

**Pengembangan Instrumen Kontrol Stabilizer Posisi Kamera  
Dalam Dua Derajat Bebas Menggunakan  
Sensor Percepatan H48C**

Skripsi

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat  
guna memperoleh gelar sarjana sains



**Aminudin**

**3225061778**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2011**

## ABSTRAK

Aminudin. Pengembangan Instrumen Kontrol Stabilizer Posisi Kamera Dalam Dua Derajat Bebas Menggunakan Sensor Percepatan H48C. Skripsi, Jakarta : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2011.

Telah dilakukan penelitian pengembangan instrumen yang digunakan sebagai kontrol stabilizer posisi kamera. *Stabilizer* posisi kamera mengatur keadaan kamera tetap menghadap ke bawah ketika mengalami gangguan. *Stabilizer* ini bisa menyesuaikan segala perubahan dengan respon dan akurasi yang baik. Dalam *stabilizer* ini terdapat perbedaan besaran antara nilai masukan dan nilai keluaran, yaitu besaran sudut (sensor) dan besaran waktu (servo). Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah H48C yang memiliki tingkat akurasi 100%. Untuk mengetahui hubungan antara kedua besaran tersebut, digunakan persamaan regresi yang didapat dari perhitungan sampel data yang telah diambil. Persamaan regresi kemudian dimasukkan ke dalam mikrokontroler sebagai dasar sistem kontrol yang digunakan. Dalam pengujian didapat tingkat akurasi stabilizer kamera pada sumbu x sebesar 98.7%, dan pada sumbu y sebesar 97.3%. Perbedaan nilai akurasi pada sensor dan stabilizer kamera disebabkan terdapat celah antara servo dengan lempengan *stabilizer*.

Kata kunci : *Stabilizer* kamera, sistem kontrol, persamaan regresi.

## **ABSTRACT**

Aminudin. The Development of Instrumentation to Control Stabilizer Position of Camera in Two axes Using Acceleration Sensor H48C. Thesis, Jakarta: Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2011.

The Instrumentation that is used to control a stabilizer camera has been researched. The function of camera Stabilizer is always set the state of camera facing down when disturbed. This stabilizer can adjust these changes in the good response and accuracy. In this stabilizer there is a difference between the input value and the amount of output value, namely the amount of angle (sensor) and the amount of time (servo). The sensors used in this research is H48C having 100% of accuracy rate. To determine the relationship between two quantities, it used regression equations which obtained from the calculation sampel data that has been taken. Regression equation then inserted into the microcontroller as the basis for the control system which is used. In testing the camera stabilizer level of accuracy obtained on the x axis by 98.7%, and the y-axis of 97.3%. Difference between the value of accuracy in the sensor and camera stabilizer because there is a gap between servo with stabilizer plates.

keywords: camera stabilizer, control systems, the regression equation.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dihaturkan kepada Allah swt atas ilmu pengetahuan dan nikmat kesehatan yang diberikan kepada penulis, sehingga skripsi dengan judul “Pengembangan Instrumen Kontrol Stabilizer Posisi Kamera Dalam Dua Derajat Bebas Menggunakan Sensor Percepatan H48C” dapat terselesaikan.

Selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih sebesar - besarnya kepada:

1. Dr.rer.nat Bambang Heru Iswanto, selaku pembimbing akademik, dosen pembimbing, dan ketua jurusan Fisika FMIPA UNJ yang telah memberikan waktu, pengalaman, serta pengetahuannya.
2. Dr.Ir.Abdul Aziz, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah memberi nasihat.
3. Drs.Muhammad Dahsyat, M.Si, selaku Chief Engineer yang telah memberi motifasi.
4. Bapak dan Ibu dosen fisika yang telah memberikan kuliah selama masa perkuliahan berlangsung.
5. Ibu dan Ayah tercinta, atas kasih sayangnya yang tidak tergantikan dan terbalaskan.
6. Teman-temanku; Arief Budiman S.Si, Imas Fatoni S.Si, Supri, Giri, Erwin, Danang, Pacul, Hanif, Jaya Sengara S.Si, Priyo Hartono S.Si, Azis, Supardi, dll untuk sebuah persahabatan dan pengalaman hebat dalam hidup.
7. Teman – teman di PTIPK-BPPT, Ka Yomi, Ka Amanta, Ka Teguh, Ka Hafit, Ka Irfan, Ka Endar, Ka Heri, dan lain-lain. Atas semangat dan kerjasamanya.
8. Teman – teman fisika dan pendidikan fisika angkatan 2003,2004,

2005, 2006, 2007, dan 2008 Untuk Persahabatan dan persaudaraan.

Jakarta, Juni 2011

Aminudin

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	1
C. Batasan Masalah.....	2
D. Rumusan masalah.....	2
E. Tujuan Penelitian .....	2
F. Manfaat Penelitian .....	2
BAB II KAJIAN TEORI.....	4
A. Rotasi Benda Tegar .....	4
1. Momentum Sudut.....	5
2. Momen Inersia .....	5
3. Momen Gaya (Torsi).....	6
B. Stabilizer Kamera.....	7
1. Pengertian <i>Stabilizer</i> Kamera .....	7
2. Prinsip Kerja <i>Stabilizer</i> Kamera .....	7
B. Pengukuran Sudut Kemiringan.....	9
1. Sensor Percepatan .....	9
2. Aturan Tangensial .....	10
C. Metode Regresi .....	11
1. Hubungan Garis Lurus antara Dua Variabel.....	12

2.	Regresi Linier.....	13
3.	Korelasi .....	15
D.	Sistem Kontrol .....	16
1.	Sistem Kontrol Terbuka .....	17
2.	Sistem Kontrol Tertutup.....	17
E.	Servo Motor .....	18
F.	Pesawat Udara Nir Awak (PUNA).....	19
G.	Akuisisi Data.....	21
1.	Sumber .....	21
2.	Perangkat Keras .....	23
2.2.	USB ISP (In System Programming) dan Serial TTL (Transistor-.....	23
3.	Perangkat Lunak.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		25
A.	Tujuan Operasional .....	25
B.	Waktu Dan Tempat Penelitian.....	25
C.	Metode Penelitian.....	25
D.	Prosedur Penelitian.....	26
E.	Alat dan Bahan Penelitian .....	26
F.	Cara Kerja .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		28
A.	Pengembangan Instrumen .....	28
B.	Hasil Pengujian dan Pembahasan .....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		44
A.	Kesimpulan .....	44
B.	Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....		45
LAMPIRAN.....		46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gerak rotasi .....	4
Gambar 2. Momen inersia pada batang .....	6
Gambar 3. Perubahan posisi sudut pada pesawat. [7].....	8
Gambar 4. Skema alat <i>stabilizer</i> kamera. ....	8
Gambar 5. Prinsip kerja sensor percepatan. [9] .....	9
Gambar 6. Reputasi vektor 3D .....	10
Gambar 7. Grafik linier .....	13
Gambar 8. Skema sistem control.....	16
Gambar 9. Skema sistem kontrol terbuka.....	17
Gambar 10. Skema sistem kontrol tertutup .....	17
Gambar 11. Modulasi lebar pulsa servo [11].....	19
Gambar 12. (a) Sriti, (b) Pelatuk, (c) Wulung [12].....	20
Gambar 13. H48C Parallax [13].....	22
Gambar 14. Alur penelitian .....	26
Gambar 15. Skema <i>stabilizer</i> kamera.....	28
Gambar 16. <i>Stabilizer</i> kamera (a) tampak samping, (b) tampak depan. ....	29
Gambar 17. (a) alat sudut gangguan, (b) pengujian sumbu y, .....	30
Gambar 18. Skema gaya pada sumbu x.....	30
Gambar 19. Sketsa gaya pada sumbu x .....	31
Gambar 20. Grafik perbandingan sudut terhadap tegangan dan hasil regresi pada potensiometer menggunakan metode regresi. (a) sumbu x, (b) sumbu y, (c) sudut gangguan. ....	33
Gambar 21. Hasil pengujian tingkat akurasi sensor H48C dalam mendeteksi kemiringan pada sumbu x. Saat kemiringan (a) $-60^\circ$ , (b) $-30^\circ$ , (c) $0^\circ$ , (d) $30^\circ$ , (e) $60^\circ$ .....	35
Gambar 22. Hasil pengujian tingkat akurasi sensor H48C dalam mendeteksi kemiringan pada sumbu y. Saat kemiringan (a) $-60^\circ$ , (b) $-30^\circ$ , (c) $0^\circ$ , (d) $30^\circ$ , (e) $60^\circ$ .....	36
Gambar 23. Hasil pengujian respon sensor percepatan H48C dalam mendeteksi kemiringan dengan diberikan perubahan sudut. (a) grafik sensor-gangguan pada sumbu x, (b) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu x, (c) grafik sensor-gangguan pada sumbu y, (d) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu y. ....	38
Gambar 24. Hasil persamaan kontrol sinyal servo terhadap sudut menggunakan metode regresi. pada (a) sumbu x, (b) sumbu y. ....	39
Gambar 25. Sumbu kemiringan pada <i>stabilizer</i> kamera .....	40
Gambar 26. Hasil pengujian tingkat akurasi <i>stabilizer</i> kamera pada sumbu x, ketika (a) $0^\circ$ , (b) $-20^\circ$ , (c) $-40^\circ$ , (d) $-60^\circ$ , (e) $20^\circ$ , (f) $40^\circ$ , (g) $60^\circ$ . ....	41
Gambar 27. Hasil pengujian tingkat akurasi <i>stabilizer</i> kamera pada sumbu y, ketika (a) $0^\circ$ , (b) $-20^\circ$ , (c) $-40^\circ$ , (d) $-60^\circ$ , (e) $20^\circ$ , (f) $40^\circ$ , (g) $60^\circ$ .....	42
Gambar 28. Hasil pengujian respon <i>stabilizer</i> kamera, (a) grafik <i>stabilizer</i> kamera- gangguan pada sumbu x, (b) kecepatan sudut gangguan pada pengujian	



sumbu x. (c) grafik *stabilizer* kamera-gangguan pada sumbu y, (d) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu x.....44

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kesalahan rata-rata pengukuran tingkat akurasi <i>stabilizer</i> kamera. ....	43
Tabel 2. Kesalahan rata-rata pengukuran tingkat akurasi <i>stabilizer</i> kamera.....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Alat .....	46
Lampiran 2. Akurasi sensor .....	47
Lampiran 3. Respon sensor .....	49
Lampiran 4. Regresi Potensiometer dan Sinyal Servo .....	57
Lampiran 5. Akurasi <i>Stabilizer</i> Kamera.....	59

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

*Stabilizer* kamera adalah sebuah alat yang akan menghasilkan keadaan tetap atau konstan pada kamera ketika mengalami gangguan dari luar. *Stabilizer* kamera ini harus bisa menyesuaikan segala perubahan dengan respon dan tingkat akurasi yang baik, agar keadaan yang diinginkan atau ditetapkan akan tercapai.

Pada *stabilizer* kamera ini terdapat nilai masukan, nilai keluaran, dan sistem kontrol. Nilai masukan ini berupa besaran sudut dari sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi perubahan kemiringan, nilai keluaran berupa sinyal trigger untuk menggerakkan servo motor yang berfungsi sebagai penggerak kamera, dan sistem kontrol sebagai penghubung antara nilai masukan dengan nilai keluaran. *Stabilizer* kamera yang baik harus dapat merespon perubahan kemiringan dengan cepat dan akurat, sehingga perubahan kemiringan tersebut tidak mengganggu posisi kamera (tegak lurus permukaan bumi).

Terdapat perbedaan besaran antara nilai masukan dan nilai keluaran, yaitu besaran sudut (sensor) dan besaran waktu (servo). Untuk mengetahui hubungan antara kedua besaran tersebut, digunakan persamaan regresi. Persamaan regresi ini didapat dengan mengambil sampel data, kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan persamaan tersebut. Dengan adanya regresi tersebut diharapkan dapat menciptakan sistem *stabilizer* kamera yang cepat dan akurat.

### B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan, diantaranya :

1. Bagaimana mengembangkan instrument untuk *stabilizer* kamera ?
2. Bagaimana merancang perangkat *stabilizer* kamera dengan menggunakan sensor percepatan dan servo motor ?
3. Bagaimana pengaruh persamaan kontrol dari terhadap *stabilizer* kamera ?
4. Bagaimana keakuratan, overshoot/undershoot, dan respon *stabilizer* kamera menggunakan persamaan kontrol dari metode regresi ?

### **C. Batasan Masalah**

Agar penelitian tugas akhir ini terarah, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. *Stabilizer* dengan dua derajat bebas.
2. Nilai input yang diberikan berasal dari sensor percepatan H48C.
3. Menggunakan metode regresi.
4. Menggunakan servo jenis GWS 180° yang memiliki fungsi posisi.

### **D. Rumusan masalah**

Permasalahan pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :  
“Bagaimana mengembangkan instrumen, tingkat respon, dan akurasi pada *stabilizer* kamera dengan dua derajat bebas menggunakan sensor percepatan H48C ?”.

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan instrumen *stabilizer* kamera dengan dua derajat bebas menggunakan sensor percepatan H48C.

### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Mempersiapkan perangkat instrumen *stabilizer* kamera pada PUNA.

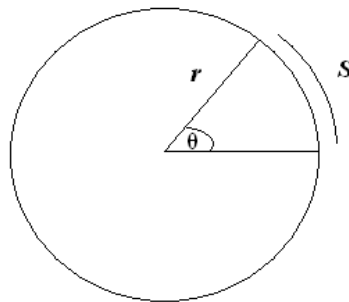
2. Mengetahui tingkat respon dan akurasi *stabilizer* kamera dengan dua derajat bebas menggunakan sensor percepatan H48C.

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### A. Rotasi Benda Tegar

Benda tegar adalah sistem partikel dimana jarak antara partikel satu dengan partikel lainnya dianggap tetap. oleh karena itu, jika suatu benda berotasi pada suatu sumbu, maka jarak antara partikel-partikelnya tetap. Terdapat hubungan antara besaran-besaran dalam gerak linier dengan gerak rotasi, baik itu dalam posisi, kecepatan, dan percepatan. Besaran-besaran dalam gerak rotasi, yaitu perubahan sudut ( $\theta$ ), kecepatan sudut ( $\omega$ ), dan percepatan sudut ( $\alpha$ ).



**Gambar 1. Gerak rotasi**

Besar jarak yang ditempuh dalam selang waktu  $\Delta t$  yang berhubungan antar  $S$  (jarak) dengan  $\theta$  (dalam radian) adalah  $S = r \theta$ .

$$\frac{dS}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} \quad (1.1)$$

Besar kecepatan sudut adalah besarnya perubahan sudut dibagi dengan waktu, dan arah dari kecepatan sudut yaitu arah putar tangan kanan yang tegak lurus bidang putar.

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (1.2)$$

$$v = \omega \times r \quad (1.3)$$

Percepatan sudut adalah perubahan kecepatan terhadap waktu

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad (1.4)$$

Hubungan antara percepatan linier dan percepatan sudut diberikan oleh

$$\frac{dv}{dt} = r \frac{d\omega}{dt} = r\alpha \quad (1.5)$$

Dengan arah  $\alpha$  diberikan oleh arah perubahan  $\omega$  secara vektor

$$\alpha = \alpha \times r \quad (1.6)$$

## 1. Momentum Sudut

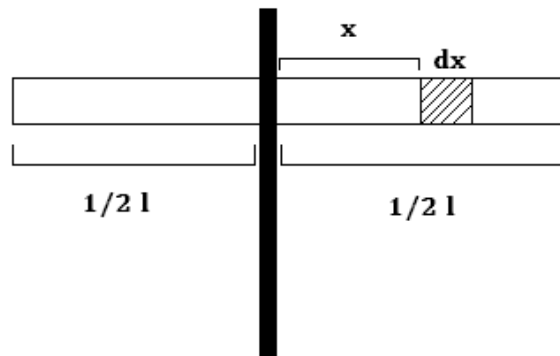
Momentum sudut merupakan besaran yang berhubungan dengan kecepatan ( $v$ ) dan massa ( $m$ ) pada suatu benda. Momentum bisa dikatakan sebagai ukuran untuk menghentikan suatu benda yang bergerak. Jadi, momentum sudut ( $l$ ) merupakan suatu partikel yang memiliki besar momentum ( $P$ ) dan berada pada posisi ( $r$ ) dari suatu referensi titik O.

$$l = r \times P \quad (1.7)$$

## 2. Momen Inersia

Momen inersi adalah ukuran kelembaman suatu benda untuk berotasi. Momen inersia berarti besaran yang nilainya tetap pada suatu gerak rotasi. Besaran ini analog dengan massa pada gerak translasi atau lurus.





**Gambar 2. Momen inersia pada batang**

Dimana :

$$m = \lambda l ; \quad dm = \lambda dx$$

Sehingga momen inersia pada batang tersebut adalah

$$I = \int_{-\frac{1}{2}l}^{\frac{1}{2}l} r^2 dm = \int_{-\frac{1}{2}l}^{\frac{1}{2}l} x^2 dm \quad (1.8)$$

$$I = \frac{1}{12} \lambda l^3 \quad (1.9)$$

### 3. Momen Gaya (Torsi)

Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik, atau menjalankan sesuatu (pulling power). Satuan untuk torsi di internasional adalah feet/lbs, feet-pounds, atau Newtonmeter (Nm). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan. Untuk menghitung torsi, kalikan gaya dengan jarak.

$$\tau = F \cdot d \quad (2.0)$$

Dimana :

$\tau$  = Torsi (Nm)

$F$  = Gaya (N)

$d$  = Jarak (m)

## **B. Stabilizer Kamera**

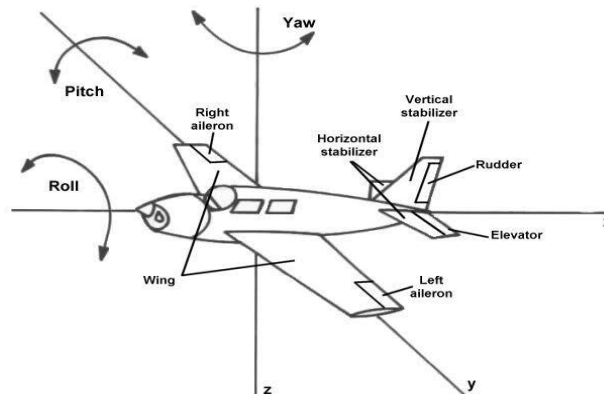
### **1. Pengertian *Stabilizer* Kamera**

*Stabilizer* kamera adalah sebuah sistem atau alat yang akan menghasilkan keadaan tetap atau konstan pada kamera ketika mengalami gangguan dari luar. *Stabilizer* ini harus bisa menyesuaikan segala perubahan dengan respon yang baik dan akurat, agar keadaan yang diinginkan atau ditetapkan akan tercapai.

Dalam sistem *stabilizer* kamera ini terdapat parameter input, parameter output dan sistem kontrol. Parameter input ini berupa sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi perubahan keadaan kamera, parameter output berupa penggerak kamera, dan sistem kontrol berupa software untuk menghasilkan persamaan hubungan antara nilai output dan nilai input dengan menggunakan metode regresi. Persamaan kontrol tersebut dimasukan kedalam mikrokontroler untuk menghasilkan sinyal keluaran. Mikrokontroler ini berfungsi sebagai pusat pengendali dari *stabilizer* kamera, karena data-data diolah di dalam mikrokontroler tersebut.

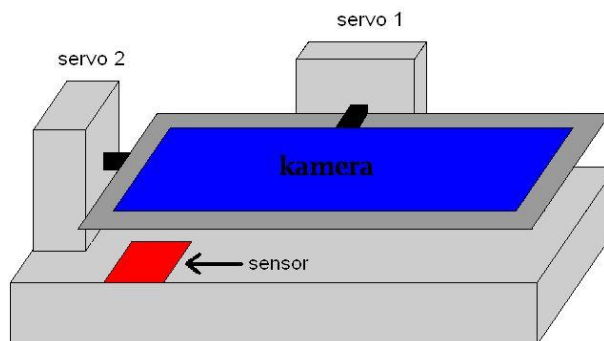
### **2. Prinsip Kerja *Stabilizer* Kamera**

Terdapat 3 jenis gerakan dalam parameter *attitude* pesawat terbang, yaitu sumbu y (*pitch*), sumbu x (*roll*), dan sumbu z (*yaw*). Agar kamera dapat mengarah kebawah, hanya sumbu x dan sumbu y yang dijadikan sebagai input pada *stabilizer* kamera.



**Gambar 3. Perubahan posisi sudut pada pesawat. [7]**

Pada *stabilizer* kamera dipasang sensor percepatan tiga dimensi dan servo motor sebagai penggerak kamera. Untuk mendapatkan besaran sudut dari besaran percepatan yang terbaca, maka digunakan aturan tangensial. Setelah mendapatkan besaran kemiringan, kita tetapkan keadaan yang diinginkan pada kamera yaitu tegak lurus terhadap permukaan bumi. Jika kamera mengalami perubahan posisi sebesar 30 derajat terhadap sumbu x, maka servo motor harus menggeser kamera -30 derajat terhadap sumbu x. Hal ini berlaku juga terhadap sumbu y. Untuk menyesuaikan nilai input dan nilai output, diperlukan persamaan kontrol. Persamaan kontrol ini didapat dengan menggunakan regresi, yaitu dengan mengambil data output terhadap terhadap input yang kita berikan. Setelah mendapatkan persamaan, maka persamaan tersebut dimasukan kedalam chip mikrokontroler. Mikrokontroler ini berfungsi untuk menghasilkan nilai output (servo) dari nilai input (sensor) yang terbaca.

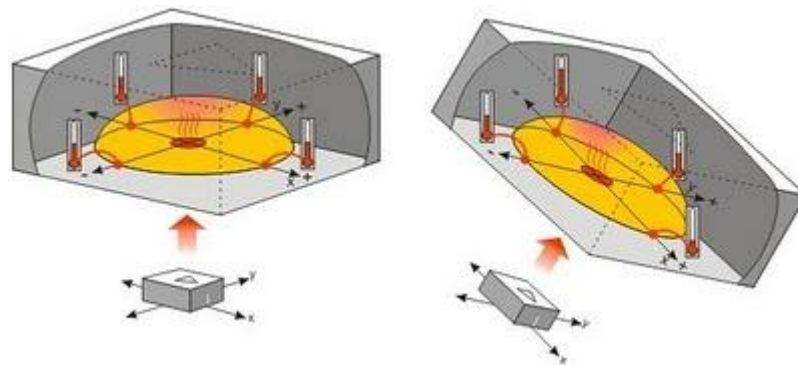


**Gambar 4. Skema alat *stabilizer* kamera.**

## B. Pengukuran Sudut Kemiringan

### 1. Sensor Percepatan

Sensor percepatan adalah alat yang digunakan untuk mengukur percepatan, mengukur getaran (vibrasi), dan mengukur percepatan akibat gravitasi (inklinasi). Sensor percepatan juga dapat diaplikasikan pada pengukuran aktivitas gempa bumi, dan peralatan-peralatan elektronik, seperti permainan tiga dimensi, dan mouse komputer. Untuk aplikasi yang lebih lanjut, sensor ini banyak digunakan untuk keperluan navigasi. Percepatan gravitasi yang dideteksi oleh sensor ini bisa dimanfaatkan sebagai informasi sudut orientasi benda.



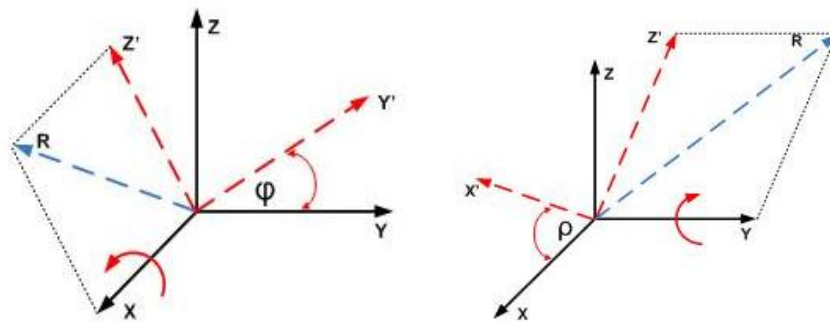
**Gambar 5. Prinsip kerja sensor percepatan. [9]**

Sensor ini berjenis MEMS ( Microelectromechanic System). Prinsip-prinsip teknologi MEMS didasarkan pada sifat mekanik silicon untuk menciptakan struktur bergerak. Dikombinasikan dengan mikroelektronik, sinyal yang dihasilkan oleh struktur bergerak memberikan sinyal keluaran untuk sensor.

Prinsip kerja sensor ini secara fisika adalah apabila suatu konduktor digerakkan melalui suatu medan magnet, atau sebaliknya, maka akan timbul suatu tegangan induksi pada konduktor. Terdapat pemanas pada setiap ujung-ujung elemen, panas tersebut akan merambat ke lempengan sensor yang bersifat seperti *thermocoupler*, sehingga jika dimiringkan akan terjadi perubahan distribusi panas pada lempengan dan akan menghasilkan perubahan tegangan.

## 2. Aturan Tangensial

Aturan Tangensial merupakan salah satu aturan yang ada di teori trigonometri. Dalam kaitannya dengan pengukuran sudut kemiringan, aturan ini digunakan untuk mengetahui sudut kemiringan dari data percepatan. Dalam hal ini sudut kemiringan dibagi menjadi 2 yaitu pitch ( $\rho$ ) diartikan sebagai sudut antara axis X relatif terhadap *ground*, sedangkan roll ( $\varphi$ ) diartikan sebagai sudut antara axis Y relatif terhadap *ground*.



Gambar 6. Reputasi vektor 3D

Pada saat perputaran terhadap sumbu X, R senilai dengan  $\sqrt{A_y^2 + A_z^2}$ , dan begitu sebaliknya pada saat perputaran terhadap sumbu Y. Sehingga diperoleh formula  $\rho$  dan  $\varphi$ . Perhitungan sudut kemiringan sesuai dasar teori memanfaatkan Aturan Tangensial.

$$\rho = \tan^{-1} \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \quad (2.1)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \quad (2.2)$$

dimana,

$\rho$  = Pitch (sudut antara axis X relatif terhadap *ground*)

$\varphi$  = Roll (sudut antara axis Y relatif terhadap *ground*)

$A_{x,y,z}$  = Percepatan gravitasi axis X,Y,Z vektor satuan

Percepatan gravitasi disimbolkan dengan  $a_x$   $a_y$   $a_z$  , sehingga nilai percepatan gravitasi vektor satuan dapat dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$R = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (2.3)$$

$$A_x = \frac{a_x}{R} \quad (2.4)$$

$$A_y = \frac{a_y}{R} \quad (2.5)$$

$$A_z = \frac{a_z}{R} \quad (2.6)$$

dimana,

$R$  = Resultan percepatan gravitasi.

$a_{x,y,z}$  = Percepatan gravitasi axis X,Y,Z terukur.

$A_{x,y,z}$  = Percepatan gravitasi axis X,Y,Z vektor satuan.

### **C. Metode Regresi**

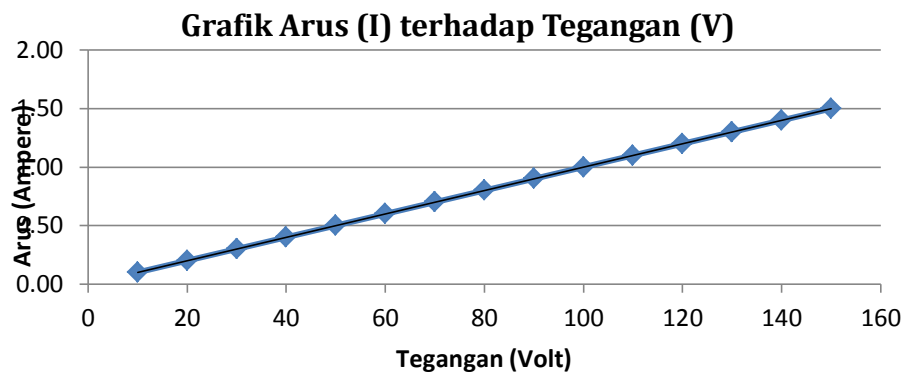
Didalam dunia industri sekarang ini, tidak pernah dikenal lagi apa yang disebut kekurangan informasi. Seberapa kecil suatu proses, terdapat begitu banyak alat pengukur. Alat-alat pengukur tersebut memberikan kita informasi seperti suhu, kelembaban, kemiringan, percepatan, dan lain-lain. Mungkin data yang kita ambil merupakan fungsi waktu yang semakin lama akan berubah atau bahkan tetap, dengan data-data tersebut maka kita akan mengetahui sifat dari sistem yang kita amati. Bukan hanya mengetahui sifat, kita bahkan bisa memprediksi apa yang akan terjadi pada sistem yang kita amati. Melalui analisis dan perhitungan, kita akan mendapatkan sebuah kesimpulan dan hubungan antara input dan output. Setiap sistem, pasti terdapat variabel bebas dan variabel tak bebas. Variabel bebas adalah variabel yang bisa kita atur atau kita tetapkan, sedangkan variabel tak

bebas adalah variabel yang nilainya tergantung atau dipengaruhi oleh variabel bebas. Pada kasus-kasus tertentu, kita harus mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas untuk mengendalikan sistem yang kita amati, seperti mengontrol suhu ruangan, kontrol kelembaban, intensitas, dan lain-lain.

Metode regresi adalah metode untuk mencari persamaan matematik yang menghubungkan antara variabel bebas terhadap variabel tak bebas. Metode ini digagas oleh Sir Francis Galton. Ia merupakan seorang antropologi dan meteorologi terkenal dari Inggris. Galton memaparkan penemuannya bahwa setiap keturunan tidak cenderung menyerupai induknya dalam hal ukuran, namun selalu mendekati rata-rata (bisa lebih kecil atau lebih besar dari pada induknya). Oleh karena itu, hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas adalah bukanlah nilai pasti, akan tetapi nilai yang mendekati rata-rata.

### **1. Hubungan Garis Lurus antara Dua Variabel**

Dalam banyak penelitian, kita ingin sering menyelidiki bagaimana perubahan-perubahan pada suatu variabel mempengaruhi variabel lainnya. Adakalanya dua variabel dihubungkan oleh garis lurus. Sebagai contoh, jika hambatan ( $R$ ) suatu rangkaian kita buat tetap atau konstan, maka besar arus ( $I$ ) akan mengikuti besarnya tegangan ( $V$ ), sebab menurut hukum Ohm  $I=V/R$ . Dengan persamaan tersebut ( $R$ =konstan), maka kita akan mengetahui besar perubahan  $I$  dengan mengubah besarnya  $V$ . Dalam hal ini  $V$  merupakan variabel bebas dan  $I$  merupakan variabel tak bebas. Berikut data dan grafik arus terhadap tegangan dengan  $R=100$  Ohm.



**Gambar 7. Grafik linier**

Dari grafik di atas, terlihat bahwa hubungan antara V dan I adalah linier. Hal ini juga terlihat dari persamaan  $I=V/R$  dengan R sama dengan konstan. Dengan demikian, jika kita mengubah nilai tegangan (V), maka arus (I) akan berubah.

Hal ini dapat kita manfaatkan dalam mengatur arus sebuah rangkaian dengan mengubah 1 variabel, yaitu tegangan (V). Dalam dunia digital, akan lebih mudah jika kita mengatur atau membaca perubahan tegangan dari pada merubah atau membaca besar hambatan (Ohm).

## 2. Regresi Linier

Suatu hubungan garis linier sangat berguna untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel tak bebas. Dengan mengetahui hubungan tersebut, kita dapat mengatur nilai output dengan member nilai input. Proses pencarian persamaan menggunakan metode regresi.

Sebelum mendapatkan persamaan regresi, kita harus memprediksi dengan memodelkan persamaan tersebut. Kita anggap model persamaannya sebagai berikut.

$$Y_i = B_0 + B_1X_i + e \quad (2.7)$$



Dimana :

$Y_i$  = variable tak bebas

$X_i$  = variable bebas

$B_0$  = konstanta

$B_1$  = gradien

$e$  = error

Kita asumsikan model persamaan ini adalah benar, namun nanti kita akan selidiki kebenaran dari model persamaan tersebut. Misalkan kita memiliki  $n$  data, maka jumlah semua simpangan dari garis tersebut adalah

$$S = f B_0, B_1 = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - B_0 - B_1 X_i)^2 \quad (2.8)$$

Untuk mencari nilai  $B_0$  dan  $B_1$ , maka persamaan di atas kita turunkan dengan  $B_0$  dan  $B_1$ , kemudian jumlah dari masing-masing turunan sama dengan nol.

$$\frac{\partial S}{\partial B_0} = -2 \sum_{i=1}^n (Y_i - B_0 - B_1 X_i) = 0 \quad (2.9)$$

$$n B_0 = \sum_{i=1}^n Y_i - B_1 \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.0)$$

$$\frac{\partial S}{\partial B_1} = -2 \sum_{i=1}^n X_i (Y_i - B_0 - B_1 X_i) = 0 \quad (3.1)$$

$$B_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 = \sum_{i=1}^n X_i Y_i - B_0 \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.2)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (1) dan (2), maka didapat

$$B_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad (3.3)$$

$$B_0 = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n Y_i - B_1 \sum_{i=1}^n X_i \right) \quad (3.4)$$

Setelah mendapatkan persamaan tersebut, kita akan melihat bahwa tidak semua titik akan masuk kedalam persamaan regresi, karena persamaan ini bersifat

pendekatan dari suatu nilai. Persamaan ini harus kita uji dengan menggunakan korelasi, untuk mengetahui seberapa besar keterkaitan antara variabel bebas dan variabel tak bebas dengan menggunakan persamaan regresi yang telah kita dapatkan.

### 3. Korelasi

Sepanjang sejarah umat manusia, orang melakukan penelitian mengenai ada dan tidaknya hubungan antara dua hal, fenomena, kejadian atau lainnya. Usaha-usaha untuk mengukur hubungan ini dikenal sebagai mengukur asosiasi antara dua fenomena atau kejadian.

Korelasi merupakan teknik analisis yang termasuk dalam salah satu teknik pengukuran asosiasi / hubungan (*measures of association*). Pengukuran asosiasi merupakan istilah umum yang mengacu pada sekelompok teknik dalam statistik bivariat yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Pengukuran asosiasi menggunakan nilai numerik untuk mengetahui tingkatan asosiasi atau kekuatan hubungan antara variabel. Dua variabel dikatakan berasosiasi jika perilaku variabel yang satu mempengaruhi variabel yang lain. Jika tidak terjadi pengaruh, maka kedua variabel tersebut disebut independen.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left( n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left( n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}} \quad (3.5)$$

Kekuatan hubungan korelasi antara nol (0) sampai dengan satu (1). Korelasi mempunyai kemungkinan pengujian hipotesis dua arah (*two tailed*). Korelasi searah jika nilai koefisien korelasi ditemukan positif, sebaliknya jika nilai koefisien korelasi negatif, korelasi disebut tidak searah. Koefisien korelasi ialah suatu pengukuran statistik kovariansi atau asosiasi antara dua variabel. Jika koefisien korelasi ditemukan tidak sama dengan nol, maka terdapat ketergantungan antara dua variabel tersebut.

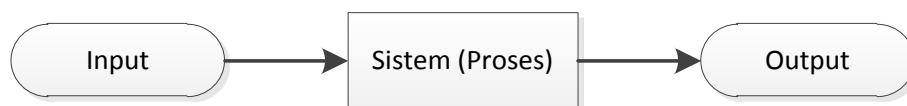
Jika koefisien korelasi ditemukan +1. maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) positif, dan jika koefisien korelasi ditemukan -1, maka hubungan tersebut disebut sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna dengan kemiringan (slope) negatif.

Dalam korelasi sempurna tidak diperlukan lagi pengujian hipotesis, karena kedua variabel mempunyai hubungan linear yang sempurna. Artinya variabel bebas (x) mempengaruhi variabel tak bebas (y) secara sempurna. Jika korelasi sama dengan nol, maka tidak terdapat hubungan antara kedua variabel tersebut.

#### **D. Sistem Kontrol**

Sistem kontrol adalah suatu sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar output yang dihasilkan dapat dikontrol sehingga tidak terjadi kesalahan. Dalam hal ini output yang dikendalikan adalah kestabilan, keakurasian, kecepatan respon, sensitivitas, dan kedinamisan. Suatu sistem kontrol yang baik harus mempunyai ketahanan terhadap disturbance, dan mempunyai respon yang cepat dan akurat.

Secara umum terdapat empat komponen dalam sistem kontrol, yaitu input, output, sistem, dan proses. Input merupakan masukan yang diberikan kepada sistem kontrol. Sistem sendiri adalah sistem kontrol yang didalamnya terdapat proses pengendalian dan hasil dari input yang diberikan akan menghasilkan output atau keluaran.



**Gambar 8. Skema sistem control.**

Sistem kontrol ini terdapat 2 jenis, yaitu sistem kontrol terbuka (*open loop control system*) dan sistem kontrol tertutup (*closed loop feedback control system*).

## 1. Sistem Kontrol Terbuka

Sistem kontrol terbuka adalah suatu sistem pengontrol objek yang nilai keluarannya tidak diperhitungkan lagi ke dalam sistem. Tujuan dari sistem ini ialah memperoleh respon yang baik, akan tetapi ketelitian terhadap target akan berkurang.

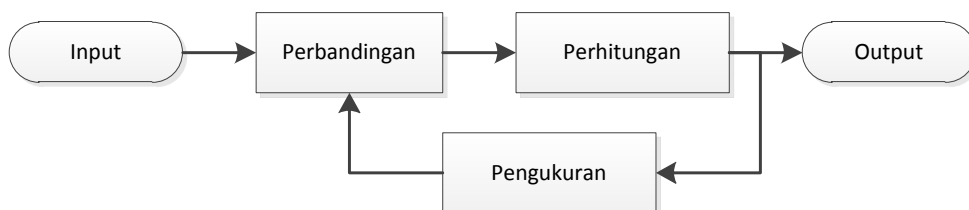


**Gambar 9. Skema sistem kontrol terbuka**

Dalam suatu sistem kontrol terbuka, nilai output tidak dapat dibandingkan dengan nilai input. Jadi, untuk setiap nilai input harus berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari sistem tergantung kalibrasi. Sistem kontrol ini dapat digunakan jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui, dan tidak terdapat kerusakan pada sistem.

## 2. Sistem Kontrol Tertutup

Sistem kontrol tertutup adalah suatu sistem pengontrol objek yang nilai keluarannya diperhitungkan kembali oleh sistem (feedback). Tujuan dari sistem ini ialah memperoleh ketelitian agar objek tepat mencapai target, akan tetapi kecepatan objek mencapai target akan berkurang karena nilai keluarannya akan dikembalikan lagi ke sistem dan sistem akan melakukan perhitungan kembali (terjadi osilasi).



**Gambar 10. Skema sistem kontrol tertutup**

Sistem kontrol ini dapat dipakai tanpa harus mencari persamaan atau hubungan antara nilai input dan nilai output. Sistem ini bekerja terhadap nilai

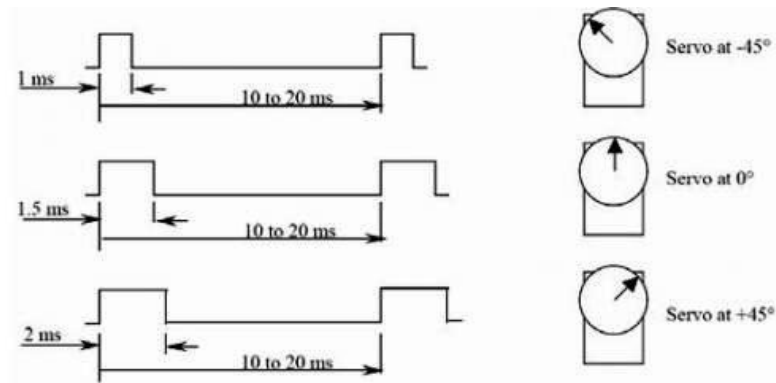
error yang dihasilkan, semakin besar error maka semakin besar pula sinyal yang dikeluarkan, dan akan terus melakukan proses sampai nilai error yang dihasilkan mendekati nol. Nilai error adalah selisih antara nilai input yang diberikan terhadap hasil dari nilai output.

## **E. Servo Motor**

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor servo merupakan motor DC yang memiliki rangkaian kontrol elektronik dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena internal gearnya.

*Pulse Width Modulation* (PWM) atau modulasi lebar pulsa merupakan suatu teknik modulasi untuk menggerakkan aktuator dengan pembangkitan sinyal dalam rentang periode tertentu. Motor servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50Hz, yang telah ditentukan oleh manufaktur yang telah terstandarisasi di Indonesia. Data tersebut terlampir dalam *datasheet* untuk motor servo. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50Hz tersebut dicapai pada kondisi *ton duty cycle* 1.5ms, sehingga rotor dari motor akan berhenti tepat ditengah-tengah (sudut 0°/ netral).

Pada saat *ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka rotor akan berputar kearah kiri dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika *ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5ms, maka rotor akan berputar kearah kanan dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *ton duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut.



**Gambar 11. Modulasi lebar pulsa servo [11]**

Hal tersebut dikarenakan operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar  $\pm 20$ ms, dimana lebar pulsa antara 0.5ms dan 2ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.

#### **F. Pesawat Udara Nir Awak (PUNA)**

PUNA (Pesawat Udara Nir Awak) adalah pesawat kecil tanpa awak yang memiliki berbagai jenis tipe dan misi. Salah satu fungsi PUNA adalah sebagai pengintai perbatasan, di dalamnya terdapat sensor-sensor, kamera, GPS, dan chip mikrokontroler. Pesawat ini sedang dikembangkan oleh PTIPK (Pusat Teknologi Industri Pertahanan dan Keamanan) - BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi).

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas. Namun, wilayah yang luas itu memiliki risiko tersendiri dari segi pengamanannya. Karena sangat luas, TNI harus mengeluarkan biaya yang besar dan juga sumber daya yang banyak untuk tetap menjaga keamanan wilayah kesatuan Negara Republik Indonesia. Berdasarkan latar belakang pengawasan keamanan tersebut, para ahli di BPPT membuat sebuah pesawat tanpa awak yang bertujuan sebagai pendukung pertahanan keamanan nasional dan pengintai teroris. Pesawat ini dibuat untuk mempermudah kerja TNI sekaligus menghemat biaya pengawasan terhadap wilayah Indonesia. Pesawat ini memiliki berbagai jenis, yaitu wulung, alap-alap,

pelatuk, dan sriti. Setiap jenis tersebut disesuaikan dengan misi yang akan dijalani. Berikut foto dari masing-masing pesawat :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 12. (a) Sriti, (b) Pelatuk, (c) Wulung [12]**

Pada sistem akuisisi data, terdapat 2 sistem, yaitu sistem on board dan sistem GCS (*Ground Control Sistem*). Sistem *On Board* adalah sistem yang dipasang pada pesawat, terdiri dari sensor-sensor, kamera, GPS, dan mikroprosesor. Sistem GCS adalah sistem untuk menerima data dan pengendali pesawat, terdiri dari seperangkat modem, komputer, dan RC (*Remote Control*). Mikroprosesor yang digunakan pada sistem *On Board* adalah Rabbit Mikrokontroler RCM 4100. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan empat komunikasi serial, 16 chanel ADC, dan 12 chanel PWM. Mikrokontroler ini berfungsi untuk mengolah sinyal-sinyal dari sensor, dan sebagai pengendali dalam sistem *autonomos*. *Autonomos* merupakan sistem yang dapat bekerja dengan sendirinya, didalamnya terdapat sistem kontrol.

## **G. Akuisisi Data**

Akuisisi data merupakan proses sampling dari kondisi besaran fisis dan konversi dari sampel yang dihasilkan menjadi data digital yang dapat dimanipulasi oleh komputer. Sistem akuisisi data biasanya melibatkan konversi bentuk gelombang analog menjadi data digital untuk diproses.

### **1. Sumber**

Perolehan data dimulai dengan mengukur besaran fisis, dalam penelitian ini adalah kemiringan atau besaran sudut. Memanfaatkan sensor percepatan sebagai pendeteksi percepatan 3D, kemudian diubah menjadi besaran sudut atau kemiringan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perhitungan yang mengubah besaran percepatan menjadi besaran sudut. Dalam hal ini adalah aturan tangensial.

Potensiometer digunakan untuk mengetahui sudut yang dibentuk oleh *stabilizer* kamera. Besar tegangan yang dihasilkan oleh potensiometer ini di ubah menjadi besaran sudut dengan melakukan proses kalibrasi.

#### **1.1. Percepatan**

Percepatan adalah alat untuk mengukur percepatan suatu benda. Sensor yang digunakan adalah H48C yang mempunyai nilai keluaran digital berupa data tegangan. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$A_{axis} = \frac{V_{axis} - V_{ref}}{Bit} \times G_{ref}$$

Dimana :

Axis = percepatan (G)

Vaxis = tegangan pada axis (mV)

VRef = tegangan referensi untuk 1 G (mV)

Bit = resolusi ADC 12 bit (4095 bit)

Ref = 0.0022 (G/mV)



## 1.2. H48C Parallax

H48C Parallax adalah modul sensor pengukur percepatan. Dengan ukurannya yang relatif kecil, sensor ini dapat mengukur percepatan hingga 3G. Dengan menggunakan aturan tangensial, maka sensor ini bisa dijadikan pendeteksi kemiringan dalam keadaan statis.



**Gambar 13. H48C Parallax [13]**

## 1.2. Potensiometer

Potensiometer ini berfungsi untuk mendeteksi perubahan sudut pada *stabilizer* kamera. Prinsip kerja dari potensiometer ini adalah pembagi tegangan, sehingga setiap putaran akan menghasilkan perubahan tegangan. Perubahan tegangan ini dibaca oleh mikrokontroler, kemudian hasil dari tegangan akan diubah ke besaran sudut melalui regresi.



**Gambar 14. Potensiometer [14]**

Persamaan yang dihasilkan melalui regresi akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler, sehingga data keluaran sudah menjadi besaran sudut. Data ini

akan menjadi salah satu akuisisi data pada *stabilizer* kamera. Dari data tersebut, kita akan mengetahui tingkat respon dan akurasi pada *stabilizer* kamera tersebut.

## **2. Perangkat Keras**

### **2.1. Mikrokontroler**

Mikrokontroler adalah *single chip* komputer yang memiliki kemampuan untuk diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol. Pada perangkat ini digunakan mikrokontroler jenis AVR yaitu ATmega 8L produksi ATMEL, yang bersifat *low cost* dan *high performance*, dengan fitur yang cukup lengkap, mudah didapat, dan harga yang relatif terjangkau. Mikrokontroler seri ATmega 8538L memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 8K bytes *In-System Programmable Flash* dengan kemampuan *Read-While-Write*.
- 512 bytes EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*).
- 1 Kilo bytes SRAM (*Static Random Acces Memory*).
- 40 saluran I/O.
- 32 saluran register.
- Programmable serial USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*).
- 10-bit ADC (*Analog to Digital Converter*) sebanyak 8 saluran.

### **2.2. USB ISP (In System Programming) dan Serial TTL (Transistor-Transistor Logic)**

Untuk mendownload program ke dalam mikrokontroler dibutuhkan suatu perangkat yang dinamakan *downloader*. K-125i adalah salah satu jenis *downloader* yang sangat simpel dan sudah disertai dengan koneksi USB (*Universal Serial Bus*) yang mempermudah pengguna dalam mendownload *list* program.

K-125i juga disertai dengan serial TTL (*Transistor-Transistor Logic*)dimana ini adalah suatu bentuk jaringan yang dapat menghubungkan logika level tegangan yang dihasilkan dari mikrokontroler ke PC secara langsung.

### **3. Perangkat Lunak**

#### **3.1. Codevision AVR**

Codevision memiliki peran untuk membantu menulis program dan membantu dalam mendownload program ke dalam mikrokontroler. Perangkat lunak ini merupakan salah satu perangkat lunak *compiler* C yang khusus digunakan untuk mikrokontroler keluaran AVR Atmel. *Compiler* C melaksanakan semua elemen dari bahasa C ANSI (*American National Standards Institute*), sebagaimana yang diperbolehkan oleh arsitektur AVR, dengan beberapa fitur yang ditambahkan untuk memaksimalkan dari spesifikasi arsitektur AVR dan kebutuhan. Untuk *debugging embedded system*, yang menggunakan komunikasi serial, IDE (*Integrated Development Environment*) memiliki *built-in* terminal.

#### **3.2. Scilab**

Scilab adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi, sebagian besar kegunaannya didasarkan pada seputar kemampuan menspesifikasi banyak komputasi dengan sedikit baris kode. Scilab melakukan hal ini dengan mengabstraksi tipe data primitif kepada matriks ekuivalen menurut fungsinya.

Scilab memiliki kesamaan fungsionalitas dengan MATLAB, tetapi tersedia untuk diunduh tanpa biaya lisensi. Program ini memungkinkan pengguna untuk melakukan komputasi pada cakupan luas operasi-operasi matematika dari operasi yang relatif sederhana seperti perkalian hingga kepada operasi tingkat tinggi seperti korelasi dan aritmatika kompleks. Perangkat ini sering dipakai untuk pemrosesan sinyal, analisis statistika, perbaikan gambar, simulasi dinamika fluida, dan lain-lain. Pada penelitian ini scilab digunakan sebagai pembantu dalam membuat grafik, sehingga data yang didapat bisa dibaca dengan mudah dan jelas.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Operasional**

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan instrumen *stabilizer* kamera dengan dua derajat bebas menggunakan sensor percepatan H48C.

#### **B. Waktu Dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada:

##### **1. Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2010 sampai dengan Februari 2011.

##### **2. Tempat Penelitian**

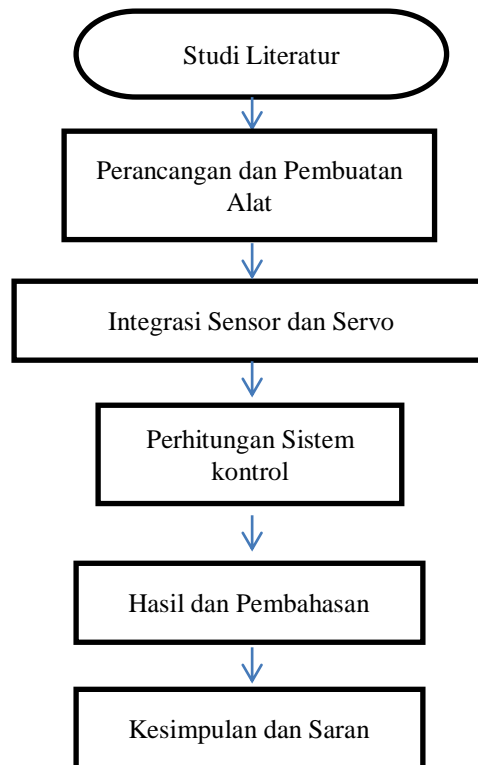
Penelitian ini dilaksanakan di Lab. Instrumentasi PTIPK – BPPT Jakarta.

#### **C. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur dan eksperimen. Studi literatur digunakan untuk memperoleh dasar-dasar teori yang akan digunakan untuk merancang dan membuat disain *stabilizer* kamera menggunakan metode regresi. Secara umum pada tahap studi literatur adalah Studi pendahuluan berupa studi pustaka dengan mempelajari tentang sistem *stabilizer* dan parameter-parameter pada PUNA.

Secara umum pada tahap eksperimen terdiri dari: (1) merancang bangun *stabilizer* kamera dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA 8535L, (2) pengintegrasian *stabilizer* kamera dengan persamaan kontrol dari metode regresi, (3) Pengujian dan evaluasi kinerja *stabilizer* kamera.

## D. Prosedur Penelitian



**Gambar 14. Alur penelitian**

## E. Alat dan Bahan Penelitian

1. Mikrokontroler ATMEGA 8535L
2. Sensor percepatan H48C
3. Motor Servo
4. Kamera
5. Busur
6. Potensiometer
7. ISP k-125
8. Laptop

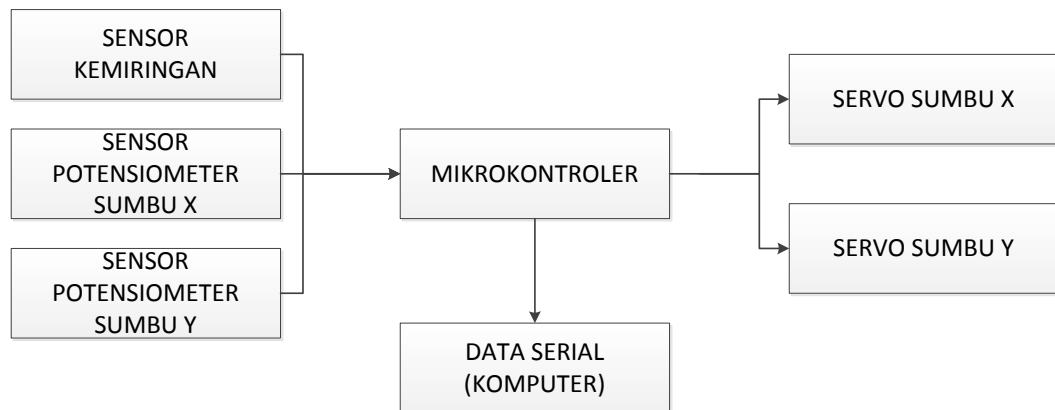
## **F. Cara Kerja**

1. Mendisain perangkat *stabilizer* kamera.
2. Memasang sensor, potensiometer, kamera dan servo.
3. Aktifasi sensor, potensiometer, kamera dan servo.
4. Melakukan kalibrasi pada potensiometer.
5. Melakukan perhitungan untuk mencari persamaan kontrol *stabilizer* kamera.
6. Melakukan integrasi terhadap sensor dan servo.
7. Menganalisis tingkat akurasi dan respon sensor percepatan H48C.
8. Menganalisis tingkat akurasi dan respon *stabilizer* kamera.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengembangan Instrumen



**Gambar 15. Skema *stabilizer* kamera**

Gambar diatas merupakan skema *stabilizer* kamera yang menunjukkan nilai masukan dan nilai keluaran pada mikrokontroler. Sensor kemiringan yang digunakan adalah sensor percepatan H48C, percepatan yang dibaca oleh sensor akan dilakukan perhitungan dengan aturan tangensial sehingga didapat data kemiringan, dan sensor potensometer yang telah dikalibrasi dengan menggunakan regresi untuk mengetahui data sudut dari data tegangan. Mikrokontroler berfungsi sebagai kontrol *stabilizer* kamera, dan sebagai akuisisi data.

Data yang dikirim ke komputer adalah data kemiringan yang dideteksi oleh sensor, data kemiringan *stabilizer* kamera dan data kemiringan sudut gangguan yang dideteksi oleh sensor potensometer. Data tersebut akan saling dibandingkan, sehingga akan terlihat tingkat akurasi *stabilizer* kamera. Untuk menguji tingkat respon, dapat diketahui melalui besarnya perubahan sudut dibagi

dengan waktu. Selisih waktu tiap data adalah 50 ms, sehingga besarnya kecepatan sudut dapat diketahui.



(a)

(b)

**Gambar 16. Stabilizer kamera  
(a) tampak samping, (b) tampak depan.**

Untuk menguji tingkat akurasi dan respon, digunakan alat yang berfungsi untuk memberi gangguan (kemiringan) pada sensor dan *stabilizer* kamera. Alat ini dilengkapi dengan servo motor dan potensiometer. Alat ini bisa digunakan untuk menguji sumbu x dan sumbu y. Bentuk alas ini telah disesuaikan dengan *stabilizer* kamera, sehingga pemasangannya dapat sejajar dan tegak lurus antara stabilizer kamera dan alat gangguan sudut.



(a)

(b)





(c)

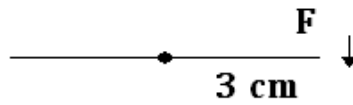
**Gambar 17. (a) alat sudut gangguan, (b) pengujian sumbu y, (c) pengujian sumbu x.**

Perhitungan torsi digunakan untuk menentukan jenis servo. Terdapat dua gaya yang bekerja pada *stabilizer* kamera ini, yaitu pada sumbu x dan sumbu y. masing-masing sumbu membutuhkan torsi yang sama, sehingga perlu dilakukan perhitungan pada salah satu sumbu. Berikut perhitungan torsi pada salah satu sumbu :



**Gambar 18. Skema gaya pada sumbu x**

Pada gambar di atas terdapat beban pada salah satu lengan, sehingga menyebabkan ketidaksetimbangan. Untuk menyeimbangkannya kembali, diperlukan suatu gaya yang berlawanan. untuk memudahkan perhitungan, kita misalkan servo sebagai sebuah titik dan massa batangnya diabaikan. Sketsa gaya yang bekerja pada gambar di atas adalah sebagai berikut :



**Gambar 19 .Sketsa gaya pada sumbu x**

$$l = 3\text{ cm}$$

$$m = 45\text{ gram}$$

$$\tau = F \cdot l = 0.045 \times 10 \times 0.03 = 0.0135\text{ Nm}$$

Dari perhitungan di atas, untuk menggerakkan lengan dibutuhkan torsi minimal sebesar 0.0135 Nm. Pada penelitian ini digunakan servo dengan torsi sebesar 7.8 Nm. Torsi servo tersebut digunakan untuk mengkompensasi dan mengatur kesetimbangan dari *prototype* kamera yang memiliki massa kurang lebih 100 gram. Kesetimbangan torsional dikontrol oleh perubahan sudut akibat dari kemiringan sistem. Misalkan kemiringan yang terjadi adalah 60 derajat, maka sistem kontrol dalam hal ini sistem kontrol terbuka akan mengkompensasi sebesar -60 derajat. Secara matematis dapat diartikan bahwa tidak ada perubahan sudut. Oleh karena itu secara elektronik posisi *prototype* kamera dapat terkontrol sehingga posisi riilnya adalah horizontal. Secara fisika, sistem tersebut berada pada kondisi diam dan setimbang, dimana jumlah total gaya-gaya yang bekerja baik secara tangensial maupun rotasional dikontrol agar bernilai nol ( $F = 0$  dan  $\tau = 0$ ).

## **B. Hasil Pengujian dan Pembahasan**

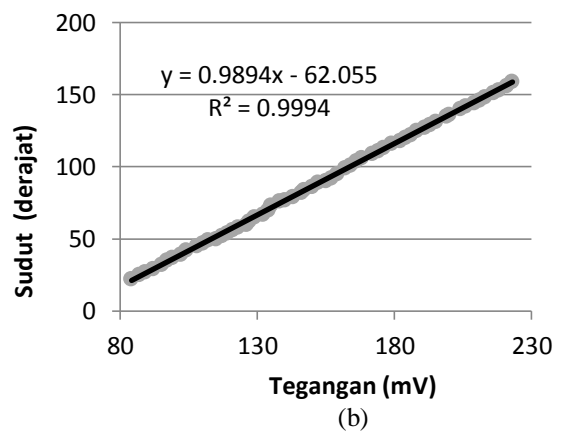
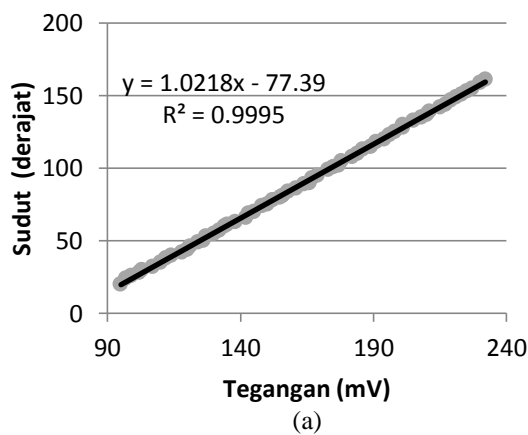
### **1. Kalibrasi Sudut Potensiometer**

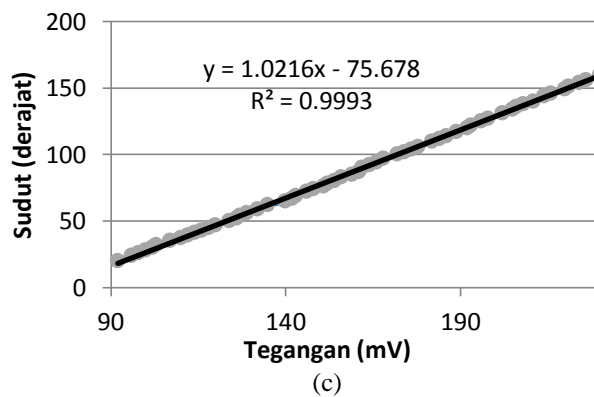
Proses ini bertujuan untuk mengubah besaran tegangan (V) yang dihasilkan oleh potensiometer ke besaran sudut ( $\theta$ ) melalui proses regresi. Kalibrasi ini untuk mengetahui perubahan sudut pada *stabilizer* kamera (sumbu x dan sumbu y) dan sudut gangguan untuk *stabilizer* kamera. Tahapan yang dilakukan yaitu mengambil data sudut dan tegangan secara bersamaan, kemudian

melakukan tahap perhitungan untuk mencari persamaan regresi dan korelasi dengan menggunakan metode regresi.

Setelah mendapatkan persamaan, maka persamaan tersebut dimasukan ke dalam mikrokontroler sebagai parameter akuisisi data. Untuk mendeteksi perubahan sudut, digunakan potensiometer. Perubahan sudut yang dihasilkan oleh potensiometer pada *stabilizer* kamera akan dibandingkan dengan kemiringan sudut gangguan sebagai acuan tingkat akurasi dan respon *stabilizer* kamera.

Terdapat tiga potensiometer pada penelitian ini, yaitu potensiometer sumbu x, potensiometer sumbu y, dan potensiometer untuk sudut gangguan. Setiap potensiometer dilakukan kalibrasi, karena posisi pemasangan setiap potensiometer berbeda, sehingga pada sudut yang sama akan menghasilkan tegangan yang berbeda. Berikut hasil dari regresi potensiometer :





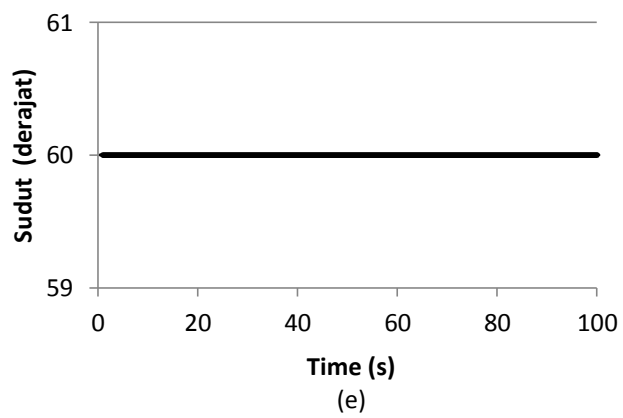
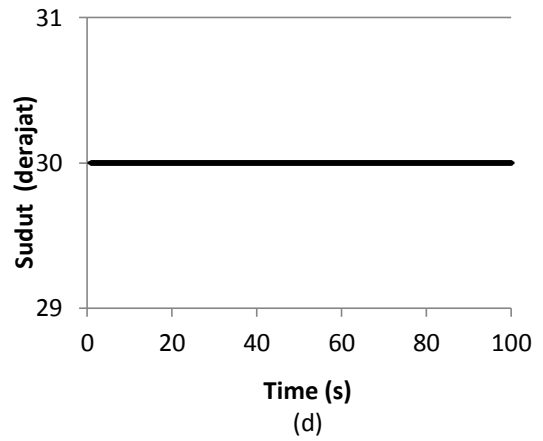
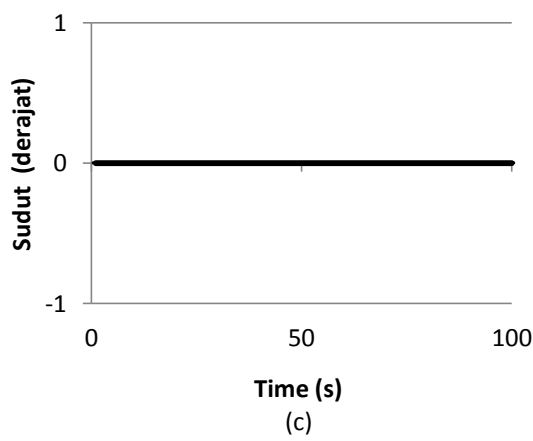
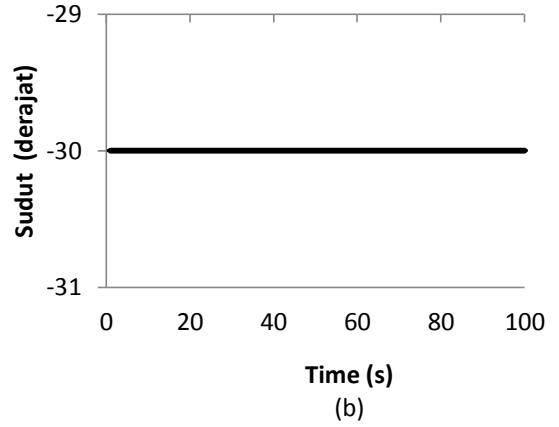
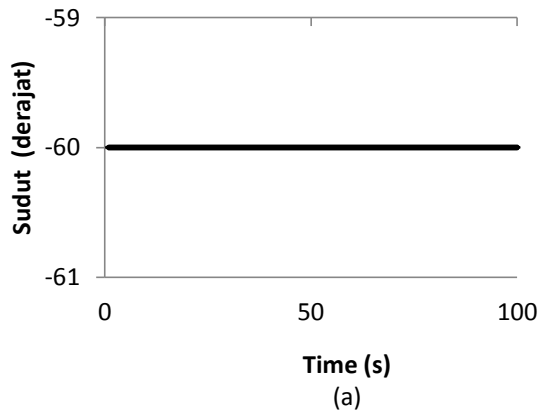
**Gambar 20. Grafik perbandingan sudut terhadap tegangan dan hasil regresi pada potensiometer menggunakan metode regresi. (a) sumbu x, (b) sumbu y, (c) sudut gangguan.**

Dari hasil perhitungan regresi dan korelasi, terlihat hubungan antara tegangan (V) potensiometer dan sudut ( $\theta$ ) adalah linier, dan dengan nilai korelasi yang tinggi. Hasil regresi ini menjadi proses dalam kalibrasi tegangan terhadap sudut. Data dari potensiometer ini akan menjadi parameter dalam mengukur tingkat akurasi dan respon *stabilizer* kamera.

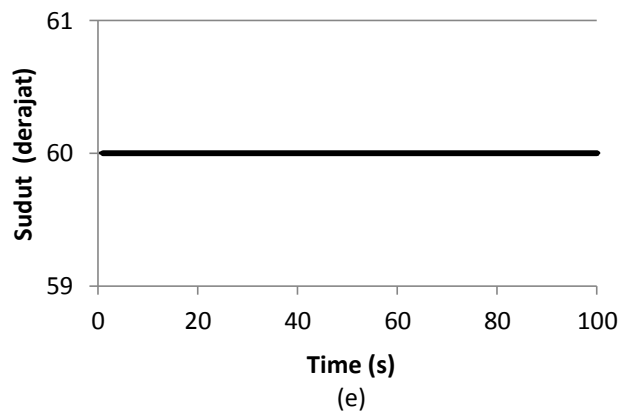
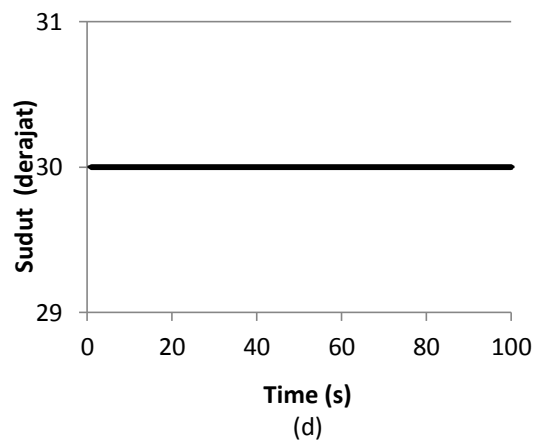
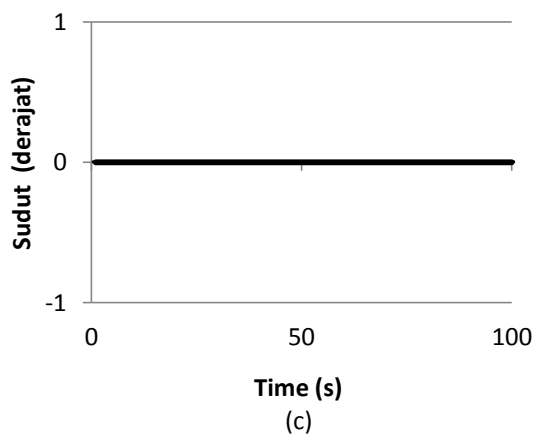
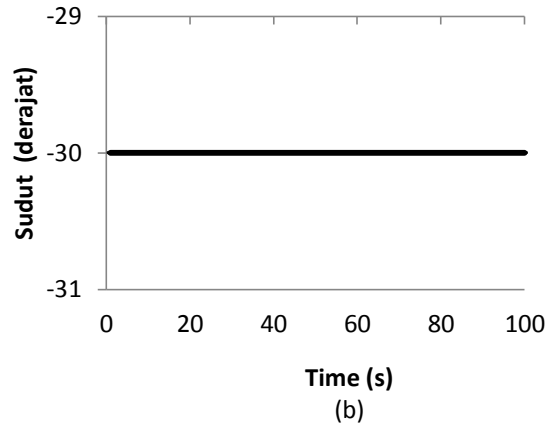
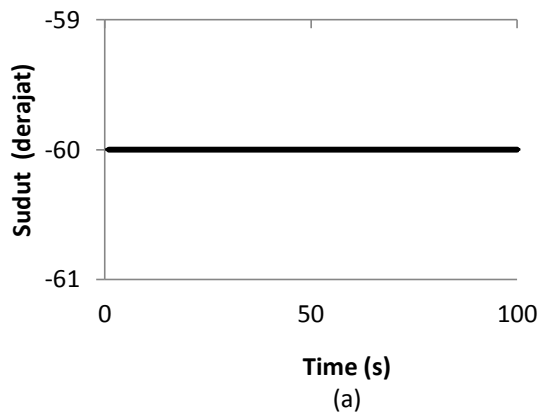
## **2. Pengujian Akurasi dan Respon Sensor Percepatan H48C**

Proses ini untuk menguji tingkat akurasi dan respon pada sensor. Untuk menguji akurasi, besar sudut yang terbaca oleh sensor akan dibandingkan dengan kemiringan sebenarnya. Pengujian dilakukan pada sumbu  $-60^{\circ}$ ,  $-30^{\circ}$ ,  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , dan  $60^{\circ}$ . Sedangkan untuk menguji respon, sensor digerakan dari  $-60^{\circ}$  sampai  $60^{\circ}$ . Jarak antara data satu dengan data selanjutnya adalah 50 ms, sehingga kecepatan sudut dapat kita ketahui dengan menghitung besar perubahan sudut dibagi dengan waktu. Berikut hasil dari pengujian akurasi dan respon sensor percepatan pada tiap sumbu :

## 2.1. Akurasi



**Gambar 21. Hasil pengujian tingkat akurasi sensor H48C dalam mendeteksi kemiringan pada sumbu x. Saat kemiringan (a)  $-60^\circ$ , (b)  $-30^\circ$ , (c)  $0^\circ$ , (d)  $30^\circ$ , (e)  $60^\circ$ .**



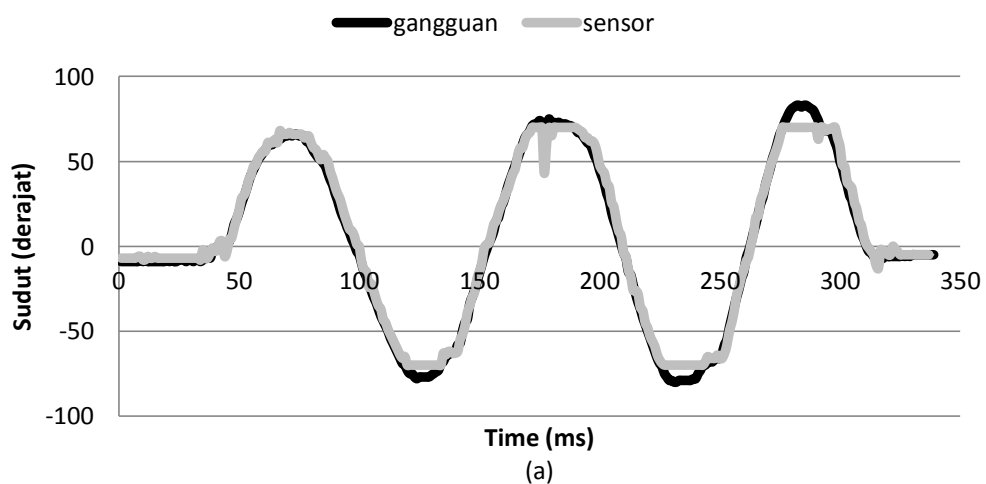
**Gambar 22. Hasil pengujian tingkat akurasi sensor H48C dalam mendeteksi kemiringan pada sumbu y. Saat kemiringan (a) -60°, (b) -30°, (c) 0°, (d) 30°, (e) 60°.**

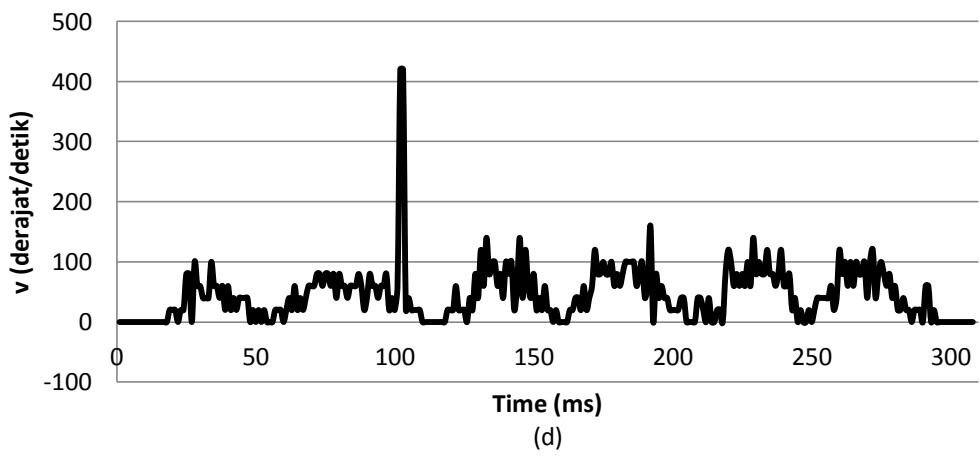
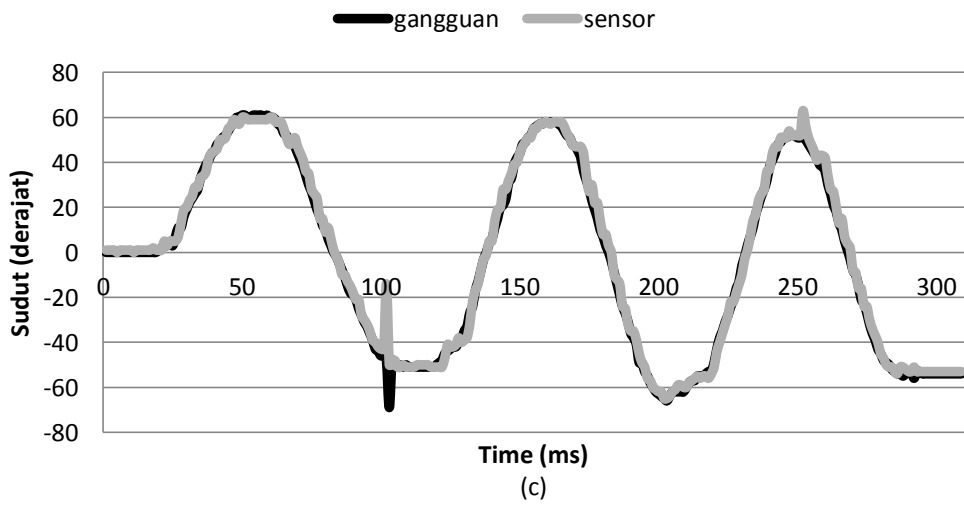
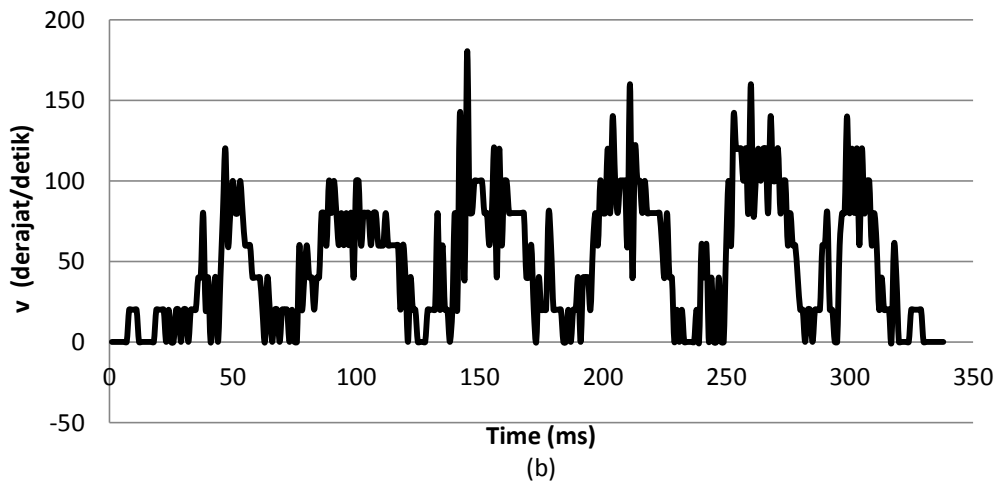
Dari hasil pengujian, terlihat pada grafik bahwa nilai sensor cukup stabil dan akurat (dalam keadaan diam). Ini menandakan bahwa sensor percepatan H48C cukup akurat dalam mendeteksi kemiringan pada sumbu x dan sumbu y. Data yang dibandingkan adalah besarnya kemiringan pada sudut gangguan dengan besarnya kemiringan yang dideteksi oleh sensor.

**Tabel 1. Kesalahan rata-rata pengukuran tingkat akurasi sensor.**

Kemiringan (derajat)	Keakuratan (%)	
	x	y
-60	100.00	100.00
-30	100.00	100.00
0	100.00	100.00
30	100.00	100.00
60	100.00	100.00

## 2.2. Respon







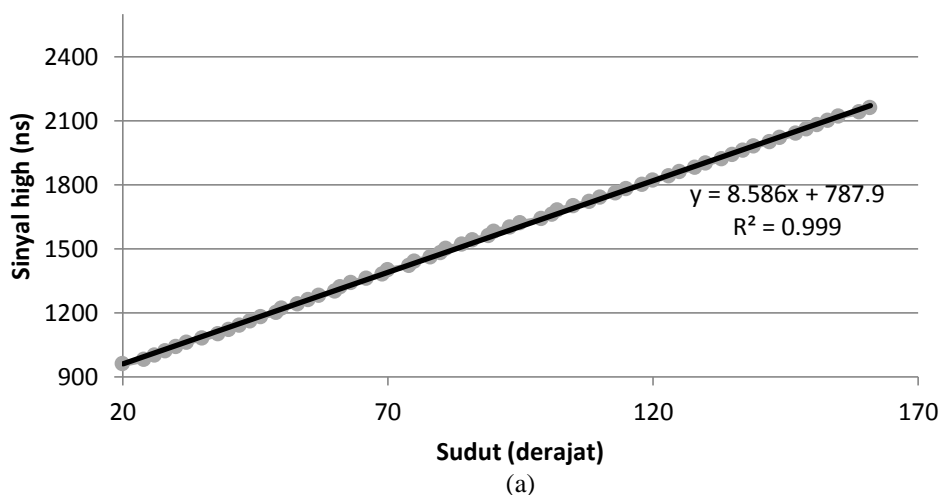
**Gambar 23. Hasil pengujian respon sensor percepatan H48C dalam mendeteksi kemiringan dengan diberikan perubahan sudut. (a) grafik sensor-gangguan pada sumbu x, (b) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu x, (c) grafik sensor-gangguan pada sumbu y, (d) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu y.**

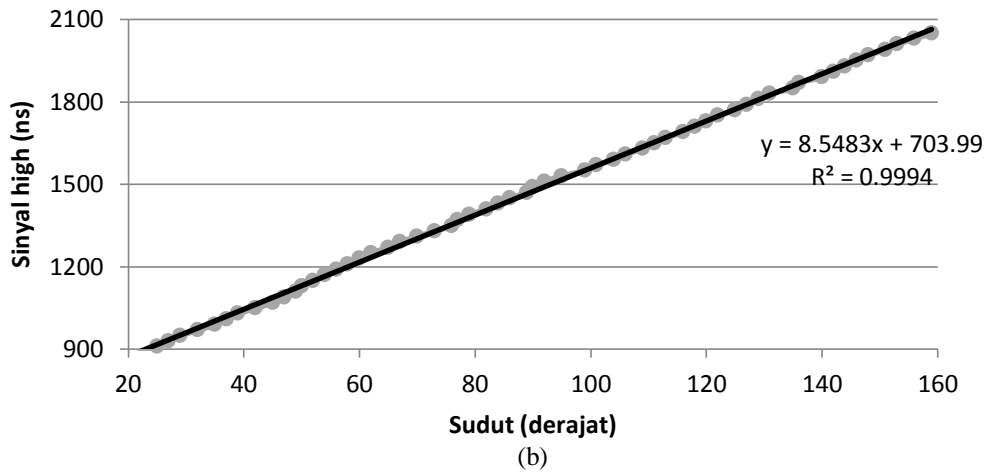
Dari hasil grafik (a) dan (c) terlihat bahwa sensor ini cukup *responsive* terhadap perubahan sudut, hal ini dibuktikan dengan adanya selisih sudut antara sudut gangguan dengan sudut sensor sebesar dua derajat pada setiap data. Namun dalam mendeteksi perubahan kemiringan, sensor ini kurang stabil. Hal ini disebabkan oleh perubahan kecepatan, seperti yang terlihat pada grafik (b) dan (d). Perubahan kecepatan terjadi akibat adanya perubahan percepatan, dengan begitu akan mempengaruhi perhitungan sudut kemiringan pada sensor.

### 3. Pengujian Kontrol *Stabilizer* Kamera menggunakan Metode Regresi.

#### 3.1. Persamaan sistem kontrol

Terdapat dua servo pada *stabilizer* kamera, yaitu servo sumbu x dan servo sumbu y. Setiap servo dicari persamaan kontrolnya, karena posisi pemasangan setiap servo berbeda, sehingga pada sinyal yang sama akan menghasilkan sudut yang berbeda. Persamaan kontrol ini dilakukan dengan menggunakan regresi.



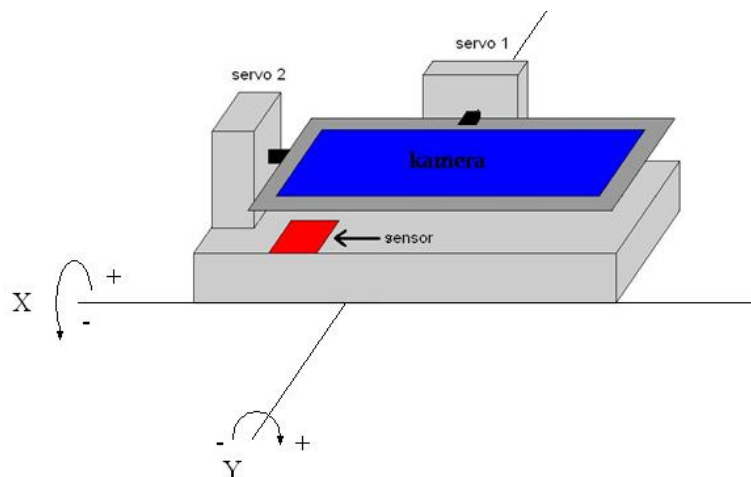


**Gambar 24. Hasil persamaan kontrol sinyal servo terhadap sudut menggunakan metode regresi. pada (a) sumbu x, (b) sumbu y.**

Dari hasil perhitungan regresi dan korelasi, terlihat hubungan antara sudut ( $\theta$ ) dan sinyal servo adalah linier, dan dengan nilai korelasi yang tinggi. Hasil persamaan kontrol ini kemudian dimasukkan ke mikrokontroler sebagai persamaan kontrol pada sistem kontrol terbuka.

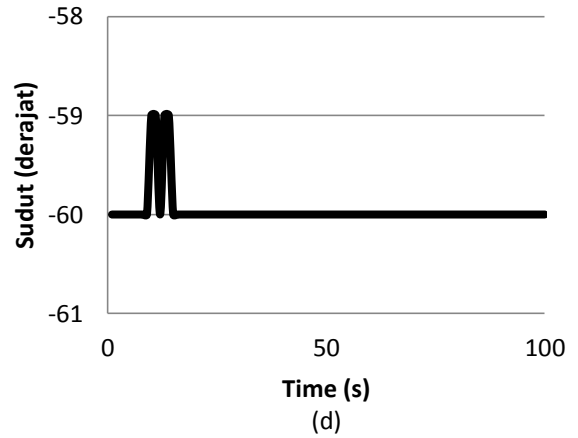
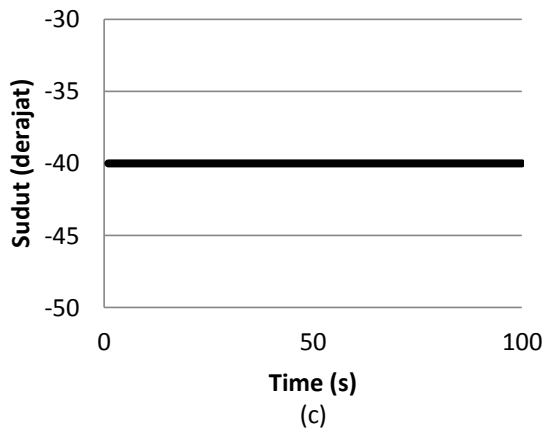
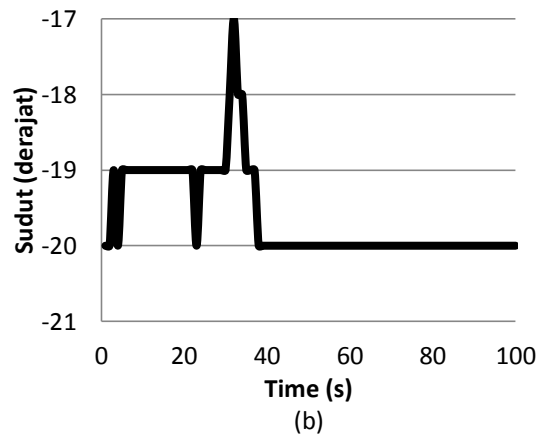
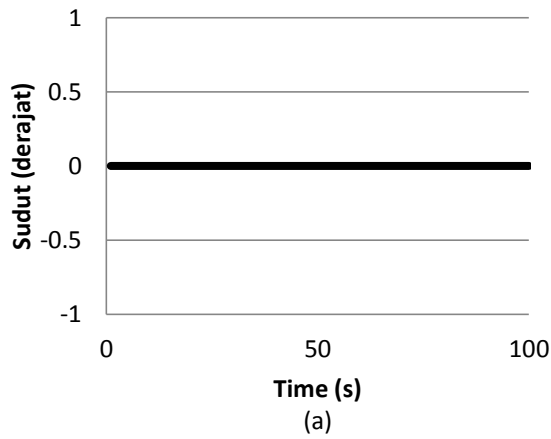
### 3.2. Tingkat akurasi *stabilizer* kamera

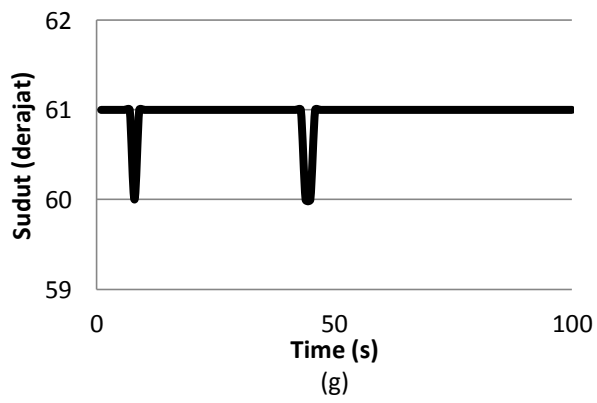
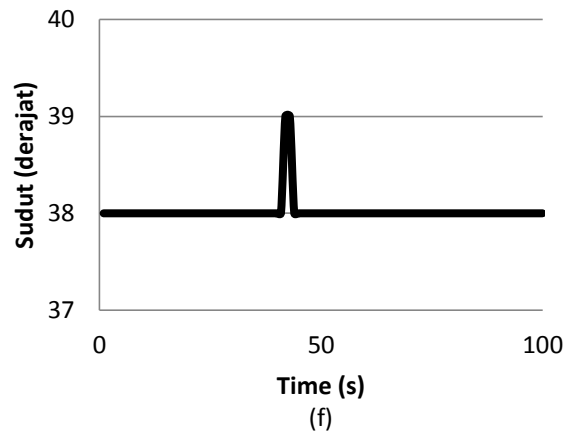
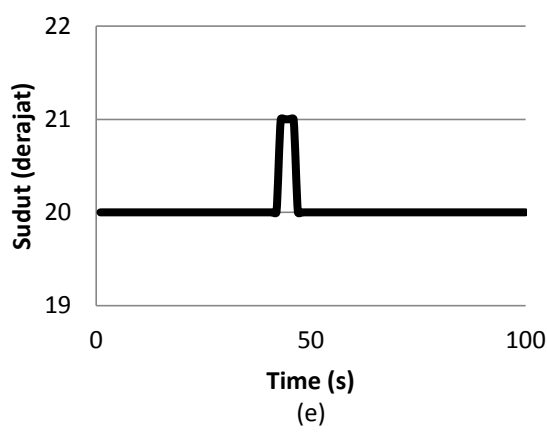
Untuk menguji tingkat akurasi *stabilizer* kamera ini, dipergunakan sebuah alat yang dapat diatur kemiringannya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sudut kemiringan (gangguan) dengan sudut *stabilizer* kamera.



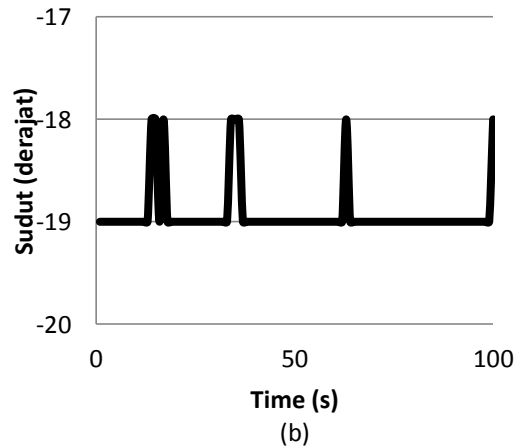
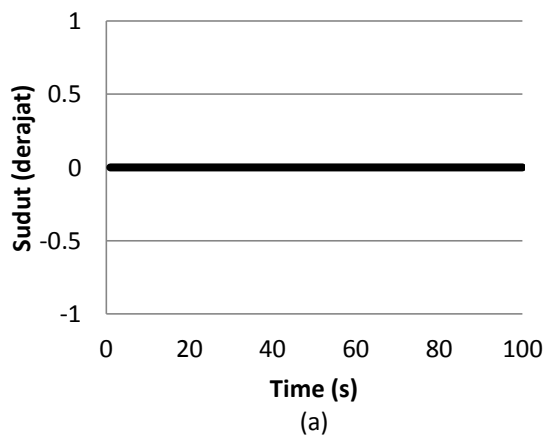
**Gambar 25. Sumbu kemiringan pada *stabilizer* kamera**

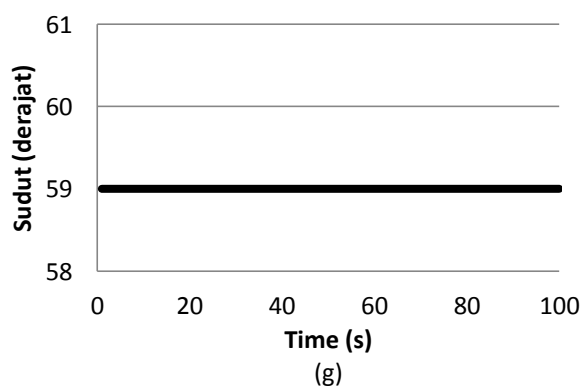
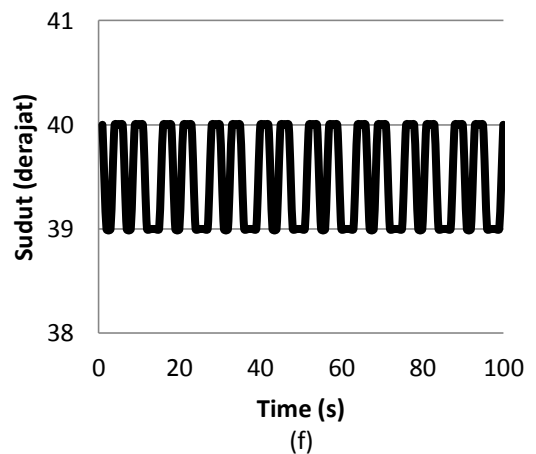
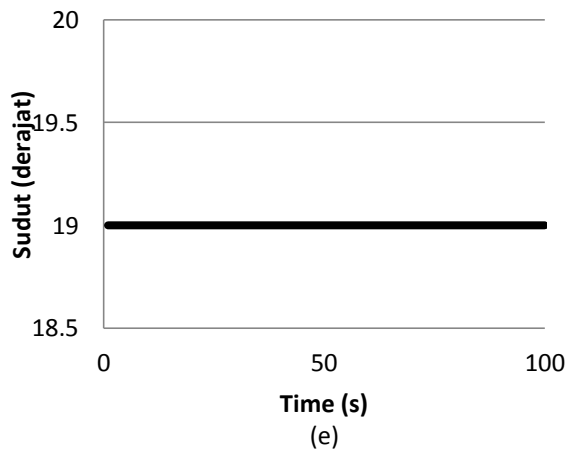
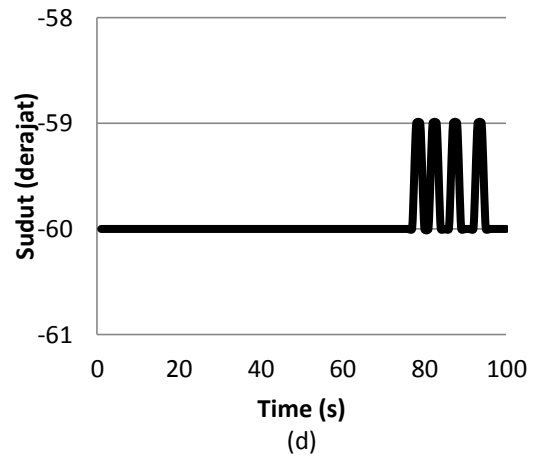
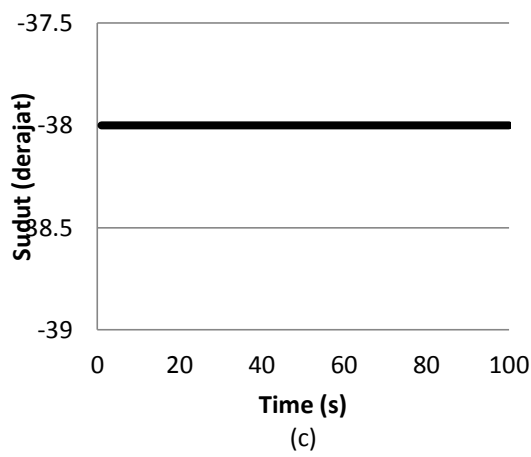
Pengujian tingkat akurasi ini dilakukan secara bergantian. Data yang dibandingkan adalah kemiringan yang terbaca oleh sensor dan kemiringan sumbu pada *stabilizer* kamera. Berikut ini hasil dari pengujian pada masing-masing sumbu :





Gambar 26. Hasil pengujian tingkat akurasi *stabilizer* kamera pada sumbu x, ketika (a) 0°, (b) -20°, (c) -40°, (d) -60°, (e) 20°, (f) 40°, (g) 60°.





**Gambar 27.** Hasil pengujian tingkat akurasi *stabilizer* kamera pada sumbu y, ketika (a)  $0^\circ$ , (b)  $-20^\circ$ , (c)  $-40^\circ$ , (d)  $-60^\circ$ , (e)  $20^\circ$ , (f)  $40^\circ$ , (g)  $60^\circ$ .

Dari hasil pengujian diatas, tingkat akurasi pada *stabilizer* kamera terdapat kesalahan pada target posisi, dimana sudut *stabilizer* kamera tidak sesuai dengan

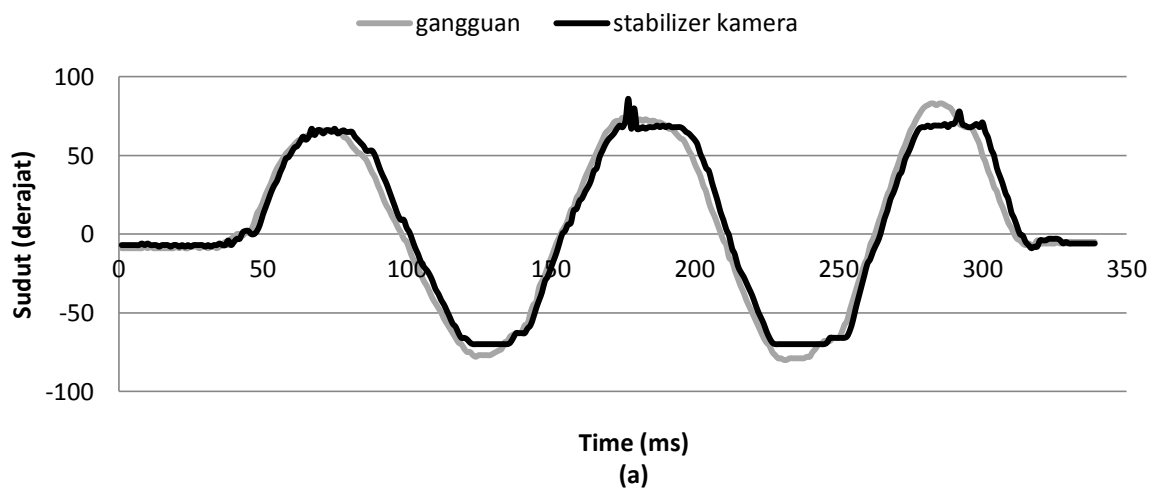
sudut gangguan. Hal ini bisa disebabkan oleh kesalahan mekanik, yaitu terdapat celah antara tuas servo dengan tuas *stabilizer* kamera, sehingga mempengaruhi sensor potensiometer dalam mendeteksi sudut.

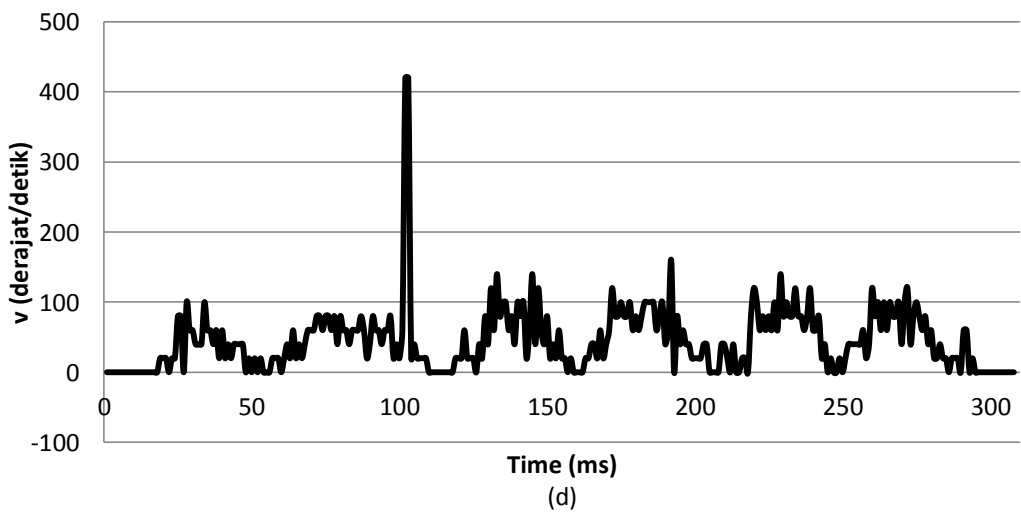
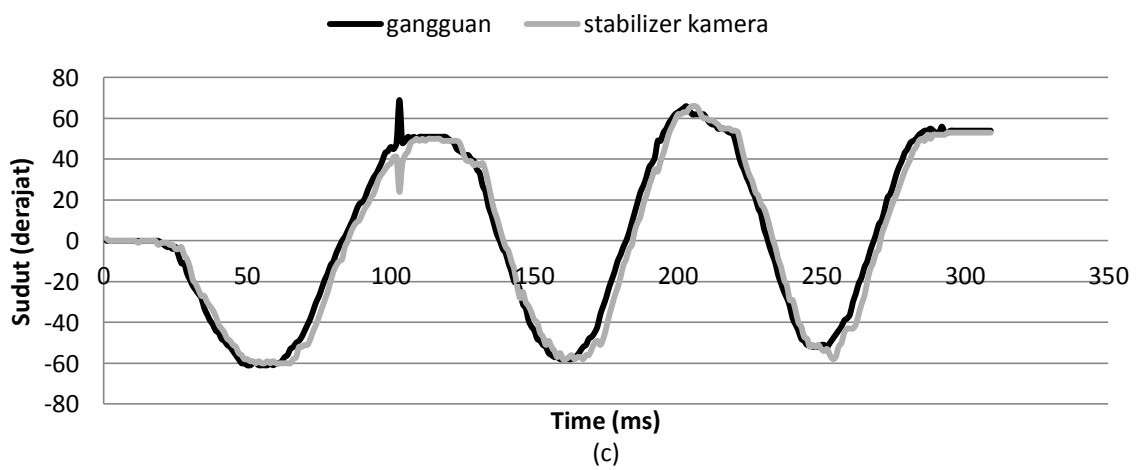
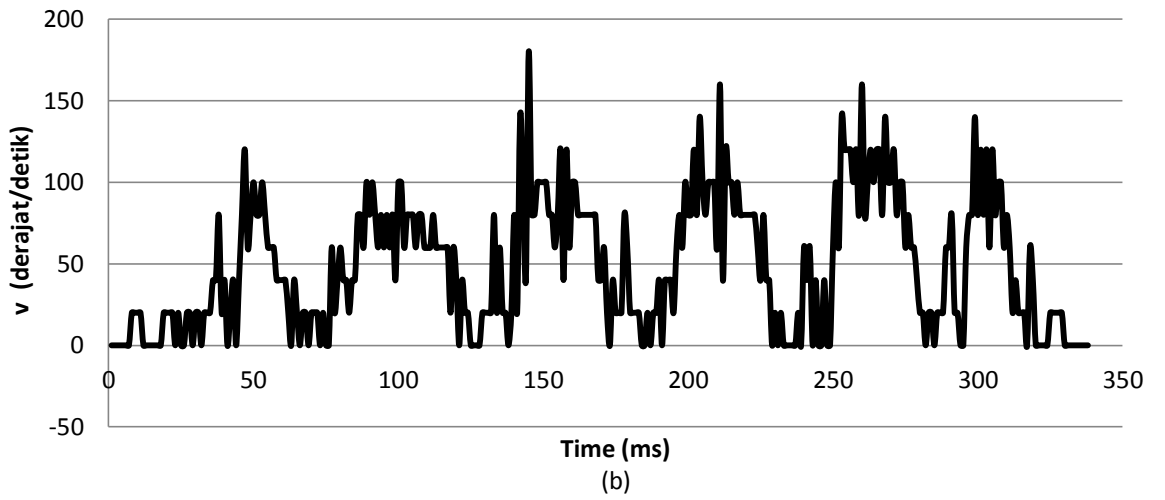
Nilai keakuratan didapat dengan merata-ratakan sudut pada *stabilizer* kamera terhadap sudut gangguan. Hasil keakurasian *stabilizer* kamera ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2. Kesalahan rata-rata pengukuran tingkat akurasi *stabilizer* kamera.**

Kemiringan (derajat)	Keakuratan (%)	
	x	y
0	100.00	100.00
20	99.80	95.00
40	95.00	98.75
60	98.40	98.30
-20	98.10	94.60
-40	100.00	95.00
-60	99.90	99.80

### 3.3. Respon *stabilizer* kamera





Gambar 28. Hasil pengujian respon *stabilizer* kamera,

**(a) grafik *stabilizer* kamera-gangguan pada sumbu x, (b) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu x. (c) grafik *stabilizer* kamera-gangguan pada sumbu y, (d) kecepatan sudut gangguan pada pengujian sumbu x.**

Dari hasil pengujian ini, terlihat jelas bahwa perubahan sudut *stabilizer* kamera ini tidak stabil. Hal ini bisa terlihat pada gambar 11.a dan 11.b, dimana terjadi penurunan yang signifikan serta lompatan-lompatan yang tidak sesuai dengan perubahan sudut gangguan. Hal ini disebabkan oleh sensor percepatan yang menjadi nilai input mengalami perubahan percepatan, sehingga dalam perhitungan kemiringan, dan persamaan kontrol pada servo juga akan terganggu.

Dalam gambar 11.a dan 11.c terlihat bahwa terjadi perbedaan waktu antara *stabilizer* kamera dengan sudut gangguan terhadap posisi. Perbedaan ini disebabkan karena mikrokontroler memerlukan waktu untuk melakukan sebuah pekerjaan. Pekerjaan yang dilakukan adalah membaca sensor (percepatan dan potensiometer), perhitungan tangensial, dan perhitungan sistem kontrol. Oleh sebab itu, ketika mikrokontroler mendapat nilai input, mikrokontroler akan memproses nilai tersebut kedalam persamaan kontrol yang telah diberikan, setelah mendapatkan nilai output, mikrokontroler akan menggerakkan servo sesuai dengan perhitungan nilai output tersebut.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam keadaan diam, sensor percepatan H48C mampu mendeteksi kemiringan pada sumbu x dan sumbu y dengan tingkat akurasi sebesar 100%.
2. Perubahan sudut kemiringan sangat mempengaruhi sensor percepatan H48C dalam mendeteksi kemiringan suatu benda, sehingga berpengaruh terhadap kestabilan *stabilizer* kamera.
3. Tingkat akurasi stabilizer kamera pada sumbu x sebesar 98.7% dan pada sumbu y sebesar 97.3%.
4. Terdapat perbedaan posisi antara stabilizer kamera dengan sudut gangguan, pada kecepatan sudut  $80^0/s$  terdapat selisih sebesar 100 ms.

#### B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, perlu diperhatikan beberapa hal berikut :

1. Menggunakan sensor *gyroscope* sebagai pendeteksi kemiringan.
2. Menggunakan sistem kontrol tertutup, agar nilai akurasi semakin tinggi.
3. Menggunakan mikrokontroler yang lebih stabil.
4. Menggunakan resolusi ADC yang tinggi.
5. Menggunakan sistem kontrol tertutup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1 ] ATMEL. 2006. "ATmega 8535L DataSheet". Orchard Parkway, USA.
- [2] M.A. Heryanto dan Wisnu A. 2008. "Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535". Yogyakarta : ANDI.
- [3] Fisioli A. 2006."Practical PID Control".ISBN-13: 9781846285851.Springer-Verlag London Limited.
- [4] Wahyu, Thomas DH. 2003. "Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab". Yogyakarta : ANDI.
- [5] M.A. Heryanto dan Wisnu A. 2008. "Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535". ANDI, Yogyakarta.
- [6] Supranto, J. (1987). *Statistika Teori & Aplikasi*. Jakarta : Erlangga.
- [7] <http://www.nexteknik.com>. 8 Agustus 2011 pukul 21.30 WIB.
- [8] Agus B. 2008. "Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler Atmega 8535". Graha Ilmu, Jakarta.
- [9] <http://www.parallax.com>. 8 Agustus 2011 pukul 21.00 WIB.
- [10] Fisioli A. 2006."Practical PID Control". ISBN-13: 9781846285851. Springer-Verlag London Limited.
- [11] <http://www.bolatdinc.com>. 8 Agustus 2011 pukul 21.15 WIB.
- [12] <http://www.bppt.go.id> . 8 Agustus 2011 pukul 21.18 WIB.
- [13] <http://www.parallax.com>. 8 Agustus 2011 pukul 22.18 WIB.
- [14] <http://id.wikipedia.org/wiki/Potensiometer>. 8 Agustus 2011 pukul 22.30 WIB.
- [13] Wahyu, Thomas DH. 2003. "Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab". Yogyakarta : ANDI.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Gambar Alat



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Gambar :

- a. *Stabilizer* kamera
- b. *Stabilizer* kamera
- c. Sudut gangguan
- d. Pengujian sumbu y
- e. Pengujian sumbu x

**Lampiran 2.Akurasi sensor**

No.	Sudut Gangguan Sumbu x				
	-60	-30	0	30	60
1	-60	-30	0	30	60
2	-60	-30	0	30	60
3	-60	-30	0	30	60
4	-60	-30	0	30	60
5	-60	-30	0	30	60
6	-60	-30	0	30	60
7	-60	-30	0	30	60
8	-60	-30	0	30	60
9	-60	-30	0	30	60
10	-60	-30	0	30	60
11	-60	-30	0	30	60
12	-60	-30	0	30	60
13	-60	-30	0	30	60
14	-60	-30	0	30	60
15	-60	-30	0	30	60
16	-60	-30	0	30	60
17	-60	-30	0	30	60
18	-60	-30	0	30	60
19	-60	-30	0	30	60
20	-60	-30	0	30	60
21	-60	-30	0	30	60
22	-60	-30	0	30	60
23	-60	-30	0	30	60
24	-60	-30	0	30	60
25	-60	-30	0	30	60
26	-60	-30	0	30	60
27	-60	-30	0	30	60
28	-60	-30	0	30	60
29	-60	-30	0	30	60
30	-60	-30	0	30	60
31	-60	-30	0	30	60
32	-60	-30	0	30	60
33	-60	-30	0	30	60
34	-60	-30	0	30	60
35	-60	-30	0	30	60
36	-60	-30	0	30	60
37	-60	-30	0	30	60
38	-60	-30	0	30	60
39	-60	-30	0	30	60

No.	Sudut Gangguan Sumbu y				
	-60	-30	0	30	60
1	-60	-30	0	30	60
2	-60	-30	0	30	60
3	-60	-30	0	30	60
4	-60	-30	0	30	60
5	-60	-30	0	30	60
6	-60	-30	0	30	60
7	-60	-30	0	30	60
8	-60	-30	0	30	60
9	-60	-30	0	30	60
10	-60	-30	0	30	60
11	-60	-30	0	30	60
12	-60	-30	0	30	60
13	-60	-30	0	30	60
14	-60	-30	0	30	60
15	-60	-30	0	30	60
16	-60	-30	0	30	60
17	-60	-30	0	30	60
18	-60	-30	0	30	60
19	-60	-30	0	30	60
20	-60	-30	0	30	60
21	-60	-30	0	30	60
22	-60	-30	0	30	60
23	-60	-30	0	30	60
24	-60	-30	0	30	60
25	-60	-30	0	30	60
26	-60	-30	0	30	60
27	-60	-30	0	30	60
28	-60	-30	0	30	60
29	-60	-30	0	30	60
30	-60	-30	0	30	60
31	-60	-30	0	30	60
32	-60	-30	0	30	60
33	-60	-30	0	30	60
34	-60	-30	0	30	60
35	-60	-30	0	30	60
36	-60	-30	0	30	60
37	-60	-30	0	30	60
38	-60	-30	0	30	60
39	-60	-30	0	30	60

40	-60	-30	0	30	60	40	-60	-30	0	30	60
41	-60	-30	0	30	60	41	-60	-30	0	30	60
42	-60	-30	0	30	60	42	-60	-30	0	30	60
43	-60	-30	0	30	60	43	-60	-30	0	30	60
44	-60	-30	0	30	60	44	-60	-30	0	30	60
45	-60	-30	0	30	60	45	-60	-30	0	30	60
46	-60	-30	0	30	60	46	-60	-30	0	30	60
47	-60	-30	0	30	60	47	-60	-30	0	30	60
48	-60	-30	0	30	60	48	-60	-30	0	30	60
49	-60	-30	0	30	60	49	-60	-30	0	30	60
50	-60	-30	0	30	60	50	-60	-30	0	30	60
51	-60	-30	0	30	60	51	-60	-30	0	30	60
52	-60	-30	0	30	60	52	-60	-30	0	30	60
53	-60	-30	0	30	60	53	-60	-30	0	30	60
54	-60	-30	0	30	60	54	-60	-30	0	30	60
55	-60	-30	0	30	60	55	-60	-30	0	30	60
56	-60	-30	0	30	60	56	-60	-30	0	30	60
57	-60	-30	0	30	60	57	-60	-30	0	30	60
58	-60	-30	0	30	60	58	-60	-30	0	30	60
59	-60	-30	0	30	60	59	-60	-30	0	30	60
60	-60	-30	0	30	60	60	-60	-30	0	30	60
61	-60	-30	0	30	60	61	-60	-30	0	30	60
62	-60	-30	0	30	60	62	-60	-30	0	30	60
63	-60	-30	0	30	60	63	-60	-30	0	30	60
64	-60	-30	0	30	60	64	-60	-30	0	30	60
65	-60	-30	0	30	60	65	-60	-30	0	30	60
66	-60	-30	0	30	60	66	-60	-30	0	30	60
67	-60	-30	0	30	60	67	-60	-30	0	30	60
68	-60	-30	0	30	60	68	-60	-30	0	30	60
69	-60	-30	0	30	60	69	-60	-30	0	30	60
70	-60	-30	0	30	60	70	-60	-30	0	30	60
71	-60	-30	0	30	60	71	-60	-30	0	30	60
72	-60	-30	0	30	60	72	-60	-30	0	30	60
73	-60	-30	0	30	60	73	-60	-30	0	30	60
74	-60	-30	0	30	60	74	-60	-30	0	30	60
75	-60	-30	0	30	60	75	-60	-30	0	30	60
76	-60	-30	0	30	60	76	-60	-30	0	30	60
77	-60	-30	0	30	60	77	-60	-30	0	30	60
78	-60	-30	0	30	60	78	-60	-30	0	30	60
79	-60	-30	0	30	60	79	-60	-30	0	30	60
80	-60	-30	0	30	60	80	-60	-30	0	30	60
81	-60	-30	0	30	60	81	-60	-30	0	30	60

82	-60	-30	0	30	60
83	-60	-30	0	30	60
84	-60	-30	0	30	60
85	-60	-30	0	30	60
86	-60	-30	0	30	60
87	-60	-30	0	30	60
88	-60	-30	0	30	60
89	-60	-30	0	30	60
90	-60	-30	0	30	60
91	-60	-30	0	30	60
92	-60	-30	0	30	60
93	-60	-30	0	30	60
94	-60	-30	0	30	60
95	-60	-30	0	30	60
96	-60	-30	0	30	60
97	-60	-30	0	30	60
98	-60	-30	0	30	60
99	-60	-30	0	30	60
100	-60	-30	0	30	60
<b>Rata-Rata</b>	<b>-60.0</b>	<b>-30.0</b>	<b>0.0</b>	<b>30.0</b>	<b>60.0</b>
<b>Akurasi</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

82	-60	-30	0	30	60
83	-60	-30	0	30	60
84	-60	-30	0	30	60
85	-60	-30	0	30	60
86	-60	-30	0	30	60
87	-60	-30	0	30	60
88	-60	-30	0	30	60
89	-60	-30	0	30	60
90	-60	-30	0	30	60
91	-60	-30	0	30	60
92	-60	-30	0	30	60
93	-60	-30	0	30	60
94	-60	-30	0	30	60
95	-60	-30	0	30	60
96	-60	-30	0	30	60
97	-60	-30	0	30	60
98	-60	-30	0	30	60
99	-60	-30	0	30	60
100	-60	-30	0	30	60
<b>Rata-Rata</b>	<b>-60</b>	<b>-30</b>	<b>0.0</b>	<b>30.0</b>	<b>60.0</b>
<b>Akurasi</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

### Lampiran 3.Respon sensor

Sumbu x

No	Sensor	Gangguan	Kec. Sudut Gangguan
1	-7	-9	0
2	-7	-9	0
3	-7	-9	0
4	-7	-9	0
5	-7	-9	0
6	-7	-9	0
7	-7	-9	0
8	-6	-9	20
9	-6	-8	20
10	-8	-9	20
11	-8	-8	20
12	-6	-9	0
13	-7	-9	0
14	-7	-9	0

sumbu y

No	Sensor	Gangguan	Kec. Sudut Gangguan
1	1	0	0
2	1	0	0
3	1	0	0
4	1	0	0
5	0	0	0
6	1	0	0
7	1	0	0
8	1	0	0
9	1	0	0
10	1	0	0
11	0	0	0
12	1	0	0
13	1	0	0
14	1	0	0

<b>15</b>	-6	-9	0	<b>15</b>	1	0	0
<b>16</b>	-7	-9	0	<b>16</b>	1	0	0
<b>17</b>	-7	-9	0	<b>17</b>	1	0	0
<b>18</b>	-7	-9	0	<b>18</b>	2	0	0
<b>19</b>	-7	-9	20	<b>19</b>	1	0	20
<b>20</b>	-7	-8	20	<b>20</b>	1	1	20
<b>21</b>	-7	-9	20	<b>21</b>	1	2	20
<b>22</b>	-7	-8	20	<b>22</b>	5	3	0
<b>23</b>	-7	-9	0	<b>23</b>	3	3	20
<b>24</b>	-7	-9	20	<b>24</b>	5	4	20
<b>25</b>	-7	-8	0	<b>25</b>	5	3	80
<b>26</b>	-7	-8	0	<b>26</b>	5	7	80
<b>27</b>	-7	-8	20	<b>27</b>	7	11	0
<b>28</b>	-7	-9	20	<b>28</b>	13	11	100
<b>29</b>	-7	-8	0	<b>29</b>	19	16	60
<b>30</b>	-7	-8	20	<b>30</b>	20	19	60
<b>31</b>	-7	-9	20	<b>31</b>	23	22	40
<b>32</b>	-7	-8	0	<b>32</b>	25	24	40
<b>33</b>	-7	-8	20	<b>33</b>	29	26	40
<b>34</b>	-8	-9	20	<b>34</b>	29	28	100
<b>35</b>	-2	-8	20	<b>35</b>	33	33	60
<b>36</b>	-7	-7	40	<b>36</b>	34	36	60
<b>37</b>	-7	-5	40	<b>37</b>	36	39	40
<b>38</b>	-4	-7	80	<b>38</b>	42	41	60
<b>39</b>	-1	-3	20	<b>39</b>	44	44	20
<b>40</b>	-3	-2	40	<b>40</b>	45	45	60
<b>41</b>	-2	0	0	<b>41</b>	46	48	20
<b>42</b>	3	0	20	<b>42</b>	50	49	40
<b>43</b>	3	-1	40	<b>43</b>	50	51	20
<b>44</b>	-6	1	0	<b>44</b>	51	52	40
<b>45</b>	-3	1	40	<b>45</b>	55	54	40
<b>46</b>	4	3	80	<b>46</b>	56	56	40
<b>47</b>	5	7	120	<b>47</b>	59	58	40
<b>48</b>	11	13	60	<b>48</b>	58	60	0
<b>49</b>	16	16	80	<b>49</b>	57	60	20
<b>50</b>	21	20	100	<b>50</b>	60	61	0
<b>51</b>	28	25	80	<b>51</b>	60	61	20
<b>52</b>	30	29	80	<b>52</b>	59	60	0
<b>53</b>	33	33	100	<b>53</b>	59	60	20
<b>54</b>	39	38	80	<b>54</b>	59	61	0
<b>55</b>	42	42	60	<b>55</b>	59	61	0
<b>56</b>	47	45	60	<b>56</b>	59	61	0

<b>57</b>	48	48	60	<b>57</b>	59	61	20
<b>58</b>	52	51	40	<b>58</b>	59	60	20
<b>59</b>	54	53	40	<b>59</b>	59	61	20
<b>60</b>	56	55	40	<b>60</b>	60	60	0
<b>61</b>	56	57	40	<b>61</b>	60	60	20
<b>62</b>	61	59	20	<b>62</b>	58	59	40
<b>63</b>	61	60	0	<b>63</b>	58	57	20
<b>64</b>	61	60	40	<b>64</b>	58	56	60
<b>65</b>	63	62	20	<b>65</b>	55	53	20
<b>66</b>	61	63	0	<b>66</b>	51	52	40
<b>67</b>	68	63	20	<b>67</b>	48	50	20
<b>68</b>	66	64	20	<b>68</b>	49	49	40
<b>69</b>	66	65	0	<b>69</b>	51	47	60
<b>70</b>	66	65	20	<b>70</b>	47	44	60
<b>71</b>	67	66	20	<b>71</b>	44	41	60
<b>72</b>	66	65	20	<b>72</b>	41	38	80
<b>73</b>	66	66	0	<b>73</b>	36	34	80
<b>74</b>	66	66	20	<b>74</b>	35	30	60
<b>75</b>	66	65	0	<b>75</b>	28	27	80
<b>76</b>	66	65	0	<b>76</b>	26	23	80
<b>77</b>	64	65	60	<b>77</b>	24	19	60
<b>78</b>	64	62	20	<b>78</b>	15	16	80
<b>79</b>	65	61	40	<b>79</b>	15	12	40
<b>80</b>	61	59	60	<b>80</b>	9	10	80
<b>81</b>	58	56	40	<b>81</b>	11	6	60
<b>82</b>	57	54	40	<b>82</b>	6	3	60
<b>83</b>	54	52	20	<b>83</b>	1	0	40
<b>84</b>	51	51	40	<b>84</b>	-2	-2	60
<b>85</b>	54	49	40	<b>85</b>	-5	-5	60
<b>86</b>	52	47	80	<b>86</b>	-10	-8	60
<b>87</b>	50	43	80	<b>87</b>	-10	-11	80
<b>88</b>	44	39	60	<b>88</b>	-13	-15	60
<b>89</b>	40	36	100	<b>89</b>	-15	-18	20
<b>90</b>	35	31	80	<b>90</b>	-18	-19	40
<b>91</b>	31	27	100	<b>91</b>	-21	-21	80
<b>92</b>	28	22	80	<b>92</b>	-21	-25	60
<b>93</b>	23	18	60	<b>93</b>	-28	-28	60
<b>94</b>	18	15	80	<b>94</b>	-30	-31	40
<b>95</b>	14	11	60	<b>95</b>	-32	-33	60
<b>96</b>	10	8	80	<b>96</b>	-35	-36	60
<b>97</b>	9	4	60	<b>97</b>	-39	-39	80
<b>98</b>	6	1	80	<b>98</b>	-40	-43	20



<b>99</b>	1	-3	40	<b>99</b>	-42	-44	40
<b>100</b>	0	-5	100	<b>100</b>	-43	-46	20
<b>101</b>	-9	-10	100	<b>101</b>	-43	-45	60
<b>102</b>	-14	-15	60	<b>102</b>	-14	-48	420
<b>103</b>	-15	-18	80	<b>103</b>	-50	-69	420
<b>104</b>	-24	-22	80	<b>104</b>	-50	-48	20
<b>105</b>	-22	-26	80	<b>105</b>	-48	-49	40
<b>106</b>	-26	-30	60	<b>106</b>	-51	-51	20
<b>107</b>	-31	-33	80	<b>107</b>	-51	-50	20
<b>108</b>	-35	-37	80	<b>108</b>	-50	-51	20
<b>109</b>	-37	-41	60	<b>109</b>	-51	-50	20
<b>110</b>	-43	-44	60	<b>110</b>	-51	-51	0
<b>111</b>	-45	-47	60	<b>111</b>	-51	-51	0
<b>112</b>	-49	-50	80	<b>112</b>	-51	-51	0
<b>113</b>	-52	-54	60	<b>113</b>	-50	-51	0
<b>114</b>	-55	-57	60	<b>114</b>	-50	-51	0
<b>115</b>	-58	-60	60	<b>115</b>	-50	-51	0
<b>116</b>	-61	-63	60	<b>116</b>	-50	-51	0
<b>117</b>	-64	-66	60	<b>117</b>	-50	-51	0
<b>118</b>	-66	-69	20	<b>118</b>	-51	-51	0
<b>119</b>	-65	-70	60	<b>119</b>	-51	-51	20
<b>120</b>	-70	-73	40	<b>120</b>	-51	-50	20
<b>121</b>	-70	-75	0	<b>121</b>	-51	-49	20
<b>122</b>	-70	-75	40	<b>122</b>	-51	-48	60
<b>123</b>	-70	-77	20	<b>123</b>	-47	-45	20
<b>124</b>	-70	-78	20	<b>124</b>	-41	-44	20
<b>125</b>	-70	-77	0	<b>125</b>	-42	-43	20
<b>126</b>	-70	-77	0	<b>126</b>	-42	-42	0
<b>127</b>	-70	-77	0	<b>127</b>	-41	-42	40
<b>128</b>	-70	-77	0	<b>128</b>	-38	-40	20
<b>129</b>	-70	-77	20	<b>129</b>	-40	-39	80
<b>130</b>	-70	-76	20	<b>130</b>	-39	-35	40
<b>131</b>	-70	-75	20	<b>131</b>	-38	-33	120
<b>132</b>	-70	-74	20	<b>132</b>	-32	-27	60
<b>133</b>	-70	-73	80	<b>133</b>	-22	-24	140
<b>134</b>	-70	-69	20	<b>134</b>	-17	-17	80
<b>135</b>	-63	-68	60	<b>135</b>	-14	-13	100
<b>136</b>	-64	-65	20	<b>136</b>	-8	-8	100
<b>137</b>	-62	-64	20	<b>137</b>	-3	-3	60
<b>138</b>	-62	-63	0	<b>138</b>	-1	0	80
<b>139</b>	-63	-63	20	<b>139</b>	5	4	40
<b>140</b>	-63	-62	80	<b>140</b>	5	6	100

<b>141</b>	-62	-58	20	<b>141</b>	14	11	80
<b>142</b>	-55	-57	140	<b>142</b>	19	15	100
<b>143</b>	-52	-50	100	<b>143</b>	20	20	20
<b>144</b>	-47	-45	40	<b>144</b>	28	21	60
<b>145</b>	-39	-43	180	<b>145</b>	28	24	140
<b>146</b>	-35	-34	80	<b>146</b>	32	31	40
<b>147</b>	-30	-30	80	<b>147</b>	35	33	120
<b>148</b>	-27	-26	100	<b>148</b>	39	39	60
<b>149</b>	-19	-21	100	<b>149</b>	40	42	40
<b>150</b>	-15	-16	100	<b>150</b>	44	44	80
<b>151</b>	-10	-11	100	<b>151</b>	47	48	20
<b>152</b>	-1	-6	80	<b>152</b>	49	49	40
<b>153</b>	1	-2	80	<b>153</b>	51	51	20
<b>154</b>	2	2	60	<b>154</b>	51	52	60
<b>155</b>	7	5	80	<b>155</b>	55	55	20
<b>156</b>	13	9	120	<b>156</b>	55	56	20
<b>157</b>	15	15	40	<b>157</b>	57	57	0
<b>158</b>	20	17	120	<b>158</b>	57	57	20
<b>159</b>	24	23	60	<b>159</b>	58	58	0
<b>160</b>	27	26	100	<b>160</b>	58	58	0
<b>161</b>	31	31	100	<b>161</b>	57	58	0
<b>162</b>	34	36	80	<b>162</b>	58	58	0
<b>163</b>	39	40	80	<b>163</b>	58	58	20
<b>164</b>	43	44	80	<b>164</b>	58	57	20
<b>165</b>	46	48	80	<b>165</b>	58	56	40
<b>166</b>	54	52	80	<b>166</b>	56	54	40
<b>167</b>	58	56	80	<b>167</b>	53	52	20
<b>168</b>	58	60	80	<b>168</b>	51	51	60
<b>169</b>	63	64	40	<b>169</b>	48	48	20
<b>170</b>	66	66	40	<b>170</b>	47	47	40
<b>171</b>	67	68	60	<b>171</b>	47	45	60
<b>172</b>	70	71	20	<b>172</b>	47	42	120
<b>173</b>	70	72	0	<b>173</b>	44	36	80
<b>174</b>	70	72	40	<b>174</b>	34	32	80
<b>175</b>	70	74	20	<b>175</b>	27	28	100
<b>176</b>	70	73	20	<b>176</b>	30	23	80
<b>177</b>	43	72	20	<b>177</b>	22	19	80
<b>178</b>	61	71	80	<b>178</b>	22	15	100
<b>179</b>	70	75	60	<b>179</b>	14	10	60
<b>180</b>	65	72	20	<b>180</b>	8	7	80
<b>181</b>	70	73	20	<b>181</b>	8	3	60
<b>182</b>	70	72	20	<b>182</b>	3	0	80

<b>183</b>	70	73	20	<b>183</b>	0	-4	100
<b>184</b>	70	72	0	<b>184</b>	-10	-9	100
<b>185</b>	70	72	0	<b>185</b>	-12	-14	100
<b>186</b>	70	72	20	<b>186</b>	-14	-19	100
<b>187</b>	70	71	0	<b>187</b>	-24	-24	60
<b>188</b>	70	71	20	<b>188</b>	-25	-27	80
<b>189</b>	70	70	20	<b>189</b>	-32	-31	100
<b>190</b>	70	69	40	<b>190</b>	-35	-36	40
<b>191</b>	69	67	0	<b>191</b>	-35	-38	60
<b>192</b>	68	67	40	<b>192</b>	-39	-41	160
<b>193</b>	67	65	40	<b>193</b>	-45	-49	0
<b>194</b>	64	63	40	<b>194</b>	-49	-49	80
<b>195</b>	64	61	20	<b>195</b>	-51	-53	40
<b>196</b>	62	60	60	<b>196</b>	-56	-55	60
<b>197</b>	62	57	80	<b>197</b>	-57	-58	40
<b>198</b>	60	53	60	<b>198</b>	-60	-60	40
<b>199</b>	55	50	100	<b>199</b>	-61	-62	20
<b>200</b>	48	45	80	<b>200</b>	-62	-63	20
<b>201</b>	45	41	80	<b>201</b>	-62	-64	20
<b>202</b>	43	37	120	<b>202</b>	-65	-65	20
<b>203</b>	37	31	80	<b>203</b>	-65	-66	40
<b>204</b>	35	27	140	<b>204</b>	-64	-64	40
<b>205</b>	26	20	100	<b>205</b>	-62	-62	0
<b>206</b>	23	15	80	<b>206</b>	-61	-62	0
<b>207</b>	15	11	100	<b>207</b>	-59	-62	0
<b>208</b>	9	6	100	<b>208</b>	-59	-62	0
<b>209</b>	6	1	100	<b>209</b>	-60	-62	40
<b>210</b>	-4	-4	60	<b>210</b>	-60	-60	40
<b>211</b>	-6	-7	160	<b>211</b>	-58	-58	20
<b>212</b>	-14	-15	40	<b>212</b>	-57	-57	0
<b>213</b>	-18	-17	120	<b>213</b>	-56	-57	40
<b>214</b>	-26	-23	100	<b>214</b>	-55	-55	0
<b>215</b>	-26	-28	100	<b>215</b>	-56	-55	0
<b>216</b>	-28	-33	80	<b>216</b>	-55	-55	20
<b>217</b>	-36	-37	100	<b>217</b>	-55	-54	20
<b>218</b>	-38	-42	80	<b>218</b>	-56	-53	0
<b>219</b>	-45	-46	80	<b>219</b>	-54	-53	80
<b>220</b>	-48	-50	80	<b>220</b>	-51	-49	120
<b>221</b>	-53	-54	80	<b>221</b>	-44	-43	100
<b>222</b>	-56	-58	80	<b>222</b>	-40	-38	60
<b>223</b>	-59	-62	80	<b>223</b>	-36	-35	80
<b>224</b>	-64	-66	60	<b>224</b>	-32	-31	60

225	-67	-69	40	225	-28	-28	80
226	-69	-71	80	226	-22	-24	60
227	-70	-75	40	227	-22	-21	100
228	-70	-77	40	228	-18	-16	60
229	-70	-79	0	229	-14	-13	140
230	-70	-79	20	230	-10	-6	80
231	-70	-80	0	231	-3	-2	100
232	-70	-80	20	232	1	3	80
233	-70	-79	0	233	7	7	80
234	-70	-79	0	234	14	11	120
235	-70	-79	0	235	17	17	80
236	-70	-79	0	236	23	21	80
237	-70	-79	0	237	26	25	60
238	-70	-79	20	238	28	28	80
239	-70	-78	0	239	36	32	120
240	-70	-78	60	240	37	38	60
241	-70	-75	40	241	44	41	60
242	-70	-73	60	242	47	44	80
243	-70	-70	0	243	47	48	20
244	-68	-70	40	244	51	49	40
245	-65	-68	0	245	51	51	0
246	-66	-68	0	246	51	51	20
247	-66	-68	40	247	54	52	0
248	-66	-66	0	248	52	52	0
249	-64	-66	0	249	52	52	20
250	-66	-66	60	250	52	51	0
251	-66	-63	100	251	52	51	20
252	-63	-58	60	252	63	52	40
253	-58	-55	140	253	56	50	40
254	-50	-48	120	254	51	48	40
255	-45	-42	120	255	48	46	40
256	-38	-36	120	256	45	44	40
257	-29	-30	100	257	41	42	60
258	-24	-25	120	258	43	39	20
259	-18	-19	80	259	43	38	40
260	-14	-15	160	260	42	36	120
261	-9	-7	80	261	34	30	80
262	-6	-3	100	262	28	26	100
263	1	2	120	263	27	21	60
264	7	8	100	264	20	18	100
265	17	13	120	265	13	13	60
266	18	19	120	266	15	10	100

<b>267</b>	27	25	80	<b>267</b>	7	5	80
<b>268</b>	31	29	140	<b>268</b>	4	1	80
<b>269</b>	36	36	100	<b>269</b>	2	-3	100
<b>270</b>	41	41	100	<b>270</b>	-8	-8	40
<b>271</b>	47	46	120	<b>271</b>	-9	-10	100
<b>272</b>	51	52	80	<b>272</b>	-16	-15	120
<b>273</b>	55	56	100	<b>273</b>	-16	-21	40
<b>274</b>	59	61	100	<b>274</b>	-24	-23	80
<b>275</b>	64	66	60	<b>275</b>	-24	-27	100
<b>276</b>	70	69	80	<b>276</b>	-30	-32	80
<b>277</b>	70	73	60	<b>277</b>	-34	-36	60
<b>278</b>	70	76	60	<b>278</b>	-37	-39	80
<b>279</b>	70	79	40	<b>279</b>	-40	-43	40
<b>280</b>	70	81	20	<b>280</b>	-45	-45	60
<b>281</b>	70	82	20	<b>281</b>	-47	-48	20
<b>282</b>	70	83	0	<b>282</b>	-50	-49	20
<b>283</b>	70	83	20	<b>283</b>	-51	-50	40
<b>284</b>	70	82	20	<b>284</b>	-51	-52	20
<b>285</b>	70	83	0	<b>285</b>	-53	-53	20
<b>286</b>	70	83	20	<b>286</b>	-54	-54	0
<b>287</b>	70	82	20	<b>287</b>	-51	-54	20
<b>288</b>	70	81	20	<b>288</b>	-51	-55	20
<b>289</b>	70	80	60	<b>289</b>	-52	-54	20
<b>290</b>	70	77	60	<b>290</b>	-53	-53	0
<b>291</b>	63	74	80	<b>291</b>	-53	-53	60
<b>292</b>	70	70	20	<b>292</b>	-51	-56	60
<b>293</b>	70	69	20	<b>293</b>	-53	-53	0
<b>294</b>	68	68	0	<b>294</b>	-53	-53	20
<b>295</b>	69	68	0	<b>295</b>	-53	-54	0
<b>296</b>	69	68	60	<b>296</b>	-53	-54	0
<b>297</b>	70	65	80	<b>297</b>	-53	-54	0
<b>298</b>	70	61	80	<b>298</b>	-53	-54	0
<b>299</b>	64	57	140	<b>299</b>	-53	-54	0
<b>300</b>	59	50	80	<b>300</b>	-53	-54	0
<b>301</b>	48	46	120	<b>301</b>	-53	-54	0
<b>302</b>	47	40	80	<b>302</b>	-53	-54	0
<b>303</b>	38	36	120	<b>303</b>	-53	-54	0
<b>304</b>	36	30	60	<b>304</b>	-53	-54	0
<b>305</b>	34	27	120	<b>305</b>	-53	-54	0
<b>306</b>	26	21	80	<b>306</b>	-53	-54	0
<b>307</b>	22	17	100	<b>307</b>	-53	-54	0
<b>308</b>	15	12	100	<b>308</b>	-53	-54	0

309	12	7	60	309	-53	-54	
310	5	4	80	310	5	4	80
311	1	0	60	311	1	0	60
312	-1	-3	20	312	-1	-3	20
313	-3	-4	40	313	-3	-4	40
314	-5	-6	20	314	-5	-6	20
315	-11	-7	20	315	-11	-7	20
316	-13	-6	20	316	-13	-6	20
317	-2	-7	0	317	-2	-7	0
318	-3	-7	60	318	-3	-7	60
319	-3	-4	40	319	-3	-4	40
320	-5	-6	0	320	-5	-6	0
321	-5	-6	0	321	-5	-6	0
322	0	-6	0	322	0	-6	0
323	-2	-6	0	323	-2	-6	0
324	-3	-6	0	324	-3	-6	0
325	-5	-6	20	325	-5	-6	20
326	-5	-5	20	326	-5	-5	20
327	-5	-6	20	327	-5	-6	20
328	-5	-5	20	328	-5	-5	20
329	-5	-6	20	329	-5	-6	20
330	-5	-5	0	330	-5	-5	0
331	-5	-5	0	331	-5	-5	0
332	-5	-5	0	332	-5	-5	0
333	-5	-5	0	333	-5	-5	0
334	-5	-5	0	334	-5	-5	0
335	-5	-5	0	335	-5	-5	0
336	-5	-5	0	336	-5	-5	0
337	-5	-5	0	337	-5	-5	0
338	-5	-5	0	338	-5	-5	0
339	-5	-5	0	339	-5	-5	0

#### Lampiran 4.Regresi Potensiometer dan Sinyal Servo

Sumbu x			
No	Sudut	ADC	signal
1	20	95	960
2	24	97	980
3	26	99	1000
4	28	102	1020
5	30	103	1040
6	32	107	1060

sumbu y			
No	Sudut	ADC	signal
1	22	84	890
2	25	87	910
3	27	89	930
4	29	92	950
5	32	95	970
6	35	97	990

<b>7</b>	35	110	1080	<b>7</b>	37	99	1010
<b>8</b>	38	112	1100	<b>8</b>	39	102	1030
<b>9</b>	40	114	1120	<b>9</b>	42	104	1050
<b>10</b>	42	118	1140	<b>10</b>	45	108	1070
<b>11</b>	44	120	1160	<b>11</b>	47	110	1090
<b>12</b>	46	121	1180	<b>12</b>	49	112	1110
<b>13</b>	49	124	1200	<b>13</b>	50	115	1130
<b>14</b>	50	126	1220	<b>14</b>	52	117	1150
<b>15</b>	53	127	1240	<b>15</b>	54	119	1170
<b>16</b>	55	130	1260	<b>16</b>	56	121	1190
<b>17</b>	57	132	1280	<b>17</b>	58	123	1210
<b>18</b>	60	134	1300	<b>18</b>	60	126	1230
<b>19</b>	61	135	1320	<b>19</b>	62	127	1250
<b>20</b>	63	138	1340	<b>20</b>	65	129	1270
<b>21</b>	66	142	1360	<b>21</b>	67	132	1290
<b>22</b>	69	143	1380	<b>22</b>	70	134	1310
<b>23</b>	70	145	1400	<b>23</b>	73	135	1330
<b>24</b>	74	148	1420	<b>24</b>	76	138	1350
<b>25</b>	75	150	1440	<b>25</b>	77	140	1370
<b>26</b>	78	152	1460	<b>26</b>	79	143	1390
<b>27</b>	80	155	1480	<b>27</b>	82	146	1410
<b>28</b>	81	156	1500	<b>28</b>	84	147	1430
<b>29</b>	84	158	1520	<b>29</b>	86	150	1450
<b>30</b>	86	161	1540	<b>30</b>	89	152	1470
<b>31</b>	89	164	1560	<b>31</b>	90	155	1490
<b>32</b>	90	166	1580	<b>32</b>	92	157	1510
<b>33</b>	93	167	1600	<b>33</b>	95	159	1530
<b>34</b>	95	169	1620	<b>34</b>	99	162	1550
<b>35</b>	99	173	1640	<b>35</b>	101	164	1570
<b>36</b>	101	175	1660	<b>36</b>	104	166	1590
<b>37</b>	102	177	1680	<b>37</b>	106	168	1610
<b>38</b>	105	178	1700	<b>38</b>	109	172	1630
<b>39</b>	108	182	1720	<b>39</b>	111	174	1650
<b>40</b>	110	184	1740	<b>40</b>	113	176	1670
<b>41</b>	113	186	1760	<b>41</b>	116	179	1690
<b>42</b>	115	189	1780	<b>42</b>	118	182	1710
<b>43</b>	118	191	1800	<b>43</b>	120	184	1730
<b>44</b>	120	194	1820	<b>44</b>	122	186	1750
<b>45</b>	123	196	1840	<b>45</b>	125	188	1770
<b>46</b>	125	198	1860	<b>46</b>	127	191	1790
<b>47</b>	128	201	1880	<b>47</b>	129	193	1810
<b>48</b>	130	201	1900	<b>48</b>	131	195	1830

<b>49</b>	133	205	1920		<b>49</b>	135	199	1850
<b>50</b>	135	208	1940		<b>50</b>	136	200	1870
<b>51</b>	137	210	1960		<b>51</b>	140	204	1890
<b>52</b>	139	211	1980		<b>52</b>	142	206	1910
<b>53</b>	142	215	2000		<b>53</b>	144	209	1930
<b>54</b>	144	217	2020		<b>54</b>	146	211	1950
<b>55</b>	147	219	2040		<b>55</b>	148	213	1970
<b>56</b>	149	221	2060		<b>56</b>	151	216	1990
<b>57</b>	151	223	2080		<b>57</b>	153	218	2010
<b>58</b>	153	225	2100		<b>58</b>	156	221	2030
<b>59</b>	155	227	2120		<b>59</b>	159	223	2050

### Lampiran 5. Akurasi Stabilizer Kamera

Sumbu x

No.	Sudut Gangguan Sumbu x						
	0	-20	-40	-60	20	40	60
1	0	-20	-40	-60	20	38	61
2	0	-20	-40	-60	20	38	61
3	0	-19	-40	-60	20	38	61
4	0	-20	-40	-60	20	38	61
5	0	-19	-40	-60	20	38	61
6	0	-19	-40	-60	20	38	61
7	0	-19	-40	-60	20	38	61
8	0	-19	-40	-60	20	38	60
9	0	-19	-40	-60	20	38	61
10	0	-19	-40	-59	20	38	61
11	0	-19	-40	-59	20	38	61
12	0	-19	-40	-60	20	38	61
13	0	-19	-40	-59	20	38	61
14	0	-19	-40	-59	20	38	61
15	0	-19	-40	-60	20	38	61
16	0	-19	-40	-60	20	38	61
17	0	-19	-40	-60	20	38	61
18	0	-19	-40	-60	20	38	61
19	0	-19	-40	-60	20	38	61
20	0	-19	-40	-60	20	38	61
21	0	-19	-40	-60	20	38	61
22	0	-19	-40	-60	20	38	61
23	0	-20	-40	-60	20	38	61
24	0	-19	-40	-60	20	38	61
25	0	-19	-40	-60	20	38	61



26	0	-19	-40	-60	20	38	61
27	0	-19	-40	-60	20	38	61
28	0	-19	-40	-60	20	38	61
29	0	-19	-40	-60	20	38	61
30	0	-19	-40	-60	20	38	61
31	0	-18	-40	-60	20	38	61
32	0	-17	-40	-60	20	38	61
33	0	-18	-40	-60	20	38	61
34	0	-18	-40	-60	20	38	61
35	0	-19	-40	-60	20	38	61
36	0	-19	-40	-60	20	38	61
37	0	-19	-40	-60	20	38	61
38	0	-20	-40	-60	20	38	61
39	0	-20	-40	-60	20	38	61
40	0	-20	-40	-60	20	38	61
41	0	-20	-40	-60	20	38	61
42	0	-20	-40	-60	20	39	61
43	0	-20	-40	-60	21	39	61
44	0	-20	-40	-60	21	38	60
45	0	-20	-40	-60	21	38	60
46	0	-20	-40	-60	21	38	61
47	0	-20	-40	-60	20	38	61
48	0	-20	-40	-60	20	38	61
49	0	-20	-40	-60	20	38	61
50	0	-20	-40	-60	20	38	61
51	0	-20	-40	-60	20	38	61
52	0	-20	-40	-60	20	38	61
53	0	-20	-40	-60	20	38	61
54	0	-20	-40	-60	20	38	61
55	0	-20	-40	-60	20	38	61
56	0	-20	-40	-60	20	38	61
57	0	-20	-40	-60	20	38	61
58	0	-20	-40	-60	20	38	61
59	0	-20	-40	-60	20	38	61
60	0	-20	-40	-60	20	38	61
61	0	-20	-40	-60	20	38	61
62	0	-20	-40	-60	20	38	61
63	0	-20	-40	-60	20	38	61
64	0	-20	-40	-60	20	38	61
65	0	-20	-40	-60	20	38	61
66	0	-20	-40	-60	20	38	61
67	0	-20	-40	-60	20	38	61

68	0	-20	-40	-60	20	38	61
69	0	-20	-40	-60	20	38	61
70	0	-20	-40	-60	20	38	61
71	0	-20	-40	-60	20	38	61
72	0	-20	-40	-60	20	38	61
73	0	-20	-40	-60	20	38	61
74	0	-20	-40	-60	20	38	61
75	0	-20	-40	-60	20	38	61
76	0	-20	-40	-60	20	38	61
77	0	-20	-40	-60	20	38	61
78	0	-20	-40	-60	20	38	61
79	0	-20	-40	-60	20	38	61
80	0	-20	-40	-60	20	38	61
81	0	-20	-40	-60	20	38	61
82	0	-20	-40	-60	20	38	61
83	0	-20	-40	-60	20	38	61
84	0	-20	-40	-60	20	38	61
85	0	-20	-40	-60	20	38	61
86	0	-20	-40	-60	20	38	61
87	0	-20	-40	-60	20	38	61
88	0	-20	-40	-60	20	38	61
89	0	-20	-40	-60	20	38	61
90	0	-20	-40	-60	20	38	61
91	0	-20	-40	-60	20	38	61
92	0	-20	-40	-60	20	38	61
93	0	-20	-40	-60	20	38	61
94	0	-20	-40	-60	20	38	61
95	0	-20	-40	-60	20	38	61
96	0	-20	-40	-60	20	38	61
97	0	-20	-40	-60	20	38	61
98	0	-20	-40	-60	20	38	61
99	0	-20	-40	-60	20	38	61
100	0	-20	-40	-60	20	38	61
<b>Rata-Rata</b>	<b>0.0</b>	<b>-19.6</b>	<b>-40.0</b>	<b>-60.0</b>	<b>20.0</b>	<b>38.0</b>	<b>61.0</b>
<b>Akurasi</b>	<b>100.0</b>	<b>-49.1</b>	<b>-66.7</b>	<b>-101.6</b>	<b>99.8</b>	<b>95.1</b>	<b>98.4</b>

Sumbu y

No.	Sudut Gangguan Sumbu y						
	0	-20	-40	-60	20	40	60
1	0	-19	-38	-60	19	40	59
2	0	-19	-38	-60	19	39	59

3	0	-19	-38	-60	19	39	59
4	0	-19	-38	-60	19	40	59
5	0	-19	-38	-60	19	40	59
6	0	-19	-38	-60	19	40	59
7	0	-19	-38	-60	19	39	59
8	0	-19	-38	-60	19	39	59
9	0	-19	-38	-60	19	40	59
10	0	-19	-38	-60	19	40	59
11	0	-19	-38	-60	19	40	59
12	0	-19	-38	-60	19	39	59
13	0	-19	-38	-60	19	39	59
14	0	-18	-38	-60	19	39	59
15	0	-18	-38	-60	19	39	59
16	0	-19	-38	-60	19	40	59
17	0	-18	-38	-60	19	40	59
18	0	-19	-38	-60	19	40	59
19	0	-19	-38	-60	19	39	59
20	0	-19	-38	-60	19	39	59
21	0	-19	-38	-60	19	40	59
22	0	-19	-38	-60	19	40	59
23	0	-19	-38	-60	19	40	59
24	0	-19	-38	-60	19	39	59
25	0	-19	-38	-60	19	39	59
26	0	-19	-38	-60	19	39	59
27	0	-19	-38	-60	19	39	59
28	0	-19	-38	-60	19	40	59
29	0	-19	-38	-60	19	40	59
30	0	-19	-38	-60	19	40	59
31	0	-19	-38	-60	19	39	59
32	0	-19	-38	-60	19	39	59
33	0	-19	-38	-60	19	40	59
34	0	-18	-38	-60	19	40	59
35	0	-18	-38	-60	19	40	59
36	0	-18	-38	-60	19	39	59
37	0	-19	-38	-60	19	39	59
38	0	-19	-38	-60	19	39	59
39	0	-19	-38	-60	19	39	59
40	0	-19	-38	-60	19	40	59
41	0	-19	-38	-60	19	40	59
42	0	-19	-38	-60	19	40	59
43	0	-19	-38	-60	19	39	59
44	0	-19	-38	-60	19	39	59

45	0	-19	-38	-60	19	40	59
46	0	-19	-38	-60	19	40	59
47	0	-19	-38	-60	19	40	59
48	0	-19	-38	-60	19	39	59
49	0	-19	-38	-60	19	39	59
50	0	-19	-38	-60	19	39	59
51	0	-19	-38	-60	19	39	59
52	0	-19	-38	-60	19	40	59
53	0	-19	-38	-60	19	40	59
54	0	-19	-38	-60	19	40	59
55	0	-19	-38	-60	19	39	59
56	0	-19	-38	-60	19	39	59
57	0	-19	-38	-60	19	40	59
58	0	-19	-38	-60	19	40	59
59	0	-19	-38	-60	19	40	59
60	0	-19	-38	-60	19	39	59
61	0	-19	-38	-60	19	39	59
62	0	-19	-38	-60	19	39	59
63	0	-18	-38	-60	19	39	59
64	0	-19	-38	-60	19	40	59
65	0	-19	-38	-60	19	40	59
66	0	-19	-38	-60	19	40	59
67	0	-19	-38	-60	19	39	59
68	0	-19	-38	-60	19	39	59
69	0	-19	-38	-60	19	40	59
70	0	-19	-38	-60	19	40	59
71	0	-19	-38	-60	19	40	59
72	0	-19	-38	-60	19	39	59
73	0	-19	-38	-60	19	39	59
74	0	-19	-38	-60	19	39	59
75	0	-19	-38	-60	19	39	59
76	0	-19	-38	-60	19	40	59
77	0	-19	-38	-60	19	40	59
78	0	-19	-38	-59	19	40	59
79	0	-19	-38	-59	19	39	59
80	0	-19	-38	-60	19	39	59
81	0	-19	-38	-60	19	40	59
82	0	-19	-38	-59	19	40	59
83	0	-19	-38	-59	19	40	59
84	0	-19	-38	-60	19	39	59
85	0	-19	-38	-60	19	39	59
86	0	-19	-38	-60	19	39	59

87	0	-19	-38	-59	19	39	59
88	0	-19	-38	-59	19	40	59
89	0	-19	-38	-60	19	40	59
90	0	-19	-38	-60	19	40	59
91	0	-19	-38	-60	19	39	59
92	0	-19	-38	-60	19	39	59
93	0	-19	-38	-59	19	40	59
94	0	-19	-38	-59	19	40	59
95	0	-19	-38	-60	19	40	59
96	0	-19	-38	-60	19	39	59
97	0	-19	-38	-60	19	39	59
98	0	-19	-38	-60	19	39	59
99	0	-19	-38	-60	19	39	59
100	0	-18	-38	-60	19	40	59
<b>Rata-Rata</b>	<b>0.0</b>	<b>-18.9</b>	<b>-38.0</b>	<b>-59.9</b>	<b>19.0</b>	<b>39.5</b>	<b>59.0</b>
<b>Akurasi</b>	<b>100.0</b>	<b>94.6</b>	<b>95.0</b>	<b>99.9</b>	<b>95.0</b>	<b>98.8</b>	<b>98.3</b>

**A. Respon Stabilizer Kamera**

No.	Sudut Gangguan	Sudut x Stabilizer	Sudut x Sensor	kec. Sudut Gangguan	No.	Sudut Gangguan	Sudut y Stabilizer	Sudut y Sensor	kec. Sudut gangguan
1	-9	7	-7	0	1	0	1	1	0
2	-9	7	-7	0	2	0	0	1	0
3	-9	7	-7	0	3	0	0	1	0
4	-9	7	-7	0	4	0	0	1	0
5	-9	7	-7	0	5	0	0	0	0
6	-9	7	-7	0	6	0	0	1	0
7	-9	7	-7	0	7	0	0	1	0
8	-9	6	-6	20	8	0	0	1	0
9	-8	7	-6	20	9	0	0	1	0
10	-9	6	-8	20	10	0	0	1	0
11	-8	7	-8	20	11	0	0	0	0
12	-9	7	-6	0	12	0	-1	1	0
13	-9	7	-7	0	13	0	0	1	0
14	-9	8	-7	0	14	0	0	1	0
15	-9	7	-6	0	15	0	0	1	0
16	-9	7	-7	0	16	0	0	1	0
17	-9	7	-7	0	17	0	0	1	0
18	-9	8	-7	0	18	0	0	2	0
19	-9	7	-7	20	19	0	-2	1	20
20	-8	7	-7	20	20	1	-1	1	20

<b>21</b>	-9	8	-7	20	<b>21</b>	2	-1	1	20
<b>22</b>	-8	7	-7	20	<b>22</b>	3	-1	5	0
<b>23</b>	-9	8	-7	0	<b>23</b>	3	-2	3	20
<b>24</b>	-9	7	-7	20	<b>24</b>	4	-2	5	20
<b>25</b>	-8	8	-7	0	<b>25</b>	3	-4	5	80
<b>26</b>	-8	7	-7	0	<b>26</b>	7	-4	5	80
<b>27</b>	-8	7	-7	20	<b>27</b>	11	-3	7	0
<b>28</b>	-9	7	-7	20	<b>28</b>	11	-7	13	100
<b>29</b>	-8	7	-7	0	<b>29</b>	16	-9	19	60
<b>30</b>	-8	8	-7	20	<b>30</b>	19	-13	20	60
<b>31</b>	-9	7	-7	20	<b>31</b>	22	-19	23	40
<b>32</b>	-8	8	-7	0	<b>32</b>	24	-21	25	40
<b>33</b>	-8	7	-7	20	<b>33</b>	26	-24	29	40
<b>34</b>	-9	7	-8	20	<b>34</b>	28	-27	29	100
<b>35</b>	-8	6	-2	20	<b>35</b>	33	-27	33	60
<b>36</b>	-7	7	-7	40	<b>36</b>	36	-30	34	60
<b>37</b>	-5	7	-7	40	<b>37</b>	39	-32	36	40
<b>38</b>	-7	4	-4	80	<b>38</b>	41	-34	42	60
<b>39</b>	-3	7	-1	20	<b>39</b>	44	-37	44	20
<b>40</b>	-2	5	-3	40	<b>40</b>	45	-41	45	60
<b>41</b>	0	3	-2	0	<b>41</b>	48	-43	46	20
<b>42</b>	0	3	3	20	<b>42</b>	49	-45	50	40
<b>43</b>	-1	-1	3	40	<b>43</b>	51	-48	50	20
<b>44</b>	1	-2	-6	0	<b>44</b>	52	-49	51	40
<b>45</b>	1	-2	-3	40	<b>45</b>	54	-51	55	40
<b>46</b>	3	0	4	80	<b>46</b>	56	-52	56	40
<b>47</b>	7	0	5	120	<b>47</b>	58	-55	59	40
<b>48</b>	13	-2	11	60	<b>48</b>	60	-56	58	0
<b>49</b>	16	-6	16	80	<b>49</b>	60	-58	57	20
<b>50</b>	20	-12	21	100	<b>50</b>	61	-58	60	0
<b>51</b>	25	-17	28	80	<b>51</b>	61	-59	60	20
<b>52</b>	29	-22	30	80	<b>52</b>	60	-59	59	0
<b>53</b>	33	-27	33	100	<b>53</b>	60	-60	59	20
<b>54</b>	38	-31	39	80	<b>54</b>	61	-59	59	0
<b>55</b>	42	-34	42	60	<b>55</b>	61	-60	59	0
<b>56</b>	45	-39	47	60	<b>56</b>	61	-60	59	0
<b>57</b>	48	-43	48	60	<b>57</b>	61	-59	59	20
<b>58</b>	51	-48	52	40	<b>58</b>	60	-60	59	20
<b>59</b>	53	-49	54	40	<b>59</b>	61	-59	59	20
<b>60</b>	55	-52	56	40	<b>60</b>	60	-60	60	0
<b>61</b>	57	-55	56	40	<b>61</b>	60	-60	60	20
<b>62</b>	59	-56	61	20	<b>62</b>	59	-60	58	40

<b>63</b>	60	-59	61	0	<b>63</b>	57	-60	58	20
<b>64</b>	60	-62	61	40	<b>64</b>	56	-60	58	60
<b>65</b>	62	-60	63	20	<b>65</b>	53	-60	55	20
<b>66</b>	63	-62	61	0	<b>66</b>	52	-58	51	40
<b>67</b>	63	-67	68	20	<b>67</b>	50	-57	48	20
<b>68</b>	64	-63	66	20	<b>68</b>	49	-52	49	40
<b>69</b>	65	-66	66	0	<b>69</b>	47	-52	51	60
<b>70</b>	65	-66	66	20	<b>70</b>	44	-51	47	60
<b>71</b>	66	-64	67	20	<b>71</b>	41	-51	44	60
<b>72</b>	65	-66	66	20	<b>72</b>	38	-48	41	80
<b>73</b>	66	-66	66	0	<b>73</b>	34	-44	36	80
<b>74</b>	66	-65	66	20	<b>74</b>	30	-41	35	60
<b>75</b>	65	-67	66	0	<b>75</b>	27	-37	28	80
<b>76</b>	65	-64	66	0	<b>76</b>	23	-33	26	80
<b>77</b>	65	-65	64	60	<b>77</b>	19	-29	24	60
<b>78</b>	62	-66	64	20	<b>78</b>	16	-25	15	80
<b>79</b>	61	-65	65	40	<b>79</b>	12	-20	15	40
<b>80</b>	59	-65	61	60	<b>80</b>	10	-15	9	80
<b>81</b>	56	-65	58	40	<b>81</b>	6	-12	11	60
<b>82</b>	54	-62	57	40	<b>82</b>	3	-10	6	60
<b>83</b>	52	-60	54	20	<b>83</b>	0	-9	1	40
<b>84</b>	51	-58	51	40	<b>84</b>	-2	-3	-2	60
<b>85</b>	49	-56	54	40	<b>85</b>	-5	0	-5	60
<b>86</b>	47	-53	52	80	<b>86</b>	-8	4	-10	60
<b>87</b>	43	-53	50	80	<b>87</b>	-11	7	-10	80
<b>88</b>	39	-53	44	60	<b>88</b>	-15	9	-13	60
<b>89</b>	36	-50	40	100	<b>89</b>	-18	10	-15	20
<b>90</b>	31	-45	35	80	<b>90</b>	-19	13	-18	40
<b>91</b>	27	-40	31	100	<b>91</b>	-21	16	-21	80
<b>92</b>	22	-36	28	80	<b>92</b>	-25	18	-21	60
<b>93</b>	18	-32	23	60	<b>93</b>	-28	21	-28	60
<b>94</b>	15	-27	18	80	<b>94</b>	-31	23	-30	40
<b>95</b>	11	-22	14	60	<b>95</b>	-33	27	-32	60
<b>96</b>	8	-17	10	80	<b>96</b>	-36	31	-35	60
<b>97</b>	4	-12	9	60	<b>97</b>	-39	33	-39	80
<b>98</b>	1	-9	6	80	<b>98</b>	-43	35	-40	20
<b>99</b>	-3	-9	1	40	<b>99</b>	-44	37	-42	40
<b>100</b>	-5	-4	0	100	<b>100</b>	-46	38	-43	20
<b>101</b>	-10	-1	-9	100	<b>101</b>	-45	41	-43	60
<b>102</b>	-15	4	-14	60	<b>102</b>	-48	41	-14	420
<b>103</b>	-18	9	-15	80	<b>103</b>	-69	24	-50	420
<b>104</b>	-22	13	-24	80	<b>104</b>	-48	38	-50	20

<b>105</b>	-26	18	-22	80	<b>105</b>	-49	42	-48	40
<b>106</b>	-30	21	-26	60	<b>106</b>	-51	44	-51	20
<b>107</b>	-33	23	-31	80	<b>107</b>	-50	48	-51	20
<b>108</b>	-37	26	-35	80	<b>108</b>	-51	49	-50	20
<b>109</b>	-41	30	-37	60	<b>109</b>	-50	50	-51	20
<b>110</b>	-44	35	-43	60	<b>110</b>	-51	49	-51	0
<b>111</b>	-47	38	-45	60	<b>111</b>	-51	50	-51	0
<b>112</b>	-50	42	-49	80	<b>112</b>	-51	49	-51	0
<b>113</b>	-54	45	-52	60	<b>113</b>	-51	50	-50	0
<b>114</b>	-57	49	-55	60	<b>114</b>	-51	50	-50	0
<b>115</b>	-60	53	-58	60	<b>115</b>	-51	50	-50	0
<b>116</b>	-63	57	-61	60	<b>116</b>	-51	50	-50	0
<b>117</b>	-66	59	-64	60	<b>117</b>	-51	50	-50	0
<b>118</b>	-69	63	-66	20	<b>118</b>	-51	49	-51	0
<b>119</b>	-70	66	-65	60	<b>119</b>	-51	49	-51	20
<b>120</b>	-73	66	-70	40	<b>120</b>	-50	49	-51	20
<b>121</b>	-75	67	-70	0	<b>121</b>	-49	49	-51	20
<b>122</b>	-75	69	-70	40	<b>122</b>	-48	49	-51	60
<b>123</b>	-77	70	-70	20	<b>123</b>	-45	49	-47	20
<b>124</b>	-78	70	-70	20	<b>124</b>	-44	48	-41	20
<b>125</b>	-77	70	-70	0	<b>125</b>	-43	44	-42	20
<b>126</b>	-77	70	-70	0	<b>126</b>	-42	40	-42	0
<b>127</b>	-77	70	-70	0	<b>127</b>	-42	39	-41	40
<b>128</b>	-77	70	-70	0	<b>128</b>	-40	39	-38	20
<b>129</b>	-77	70	-70	20	<b>129</b>	-39	37	-40	80
<b>130</b>	-76	70	-70	20	<b>130</b>	-35	38	-39	40
<b>131</b>	-75	70	-70	20	<b>131</b>	-33	37	-38	120
<b>132</b>	-74	70	-70	20	<b>132</b>	-27	38	-32	60
<b>133</b>	-73	70	-70	80	<b>133</b>	-24	34	-22	140
<b>134</b>	-69	70	-70	20	<b>134</b>	-17	28	-17	80
<b>135</b>	-68	70	-63	60	<b>135</b>	-13	21	-14	100
<b>136</b>	-65	69	-64	20	<b>136</b>	-8	15	-8	100
<b>137</b>	-64	66	-62	20	<b>137</b>	-3	11	-3	60
<b>138</b>	-63	63	-62	0	<b>138</b>	0	6	-1	80
<b>139</b>	-63	63	-63	20	<b>139</b>	4	1	5	40
<b>140</b>	-62	63	-63	80	<b>140</b>	6	-3	5	100
<b>141</b>	-58	63	-62	20	<b>141</b>	11	-5	14	80
<b>142</b>	-57	60	-55	140	<b>142</b>	15	-10	19	100
<b>143</b>	-50	58	-52	100	<b>143</b>	20	-14	20	20
<b>144</b>	-45	53	-47	40	<b>144</b>	21	-22	28	60
<b>145</b>	-43	47	-39	180	<b>145</b>	24	-28	28	140
<b>146</b>	-34	42	-35	80	<b>146</b>	31	-25	32	40



<b>147</b>	-30	37	-30	80	<b>147</b>	33	-30	35	120
<b>148</b>	-26	30	-27	100	<b>148</b>	39	-32	39	60
<b>149</b>	-21	27	-19	100	<b>149</b>	42	-35	40	40
<b>150</b>	-16	22	-15	100	<b>150</b>	44	-39	44	80
<b>151</b>	-11	17	-10	100	<b>151</b>	48	-40	47	20
<b>152</b>	-6	12	-1	80	<b>152</b>	49	-45	49	40
<b>153</b>	-2	6	1	80	<b>153</b>	51	-47	51	20
<b>154</b>	2	0	2	60	<b>154</b>	52	-51	51	60
<b>155</b>	5	-2	7	80	<b>155</b>	55	-49	55	20
<b>156</b>	9	-6	13	120	<b>156</b>	56	-52	55	20
<b>157</b>	15	-7	15	40	<b>157</b>	57	-54	57	0
<b>158</b>	17	-15	20	120	<b>158</b>	57	-57	57	20
<b>159</b>	23	-16	24	60	<b>159</b>	58	-55	58	0
<b>160</b>	26	-21	27	100	<b>160</b>	58	-58	58	0
<b>161</b>	31	-23	31	100	<b>161</b>	58	-58	57	0
<b>162</b>	36	-27	34	80	<b>162</b>	58	-57	58	0
<b>163</b>	40	-30	39	80	<b>163</b>	58	-56	58	20
<b>164</b>	44	-34	43	80	<b>164</b>	57	-58	58	20
<b>165</b>	48	-40	46	80	<b>165</b>	56	-57	58	40
<b>166</b>	52	-42	54	80	<b>166</b>	54	-57	56	40
<b>167</b>	56	-49	58	80	<b>167</b>	52	-58	53	20
<b>168</b>	60	-53	58	80	<b>168</b>	51	-56	51	60
<b>169</b>	64	-57	63	40	<b>169</b>	48	-56	48	20
<b>170</b>	66	-60	66	40	<b>170</b>	47	-53	47	40
<b>171</b>	68	-62	67	60	<b>171</b>	45	-50	47	60
<b>172</b>	71	-64	70	20	<b>172</b>	42	-49	47	120
<b>173</b>	72	-67	70	0	<b>173</b>	36	-51	44	80
<b>174</b>	72	-69	70	40	<b>174</b>	32	-48	34	80
<b>175</b>	74	-68	70	20	<b>175</b>	28	-43	27	100
<b>176</b>	73	-72	70	20	<b>176</b>	23	-37	30	80
<b>177</b>	72	-86	43	20	<b>177</b>	19	-32	22	80
<b>178</b>	71	-67	61	80	<b>178</b>	15	-27	22	100
<b>179</b>	75	-80	70	60	<b>179</b>	10	-23	14	60
<b>180</b>	72	-67	65	20	<b>180</b>	7	-18	8	80
<b>181</b>	73	-67	70	20	<b>181</b>	3	-12	8	60
<b>182</b>	72	-68	70	20	<b>182</b>	0	-9	3	80
<b>183</b>	73	-67	70	20	<b>183</b>	-4	-4	0	100
<b>184</b>	72	-68	70	0	<b>184</b>	-9	-2	-10	100
<b>185</b>	72	-68	70	0	<b>185</b>	-14	5	-12	100
<b>186</b>	72	-68	70	20	<b>186</b>	-19	9	-14	100
<b>187</b>	71	-69	70	0	<b>187</b>	-24	12	-24	60
<b>188</b>	71	-68	70	20	<b>188</b>	-27	18	-25	80

<b>189</b>	70	-69	70	20	<b>189</b>	-31	22	-32	100
<b>190</b>	69	-68	70	40	<b>190</b>	-36	27	-35	40
<b>191</b>	67	-69	69	0	<b>191</b>	-38	31	-35	60
<b>192</b>	67	-68	68	40	<b>192</b>	-41	35	-39	160
<b>193</b>	65	-68	67	40	<b>193</b>	-49	34	-45	0
<b>194</b>	63	-68	64	40	<b>194</b>	-49	39	-49	80
<b>195</b>	61	-68	64	20	<b>195</b>	-53	43	-51	40
<b>196</b>	60	-67	62	60	<b>196</b>	-55	48	-56	60
<b>197</b>	57	-65	62	80	<b>197</b>	-58	53	-57	40
<b>198</b>	53	-64	60	60	<b>198</b>	-60	56	-60	40
<b>199</b>	50	-62	55	100	<b>199</b>	-62	59	-61	20
<b>200</b>	45	-60	48	80	<b>200</b>	-63	62	-62	20
<b>201</b>	41	-57	45	80	<b>201</b>	-64	62	-62	20
<b>202</b>	37	-51	43	120	<b>202</b>	-65	63	-65	20
<b>203</b>	31	-47	37	80	<b>203</b>	-66	63	-65	40
<b>204</b>	27	-42	35	140	<b>204</b>	-64	65	-64	40
<b>205</b>	20	-40	26	100	<b>205</b>	-62	66	-62	0
<b>206</b>	15	-33	23	80	<b>206</b>	-62	66	-61	0
<b>207</b>	11	-27	15	100	<b>207</b>	-62	65	-59	0
<b>208</b>	6	-21	9	100	<b>208</b>	-62	62	-59	0
<b>209</b>	1	-14	6	100	<b>209</b>	-62	60	-60	40
<b>210</b>	-4	-9	-4	60	<b>210</b>	-60	60	-60	40
<b>211</b>	-7	-3	-6	160	<b>211</b>	-58	59	-58	20
<b>212</b>	-15	1	-14	40	<b>212</b>	-57	59	-57	0
<b>213</b>	-17	9	-18	120	<b>213</b>	-57	58	-56	40
<b>214</b>	-23	13	-26	100	<b>214</b>	-55	57	-55	0
<b>215</b>	-28	20	-26	100	<b>215</b>	-55	55	-56	0
<b>216</b>	-33	24	-28	80	<b>216</b>	-55	55	-55	20
<b>217</b>	-37	27	-36	100	<b>217</b>	-54	55	-55	20
<b>218</b>	-42	31	-38	80	<b>218</b>	-53	55	-56	0
<b>219</b>	-46	35	-45	80	<b>219</b>	-53	54	-54	80
<b>220</b>	-50	39	-48	80	<b>220</b>	-49	54	-51	120
<b>221</b>	-54	44	-53	80	<b>221</b>	-43	53	-44	100
<b>222</b>	-58	49	-56	80	<b>222</b>	-38	47	-40	60
<b>223</b>	-62	53	-59	80	<b>223</b>	-35	41	-36	80
<b>224</b>	-66	57	-64	60	<b>224</b>	-31	36	-32	60
<b>225</b>	-69	62	-67	40	<b>225</b>	-28	32	-28	80
<b>226</b>	-71	66	-69	80	<b>226</b>	-24	29	-22	60
<b>227</b>	-75	69	-70	40	<b>227</b>	-21	24	-22	100
<b>228</b>	-77	70	-70	40	<b>228</b>	-16	22	-18	60
<b>229</b>	-79	70	-70	0	<b>229</b>	-13	18	-14	140
<b>230</b>	-79	70	-70	20	<b>230</b>	-6	16	-10	80

<b>231</b>	-80	70	-70	0	<b>231</b>	-2	12	-3	100
<b>232</b>	-80	70	-70	20	<b>232</b>	3	7	1	80
<b>233</b>	-79	70	-70	0	<b>233</b>	7	1	7	80
<b>234</b>	-79	70	-70	0	<b>234</b>	11	-3	14	120
<b>235</b>	-79	70	-70	0	<b>235</b>	17	-9	17	80
<b>236</b>	-79	70	-70	0	<b>236</b>	21	-13	23	80
<b>237</b>	-79	70	-70	0	<b>237</b>	25	-19	26	60
<b>238</b>	-79	70	-70	20	<b>238</b>	28	-22	28	80
<b>239</b>	-78	70	-70	0	<b>239</b>	32	-29	36	120
<b>240</b>	-78	70	-70	60	<b>240</b>	38	-29	37	60
<b>241</b>	-75	70	-70	40	<b>241</b>	41	-34	44	60
<b>242</b>	-73	70	-70	60	<b>242</b>	44	-40	47	80
<b>243</b>	-70	70	-70	0	<b>243</b>	48	-42	47	20
<b>244</b>	-70	70	-68	40	<b>244</b>	49	-47	51	40
<b>245</b>	-68	70	-65	0	<b>245</b>	51	-48	51	0
<b>246</b>	-68	69	-66	0	<b>246</b>	51	-52	51	20
<b>247</b>	-68	66	-66	40	<b>247</b>	52	-51	54	0
<b>248</b>	-66	66	-66	0	<b>248</b>	52	-52	52	0
<b>249</b>	-66	66	-64	0	<b>249</b>	52	-51	52	20
<b>250</b>	-66	66	-66	60	<b>250</b>	51	-53	52	0
<b>251</b>	-63	66	-66	100	<b>251</b>	51	-54	52	20
<b>252</b>	-58	66	-63	60	<b>252</b>	52	-53	63	40
<b>253</b>	-55	65	-58	140	<b>253</b>	50	-56	56	40
<b>254</b>	-48	61	-50	120	<b>254</b>	48	-58	51	40
<b>255</b>	-42	55	-45	120	<b>255</b>	46	-57	48	40
<b>256</b>	-36	47	-38	120	<b>256</b>	44	-52	45	40
<b>257</b>	-30	40	-29	100	<b>257</b>	42	-50	41	60
<b>258</b>	-25	33	-24	120	<b>258</b>	39	-45	43	20
<b>259</b>	-19	26	-18	80	<b>259</b>	38	-43	43	40
<b>260</b>	-15	19	-14	160	<b>260</b>	36	-43	42	120
<b>261</b>	-7	16	-9	80	<b>261</b>	30	-43	34	80
<b>262</b>	-3	11	-6	100	<b>262</b>	26	-41	28	100
<b>263</b>	2	7	1	120	<b>263</b>	21	-36	27	60
<b>264</b>	8	3	7	100	<b>264</b>	18	-31	20	100
<b>265</b>	13	-3	17	120	<b>265</b>	13	-27	13	60
<b>266</b>	19	-10	18	120	<b>266</b>	10	-20	15	100
<b>267</b>	25	-15	27	80	<b>267</b>	5	-14	7	80
<b>268</b>	29	-22	31	140	<b>268</b>	1	-11	4	80
<b>269</b>	36	-26	36	100	<b>269</b>	-3	-6	2	100
<b>270</b>	41	-31	41	100	<b>270</b>	-8	-4	-8	40
<b>271</b>	46	-37	47	120	<b>271</b>	-10	3	-9	100
<b>272</b>	52	-40	51	80	<b>272</b>	-15	7	-16	120

<b>273</b>	56	-47	55	100	<b>273</b>	-21	11	-16	40
<b>274</b>	61	-51	59	100	<b>274</b>	-23	15	-24	80
<b>275</b>	66	-55	64	60	<b>275</b>	-27	19	-24	100
<b>276</b>	69	-60	70	80	<b>276</b>	-32	22	-30	80
<b>277</b>	73	-64	70	60	<b>277</b>	-36	26	-34	60
<b>278</b>	76	-67	70	60	<b>278</b>	-39	30	-37	80
<b>279</b>	79	-68	70	40	<b>279</b>	-43	34	-40	40
<b>280</b>	81	-68	70	20	<b>280</b>	-45	37	-45	60
<b>281</b>	82	-69	70	20	<b>281</b>	-48	40	-47	20
<b>282</b>	83	-68	70	0	<b>282</b>	-49	44	-50	20
<b>283</b>	83	-69	70	20	<b>283</b>	-50	46	-51	40
<b>284</b>	82	-69	70	20	<b>284</b>	-52	49	-51	20
<b>285</b>	83	-69	70	0	<b>285</b>	-53	50	-53	20
<b>286</b>	83	-69	70	20	<b>286</b>	-54	49	-54	0
<b>287</b>	82	-70	70	20	<b>287</b>	-54	52	-51	20
<b>288</b>	81	-68	70	20	<b>288</b>	-55	50	-51	20
<b>289</b>	80	-70	70	60	<b>289</b>	-54	52	-52	20
<b>290</b>	77	-70	70	60	<b>290</b>	-53	52	-53	0
<b>291</b>	74	-73	63	80	<b>291</b>	-53	52	-53	60
<b>292</b>	70	-78	70	20	<b>292</b>	-56	52	-51	60
<b>293</b>	69	-70	70	20	<b>293</b>	-53	52	-53	0
<b>294</b>	68	-69	68	0	<b>294</b>	-53	53	-53	20
<b>295</b>	68	-68	69	0	<b>295</b>	-54	53	-53	0
<b>296</b>	68	-68	69	60	<b>296</b>	-54	53	-53	0
<b>297</b>	65	-69	70	80	<b>297</b>	-54	53	-53	0
<b>298</b>	61	-70	70	80	<b>298</b>	-54	53	-53	0
<b>299</b>	57	-68	64	140	<b>299</b>	-54	53	-53	0
<b>300</b>	50	-71	59	80	<b>300</b>	-54	53	-53	0
<b>301</b>	46	-65	48	120	<b>301</b>	-54	53	-53	0
<b>302</b>	40	-61	47	80	<b>302</b>	-54	53	-53	0
<b>303</b>	36	-54	38	120	<b>303</b>	-54	53	-53	0
<b>304</b>	30	-50	36	60	<b>304</b>	-54	53	-53	0
<b>305</b>	27	-42	34	120	<b>305</b>	-54	53	-53	0
<b>306</b>	21	-37	26	80	<b>306</b>	-54	53	-53	0
<b>307</b>	17	-32	22	100	<b>307</b>	-54	53	-53	0
<b>308</b>	12	-26	15	100	<b>308</b>	-54	53	-53	0
<b>309</b>	7	-22	12	140	<b>309</b>	-54	53	-53	0