long des_activate_count=0;
//////////PID ROLL//////////
float roll_PID, pwm_L_F,
pwm_L_B, pwm_R_F, pwm_R_B,
roll_error, roll_previous_error;
float roll_pid_p=0;
float roll_pid_i=0;
float roll_pid_d=0;
//////ROLL PID KONSTANTA//////
double roll_kp=1.2;
double roll_ki=0.001;
double roll_kd=0.005;
float roll_desired_angle = 0;
```

```

//////////PID PITCH//////////
float pitch_PID, pitch_error,
pitch_previous_error;
float pitch_pid_p=0;
float pitch_pid_i=0;
float pitch_pid_d=0;
///PITCH PID KONSTANTA///
double pitch_kp=1.2;
double pitch_ki=0.001;
double pitch_kd=0.005;
float pitch_desired_angle = 0;
//////////PID UNTUK YAW//////////
float yaw_PID, yaw_error,
yaw_previous_error;
float yaw_pid_p=0;
float yaw_pid_i=0;
float yaw_pid_d=0;
//////////YAW KONSTAN PID//////////
double yaw_kp=3;
double yaw_ki=0.9;
double yaw_kd=0.005;
float yaw_desired_angle = 0;

float PWM_pitch, PWM_roll,
PWM_yaw;
void setup() {
servo0.attach(5); //servo motor pitch
servo1.attach(3); //servo motor roll
servo2.attach(9); //servo motor yaw
Wire.begin();
//begin the wire comunication

Wire.beginTransmission(0x68);
//begin, Send the slave adress (in this
case 68)
Wire.write(0x6B);
//make the reset (place a 0 into the
6B register)
Wire.write(0x00);
Wire.endTransmission(true);
//Gyro config
Wire.beginTransmission(0x68);
//begin, Send the slave adress (in this
case 68).
Wire.write(0x1B); //We want to
write to the GYRO_CONFIG
register (1B hex).
Wire.write(0x10); //Set the
register bits as 00010000 (1000dps
full scale).
Wire.endTransmission(true);
//End the transmission with the gyro
//Acc config
Wire.beginTransmission(0x68);
Wire.write(0x1C);
Wire.write(0x10); //Set the register
bits as 00010000 (+/- 8g full scale
range).
Wire.endTransmission(true);
Serial.begin(9600); //Remember to
set this same baud rate to the serial
monitor
time = millis();

```

```

} //end of setup void
void loop() {

    ////////////////I M U/////////////////
    timePrev = time;
    time = millis();
    elapsedTime = (time - timePrev) /
1000;
    ////////////////Gyro read/////////////////
    Wire.beginTransmission(0x68);
//begin, Send the slave adress (in this
case 68)
    Wire.write(0x43);
//First adress of the Gyro data
    Wire.endTransmission(false);
    Wire.requestFrom(0x68,6,true);
//We ask for just 6 registers
    Gyr_rawX=Wire.read()<<8|Wire.rea
d(); //Once again we shif and sum
    Gyr_rawY=Wire.read()<<8|Wire.rea
d();
    Gyr_rawZ=Wire.read()<<8|Wire.rea
d(); /*Now in order to obtain the
gyro data in degrees/seconds we
have to divide first the raw value by
32.8 because that's the value that the
datasheet gives us for a 1000dps
range*/
    /*---X---*/
    Gyr_rawX = Gyr_rawX/32.8;
    /*---Y---*/
    Gyr_rawY = Gyr_rawY/32.8;
    Gyr_rawZ = Gyr_rawZ/32.8;
    /*Now we integrate the raw value in
degrees per seconds in order to
obtain the angle
    * If you multiply degrees/seconds
by seconds you obtain degrees */
    /*---X---*/
    Gyro_angle_x =
    Gyr_rawX*elapsedTime;
    /*---X---*/
    Gyro_angle_y =
    Gyr_rawY*elapsedTime;
    Gyro_angle_z =
    Gyr_rawZ*elapsedTime;
    ////////////////Acc
read/////////////////
    Wire.beginTransmission(0x68);
//begin, Send the slave adress (in this
case 68)
    Wire.write(0x3B); //Ask
for the 0x3B register- correspond to
AcX
    Wire.endTransmission(false);
//keep the transmission and next
    Wire.requestFrom(0x68,6,true);
    Acc_rawX=(Wire.read()<<8|Wire.re
ad())/4096.0 ;
    Acc_rawY=(Wire.read()<<8|Wire.re
ad())/4096.0 ;

```

```

Acc_rawZ=(Wire.read()<<8|Wire.read()>>8)/4096.0 ;
/*---X---*/
Acc_angle_x =
(atan((Acc_rawY)/sqrt(pow((Acc_rawX),2) +
pow((Acc_rawZ),2))))*rad_to_deg) ;
/*---Y---*/
Acc_angle_y = (atan(-
1*(Acc_rawX)/sqrt(pow((Acc_rawY),2) +
pow((Acc_rawZ),2))))*rad_to_deg) ;
//////////////////////Complementary Filter//////////////////////
/*---X axis angle---*/
Total_angle_x = 0.98
*(Total_angle_x + Gyro_angle_x) +
0.02*Acc_angle_x;
/*---Y axis angle---*/
Total_angle_y = 0.98
*(Total_angle_y + Gyro_angle_y) +
0.02*Acc_angle_y;

Serial.print("GyroX angle: ");
Serial.print( Total_angle_y);
Serial.print(" | ");
Serial.print("GyroX angle: ");
Serial.println( Total_angle_x);
/*//////////////////////P I D//////////////////////*/
roll_desired_angle = 0;
pitch_desired_angle = 0;

yaw_desired_angle = 0;
/* Pertama menghitung kesalahan antara sudut yang diinginkan dan Sudut terukur nyata */
roll_error = Total_angle_y - roll_desired_angle;
pitch_error = Total_angle_x - pitch_desired_angle;
yaw_error = Gyro_angle_z - pitch_desired_angle;
/* Selanjutnya nilai proporsional dari PID hanyalah konstanta proporsional dikalikan dengan kesalahan */
roll_pid_p = roll_kp*roll_error;
pitch_pid_p = pitch_kp*pitch_error;
yaw_pid_p = yaw_kp*yaw_error;
/*Bagian integral hanya bertindak jika kita dekat denganposisi yang diinginkan tetapi kami ingin memperbaiki kesalahan. Itu mengapa saya membuat operasi if untuk kesalahan antara -2 dan 2 derajat.Untuk mengintegrasikan kami hanya menjumlahkan nilai integral sebelumnya dengan kesalahan dikalikan dengan konstanta integral. Ini akan mengintegrasikan (meningkatkan) nilai setiap loop sampai kita mencapai 0 poin */

```

```

if(-3 < roll_error <3)
{
roll_pid_i =
roll_pid_i+(roll_ki*roll_error);
}
if(-3 < pitch_error < 3)
{
pitch_pid_i =
pitch_pid_i+(pitch_ki*pitch_error);
}
if(-3 < yaw_error < 3)
{
yaw_pid_i =
yaw_pid_i+(yaw_ki*yaw_error);
}
/* Bagian terakhir adalah turunannya. Derivatif bertindak berdasarkan kecepatan kesalahan.Seperti yang kita ketahui kecepatan adalah jumlah kesalahan yang dihasilkan dalam jumlah tertentu waktu dibagi dengan waktu itu. Untuk itu kita akan menggunakan variabel yang disebut before_error.Kami mengurangi nilai itu dari kesalahan aktual dan membagi semua pada waktu yang telah berlalu.Finnaly kita kalikan hasilnya dengan konstanta turunan */
roll_pid_d = roll_kd*((roll_error -
roll_previous_error)/elapsedTime);
pitch_pid_d =
pitch_kd*((pitch_error -
pitch_previous_error)/elapsedTime);
yaw_pid_d = yaw_kd*((yaw_error
- yaw_previous_error)/elapsedTime);
/* Nilai PID akhir adalah jumlah dari
masing-masing 3 bagian ini */
roll_PID = roll_pid_p + roll_pid_i
+ roll_pid_d ;
pitch_PID = pitch_pid_p +
pitch_pid_i + pitch_pid_d ;
yaw_PID = yaw_pid_p +
yaw_pid_i + yaw_pid_d ;
/* Kita tahu bahwa nilai min sinyal
PWM adalah -90 (menggunakan
servo.write) dan maks adalah 90.
Sehingga memberitahu kita bahwa
nilai PID dapat / s terombang-
aming lebih dari -90 dan 90
sehingga kita membatasi nilai-nilai di
bawah */
if(roll_PID < -90){roll_PID = -
90;}
if(roll_PID > 90) {roll_PID = 90;
}
if(pitch_PID < -90){pitch_PID = -
90;}
if(pitch_PID > 90) {pitch_PID =
90;}
if(yaw_PID < -90){yaw_PID = -
90;}

```



```

if(yaw_PID > 90) {yaw_PID =          PWM_roll = 90 +- roll_PID;
90;}                                PWM_yaw = 90 +- yaw_PID;
roll_previous_error = roll_error;    servo0.write(PWM_pitch);
pitch_previous_error =              servo1.write(PWM_roll);
pitch_error;                         servo2.write(PWM_yaw);
yaw_previous_error = yaw_error;
} //end of void loop

PWM_pitch = 90 +- pitch_PID;

```

## Lampiran 2 : Data pengukuran Sensor IMU 6050

Data pengukuran Sumbu Y

Accelerometer	gyroscope	ccomplementary filter
0,01	-0,02	-0,02
0,01	-0,02	-0,02
0,08	-0,02	-0,02
0,15	-0,02	-0,01
0,00	-0,02	-0,02
-0,17	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
0,06	-0,02	-0,02
-0,05	-0,02	-0,02
-0,02	-0,02	-0,02
-0,07	-0,02	-0,02
-0,11	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
0,04	-0,02	-0,02
-0,03	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
-0,01	-0,02	-0,02
0,03	-0,02	-0,02
0,00	-0,01	-0,01
0,16	-0,02	-0,02
-0,01	-0,02	-0,02
-0,08	-0,01	-0,01
-0,12	-0,02	-0,02
-0,09	-0,02	-0,02
-0,03	-0,02	-0,02
0,24	-0,02	-0,01

Terusan Data Penengkuran Sumbu Y

<b>Accelerometer</b>	<b>gyroscope</b>	<b>ccomplementary filter</b>
0,22	-0,02	-0,02
0,04	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
0,14	-0,02	-0,02
-0,18	-0,02	-0,02
-0,02	-0,02	-0,02
0,03	-0,02	-0,02
-0,14	-0,02	-0,02
-0,09	-0,02	-0,02
-0,22	-0,02	-0,02
0,05	-0,02	-0,02
0,01	-0,02	-0,02
0,08	-0,02	-0,02
0,07	-0,02	-0,02
0,20	-0,02	-0,01
0,13	-0,02	-0,02
0,15	-0,02	-0,02
0,13	-0,02	-0,02
0,26	-0,02	-0,01
0,03	-0,02	-0,02
0,17	-0,02	-0,02
0,02	-0,02	-0,02
-0,02	-0,02	-0,02
0,10	-0,02	-0,02
-0,15	-0,01	-0,02
0,06	-0,02	-0,02
0,03	-0,02	-0,02
0,12	-0,02	-0,01
-0,09	-0,02	-0,02
0,08	-0,02	-0,02
0,11	-0,02	-0,02
-0,02	-0,02	-0,02
-0,04	-0,02	-0,02
-0,01	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
0,16	-0,02	-0,02
0,06	-0,02	-0,02
-0,08	-0,02	-0,02
0,18	-0,02	-0,01
0,09	-0,02	-0,02
0,05	-0,02	-0,02
0,00	-0,02	-0,02
-0,04	-0,02	-0,02

Data pengukuran Sumbu X

Accelerometer	gyroscope	ccomplementary filter
-0,13	-0,06	-0,06
0,01	-0,07	-0,07
-0,04	-0,07	-0,07
-0,02	-0,07	-0,07
-0,01	-0,06	-0,06
-0,13	-0,07	-0,07
0,07	-0,07	-0,07
0,01	-0,07	-0,06
-0,16	-0,06	-0,07
0,08	-0,07	-0,06
-0,08	-0,07	-0,07
-0,06	-0,06	-0,06
-0,06	-0,07	-0,07
0,03	-0,06	-0,06
-0,13	-0,07	-0,07
0,02	-0,06	-0,06
-0,10	-0,06	-0,06
0,00	-0,07	-0,07
-0,09	-0,07	-0,07
-0,07	-0,07	-0,07
-0,07	-0,06	-0,06
-0,17	-0,07	-0,07
-0,14	-0,08	-0,08
-0,03	-0,07	-0,07
0,06	-0,07	-0,07
-0,06	-0,06	-0,06
-0,04	-0,07	-0,07
-0,06	-0,07	-0,07
-0,18	-0,06	-0,06
0,10	-0,07	-0,07
0,01	-0,06	-0,06
-0,02	-0,07	-0,07
-0,13	-0,06	-0,06
-0,04	-0,06	-0,06
-0,26	-0,07	-0,07
-0,07	-0,07	-0,07
-0,06	-0,07	-0,07
-0,02	-0,06	-0,06
-0,20	-0,06	-0,07
-0,01	-0,07	-0,07



Terusan Data Penengkuran Sumbu X

<b>Accelerometer</b>	<b>gyroscope</b>	<b>ccomplementary filter</b>
-0,09	-0,07	-0,07
0,02	-0,07	-0,07
-0,01	-0,06	-0,06
-0,10	-0,06	-0,06
-0,11	-0,06	-0,06
0,04	-0,06	-0,06
-0,15	-0,07	-0,07
-0,06	-0,06	-0,06
-0,16	-0,07	-0,07
-0,17	-0,06	-0,07
-0,27	-0,06	-0,07
0,06	-0,07	-0,07
-0,04	-0,07	-0,07
-0,06	-0,06	-0,06
-0,08	-0,07	-0,07
0,04	-0,06	-0,06
0,06	-0,07	-0,06
-0,13	-0,06	-0,06
-0,25	-0,07	-0,07
-0,27	-0,07	-0,07
-0,01	-0,06	-0,06
0,04	-0,07	-0,07
0,12	-0,06	-0,06
-0,01	-0,07	-0,07
0,00	-0,06	-0,06
-0,22	-0,06	-0,07
-0,16	-0,07	-0,07
0,02	-0,07	-0,07
-0,07	-0,06	-0,06
-0,06	-0,07	-0,07
-0,11	-0,07	-0,07
-0,27	-0,07	-0,07
-0,12	-0,06	-0,07
-0,13	-0,07	-0,07
-0,24	-0,07	-0,07
-0,01	-0,06	-0,06
-0,12	-0,06	-0,07

Data pengukuran Sumbu X

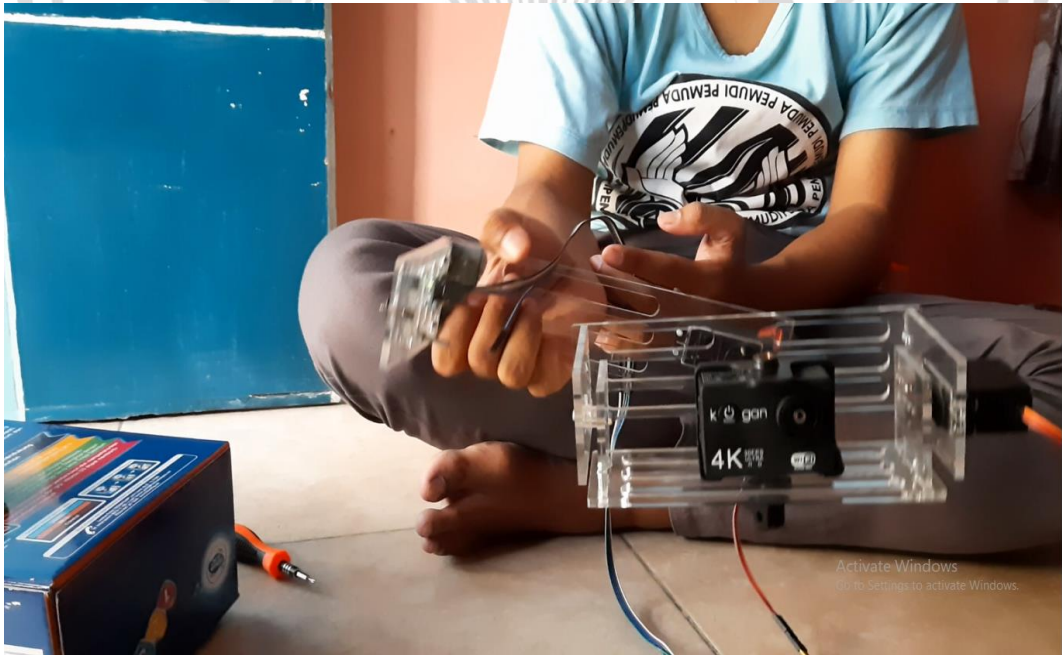
Sumbu Z	Sumbu Z
0,00	0,41
-0,62	-0,12
-0,61	-1,32
-0,63	-0,87
-0,83	-1,03
-2,45	-0,54
-1,81	-0,55
0,30	-1,64
-0,54	-1,59
1,10	-3,06
-1,72	-0,63
-1,16	-0,44
-0,26	-0,87
-2,91	0,24
-3,33	-0,63
-4,32	-1,10
-2,79	-0,55
-3,78	-0,33
-3,06	-0,46
-2,36	-0,51
-3,16	-0,66
-3,55	-0,89
-2,78	-0,06
-2,83	-0,38
-2,18	-0,38
-3,61	-0,73
-5,89	-0,26
-4,15	-0,40
-1,71	-0,45
-0,88	-0,89
-1,01	-1,07
-0,67	-0,36
0,32	-0,69
0,50	-0,69
0,30	-1,02

**Lampiran 3: Foto Pengujian**











## Lampiran 4: Daftar Riwayat Hidup

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP



#### A. BIODATA DIRI

1. Nama Lengkap : Irwan Dwi Prasetya
2. Tempat, Tanggal Lahir : Gresik, 05 Maret 1996
3. Jenis Kelamin : Laki - Laki
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Tinggi, Berat badan : 163, 53 Kg
6. Golongan Darah : O
7. Agama : Islam
8. Status : Lajang/Belum Kawin
9. Alamat : Jalan Hasanudin RT 01 / RW 01 Desa  
Semampir, KEC Cerme, KAB Gresik.
10. No Handphone : 083848831287
11. Email : [irwandwip35@gmail.com](mailto:irwandwip35@gmail.com)

#### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2000 – 2002 : TK DHARMAWANITA DS. SEMAMPIR
2. 2002 – 2008 : SDN SEMAMPIR
3. 2008 – 2011 : SMPN 2 CERME
4. 2011 – 2014 : SMK PGRI 1 GRESIK
5. 2016 – 2020 : UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK