

**IMPLEMENTASI 3 AXIS GYROSCOPE
UNTUK MEMANTAU SUDUT ORIENTASI MUATAN ROKET**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**Disusun oleh:
VITA PERMATASARI
NIM. 0810630102-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2012**

**IMPLEMENTASI 3 AXIS GYROSCOPE
UNTUK MEMANTAU SUDUT ORIENTASI MUATAN ROKET**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

VITA PERMATASARI

NIM. 0810630102-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

M. Rif'an, ST., MT.
NIP. 19710301 200012 1 001

Waru Djuriatno, ST., MT.
NIP. 19690725 199702 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI 3 AXIS *GYROSCOPE*
UNTUK MEMANTAU SUDUT ORIENTASI MUATAN ROKET**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**VITA PERMATASARI
NIM. 0810630102-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 27 Juli 2012

DOSEN PENGUJI

Ir Muhammad Julius St., MS.
NIP. 19540720 198203 1 002

Ir. Nurussa'adah, MT.
NIP. 19680706 199203 2 001

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.
NIP. 19590304 198903 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS.
NIP. 19580728 198701 1 001

PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala petunjuk dan nikmat-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi berjudul “Implementasi 3 Axis Gyroscope untuk Memantau Sudut Orientasi Muatan Roket” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Ayahanda Supariyanto dan Ibunda Culilik Setyowati atas segala motivasi, nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya dalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Mbak Fera, mas Gunawan, atas motivasi dan doanya
- Mas Ahmad Fahriannur tersayang, yang mengajari banyak hal dengan sabar dan atas segala dukungan, perhatian dan doanya,
- Bapak Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, serta Bapak Ir. M. Julius St, MS selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak M. Rif’an, ST., MT. dan Bapak Waru Djuriatno, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasehat, arahan, motivasi, saran dan masukan yang telah diberikan,
- Bagus Ilyas, yang telah meluangkan waktunya berdiskusi dengan penulis, Pramuda A. atas bantuan kamera, rekan-rekan Tim Robot dan rekan-rekan KOMURINDO atas bantuan fasilitas dan ilmu.
- Sahabat-sahabat tersayang: Ladissa, Nurlita, Karina, Fahima, Anindya, Annisa, Nuha, Taufik, Ibor, Edwin yang membuat hari-hari di Elektro UB jadi indah,

- Teman-teman angkatan 2008, teman-teman paket B, teman-teman HME, senior serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Malang, Juli 2012

Penulis



ABSTRAK

Vita Permatasari, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2012, *Implementasi 3 Axis Gyroscope untuk Memantau Sudut Orientasi Muatan Roket*, Dosen Pembimbing: M. Rif'an, ST., MT. dan Waru Djurianto, ST.,MT.

Kompetisi Muatan Roket Indonesia tingkat perguruan tinggi (KOMURINDO) merupakan suatu ajang kompetisi yang diselenggarakan Dirjen DIKTI bekerjasama dengan LAPAN setiap setahun sekali dengan tujuan memupuk rasa cinta teknologi dirgantara. Di kompetisi ini seluruh mahasiswa universitas di Indonesia berlomba membuat muatan roket dengan tema berbeda setiap tahunnya. Tema KOMURINDO 2012 adalah *attitude monitoring and surveillance payload* artinya roket mampu melakukan penginderaan dinamik, mengambil dan mengirim data *surveillance* berupa foto melalui udara. Penelitian ini membahas *attitude monitoring* berupa sudut orientasi. Penelitian ini bertujuan membuat suatu alat untuk memantau sudut orientasi muatan roket.

Sistem ini terdiri atas *3-axis gyroscope* L3G4200D, mikrokontroler, serial konverter dan komputer . Sistem melakukan pembacaan sinyal dengan waktu sampling 20ms. Data keluaran modul sensor *3 axis gyroscope* L3G4200D berupa data mentah kecepatan sudut. Data tersebut harus diolah terlebih dahulu menjadi data sudut orientasi dengan tipe data *float* kemudian dikirimkan ke komputer. Pengujian menunjukkan alat dapat berfungsi dengan baik mengukur sudut orientasi dengan selisih sudut rata-rata terhadap sudut acuan kurang dari 3%. Selisih sudut minimum 0.088° dan selisih sudut maksimum 6.595° .

Kata kunci : KOMURINDO 2012, *3-Axis Gyroscope*, Sudut Orientasi.

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Roket	3
2.2 Muatan Roket	6
2.3 Gyroscope	8
2.4 Modul Sensor Gyroscope L3G4200D.....	11
2.4.1 I ² C	14
2.4.2 Register	18
2.5 Accelerometer	26
2.6 Mikrokontroler ATmega8	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	30
3.2 Perancangan dan Perealisasian Alat.....	30
3.2.1 Diagram Blok.....	30
3.2.2 Perencanaan Perangkat Keras	31
3.2.2.1 Rangkaian Catu Daya.....	31
3.2.2.2 Modul Sensor Gyroscope.....	33
3.2.2.3 Rangkaian Mikrokontroler	34
3.2.2.4 Perencanaan Kerangka Muatan Roket	35
3.2.3 Perencanaan Perangkat Lunak	36
3.3 Pengujian Alat.....	37

3.3.1	Pengujian Tiap Blok.....	37
3.3.1.1	Pengujian Modul Sensor Gyroscope L3G4200D.....	37
3.3.1.2	Pengujian Catu Daya.....	37
3.3.2	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	37
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT		38
4.1	Pembuatan Perangkat Keras.....	38
4.1.1	Pembuatan Rangkaian Elektronik.....	38
4.1.1.1	Rangkaian Catu Daya.....	38
4.1.1.2	Rangkaian Mikrokontroler.....	42
4.1.1.3	Rangkaian Keseluruhan.....	42
4.1.2	Pembuatan Kerangka Muatan Roket.....	43
4.2	Pembuatan Perangkat Lunak.....	44
4.2.1	Program Utama.....	44
4.2.2	Sub Program Sumbu X.....	46
4.2.3	Sub Program Sumbu Y.....	48
4.2.4	Sub Program Sumbu Z.....	49
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		50
5.1	Pengujian Catu Daya.....	50
5.1.1	Tujuan.....	50
5.1.2	Alat yang Digunakan.....	50
5.1.3	Prosedur Pengujian.....	50
5.1.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	52
5.2	Pengujian 3-Axis Gyroscope L3G4200D.....	53
5.2.1	Tujuan.....	53
5.2.2	Alat yang Digunakan.....	53
5.2.3	Prosedur Pengujian.....	54
5.2.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	55
5.3	Pengujian Keseluruhan.....	59
5.3.1	Tujuan.....	59
5.3.2	Alat yang Digunakan.....	59
5.3.3	Prosedur Pengujian.....	60
5.3.4	Hasil Pengujian dan Analisis.....	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		65

6.1 Kesimpulan 65

6.2 Saran..... 65

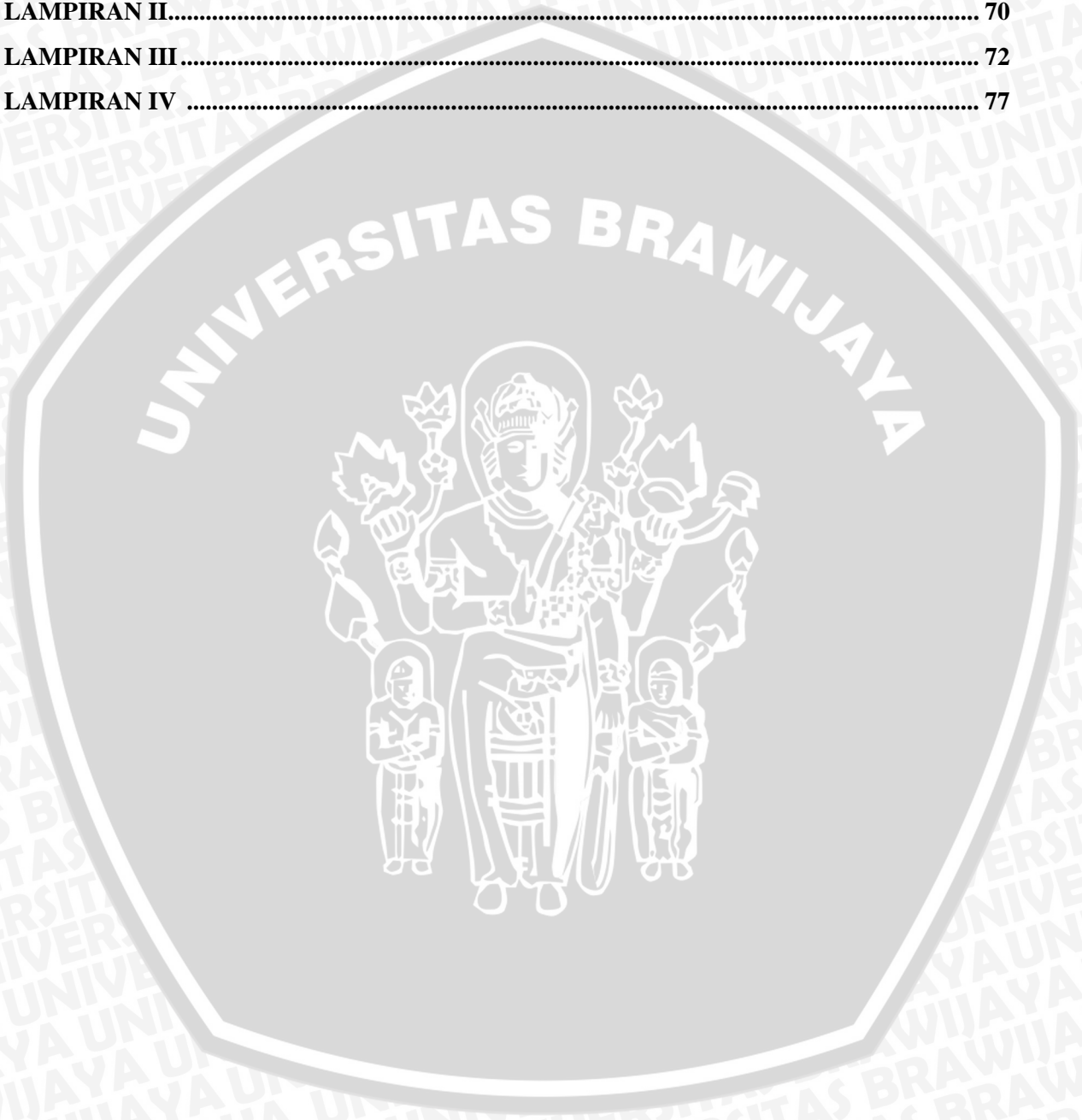
DAFTAR PUSTAKA..... 66

LAMPIRAN I..... 68

LAMPIRAN II..... 70

LAMPIRAN III..... 72

LAMPIRAN IV 77



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian Roket V2 Jerman.....	3
Gambar 2.2 Gaya Luar Roket	5
Gambar 2.3 Gerak Utama Roket: (a) Translasi dan Rotasi, (b) Rotasi	6
Gambar 2.4 Kompartemen Roket RUM	7
Gambar 2.5 <i>Three Axis Mechanical Gyroscope</i>	8
Gambar 2.6 Presesi <i>Gyroscope</i>	9
Gambar 2.7 Konfigurasi Pin	11
Gambar 2.8 Diagram Blok L3G4200D	12
Gambar 2.9 Dimensi Modul Sensor <i>Gyroscope</i> L3G4200D	13
Gambar 2.10 <i>Schematic</i> Modul Sensor <i>Gyroscope</i> L3G4200D	13
Gambar 2.11 Kondisi Spesial Bus I ² C: (A) Kondisi Start, (B) Kondisi Stop	15
Gambar 2.12 Diagram Waktu <i>Slave</i> I ² C	16
Gambar 2.13 Desain sebuah <i>accelerometer</i>	27
Gambar 2.14 Konfigurasi Pin ATmega8.....	29
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	30
Gambar 3.2 Diagram Blok Catu Daya	31
Gambar 3.3 Diagram Blok Rangkaian Mikrokontroler	34
Gambar 3.4 Bentuk Kerangka Muatan Roket	35
Gambar 3.5 Diagram Alur Perencanaan Perangkat Lunak	36
Gambar 4.1 Skematik Rangkaian Catu Daya.....	38
Gambar 4.2 Skematik Rangkaian Mikrokontroler	42
Gambar 4.3 Layout Board.....	43
Gambar 4.4 Kerangka Muatan Roket Tampak Atas	43
Gambar 4.5 Kerangka Muatan Roket Tampak Samping	44
Gambar 4.6 Diagram Alur Program Utama	45
Gambar 4.7 Diagram Alur Sub Program Sumbu X	47
Gambar 4.8 Diagram Alur Sub Program Sumbu Y	48
Gambar 4.9 Diagram Alur Sub Program Sumbu Z.....	49
Gambar 5.1 Gambar Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban.....	51
Gambar 5.2 Gambar Rangkaian Catu Daya Berbeban.....	51
Gambar 5.3 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 5V Tanpa Beban.....	52
Gambar 5.4 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 3.075V Tanpa Beban.....	52
Gambar 5.5 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 5V Berbeban	52
Gambar 5.6 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 3.075V Berbeban	53
Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Modul Sensor.....	54
Gambar 5.8 Foto Pengujian Modul Sensor <i>Gyroscope</i> L3G4200D.....	54
Gambar 5.9 Data Mentah Modul Sensor Masing-masing Sumbu saat Kondisi Diam.....	55
Gambar 5.10 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Angguk.....	55
Gambar 5.11 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Guling	56
Gambar 5.12 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Geleng	56
Gambar 5.13 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Diam	57

Gambar 5.14 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Angguk 57
Gambar 5.15 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Guling 58
Gambar 5.16 Grafik Data Mentah Sensor saat Pergerakan Geleng 58
Gambar 5.17 Diagram Blok Pengujian Keseluruhan 60
Gambar 5.18 Foto Pengujian Keseluruhan 60
Gambar 5.19 Grafik Pengujian Gerak Angguk 62
Gambar 5.20 Grafik Pengujian Gerak Guling 63
Gambar 5.21 Grafik Pengujian Gerak Geleng 63



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Deskripsi Pin.....	12
Tabel 2.2 Deskripsi Pin Antamuka Serial.....	14
Tabel 2.3 Istilah-istilah dalam I ² C.....	15
Tabel 2.4 SAD + Pola Baca/tulis.....	17
Tabel 2.5 Transfer ketika <i>Master</i> sedang Menulis Satu Byte ke <i>Slave</i>	17
Tabel 2.6 Transfer ketika <i>Master</i> sedang Menulis Beberapa Byte ke <i>Slave</i>	18
Tabel 2.7 Transfer ketika <i>Master</i> sedang Membaca Satu Byte dari <i>Slave</i>	18
Tabel 2.8 Transfer ketika <i>Master</i> sedang Membaca Beberapa Byte dari <i>Slave</i>	18
Tabel 2.9 <i>Register Addres Map</i>	19
Tabel 2.10 Register CTRL_1.....	20
Tabel 2.11 Deskripsi CTRL_REG1.....	21
Tabel 2.12 Pengaturan Konfigurasi DR Dan BW.....	21
Tabel 2.13 Register CTRL_2.....	21
Tabel 2.14 Mode Konfigurasi HPF.....	22
Tabel 2.15 Konfigurasi Frekuensi <i>Cut-Off</i> HPF.....	22
Tabel 2.16 Register CTRL_REG3.....	22
Tabel 2.17 Deskripsi CTRL_3.....	23
Tabel 2.18 Register CTRL_4.....	23
Tabel 2.19 Deskripsi CTRL_REG4.....	23
Tabel 2.20 Konfigurasi Mode <i>Self Test</i>	24
Tabel 2.21 Register CTRL_REG5.....	24
Tabel 2.22 Deskripsi CTRL_REG5.....	24
Tabel 2.23 Pengaturan Konfigurasi Out_sel.....	25
Tabel 2.24 Pengaturan Konfigurasi Int_Sel.....	25
Tabel 2.25 Register STATUS_REG.....	25
Tabel 2.26 Deskripsi STATUS_REG.....	26
Tabel 3.1 Pengaturan Register Gyroscope.....	33
Tabel 3.2 Pengaturan Fuse Bit.....	34

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Roket merupakan salah satu wahana dirgantara yang memiliki makna startegis. Wahana ini mampu digunakan untuk melaksanakan misi perdamaian maupun pertahanan, misalnya sebagai Roket Peluncur Satelit (RPS), roket penelitian cuaca, roket kendali, dan lain-lain. Dengan kata lain, roket juga bisa berfungsi sebagai peralatan untuk menjaga kedaulatan dan meningkatkan martabat bangsa, baik di darat, laut maupun di udara sampai dengan antariksa. Oleh karena itu, negara yang menguasai kemandirian teknologi peroketan dengan baik, akan disegani oleh negara- negara lain di seluruh dunia. Hal ini sesuai dengan tujuan diselenggarakan Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) untuk menumbuhkembangkan rasa cinta teknologi dirgantara masyarakat Indonesia umumnya dan mahasiswa khususnya.

Tema KOMURINDO 2012 adalah *attitude monitoring and surveillance payload* artinya roket mampu melakukan penginderaan dinamik, mengambil dan mengirim data surveillance berupa foto melalui udara. Tema ini sama dengan tema KOMURINDO tahun lalu. Penelitian ini membahas sebagian sistem *attitude monitoring* yakni memantau sudut orientasi muatan roket yang diukur dengan *gyroscope*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana mengukur sudut orientasi muatan roket menggunakan data keluaran *3 axis gyroscope* L3G4200D

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) Membahas akuisisi data *gyroscope* L3G4200D sistem pemancar tanpa membahas komunikasi melalui frekuensi radio.
- 2) Pengujian yang dilakukan menirukan kondisi lomba.

- 3) Alat didesain untuk memantau muatan roket saat peluncuran hingga mendarat.
- 4) Alat berupa muatan roket.
- 5) Catu daya yang digunakan adalah baterai 9 V.
- 6) Tidak membahas *accelerometer* dan komunikasi melalui frekuensi radio secara mendalam.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu alat untuk memantau sudut orientasi muatan roket.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penelitian ini terdiri atas enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat, yang meliputi teori tentang roket, muatan roket, *gyroscope*, sensor L3G4200D, *accelerometer*, mikrokontroler.

BAB III Metodologi Penelitian

Membahas metode penelitian yang dilakukan dalam merencanakan hingga merealisasikan alat.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

Membahas tentang rangkaian elektronika sistem, kerangka sistem, dan algoritma perangkat lunak.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan perancangan dan saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roket

Komponen utama roket secara umum terdiri empat bagian yaitu

1) Rangka

Rangka roket terbuat dari bahan yang ringan dan kuat berfungsi sebagai pelindung. Terdapat sirip di bagian bawah roket untuk menjaga stabilitas selama peluncuran.

2) Sistem muatan roket (*payload system*)

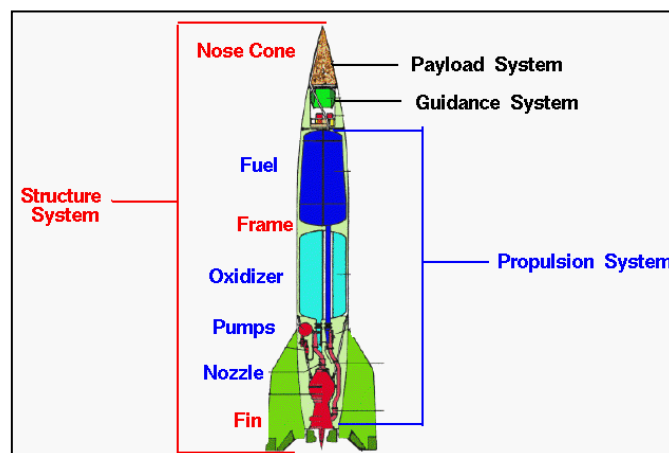
Sistem muatan roket tergantung misi roket. Contohnya adalah sistem muatan roket V2 Jerman yang berisi bahan peledak.

3) Sistem pemandu (*guidance system*)

Sistem pemandu merupakan alat yang menuntun roket ke tujuan. Sistem ini dilengkapi dengan sensor, komputer, radar, dan alat komunikasi.

4) Sistem propulsi (*propulsion system*)

Sistem propulsi adalah mesin yang digunakan sebagai tenaga pendorong roket, umumnya menggunakan bahan bakar padat dan cair. Sistem propulsi roket V2 terdiri atas tangki oksidasi, pompa, bilik pembakaran dan *nozzle*. Gambar 2.1 menunjukkan bagian-bagian roket V2 Jerman.



Gambar 2.1 Bagian-bagian Roket V2 Jerman

Sumber: NASA

Gaya adalah besaran vektor yang memiliki besar dan arah. Dalam penerbangan, roket dikenai gaya luar dan memberikan respon terhadap gaya luar berupa gerak. Pergerakan roket dideskripsikan dalam hukum Newton.

Hukum Newton I menyatakan bahwa jika gaya total sebuah benda sama dengan nol, maka gerak benda tidak berubah. Persamaan hukum Newton I ditunjukkan dalam Persamaan (2.1)

$$\sum F = 0 \quad (2.1)$$

Hukum Newton II menyatakan bahwa hubungan antara gaya dan percepatan ketika gaya total tidak sama dengan nol. Persamaan hukum Newton II ditunjukkan dalam Persamaan (2.2)

$$\sum F = m a \quad (2.2)$$

Hukum Newton III menyatakan apabila kita memberikan gaya (gaya aksi) kepada suatu benda maka benda itu akan memberikan gaya balik yang besarnya sama dan arahnya berlawanan (gaya reaksi). Persamaan hukum Newton III ditunjukkan dalam Persamaan (2.3)

$$F_{aksi} = -F_{reaksi} \quad (2.3)$$

Dalam penerbangan, roket dikenai empat gaya yaitu:

1) Gaya berat (*weight*)

Besar gaya berat tergantung massa roket dan selalu mengarah ke pusat bumi melalui titik pusat gravitasi bumi. Besar gaya dorong tergantung laju aliran massa melalui mesin dan tekanan di pintu keluar *nozzle*.

2) Gaya dorong (*thrust*)

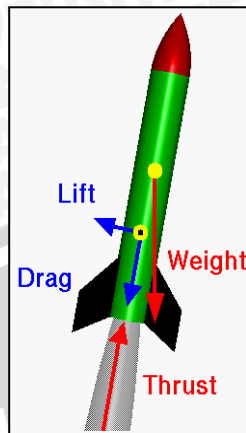
Gaya dorong biasanya bekerja sepanjang sumbu longitudinal roket melalui titik pusat gravitasi bumi. Namun beberapa roket skala penuh dapat menggerakkan *nozzle* untuk menghasilkan gaya yang tidak sejajar dengan titik pusat gravitasi.

3) Gaya aerodinamik

Besar gaya ini tergantung bentuk, ukuran, kecepatan roket dan sifat atmosfer. Gaya ini bekerja melalui pusat tekanan, titik hitam dan kuning yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2

4) Gaya angkat dan tarik (*lift and drag*)

Gaya luar roket ditunjukkan dalam Gambar 2.2.

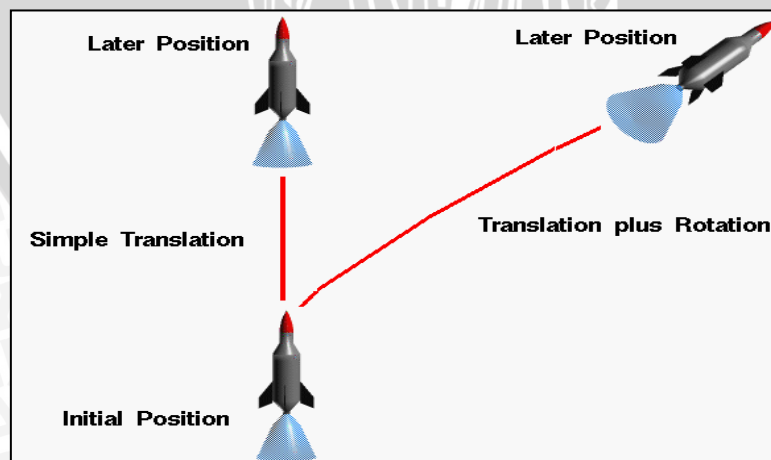


Gambar 2.2 Gaya Luar Roket

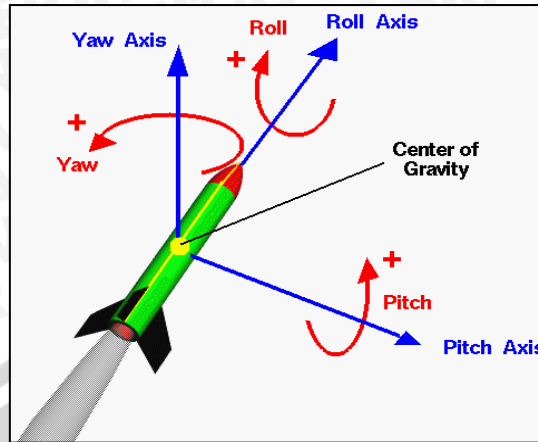
Sumber: NASA

Pergerakan roket kompleks karena terdiri atas gerak rotasi dan translasi. Translasi adalah respon terhadap gaya dan rotasi adalah respon terhadap torsi.

Gerak rotasi dalam tiga dimensi adalah angguk, guling dan geleng. Gerak guling (poros sumbu y) diakibatkan oleh defleksi sirip roket. Defleksi ini menghasilkan gaya angkat tegak lurus terhadap arah penerbangan. Jika semua sirip dibelokkan dengan cara yang sama maka akan timbul torsi di sekitar sumbu y untuk menghasilkan konfigurasi roket yang stabil. Gerak angguk (poros sumbu x) adalah gerakan ke atas dan ke bawah ujung roket. Gerak ini disebabkan oleh defleksi nozzle menghasilkan gaya dorong. Gerak geleng (poros sumbu z) mengakibatkan ujung roket bergerak dari satu sisi ke sisi yang lainnya. Gerak utama roket ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



(a)



(b)

Gambar 2.3 Gerak Utama Roket: (a) Translasi dan Rotasi, (b) Rotasi

Sumber: NASA

2.2 Muatan Roket

Muatan roket dalam penelitian ini adalah muatan roket yang digunakan dalam KOMURINDO (Kompetisi Muatan Roket Indonesia). Tema KOMURINDO 2012 sama dengan tema tahun 2011 yaitu *attitude monitoring and surveillance payload*, artinya adalah *payload* (muatan roket) yang mampu melakukan penginderaan dinamik roket, pengambilan dan pengiriman data *surveillance* berupa foto melalui udara dengan resolusi (200 x 200) piksel black/white (B/W).

Spesifikasi teknis KOMURINDO 2012 adalah:

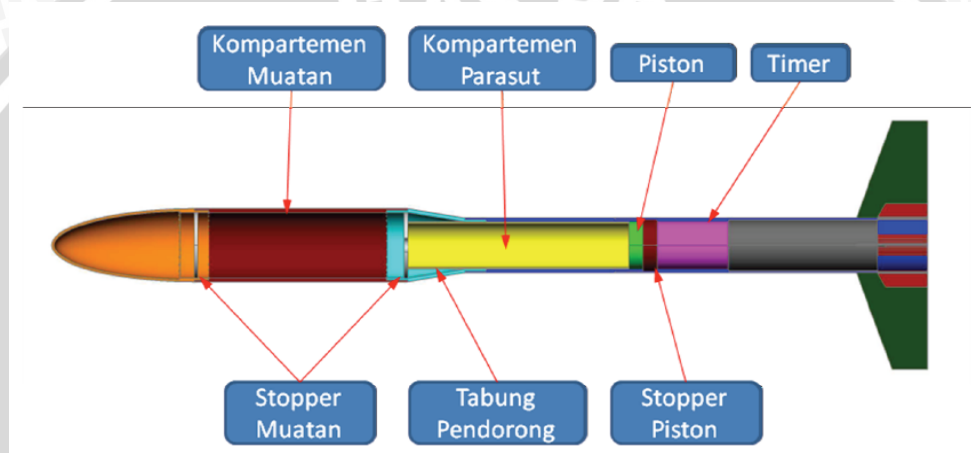
- Panjang Roket: 1230 mm
- Diameter Roket: 76 mm
- Berat Roket: 4.6 kg
- Propelan: Komposit
- Daya Dorong: 30 kgf
- Ketinggian: 600 m
- Berat Muatan: 1kg
- Dimensi Muatan: diameter 100 mm, tinggi 200 mm
- Recovery: 2 parasut
- Bahan Tabung: PVC

(sumber: Buku Panduan KOMURINDO 2012 (beta 8 Oktober 2012))

Berdasarkan data perlombaan dan data LAPAN diperoleh informasi sebagai berikut:

- Kecepatan maksimum 132.5 m/s
- Percepatan maksimum 6 g
- Sudut elevasi 75°
- Ketinggian maksimum (saat separasi) 600m
- Jangkauan roket 800 m
- Prediksi jarak jatuh muatan roket 400 m

Gambar kompartemen roket RUM ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kompartemen Roket RUM

Sumber: Buku Panduan KOMURINDO 2012 (beta 8 Oktober 2012)

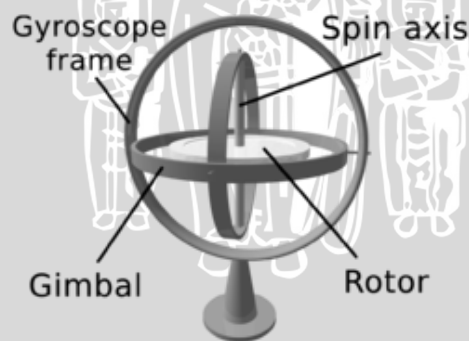
Dalam KOMURINDO, muatan roket dapat memiliki hingga dua macam sensor tambahan selain sensor wajib *accelerometer* jika dibutuhkan. Penelitian ini membahas tentang sebagian *attitude monitoring payload* dengan menambahkan sensor tambahan *gyroscope*. Dengan data *accelerometer* dan *gyroscope* didapatkan posisi dan sudut orientasi muatan roket sehingga dapat menambah nilai dalam perlombaan. Salah satu ukuran penilaian utama dalam lomba adalah keakuratan data *attitude*. Semakin akurat dan semakin lengkap data yang dapat dipantau, maka nilai yang diperoleh dapat semakin tinggi.

2.3 Gyroscope

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), *gyroscope* adalah alat berupa cakram yang sumbunya berputar antara dua penopang dan tetap dalam posisinya apabila tidak ada pengaruh kekuatan luar; alat pengendali roket.

Gyroscope digunakan untuk mengukur orientasi berdasarkan prinsip momentum sudut. *Gyroscope* konvensional adalah *mechanical gyroscope*. *Mechanical gyroscope* terdiri atas sebuah piringan (rotor) yang berputar di sumbu putar. Sumbu putar ini terpasang di suatu kerangka yang disebut *gimbal*. Jumlah *gimbal* menentukan jumlah *axis gyroscope*. *Gyroscope* yang memiliki satu *gimbal* hanya dapat berputar dengan satu poros, *gyroscope* yang memiliki dua *gimbal* dapat berputar dengan dua poros, dan *gyroscope* yang memiliki tiga *gimbal* dapat berputar dengan tiga poros.

3 *axis gyroscope* terdapat *gimbal* dalam yang terpasang di *gimbal* tengah. *Gimbal* tengah terpasang di *gimbal* luar. Dengan tiga *gimbal*, *gyroscope* dapat berputar di tiga sumbu namun rotor akan selalu tetap di posisinya. (sumber:<http://avionika01.wordpress.com/2011/05/29/instrument-dasar-di-pesawat-bagian-2/>). *Three axis mechanical gyroscope* ditunjukkan dalam Gambar 2.5



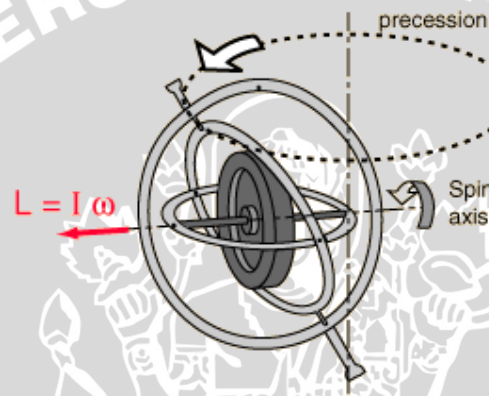
Gambar 2.5 *Three Axis Mechanical Gyroscope*

Sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>

Prinsip rotor gyro adalah kekakuan dalam ruang atau inersia giroskopik. Hukum pertama Newton menyatakan jika gaya total suatu benda sama dengan nol, maka gerak benda tidak akan. $\sum F = 0$ (dalam kesetimbangan). Rotor berputar dalam *gyroscope*

mempertahankan sikap konstan dalam ruang selama tidak ada gaya luar yang mengubah gerakannya. Stabilitas ini meningkat jika rotor memiliki massa yang besar dan kecepatan.

Karakteristik lain *gyroscope* adalah precesi. Precesi adalah gerakan memiringkan atau berputar terhadap sumbu *gyroscope* sebagai akibat gaya yang diterapkan. Ketika sebuah gaya diterapkan di tepi rotor *gyroscope* yang stasioner, maka rotor akan bergerak dalam arah yang sama dengan gaya tersebut. Namun ketika rotor berputar, gaya yang sama mengakibatkan rotor bergerak ke arah yang berbeda seolah-olah gaya diterapkan di titik 90° di sekitar lingkaran dalam arah rotasi. Precesi *gyroscope* ditunjukkan dalam Gambar 2.6



Gambar 2.6 Precesi *Gyroscope*

Sumber: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/gyr.html>

Perilaku *gyroscope* ditunjukkan dalam Persamaan (2.4)

$$\tau = \frac{dL}{dt} = \frac{d(I\omega)}{dt} = I\alpha \quad (2.4)$$

dengan:

τ = torsi

L = momentum sudut

I = momen inersia

ω = kecepatan sudut

α = percepatan sudut

Prinsip inilah yang digunakan dalam sensor *gyroscope*. *Gyroscope* mengukur kecepatan sudut kerangka acuan inersia. Sudut orientasi berupa gerak guling, angguk, dan geleng didapatkan dengan mengintegrasikan kecepatan sudut.

(sumber:http://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_navigation_system)

Gyroscope berbeda dengan *accelerometer* dan kompas. *Accelerometer* mengukur gerakan linier dengan acuan gravitasi. *Accelerometer* dapat memberikan pengukuran sudut kemiringan (*tilt*) akurat ketika suatu sistem dalam keadaan diam (statis). Saat sistem tersebut berotasi atau bergerak, *accelerometer* tidak dapat mengikuti pergerakan yang cepat dikarenakan responnya lambat dan memiliki *noise* (sumber: <http://elektrokontrol.blogspot.com/>), sehingga tidak dapat digunakan untuk pengukuran sudut orientasi dalam KOMURINDO. Sedangkan kompas mengukur gerakan linier dengan acuan medan magnet bumi. Kompas dapat mengukur gerak geleng atau arah mata angin namun tidak dapat mengukur gerak guling dan angguk.

Keluaran *gyroscope* berupa data kecepatan sudut. Kecepatan sudut adalah besaran vektor yang menyatakan frekuensi sudut suatu benda dan sumbu putarnya. Satuan SI untuk kecepatan sudut adalah radian per detik, meskipun dapat diukur pula menurut derajat per detik, rotasi per detik, derajat per jam, dan lain-lain

Data berupa kecepatan sudut kemudian digunakan untuk menghitung besar sudut orientasi. Besarnya sudut orientasi dapat diperoleh Persamaan (2.5)

$$\theta = \theta_0 + \omega t \quad (2.5)$$

dengan

θ = sudut yang terbentuk ($^{\circ}$)

θ_0 = sudut awal yang terbentuk ($^{\circ}$)

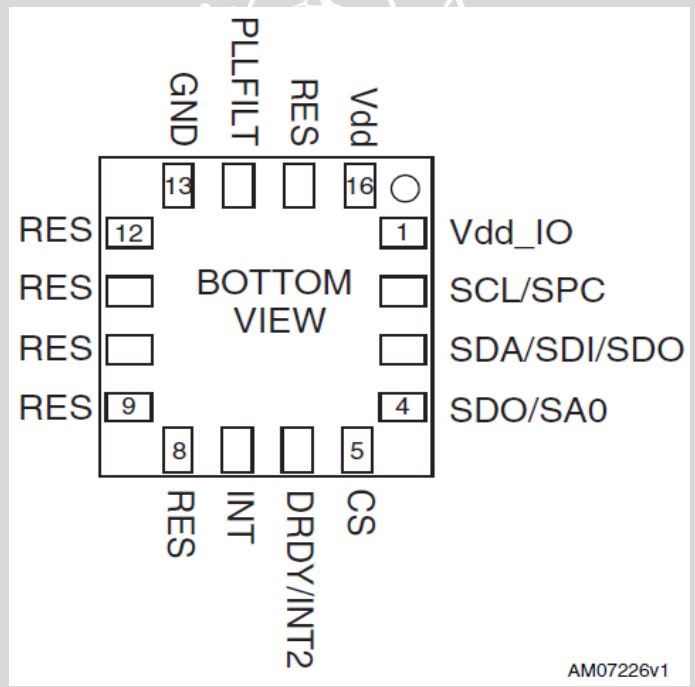
ω = kecepatan sudut ($^{\circ}/s$)

t = waktu tempuh (s)

2.4 Modul Sensor Gyroscope L3G4200D

Modul sensor *gyroscope L3G4200D* dapat digunakan untuk mengukur tiga sumbu yaitu sumbu x, y, dan z. Modul sensor ini mampu bekerja hingga percepatan 10000 kali percepatan gravitasi bumi, dan mampu mengukur kecepatan sudut dalam tiga pilihan skala penuh yaitu 250 dps, 500 dps, 2000 dps, karena itulah modul sensor ini sesuai dengan muatan roket KOMURINDO.

Output modul sensor adalah data kecepatan sudut dalam bentuk digital 16 bit dan data temperatur 8 bit. Tegangan catu yang dibutuhkan antara 2.4 V sampai 3.6 V. Modul sensor L3G4200D memiliki 16 pin yang mempunyai fungsi masing-masing. Konfigurasi pin ditunjukkan dalam Gambar 2.7. Diagram blok modul sensor ditunjukkan dalam Gambar 2.8. Deskripsi pin ditunjukkan dalam Tabel 2.1.



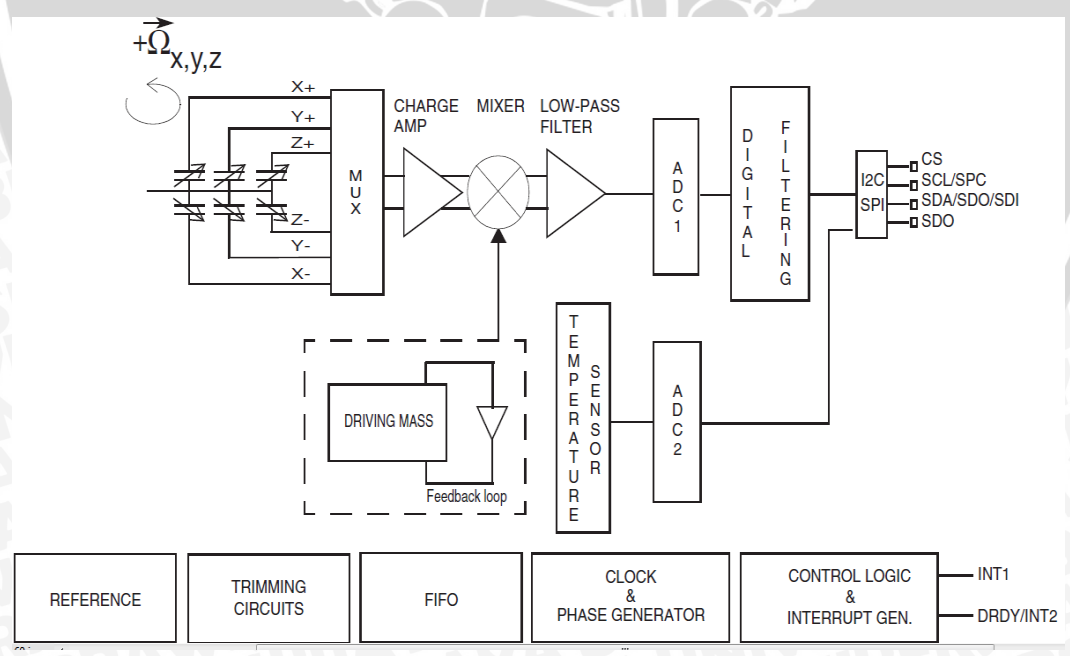
Gambar 2.7 Konfigurasi Pin

Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 7

Tabel 2. 1 Deskripsi Pin

Pin	Pin Name	Function
1	Vdd_IO	Power supply for I/O pins
2	SCL	I ² C serial <i>clock</i> (SCL)
	SPC	SPI serial port <i>clock</i> (SPC)
3	SDA	I ² C serial data (SDA)
	SDI	SPI serial data input (SDI)
	SDO	3-wire interface serial data output
4	SDO	SPI serial data output
	SA0	I ² C least significant bit of the device address (SA0)
5	CS	SPI enable
		I ² C/SPI mode selection (1: I ² C mode; 0:SPI enable)
6	DRDY/INT2	Data ready/FIFO interrupt
7	INT1	Programmable interrupt
8	Reserved	Connect to GND
9	Reserved	Connect to GND
10	Reserved	Connect to GND
11	Reserved	Connect to GND
12	Reserved	Connect to GND
13	GND	0 V supply
14	PLLFILT	Phase-locked loop filter
15	Reserved	Connect to Vdd
16	Vdd	Power supply

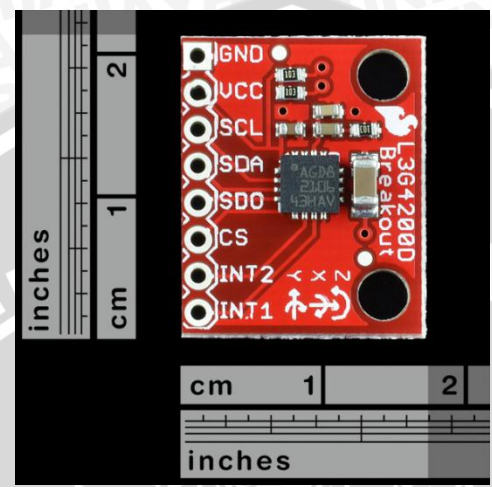
Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 8



Gambar 2.8 Diagram Blok L3G4200D

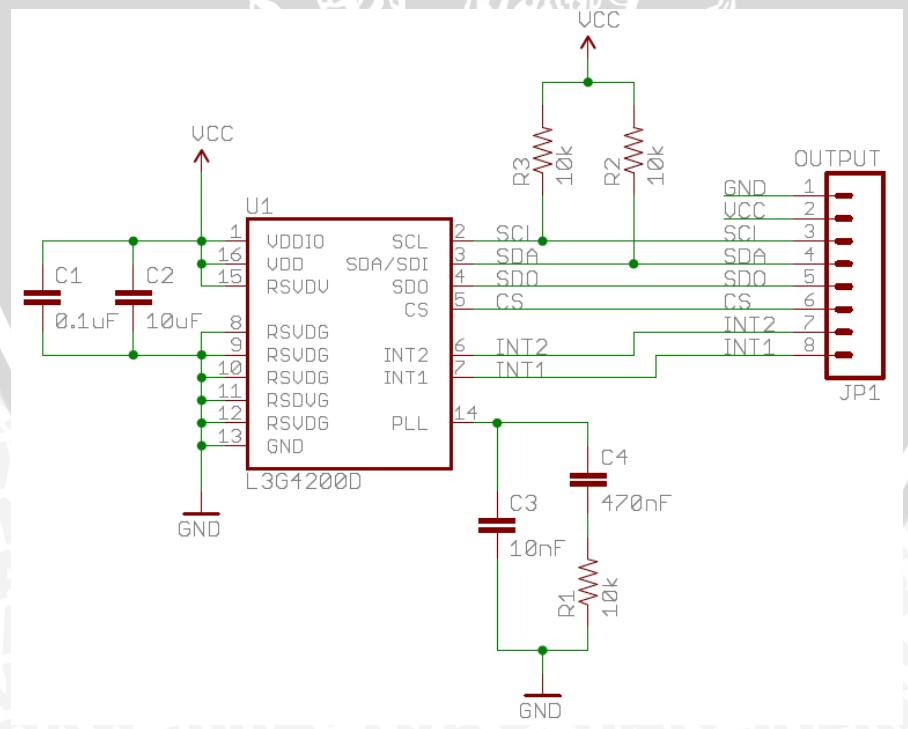
Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 7

Gyroscope yang digunakan adalah modul *gyroscope L3G4200D* buatan ST Microelectronics. Modul ini telah dilengkapi rangkaian LPF dan resistor *pull up*. Dimensi modul sensor *Gyroscope L3G4200D* ditunjukkan dalam Gambar 2.9. *Schematic* Modul sensor *Gyroscope L3G4200D* ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.9 Dimensi Modul Sensor *Gyroscope L3G4200D*

Sumber: Sparkfun.com



Gambar 2.10 *Schematic* Modul Sensor *Gyroscope L3G4200D*

Sumber: Sparkfun.com

2.4.1 I²C

Ada dua macam cara komunikasi data serial yaitu Sinkron dan Asinkron. Dalam komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama sama dengan data serial, tetapi *clock* tersebut dibangkitkan sendiri-sendiri baik di sisi pengirim maupun penerima. Sedangkan di komunikasi serial asinkron tidak diperlukan *clock* karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu yang sama baik di pengirim atau penerima. Salah satu komunikasi serial sinkron adalah I²C. I²C adalah singkatan atas *Inter-Integrated Circuit* sering disebut juga sebagai IIC merupakan bus standar komunikasi yang didesain oleh Philips Semiconductors awal tahun 1980 untuk memudahkan komunikasi antar komponen yang tersebar di papan rangkaian (*circuit board*).

Register-register dalam L3G4200D dapat diakses melalui antarmuka serial I²C dan SPI. Kedua antarmuka serial ini berada dalam satu pin yang sama. Untuk memilih I²C maka pin CS diberi logika tinggi. Deskripsi pin antarmuka serial ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

I²C dalam L3G4200D adalah *bus slave*. I²C bekerja untuk menulis data ke register yang isinya dapat dibaca kembali. Istilah-istilah dalam I²C ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Ada dua sinyal dalam bus I²C yaitu SCL (*Serial Clock Line*) dan SDA (*Serial Data Line*). Sinyal tersebut adalah sinyal dua arah yang digunakan untuk mengirim dan menerima data ke/dari antarmuka. Keduanya harus dihubungkan dengan V_{dd}_IO melewati resistor *pull up*.

Tabel 2.2 Deskripsi Pin Antamuka Serial

Pin name	Pin description
CS	SPI enable I ² C/SPI mode selection (1:SPI iddle mode/SPI communication enable; 0:SPI communication mode/ I ² C disabled)
SCL/SPC	I ² C serial <i>clock</i> (SCL) SPI serial port <i>clock</i> (SPC)
SDA/SDI/SDO	I ² C serial data (SDA) SPI serial data input (SDI) 3-wire interface serial data output (SDO)
SDO	SPI serial data output (SDO) I ² C least significant bit of device address

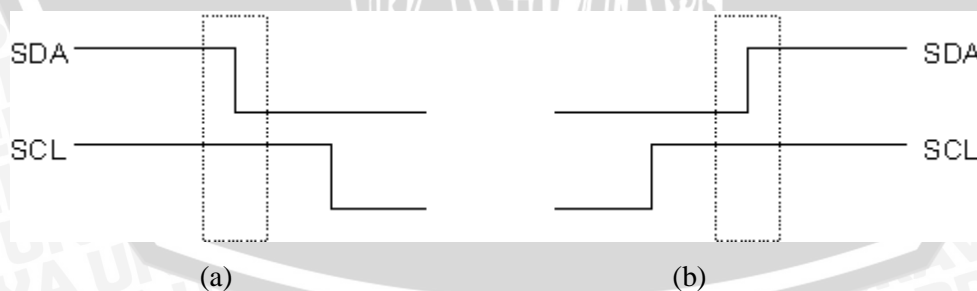
Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 21

Tabel 2.3 Istilah-istilah dalam I²C

Istilah	Deskripsi
Transmitter (Pemancar)	Perangkat yang mengirim data ke bus
Receiver (Penerima)	Perangkat yang menerima data dari bus
Master	Perangkat yang memulai transfer, menghasilkan sinyal <i>clock</i> , dan mengakhiri transfer
Slave	Perangkat yang dialamati oleh <i>master</i>

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 21

Saat keadaan tidak ada komunikasi antara master dan slave/bus bebas, jalur data SDA dan jalur *Clock* SCL berada saat kondisi High. Jika *master* (kontroler) ingin berkomunikasi dengan slave, master akan mengirim sinyal *start* (ST) ke bus I²C, yaitu berupa perubahan keadaan jalur SDA dari High ke Low dengan jalur SCL tetap di kondisi High. Kondisi *start* adalah salah satu dari dua kondisi spesial di bus I²C, kondisi spesial lainnya adalah kondisi *stop*. Kondisi *start* dan *stop sequence* disebut sebagai kondisi spesial karena hanya di kondisi ini jalur data SDA dibolehkan berubah ketika jalur *clock* SCL dalam kondisi High, berbeda dengan kondisi umumnya saat pengiriman data dimana SDA harus tetap stabil dan tidak berubah ketika SCL dalam kondisi High dan perubahan SDA hanya diperbolehkan saat kondisi SCL Low. Kondisi *start* dan *stop* menandai awal dan akhir transaksi data dengan perangkat *slave*. Kondisi spesial ini ditunjukkan dalam Gambar 2.11.

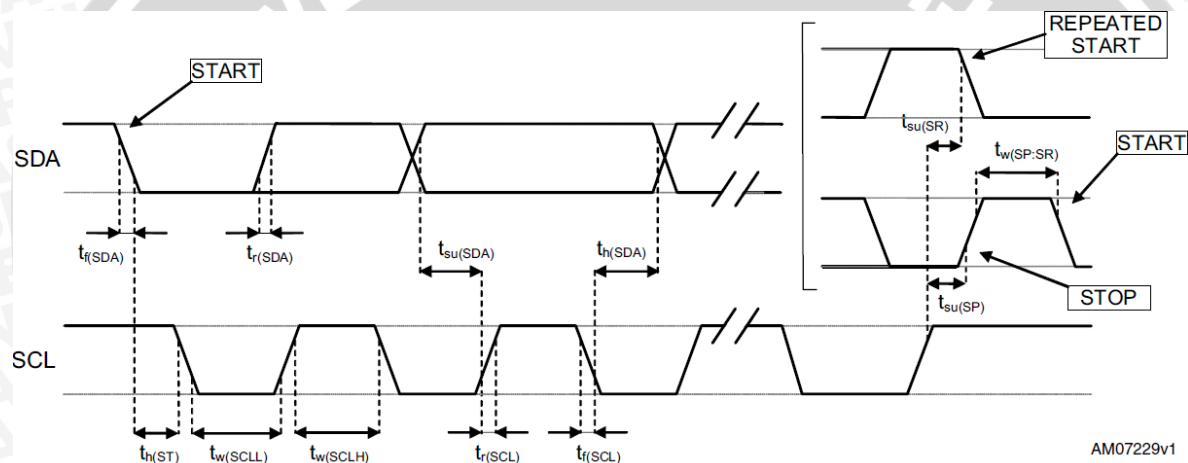


Gambar 2.11 Kondisi Spesial Bus I²C: (A) Kondisi Start, (B) Kondisi Stop

Sumber: <http://fansduino.wordpress.com/2011/06/15/protokol-komunikasi-serial-i2c/>

Alamat *slave* (SAD) L3G4200D adalah 110100xb. Pin SDO digunakan untuk mengubah LSB alamat perangkat. Jika pin SDO dihubungkan ke catu tegangan, LSB adalah 1 (1101001b). Jika pin SDO dihubungkan ke *ground*, LSB adalah 0 (1101000b). Solusi ini digunakan untuk menghubungkan dan mengamati dua *gyroscope* berbeda dalam bus I²C sama.

Data ditransfer dalam urutan 8 bit yang diletakkan di jalur SDA dengan *Most Significant Bit* (MSB) terlebih dahulu. Peletakan setiap bit data berlangsung ketika sinyal SCL dalam kondisi LOW dan data harus valid ketika SCL berubah dari Low ke High karena saat ini data di jalur SDA dibaca oleh penerima. Gambar 2.12 menunjukkan diagram waktu.



Gambar 2.12 Diagram Waktu *Slave* I²C

Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 13

I²C dalam L3G4200D bekerja seperti perangkat *slave*. Ada aturan-aturan tertentu yang harus dipenuhi. Proses transfer data dimulai dengan start bit ketika SDA berubah ke Low saat SCL High, kemudian data bit mulai diletakkan di SDA ketika SCL Low, dan data dibaca oleh penerima saat SCL berubah dari Low ke High, saat ini SDA harus stabil. Ketika proses transfer lengkap, diakhiri dengan stop dengan melepaskan jalur SDA dalam kondisi ter *pull up* (High) dan SCL High.

Dalam transfer data, adanya (SAK) *acknowledge* adalah suatu kewajiban. Untuk setiap transfer 8 bit data, perangkat yang menerima data akan mengirimkan SAK (*acknowledge*) bit, sehingga memerlukan 9 pulsa SCL untuk setiap pengiriman 8 bit data.

Jika perangkat penerima menghasilkan Low SAK bit menandakan data sudah diterima dan siap menerima data selanjutnya, tapi jika penerima menghasilkan High ACK bit menandakan perangkat penerima tidak bisa lagi menerima data dan pengiriman harus dihentikan dengan mengirimkan kondisi stop. Dalam sub-alamat yang dikirimkan 7 LSB mewakili alamat register yang sebenarnya sedangkan MSB memungkinkan kenaikan alamat secara otomatis. Ketika MSb SUB adalah 1, SUB (alamat register) bertambah secara otomatis untuk memungkinkan beberapa data ditulis atau dibaca.

Alamat *slave* dilengkapi sebuah bit baca atau tulis. Jika bit adalah '1' (baca), kondisi SR (REPEATED START) harus dikeluarkan setelah dua byte sub-alamat. Jika bit adalah '0' (tulis) *master* mentransmisikan ke *slave* dengan arah yang tidak berubah. Susunan pola SAD+baca/tulis, dengan semua konfigurasi yang mungkin ditunjukkan dalam Tabel 2.4. Transfer ketika *master* sedang menulis satu byte ke *slave* ditunjukkan dalam Tabel 2.5. Transfer ketika *master* sedang menulis beberapa byte ke *slave* ditunjukkan dalam Tabel 2.6. Transfer ketika *master* sedang membaca satu byte ke *slave* ditunjukkan dalam Tabel 2.7. Transfer ketika *master* sedang membaca beberapa byte ke *slave* ditunjukkan dalam Tabel 2.8

Tabel 2.4 SAD + Pola Baca/tulis

Command	SAD[6:1]	SAD[0]=SDO	R/W	SAD+R/W
Read	110100	0	1	11010001 (D1h)
Write	110100	0	0	11010000 (D0h)
Read	110100	1	1	11010011 (D3h)
Write	110100	1	0	11010010 (D2h)

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 22

Tabel 2.5 Transfer ketika *Master* sedang Menulis Satu Byte ke *Slave*

<i>Master</i>	ST	SAD+W		SUB		DATA		SP
<i>Slave</i>			SAK		SAK		SAK	

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 22

Tabel 2.6 Transfer ketika *Master* sedang Menulis Beberapa Byte ke *Slave*

<i>Master</i>	ST	SAD+W		SUB		DATA		DATA		SP
<i>Slave</i>			SAK		SAK		SAK		SAK	

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 23

Tabel 2.7 Transfer ketika *Master* sedang Membaca Satu Byte dari *Slave*

<i>Master</i>	ST	SAD+W		SUB		SR	SAD+R			NMAK	SP
<i>Slave</i>			SAK		SAK			SAK	DATA		

Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 23

Tabel 2.8 Transfer ketika *Master* sedang Membaca Beberapa Byte dari *Slave*

<i>Master</i>	ST	SAD+W		SUB		SR	SAD+R			MAK		MAK		NMAK	SP
<i>Slave</i>			SAK		SAK			SAK	DATA		DATA		DATA		

Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 23

Dalam membaca beberapa bit penting untuk menegaskan MSB sub-alamat. Dengan kata lain, SUB(7) harus sama dengan 1, sedangkan SUB(6-0) merupakan alamat register pertama yang dibaca, Dalam format komunikasi, MAK adalah kependekan *Master Acknowledge*, NMAK adalah kependekan *No Master Acknowledge*.

2.4.2 Register

Modul sensor L3G4200D menyediakan 28 register. Register-register tersebut berisi informasi antara lain: mode, skala penuh, *interrupt*, digital filter dan lain-lain yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Tabel 2.9 menunjukkan *register adres map*

Tabel 2.9 Register Address Map

Nama	Tipe	Alamat register (Hex)
Reserved	-	00-0E
WHO_AM_I	Baca	0F
Reserved	-	10-1F
CTRL_REG1	Baca tulis	20
CTRL_REG2	Baca tulis	21
CTRL_REG3	Baca tulis	22
CTRL_REG4	Baca tulis	23
CTRL_REG5	Baca tulis	24
REFERENCE	Baca tulis	25
OUT_TEMP	Baca	26
STATUS_REG	Baca	27
OUT_X_L	Baca	28
OUT_X_H	Baca	29
OUT_Y_L	Baca	2A
OUT_Y_H	Baca	2B
OUT_Z_L	Baca	2C
OUT_Z_H	Baca	2D
FIFO_CTRL_REG	Baca tulis	2E
FIFO_SRC_REG	Baca	2F
INT1_CFG	Baca tulis	30
INT1_ARC	Baca	31
INT1_TSH_XH	Baca tulis	32
INT1_TSH_XL	Baca tulis	33
INT1_TSH_YH	Baca tulis	34
INT1_TSH_YL	Baca tulis	35
INT1_TSH_ZH	Baca tulis	36
INT1_TSH_ZL	Baca tulis	37
INT1_DURATION	Baca tulis	38

Sumber: Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 27

Ada tiga macam mode yang dapat digunakan yaitu mode *power down*, mode *sleep*, dan mode normal. Ketika dalam mode *power down*, hampir seluruh blok internal dalam kondisi *off* untuk mengurangi konsumsi arus namun pada mode ini antarmuka digital yakni SPI dan I²C tetap aktif dan dapat berkomunikasi dengan alat. Ketika dalam mode *sleep*, *driving circuitry* membuat massa yang bergerak di *gyroscope* terjaga agar tetap aktif. Dalam mode normal, data dihasilkan ODR (*output data rate*). Modul sensor ini juga menyediakan tiga pilihan skala penuh yaitu skala yaitu 250, 500, 2000 dps. Digital filter yang disediakan adalah LPF (*Low Pass Filter*) dan HPF (*High Pass Filter*).

Register-register tersebut dapat diakses melalui antarmuka serial I²C dan SPI. Kedua antarmuka serial ini berada dalam satu pin yang sama. Dalam perancangan ini diinginkan menggunakan antarmuka I²C. Untuk memilih antarmuka I²C, pin CS diberi logika tinggi. Untuk menulis atau membaca satu *byte* data ke/dari modul sensor harus memprogram mikrokontroler sesuai dengan aturan I²C yang ditunjukkan dalam Tabel 2.5 dan Tabel 2.7.

Dalam perancangan tidak memerlukan *interrupt* sehingga hanya beberapa register yang diset. Beberapa register yang akan diset sebagai berikut:

1) WHO_AM_I

Register ini hanya dapat dibaca. Alamat *slave* (SAD) L3G4200D adalah 110100xb. Pin SDO digunakan untuk mengubah LSB alamat perangkat.

2) CTRL_REG1

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register CTRL_1 ditunjukkan dalam Tabel 2.10. Deskripsi CTRL_1 ditunjukkan dalam Tabel 2.11. Pengaturan konfigurasi DR dan BW ditunjukkan dalam Tabel 2.12.

Tabel 2.10 Register CTRL_1

DR1	DR0	BW1	BW0	PD	Zen	Yen	Xen
-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 29

Tabel 2.11 Deskripsi CTRL_REG1

DR1-DR0	Output Data Rate Selection. (lihat Tabel 12)
BW1-BW0	Bandwith Selection (lihat Tabel 12)
PD	Power down mode enable. Default value: 0. (0:power down mode; 1: normal mode or sleep mode)
Zen	Z axis enable. Default value: 1 (0: Z axis disabled; 1: Z axis enabled)
Yen	Y axis enable. Default value: 1 (0: Y axis disabled; 1: Y axis enabled)
Xen	X axis enable. Default value: 1 (0: X axis disabled; 1: X axis enabled)

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 29

Tabel 2.12 Pengaturan Konfigurasi DR Dan BW

DR<1:0>	BW<1:0>	ODR	Cut-off
00	00	100	12.5
00	01	100	25
00	10	100	25
00	11	100	25
01	00	200	12.5
01	01	200	25
01	10	200	50
01	11	200	70
10	00	400	20
10	01	400	25
10	10	400	50
10	11	400	110
11	00	800	30
11	01	800	35
11	10	800	50
11	11	800	100

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 29

3) CTRL_REG2

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register CTRL_2 ditunjukkan dalam Tabel 2.13. Mode konfigurasi HPF ditunjukkan dalam Tabel 2.14. Konfigurasi frekuensi *cut-off* HPF ditunjukkan dalam Tabel 2.15.

Tabel 2.13 Register CTRL_2

0	0	HPM1	HPM0	HPCF3	HPCF2	HPCF1	HPCF0
---	---	------	------	-------	-------	-------	-------

Sumber : Datasheet STMicroelectronics, 2010 : 30

Tabel 2.14 Mode Konfigurasi HPF

HPM1	HPM0	High Pass Filter Mode
0	0	Normal mode (reset reading HP_RESET_FILTER)
0	1	Reference signal for filtering
1	0	Normal mode
1	1	Autoreset mode

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 31

Tabel 2.15 Konfigurasi Frekuensi *Cut-Off* HPF

HPCF3	ODR=100Hz	ODR=200Hz	ODR=400Hz	ODR=800Hz
0000	8	15	30	56
0001	4	8	15	30
0010	2	4	8	15
0011	1	2	4	8
0100	0.5	1	2	4
0101	0.2	0.5	1	2
0110	0.1	0.2	0.5	1
0111	0.05	0.1	0.2	0.5
1000	0.02	0.05	0.1	0.2
1001	0.01	0.02	0.05	0.1

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 31

4) CTRL_REG3

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register CTRL_3 ditunjukkan dalam Tabel 2.16.

Deskripsi CTRL_3 ditunjukkan dalam Tabel 2.17.

Tabel 2.16 Register CTRL_REG3

I1_Int1	I1_Boot	H_Lactive	PP_OD	I2_DDRY	I2_WTM	I2_ORun	I2_Empty
---------	---------	-----------	-------	---------	--------	---------	----------

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 31

Tabel 2.17 Deskripsi CTRL_3

Bit Name	Description
I1_Int1	Interrupt enable on INT1 pin. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)
I1_Boot	Boot status enable on INT1. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)
H_Lactive	Interrupt active configuration on INT1. Default value:0. (0:High; 1:Low)
PP_OD	Push-Pull / Open drain. Default value:0. (0:Push-Pull; 1:Open drain)
I2_DDRY	Data Ready on DDRY/INT2. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)
I2_WTM	FIFO Watermark interrupt on DDRY/INT2. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)
I2_Orun	FIFO Overrun interrupt on DDRY/INT2. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)
I2_Empty	FIFO Empty interrupt on DDRY/INT2. Default value:0. (0:Disable; 1:Enable)

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 31

5) CTRL_REG4

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register CTRL_4 ditunjukkan dalam Tabel 2.18. Deskripsi CTRL_4 ditunjukkan dalam Tabel 2.19. Konfigurasi mode *self test* ditunjukkan dalam Tabel 2.20.

Tabel 2.18 Register CTRL_4

BDU	BLE	FS1	FS0	-	ST1	ST0	SIM
-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 32

Tabel 2.19 Deskripsi CTRL_REG4

Bit Name	Description
BDU	Block Data Update. Default value:0. (0:continuous update; 1:output registers not update until MSB and LSB reading)
BLE	Big/Little Endian Data Selection. Default value:0 (0:Data LSB @ lower address; 1: Data MSB @lower address)
FS1-FS0	Full scale Selection. Default value:0 00 (00:250 dps; 01:500 dps; 10:2000 dps; 11:2000dps)
ST1-ST0	Self Test Enable. Default value:0 00. (00:Self Test Disabled; Other: (lihat Tabel 20)
SIM	SPI Serial Interface Mode Selection. Default value:0 (0:4-wire interface; 1:3-wire interface)

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 32

Tabel 2.20 Konfigurasi Mode *Self Test*

ST1	ST0	Self test mode
0	0	Normal mode
0	1	Self test 0(+)
1	0	-
1	1	Self test 1(-)

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 32

6) CTRL_REG5

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register CTRL_5 ditunjukkan dalam Tabel 2.21. Deskripsi CTRL_5 ditunjukkan dalam Tabel 2.22. Pengaturan konfigurasi Out_Sel ditunjukkan dalam Tabel 2.23. Pengaturan konfigurasi INT_Sel ditunjukkan dalam Tabel 2.24.

Tabel 2.21 Register CTRL_REG5

BOOT	FIFO_EN	-	HPen	INT1_Sel1	INT1_Sel0	Out_Sel1	Out_Sel0
------	---------	---	------	-----------	-----------	----------	----------

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 32

Tabel 2.22 Deskripsi CTRL_REG5

Bit Name	Description
BOOT	Reboot memory content. Default value:0 (0: normal mode; 1: reboot memory content)
FIFO_EN	FIFO Enable. Default value:0 (0: FIFO disabled; 1: FIFO enabled)
Hpen	High Pass Filter Enable. Default value:0 (0: HPF disabled; 1: HPF enabled)
INT1_Sel1-INT_Sel0	INT1 selection configuration. Default value:0 (lihat Tabel 23)
Out_Sel1-Out_Sel0	Out selection configuration. Default value:0 (lihat Tabel 24)

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 32

Tabel 2.23 Pengaturan Konfigurasi Out_sel

Hpen	OUT_SEL1	OUT_SEL0	Description
X	0	0	Data in DataReg and FIFO are non-high-pass-filtered
X	0	1	Data in DataReg and FIFO are high-pass-filtered
0	1	X	Data in DataReg and FIFO are low-pass-filtered by LPF2
1	1	X	Data in DataReg and FIFO are high and low-pass filtered by LPF2

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 33

Tabel 2.24 Pengaturan Konfigurasi Int_Sel

Hpen	INT_SEL1	INT_SEL0	Description
X	0	0	Non-high-pass-filtered data are used for interrupt generation
X	0	1	High-pass-filtered data are used for interrupt generation
0	1	X	Low-pass-filtered data are used for interrupt generation
1	1	X	High-pass and low-pass filtered data are used for interrupt generation

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 33

7) STATUS_REG

Register ini dapat dibaca dan ditulis. Register STATUS_REG ditunjukkan dalam Tabel 2.25. Deskripsi STATUS_REG ditunjukkan dalam Tabel 2.26.

Tabel 2.25 Register STATUS_REG

ZYXOR	ZOR	YOR	XOR	ZYXDA	ZDA	YDA	XDA
-------	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 34

Tabel 2.26 Deskripsi STATUS_REG

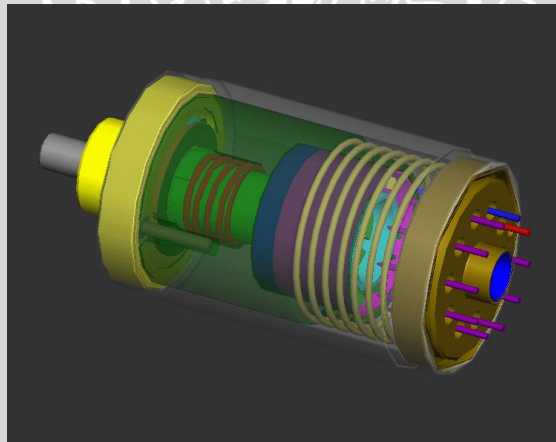
Bit Name	Description
ZYZOR	X, Y, Z-axis data overrun. Default value:0 (0: no overrun has occurred; 1: new data has overwritten the previous one before it was read)
ZOR	Z-axis data overrun. Default value:0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for Z-axis has overwritten the previous one)
YOR	Y-axis data overrun. Default value:0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for Y-axis has overwritten the previous one)
XOR	X-axis data overrun. Default value:0 (0: no overrun has occurred; 1: new data for X-axis has overwritten the previous one)
ZYXDA	X, Y, Z-axis new data available. Default value:0 (0: a new set of data is not yet available; 1: a new set of data is available)
ZDA	Z-axis new data available. Default value:0 (0: a new set of data for Z-axis is not yet available; 1: a new data for the Z-axis is available)
YDA	Y-axis new data available. Default value:0 (0: a new set of data for Y-axis is not yet available; 1: a new data for the Y-axis is available)
XDA	X-axis new data available. Default value:0 (0: a new set of data for X-axis is not yet available; 1: a new data for the X-axis is available)

Sumber : STMicroelectronics, 2010 : 34

2.5 Accelerometer

Dalam dunia penerbangan seperti roket, sensor *gyroscope* digunakan bersama-sama dengan *accelerometer*. *Accelerometer* adalah sebuah perangkat untuk mengukur percepatan. Percepatan ini digunakan untuk menentukan kecepatan dan jarak tempuh. Tanpa *accelerometer*, sistem hanya mampu mendeteksi sudut orientasi tanpa mampu mendeteksi adanya pegeseran jarak sehingga tidak dapat mencapai tempat tujuan.

Sebagai contoh, sebuah *accelerometer* roket yang mengalami percepatan di suatu ruang akan mengukur laju perubahan kecepatan roket relatif terhadap setiap kerangka acuan inersia. Percepatan yang diukur *accelerometer* tidak selalu percepatan koordinat (laju perubahan kecepatan) melainkan juga percepatan yang terkait dengan fenomena berat yang dialami oleh massa uji saat diam dalam kerangka acuan perangkat *accelerometer*. Sebuah *accelerometer* yang diletakkan di permukaan bumi mendeteksi percepatan sebesar $1g$ (ukuran gravitasi bumi) di titik vertikalnya, karena massa di bumi memiliki berat $W = mg$. Sebaliknya, *accelerometer* yang bergerak jatuh bebas ke arah pusat bumi akan mengukur nilai nol meskipun kecepatan yang semakin bertambah, hal ini dikarenakan jika obyek berada di kerangka acuan, maka dianggap tidak memiliki massa. Untuk percepatan yang dikarenakan oleh pergerakan horizontal, percepatan diukur secara langsung. (sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>). Desain sebuah *accelerometer* ditunjukkan dalam Gambar 2.13



Gambar 2.13 Desain sebuah *accelerometer*
sumber: <http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>

2.6 Mikrokontroler ATmega8

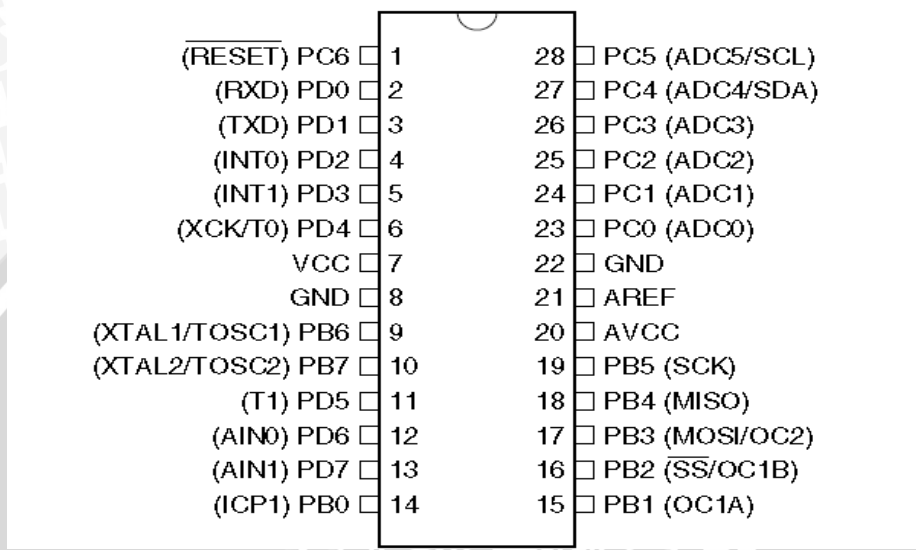
Mikrokontroler ATmega8 memiliki kapasitas 8 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 512 byte SRAM, 23 pin I/O yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah *timer/counter* 8 bit dan satu buah *timer/counter* 16 bit, mempunyai 8 bit 10 channel ADC, mempunyai *watchdog timer*.

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler ATmega8 mempunyai fungsi tersendiri. Mikrokontroler ATmega8 mempunyai 28 pin, susunan masing-masing pin ditunjukkan dalam Gambar 2.14.

Fungsi kaki-kaki ATmega8 adalah :

- *Port B* (Pin B0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* diantaranya adalah : *Port B0* (ICP (*Timer/counter input capture pin*)), *Port B1* (OC1A (*Timer/counter 1 output compare A match output*)), *Port B2* (OC1B (*Timer/counter 1 output compare B match output*))&(SS (*SPI slave select input*)), *Port B3* (OC2 (*timer/counter 2 compare match output*))& (MOSI (*SPI bus master output/slave input*)), *Port B4* (MISO (*SPI bus master input/slave output*)), (SS (*SPI slave select input*)) , *Port B5* (SCK (*SPI bus serialclock*)), *Port B6* (XTAL1), *Port B7* (XTAL2).
- *Port C* (Pin C0..6), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port C* adalah sebagai ADC (*input ADC channel 0..5*). Fungsi khusus lain *Port C* diantaranya adalah: *Port C5* (SCL (*Two-Wire serial bus clock line*)), *Port C4* (SDA (*Two-Wire serial bus data input/output line*)), *Port C6* (RESET pin).
- *Port D* (Pin D0..7), merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port D* diantaranya adalah: *Port D0* (RXD (*USART input pin*)), *Port D1* (TXD (*USART output pin*)), *Port D2* (INT0 (*Eksternal interrupt 0 input*)), *Port D3* (INT1 (*Eksternal interrupt 1 input*)), *Port D4* (XCK (*USART eksternal clock input/output*)), *Port D5* (T1 (*timer/counter eksternal counter input*)), *Port D6* (AIN0 (*Analog comparator negative input*)), *Port D7* (AIN1 (*Analog comparator negative input*)).
- Pin 7 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.

- Pin 8 GND, merupakan *ground* seluruh rangkaian.
- Pin 21 AREF, merupakan pin analog referensi untuk masukan ADC.
- Pin 22 GND, merupakan ground ADC.
- Pin 20 AVCC, merupakan catu daya untuk perangkat ADC



Gambar 2.14 Konfigurasi Pin ATmega8

Sumber : Datasheet ATMEL, 2003 : 2

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode penyelesaian masalah diperlukan untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

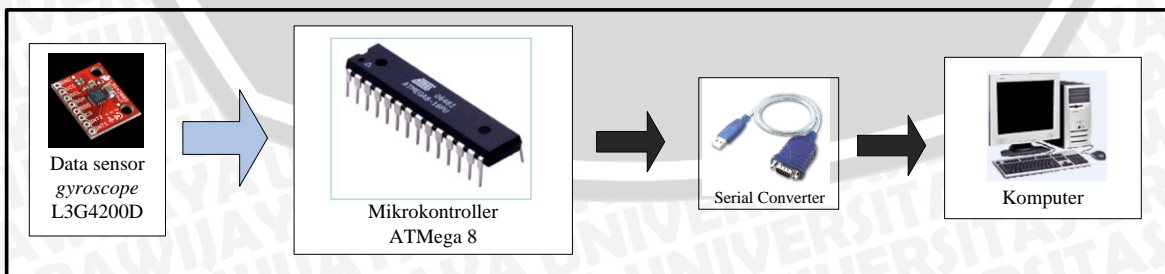
Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Alat mampu mengukur kecepatan sudut 250 dps
- 2) Alat mampu bekerja di percepatan 6g.
- 3) Menggunakan modul sensor *gyroscope* L3G4200D untuk menghasilkan data kecepatan sudut.
- 4) Resolusi sensor 8.75 mdps
- 5) Catu daya baterai 9V, 300 mAh.
- 6) Muatan roket berbentuk tabung dengan diameter 10 cm dan panjang 15 cm.
- 7) Berat muatan roket 0.5 kg
- 8) Sesuai dengan pemancar RF YS1020.
- 9) Sesuai dengan *accelerometer* MMA7260

3.2 Perancangan dan Perealisasian Alat

Dalam perancangan dan perealisasian alat membahas tentang diagram blok, perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak.

3.2.1 Diagram Blok



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1 menjelaskan diagram blok sistem. Output modul sensor *gyroscope* L3G4200D berupa data digital 16 bit. Data ini kemudian diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler diprogram untuk dapat mengumpulkan data modul sensor *gyroscope* L3G4200D, proses kalibrasi, dan mengolah data agar. Kemudian data berupa sudut orientasi dikirimkan ke komputer melalui serial converter

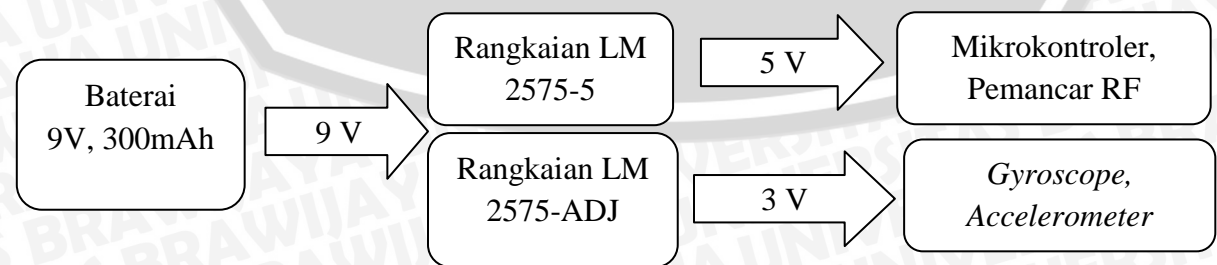
3.2.2 Perencanaan Perangkat Keras

Perencanaan perangkat keras meliputi meliputi perencanaan rangkaian catu daya, rangkaian sistem elektronik keseluruhan dan kerangka muatan roket.

3.2.2.1 Rangkaian Catu Daya

Dalam perencanaan catu daya dirancang berdasarkan hasil perhitungan daya beban. Beban-beban tersebut adalah mikrokontroler, modul sensor *gyroscope* L3G4200D, sensor *accelerometer*.

- Arus untuk mencatu mikrokontroler sebesar 15 mA. Daya yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar $5\text{ V} \times 15\text{ mA} = 75\text{ mW}$.
- Arus yang dibutuhkan oleh pemancar RF YS1020 sebesar 55 mA. Daya yang dibutuhkan pemancar RF YS1020 sebesar $5\text{ V} \times 55\text{ mA} = 275\text{ mW}$.
- Arus untuk mencatu *gyroscope* L3G4200D sebesar 6.1 mA. Daya yang dibutuhkan *gyroscope* L3G4200D sebesar $3.3\text{ V} \times 6.1\text{ mA} = 20.13\text{ mW}$.
- Arus untuk mencatu sensor *accelerometer* MMA 7260 sebesar 500 μA . Daya yang dibutuhkan sensor *accelerometer* MMA 7260 sebesar $3.075\text{ V} \times 500\ \mu\text{A} = 1.53\text{ mW}$.
- Daya untuk mencatu led sebesar $2.2\text{ V} (20\text{ mA} + 15\text{ mA}) = 77\text{ mW}$



Gambar 3.2 Diagram Blok Catu Daya

Rangkaian catu daya yang digunakan adalah dua buah rangkaian catu daya *switching* menggunakan LM2575. Diagram blok rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 3.2

Berdasarkan perhitungan daya beban baterai dengan spesifikasi 9 V, 300 mAh cukup untuk mencatu seluruh beban. Dengan total arus 111.6 mA \approx 150 mA, baterai mampu bertahan selama kurang lebih dua jam.

Dioda D1 berfungsi sebagai pengaman rangkaian jika terjadi pemasangan polaritas catu terbalik. Tegangan di titik A ditunjukkan dalam Persamaan (3.1)

$$V_A = 9 - V_{D1} \quad (3.1)$$

$$V_{D1} = 0.7 \text{ volt}$$

$$V_A = 9 - 0.7$$

$$V_A = 8,3 \text{ volt}$$

Input minimal regulator LM2575 adalah 8 V, sehingga tegangan sebesar 8.3 V memenuhi.

LED1 adalah led berwarna hijau yang digunakan sebagai lampu indikator keluaran LM2575-5. Berdasarkan datasheet diketahui

$$V_{fLED1} = 2,2 \text{ volt}$$

$$I_{fmax LED1} = 30 \text{ mA}$$

$$I_{fnom LED1} = 20 \text{ mA}$$

Sehingga diperlukan resistor R3 untuk membatasi arus yang ditunjukkan dalam Persamaan

(3.2)

$$V_B = 5 \text{ volt}$$

$$R = \frac{V_B - V_{fLED}}{I_{fLED}} \quad (3.2)$$

$$R_3 = \frac{5 - 2.2 \text{ V}}{0.02 \text{ A}} = 140 \Omega$$

LED2 adalah led berwarna merah yang digunakan sebagai lampu indikator di keluaran LM2675 ADJ. Berdasarkan datasheet diketahui

$$V_{fLED2} = 2,2 \text{ volt}$$

$$I_{fmax LED2} = 25 \text{ mA}$$

$$I_{f\text{ nom }LED2} = 15 \text{ mA}$$

Sehingga diperlukan resistor R4 untuk membatasi arus yang ditunjukkan dalam Persamaan

(3.2)

$$V_B = 3 \text{ volt}$$

$$R_4 = \frac{3-2.2V}{0.015 A} = 53.3 \Omega$$

3.2.2.2 Modul Sensor Gyroscope

Dalam perancangan diinginkan:

- 1) Alamat modul sensor *gyroscope* L3G4200D 11010001 untuk proses baca dan 11010000 untuk proses tulis.
- 2) Modul sensor bekerja mode normal.
- 3) Modul sensor mampu mengukur kecepatan sudut sumbu x, y, dan z.
- 4) Frekuensi output 100 Hz dengan *cut off* LPF1 12.5 Hz.
- 5) Mode konfigurasi HPF adalah mode normal dengan *cut off* LPF1 8 Hz.
- 6) Tidak menggunakan *interrupt*.
- 7) Output register tidak diubah sampai MSB dan LSB terbaca.
- 8) Data LSB di alamat yang lebih kecil.
- 9) Skala penuh sebesar 250 dps.

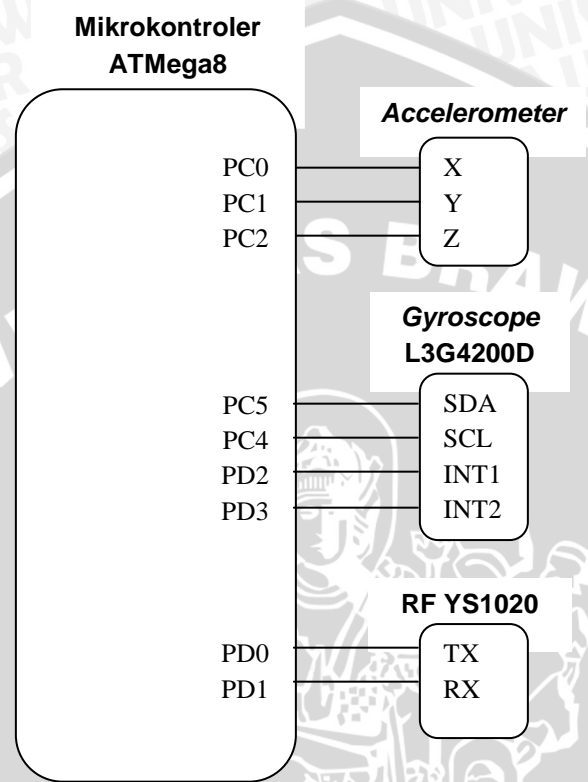
Sehingga register-register *gyroscope* L3G4200D diatur sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengaturan Register Gyroscope

Nama Register	Nilai
WHO_AM_I	11010001
CTRL_REG1	00001111
CTRL_REG2	00100000
CTRL_REG3	00000000
CTRL_REG4	10000000
CTRL_REG5	00100000
STATUS_REG	10001000

3.2.2.3 Rangkaian Mikrokontroler

Perencanaan pin-pin mikrokontroler ATmega8 dijelaskan dalam diagram blok rangkaian mikrokontroler yang ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Blok Rangkaian Mikrokontroler

Reset yang digunakan adalah *power on reset* yang bekerja ketika tegangan catu di bawah *power on reset threshold* (V_{pot}) yang memiliki tegangan tipikal sebesar 1.4 V.

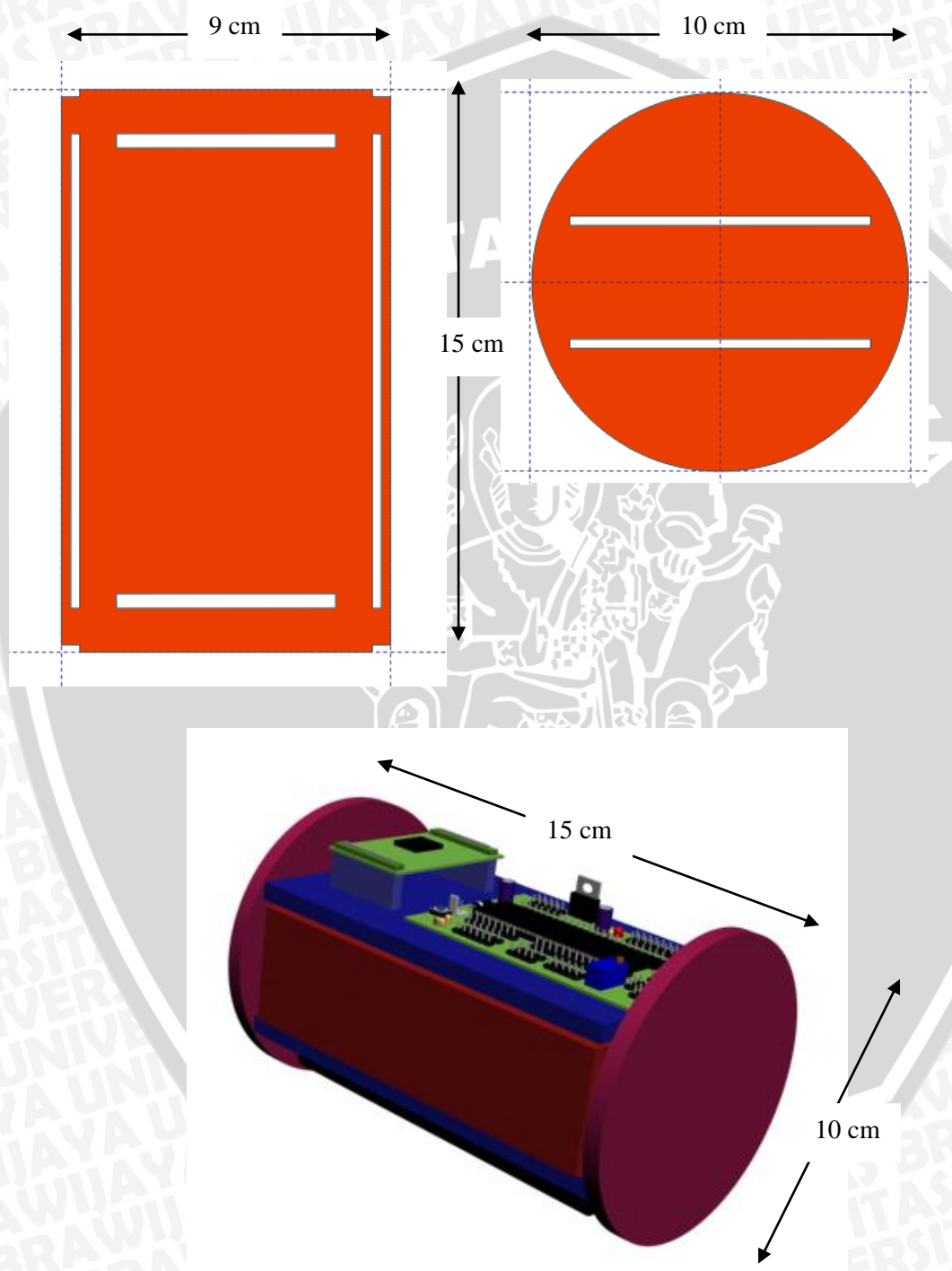
Clock yang digunakan adalah *clock* eksternal mikrokontroler ATmega 8 sebesar 16 MHz sehingga mengatur *fuse bit* seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.2

Tabel 3.2 Pengaturan Fuse Bit

No	Fuse bit	Nilai
1	CKSEL 3..0	1111
2	CKOPT	0
3	SUT 1..0	10

3.2.2.4 Perencanaan Kerangka Muatan Raket

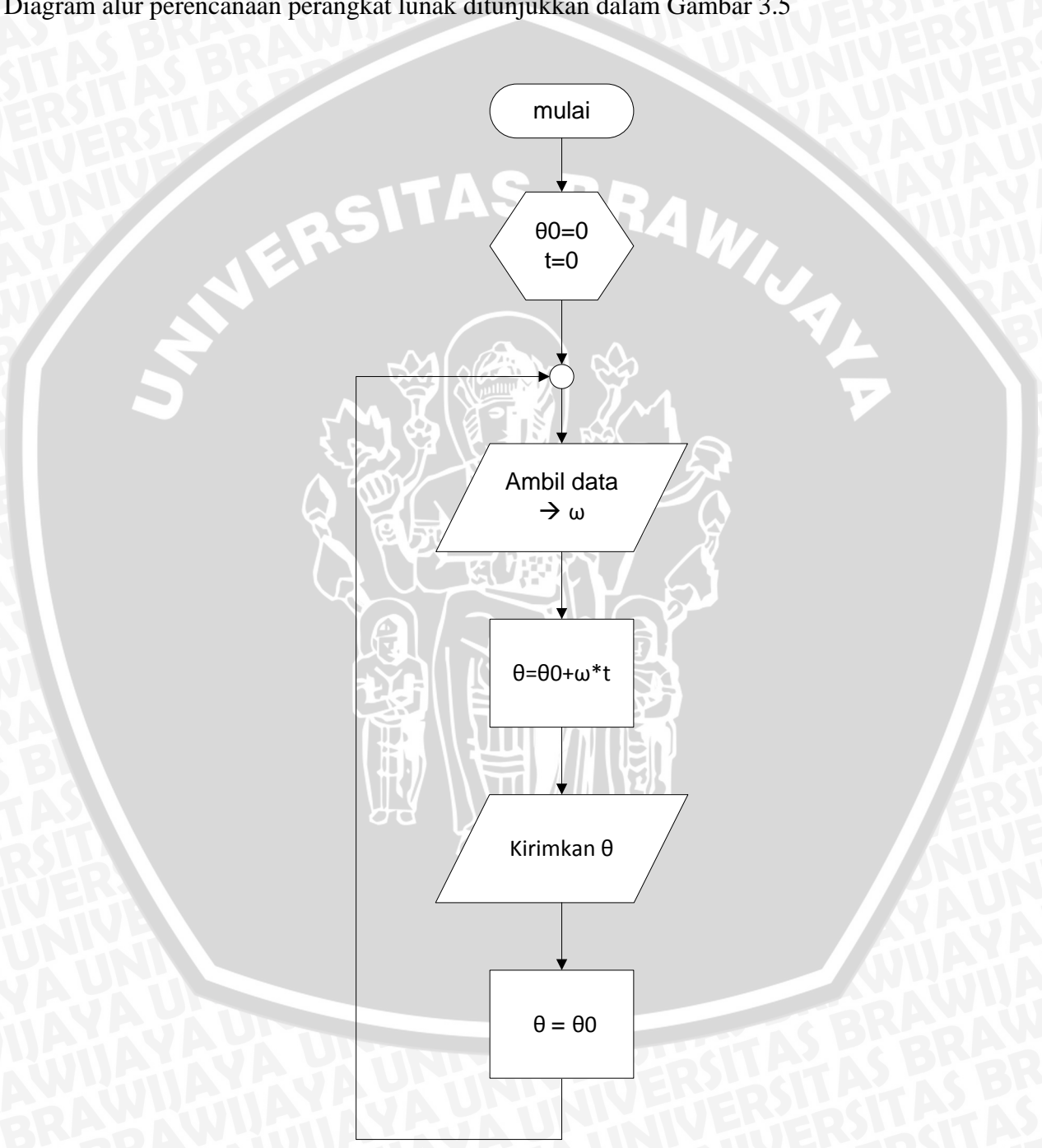
Bentuk kerangka muatan roket dirancang memiliki diameter 10 cm dan tinggi 15 cm. Bentuk kerangka muatan roket ditunjukkan dalam Gambar 3.4



Gambar 3.4 Bentuk Kerangka Muatan Raket

3.2.3 Perencanaan Perangkat Lunak

Data yang dikirimkan modul sensor *gyroscope* L3G4200D menggunakan I2C melalui serial konverter adalah data berupa kecepatan sudut, untuk merubahnya menjadi data sudut orientasi dengan menggunakan persamaan ditunjukkan dalam Persamaan (2.5). Diagram alur perencanaan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 3.5



Gambar 3.5 Diagram Alur Perencanaan Perangkat Lunak

3.3 Pengujian Alat

3.3.1 Pengujian Tiap Blok

3.3.1.1 Pengujian Modul Sensor Gyroscope L3G4200D

Tujuan pengujian modul sensor *gyroscope* adalah untuk mengetahui apakah modul sensor *gyroscope* L3G4200D dapat berfungsi dengan baik mendeteksi perubahan kecepatan sudut. Mikrokontroler yang digunakan hanya diprogram untuk membaca data mentah modul sensor. Pengujian ini dilakukan dengan memutar modul sensor L3G4200D, kemudian mengamati perubahan data mentah yang dikirimkan modul sensor ke komputer. Untuk menampilkan data di komputer menggunakan mikrokontroler ATmega8 dan RS232.

3.3.1.2 Pengujian Catu Daya

Pengujian catu daya dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran, arus keluaran, tegangan masukan dan arus masukan catu daya menggunakan multimeter saat berbeban dan tanpa beban. Kemudian menghitung efisiensi catu daya.

3.3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Tujuan pengujian ini adalah untuk menganalisa kemampuan sistem dalam mengukur sudut orientasi. Mikrokontroler diprogram untuk membaca data mentah modul sensor dan mengolahnnya untuk menghasilkan data sudut orientasi. Pengujian ini dilakukan dengan memutar modul sensor L3G4200D, kemudian mengamati sudut orientasi yang ditampilkan di CVAVR. Untuk menampilkan data di komputer menggunakan mikrokontroler ATmega8 dan RS232.

BAB IV

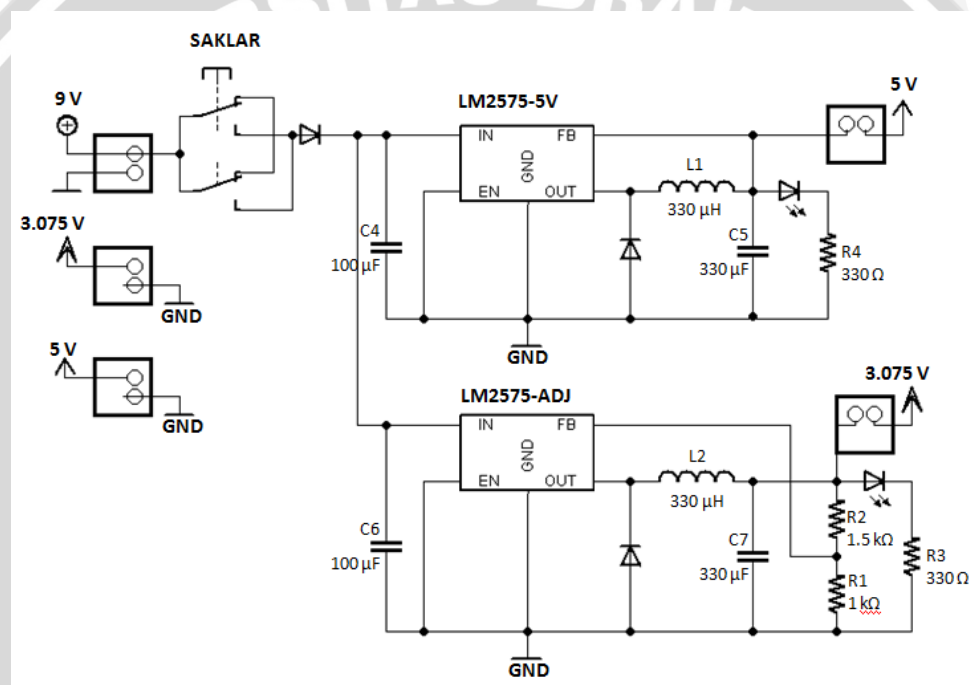
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Pembuatan Perangkat Keras

4.1.1 Pembuatan Rangkaian Elektronik

4.1.1.1 Rangkaian Catu Daya

Skematik rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skematik Rangkaian Catu Daya

Catu daya *switching* 5 V menggunakan LM2575-5 dan catu daya *switching* 3 V menggunakan LM2575-ADJ. Berdasarkan penjelasan dalam datasheet diperoleh nilai komponen sebagai berikut

Tegangan catu yang dibutuhkan *gyroscope* L3G4200D antara 2.4 V sampai 3.6 V dengan tegangan tipikal sebesar 3 V dan tegangan catu yang dibutuhkan *accelerometer* MMA7260Q antara 2.2 V- 3.6 V dengan tegangan tipikal sebesar 3.3 V. Sehingga tegangan

keluaran LM2575-ADJ diatur sedemikian rupa sehingga mendekati 3 V yang nilainya ditunjukkan dalam Persamaan (4.1)

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (4.1)$$

$$V_{ref} = 1.23 V$$

Sesuai datasheet R1 disarankan berkisar antara 1 k Ω sampai 5 k Ω . Di perancangan ini ditentukan R1 sebesar 1 k Ω .

$$3 V = 1.23 V \left(1 + \frac{R_2}{1k\Omega} \right)$$

$$2.44 V = 1 + \frac{R_2}{1k\Omega}$$

$$1.44 V = \frac{R_2}{1k\Omega}$$

$$R_2 = 1.44 k\Omega$$

Karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka dalam pembuatan alat digunakan resistor R₂ dengan nilai 1.5 k Ω , sehingga menurut perhitungan tegangan keluaran LM2575-ADJ menjadi sebesar 3.075 V

Kapasitor input yang digunakan LM2575-5 dan LM2575-ADJ minimal sebesar 47 μ F, tipikal rangkaian yang ditunjukkan dalam datasheet menggunakan kapasitor dengan nilai sebesar 100 μ F, sehingga di pembuatan alat ini menggunakan kapasitor sebesar 100 μ F. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor aluminium elektrolit.

Dioda yang digunakan LM2575-5 dan LM2575-ADJ harus mampu melewati arus minimal yang nilainya diperoleh melalui Persamaan (4.2) dan tegangan *reverse* minimal yang nilainya diperoleh melalui Persamaan (4.3).

$$\begin{aligned} \text{Arus} &= 1.2(I_{beban}) \\ &= 1.2 (0.1 A) = 0.12 A \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan} &= 1.25(V_{in}) \\ &= 1.25 (8.3 V) = 10.372 V \end{aligned} \quad (4.3)$$

Di pembuatan alat digunakan dioda 1N5822

Untuk LM2575-5, nilai induktor ditentukan berdasarkan tegangan masukan maksimum dan arus beban maksimum. Nilai arus beban maksimum diperoleh melalui Persamaan (4.4)

$$\begin{aligned} \text{Arus beban maksimum} &= 1.15 (I_{\text{beban}}) \\ &= 1.15(0.1 \text{ A}) = 0.115 \text{ A} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Dengan mengacu petunjuk pemilihan nilai induktor untuk LM2575-5 dengan tegangan input maksimum sebesar 8.3 V dan arus beban maksimum sebesar 0.115 A diperoleh nilai induktor sebesar 680 μH . karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka dalam pembuatan alat digunakan induktor sebesar 330 μH yang dengan tegangan input maksimum sebesar 8.3 V mampu dilalui arus beban maksimum 0.6 A.

Nilai induktor dalam LM2575-ADJ ditentukan berdasarkan E.T ($V \cdot \mu\text{s}$) dan arus beban maksimum. E.T diperoleh melalui Persamaan (4.5) dan arus beban maksimum diperoleh melalui Persamaan (4.4)

$$E.T = (V_{\text{in}} - V_{\text{out}}) \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \cdot \frac{1000}{F \text{ (dalam kHz)}} (V \cdot \mu\text{s}) \quad (4.5)$$

Diketahui frekuensi *switching* LM2575 52 kHz.

$$E.T = (8.3 \text{ V} - 3.075 \text{ V}) \frac{3.075 \text{ V}}{8.3 \text{ V}} \cdot \frac{1000}{52}$$

$$E.T = 37.22 \text{ V} \cdot \mu\text{s}$$

$$\text{Arus beban maksimum} = 1.15(0.1 \text{ A}) = 0.115 \text{ A}$$

Sehingga diperoleh nilai sebesar sebesar 680 μH . karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka dalam pembuatan alat digunakan induktor sebesar 330 μH yang berarti dengan E.T sebesar 37.22 $V \cdot \mu\text{s}$ mampu dilalui arus beban maksimum 0.6 A.

Untuk LM2575-5, nilai kapasitor output disarankan antara 100 μF sampai 470 μF dengan nilai tegangan yang mampu dilewatkan diperoleh melalui Persamaan (4.6)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan} &= 1.5 (V_{\text{out}}) \\ &= 1.5 (5 \text{ V}) = 7.5 \text{ V} \end{aligned} \quad (4.6)$$

Semakin besar nilai tegangan yang mampu dilalui maka semakin baik. Di pembuatan alat digunakan kapasitor output sebesar 330 μF 75 V. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor aluminium elektrolit.

Nilai kapasitor output LM2575-ADJ disarankan antara 10 μF sampai 2000 μF . Perhitungan nilai kapasitor output diperoleh melalui Persamaan (4.7)

$$C_{out} \geq 7785 \frac{V_{in,max}}{V_{out,L}(\mu\text{H})} (\mu\text{F}) \quad (4.7)$$

$$C_{out} \geq 63.67 \mu\text{F}$$

nilai tegangan minimal yang mampu melalui kapasitor diperoleh melalui Persamaan (4.6)

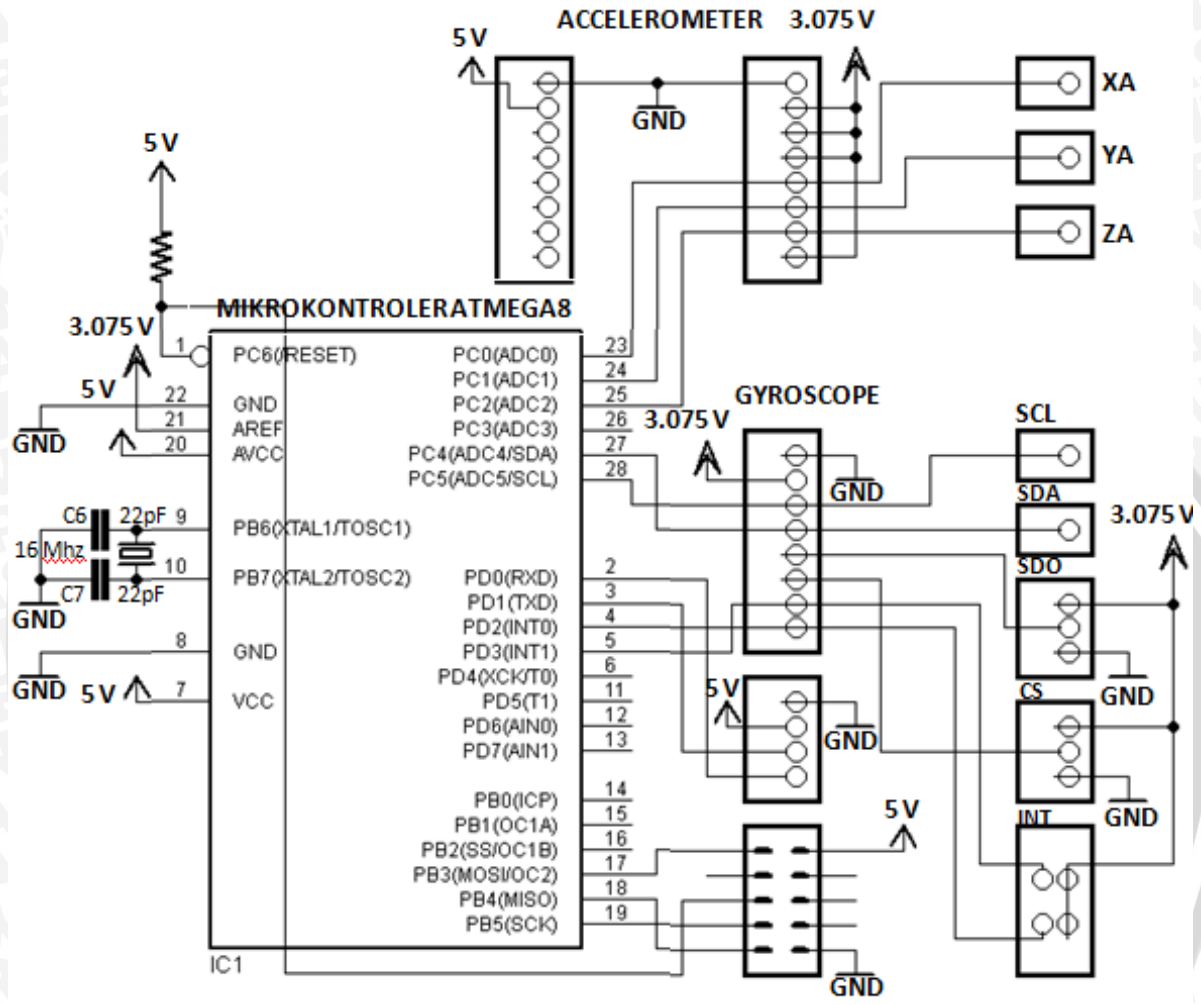
$$\text{Tegangan} = 1.5 (5 \text{ V}) = 7.5 \text{ V}$$

Semakin besar nilai tegangan yang mampu dilalui maka semakin baik. Di pembuatan alat digunakan kapasitor output sebesar 330 μF 75 V. Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor aluminium elektrolit.

Sesuai perancangan, indikator led hijau catu daya 5V memerlukan resistor sebagai pembatas arus dengan nilai minimal resistor sebesar 140 Ω . Dalam pembuatan alat disesuaikan dengan nilai resistor yang terdapat di pasaran sebesar 330 Ω dengan toleransi 1% . Sedangkan indikator led merah catu daya 3V memerlukan resistor sebagai pembatas arus dengan nilai minimal resistor sebesar 53.3 Ω . Dalam pembuatan alat disesuaikan dengan nilai resistor yang terdapat di pasaran sebesar 330 Ω dengan toleransi 1% .

4.1.1.2 Rangkaian Mikrokontroler

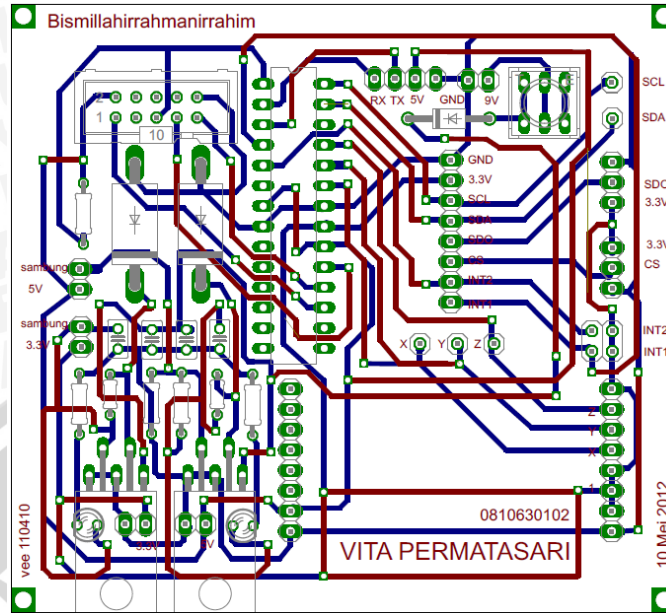
Gambar rangkaian mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skematik Rangkaian Mikrokontroler

4.1.1.3 Rangkaian Keseluruhan

Gambar skematik keseluruhan ditunjukkan dalam di lampiran. Gambar *layout board* ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



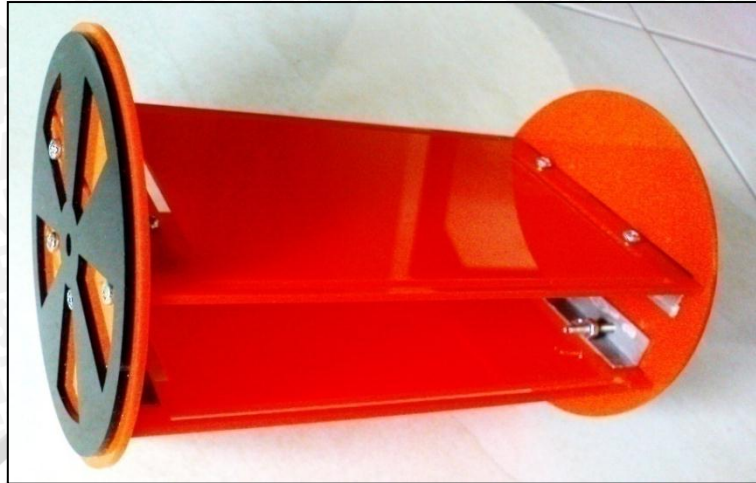
Gambar 4.3 *Layout Board*

4.1.2 Pembuatan Kerangka Muatan Raket

Pembuatan rangka menggunakan *acrilic* dengan tebal 3mm yang dibentuk tabung dengan diameter 10 cm tinggi. Gambar kerangka muatan roket tampak atas ditunjukkan dalam Gambar 4.4, Gambar kerangka muatan roket tampak samping ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Kerangka Muatan Raket Tampak Atas



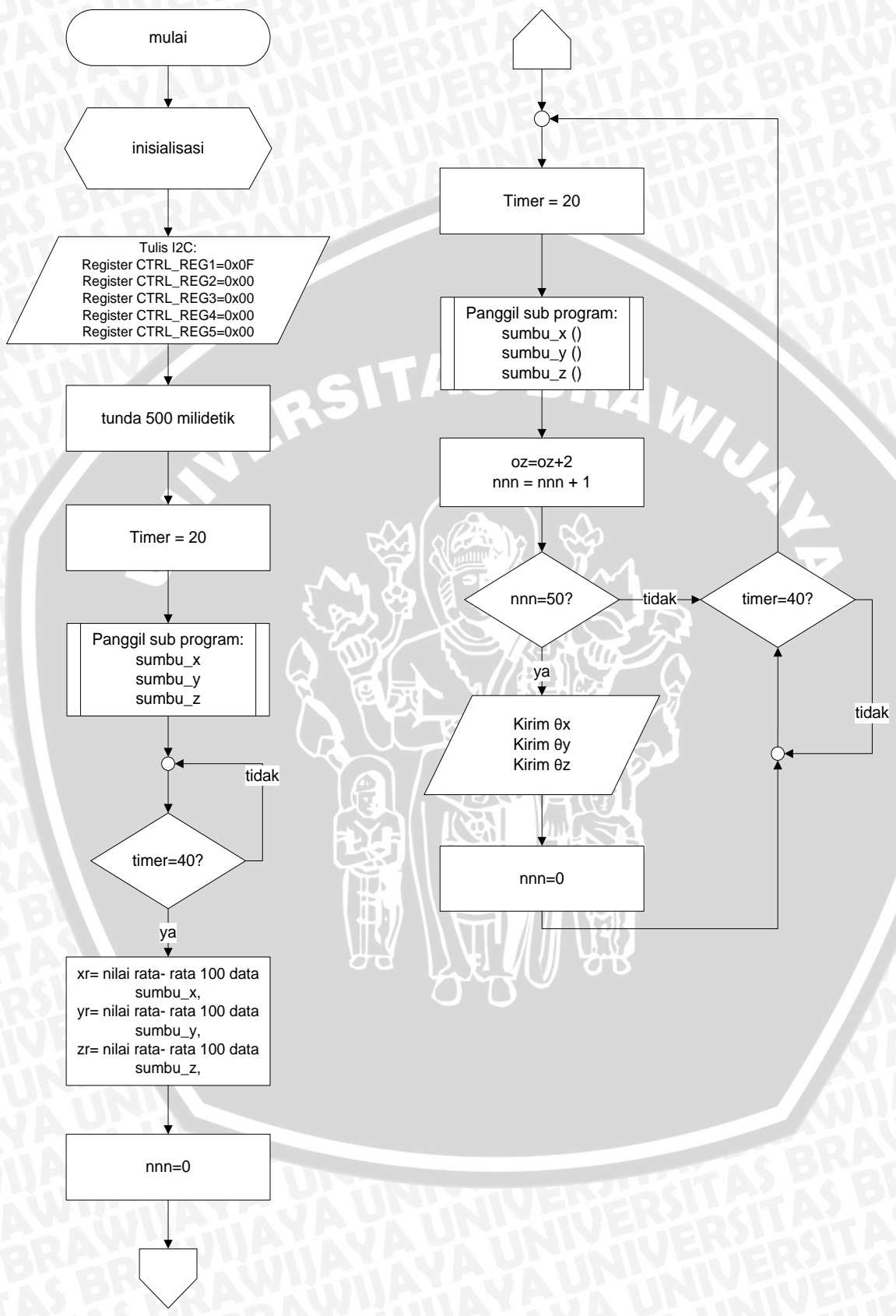
Gambar 4.5 Kerangka Muatan Roket Tampak Samping

4.2 Pembuatan Perangkat Lunak

4.2.1 Program Utama

Tujuan program utama adalah mengatur urutan kerja sistem yang diwujudkan melalui suatu algoritma, sehingga sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi pengumpulan data sudut orientasi. Data yang diperoleh modul sensor *gyroscope* menunjukkan kecepatan sudut 16 bit namun masih berupa data mentah. Data tersebut diolah agar menjadi data berupa sudut orientasi. Pengolahan data kecepatan sudut sumbu x,y,z akan dijelaskan lebih lanjut di penjelasan sub program. Data berupa sudut orientasi kemudian dikirimkan untuk kemudian dapat dilihat di komputer melalui RS232. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

Data mentah hasil pengukuran harus dikurangi konstanta. Konstanta adalah data mentah keluaran modul sensor saat keadaan diam. Nilai konstanta tersebut adalah rata-rata 100 data mentah modul sensor saat sensor dalam keadaan diam. Setelah sistem dinyalakan dan setelah kondisi reset, data mengalami lonjakan, sehingga untuk memperoleh nilai rata-rata, harus menunggu data stabil dengan menggunakan *timer*. Pengolahan data dilakukan setiap 20 mili detik dan pengiriman data dilakukan setiap satu detik.

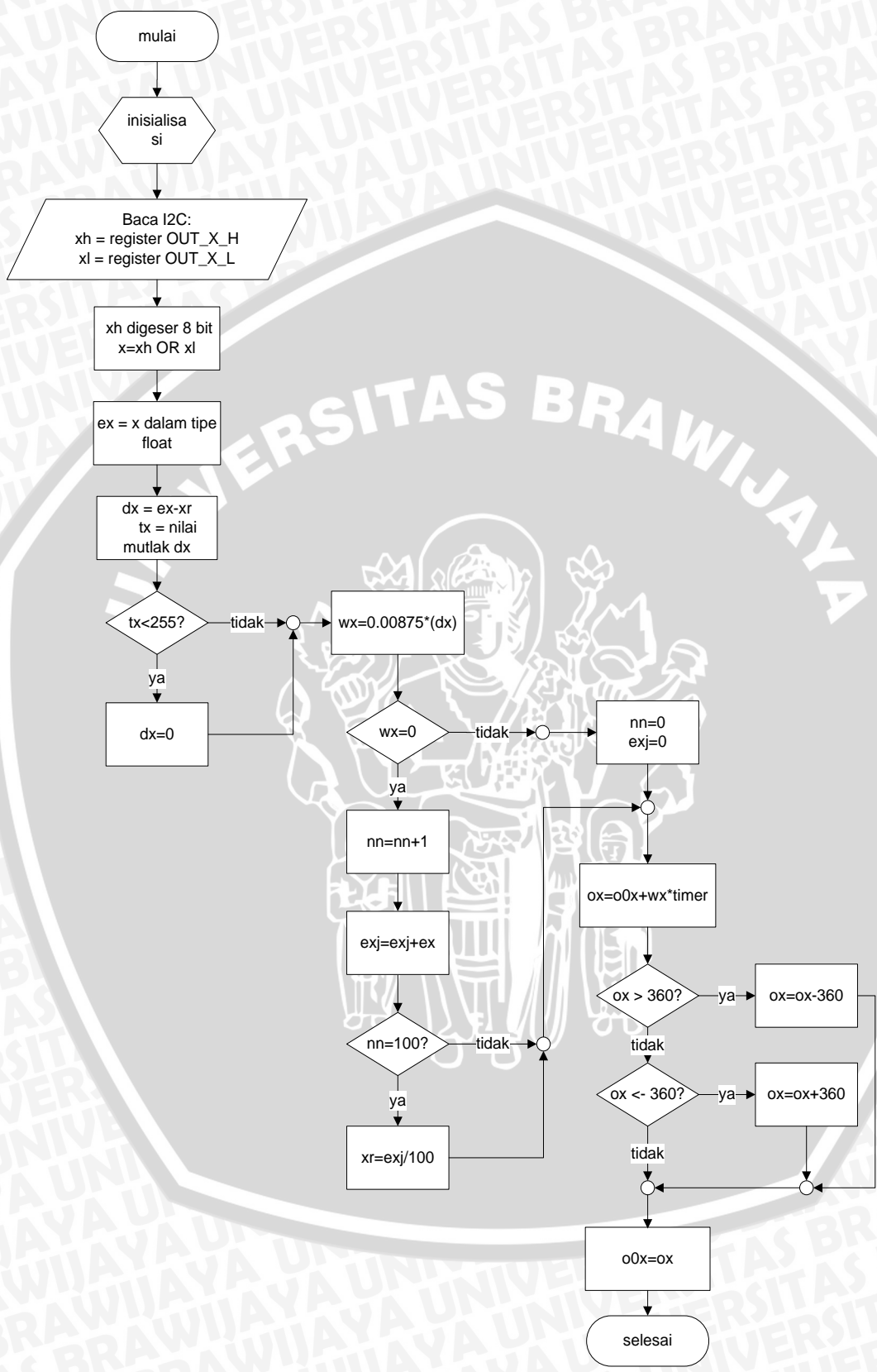


Gambar 4.6 Diagram Alur Program Utama

4.2.2 Sub Program Sumbu X

Data yang diperoleh modul sensor *gyroscope* adalah data mentah kecepatan sudut yang direpresentasikan dalam *signed integer* 16 bit. Data tersebut harus disesuaikan dengan skala penuh yang diinginkan. Dalam datasheet, modul sensor L3G4200D ada tiga pilihan skala penuh yaitu 350 dps, 500 dps, dan 2000 dps. Di perancangan, skala penuh yang dipilih adalah 250 dps artinya data mentah sejumlah 65526 mewakili kecepatan sudut mulai 0 dps hingga 250 dps. Sensitifitas modul sensor saat skala penuh ini adalah 8.75 mdps/digit. Resolusi sebesar 8.75 mdps. Untuk memperoleh nilai kecepatan sudut dalam satuan dps maka data mentah yang telah dikurangi konstanta dikalikan dengan sensitifitas.

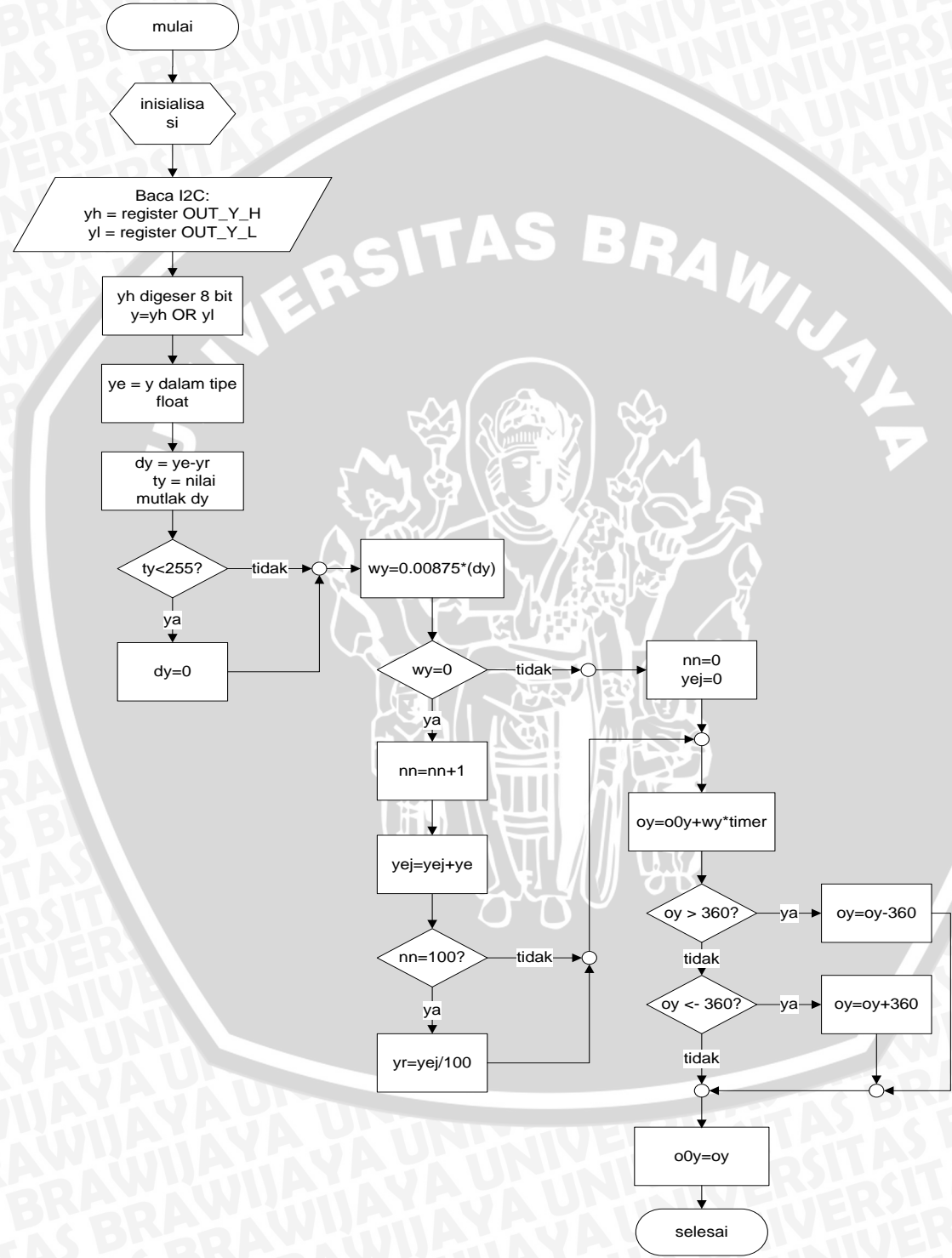
Perubahan temperatur dan *noise* pengukuran mengakibatkan pembacaan modul sensor *gyroscope* berubah-ubah saat *gyroscope* dalam keadaan diam. Untuk mengurangnya, maka nilai mutlak hasil pengukuran modul sensor *gyroscope* yang kurang dari nilai *threshold* dianggap nol. Setiap modul sensor dalam keadaan diam selama beberapa saat, maka data-data mentah akan dirata-rata untuk memperbarui nilai konstanta. Nilai *threshold* diperoleh melalui jangkauan maksimal 10.000 data yang ditentukan secara manual. Gambar diagram alur sub program sumbu x ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Alur Sub Program Sumbu X

4.2.3 Sub Program Sumbu Y

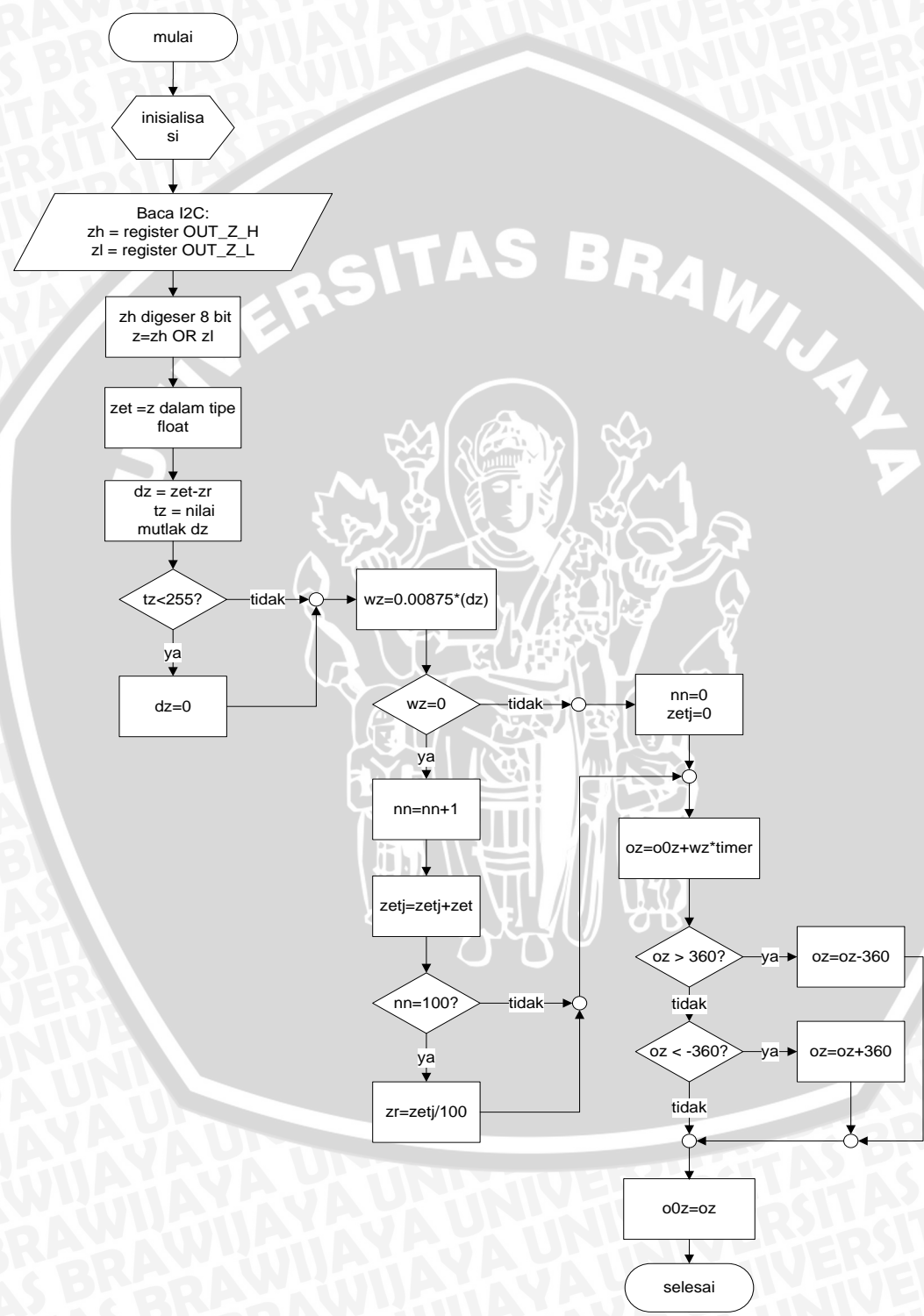
Penjelasan sub program ini sama dengan penjelasan sub program sumbu x. Gambar diagram alur sub program sumbu y ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram Alur Sub Program Sumbu Y

4.2.4 Sub Program Sumbu Z

Penjelasan sub program ini sama dengan penjelasan sub program sumbu x. Gambar diagram alur sub program sumbu z ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram Alur Sub Program Sumbu Z

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian dilakukan di tiap-tiap blok dengan tujuan untuk mengamati apakah tiap blok rangkaian sudah sesuai dengan perancangan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian keseluruhan sistem.

5.1 Pengujian Catu Daya

5.1.1 Tujuan

Pengujian catu daya bertujuan untuk mengetahui apakah catu daya 5V dan catu daya 3.075V dapat mengeluarkan tegangan sesuai dengan perancangan saat tanpa beban dan saat berbeban.

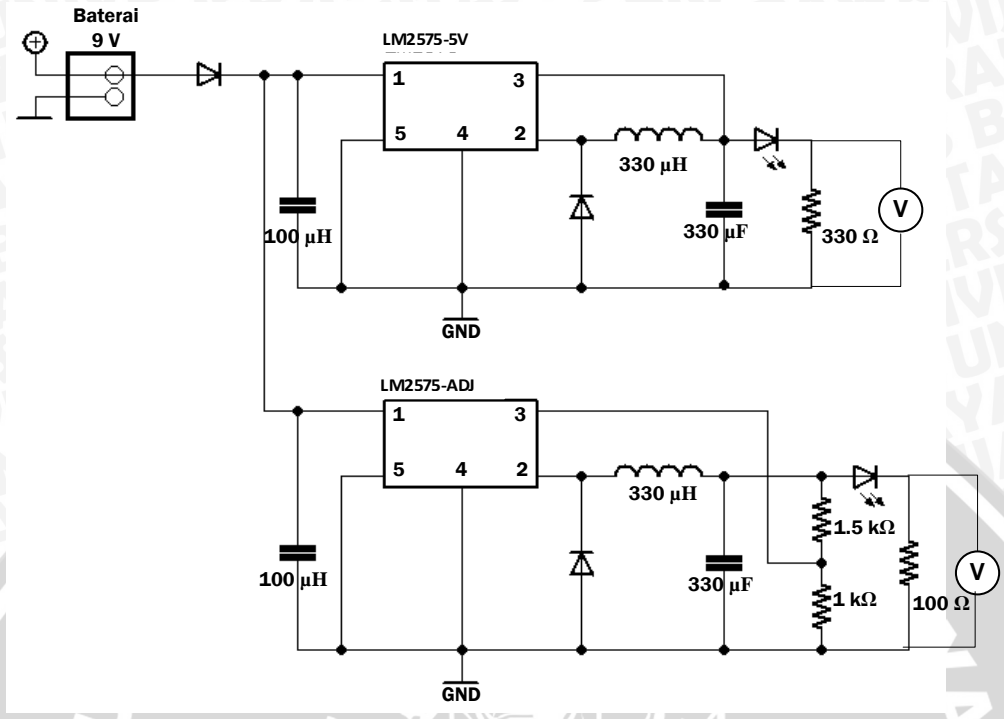
5.1.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

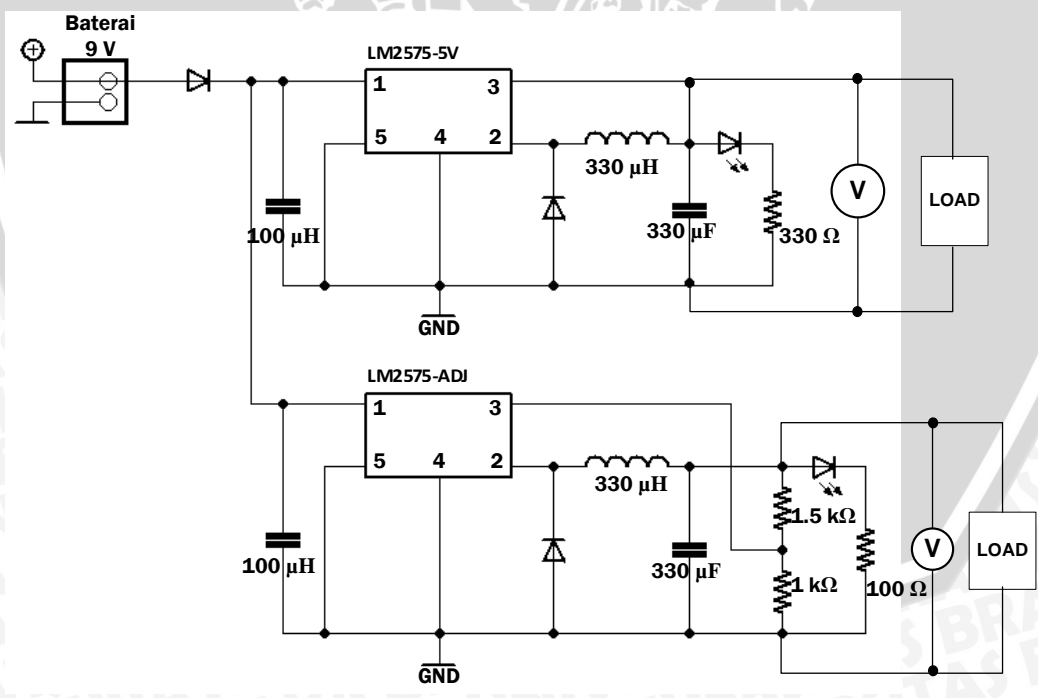
1. Multimeter
2. Baterai 9V 300 mAh
3. Penghubung (*jumper*)
4. Rangkaian catu daya yang akan diuji
5. Rangkaian beban (mikrokontroler, modul sensor L3G4200D)

5.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian tanpa beban seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.1 dan rangkaian berbeban seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.2 kemudian mengukur tegangan keluaran catu daya 5V dan catu daya 3.075V saat tanpa beban dan saat tanpa berbeban.

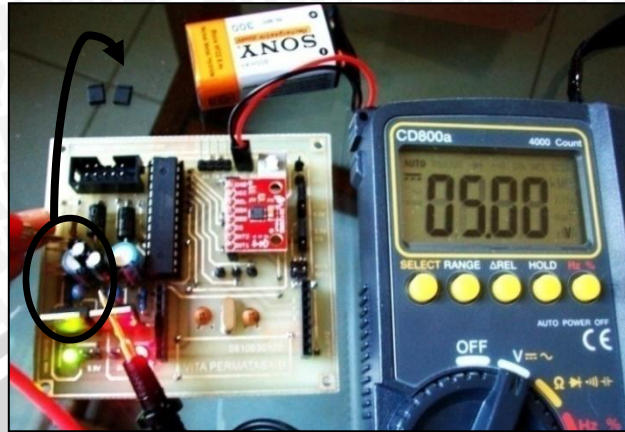


Gambar 5.1 Gambar Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban

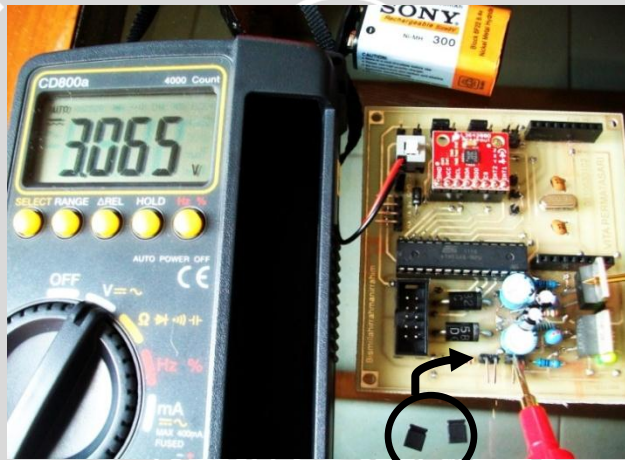


Gambar 5.2 Gambar Rangkaian Catu Daya Berbeban

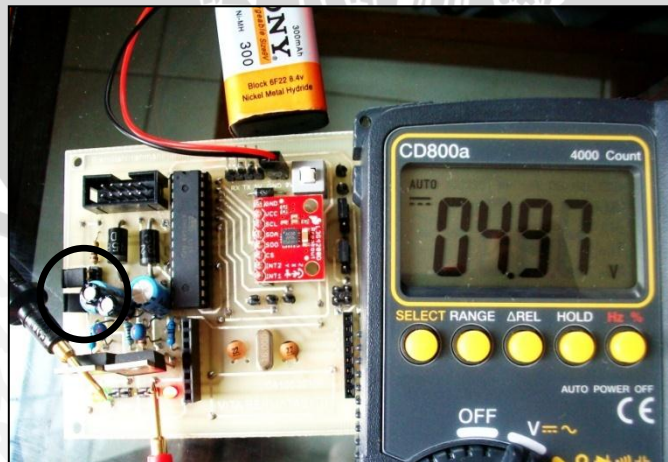
5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis



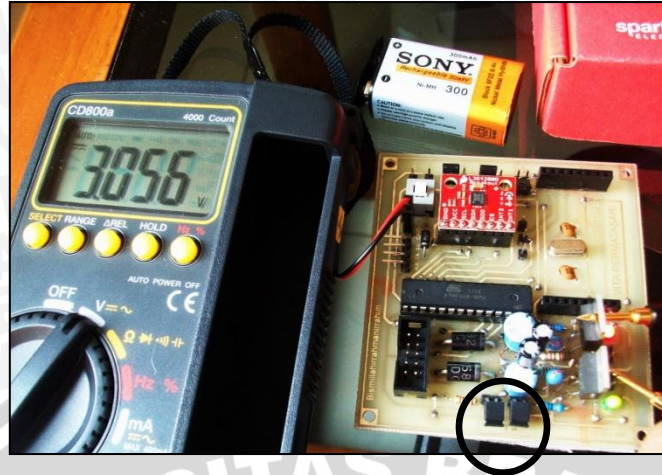
Gambar 5.3 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 5V Tanpa Beban



Gambar 5.4 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 3.075V Tanpa Beban



Gambar 5.5 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 5V Berbeban



Gambar 5.6 Foto Pengujian Rangkaian Catu Daya 3.075V Berbeban

Melalui pengujian tampak bahwa saat tanpa beban tegangan catu daya 5V sebesar 5V dan tegangan catu daya 3.075V sebesar 3.065 V. Saat berbeban dengan beban berupa mikrokontroler dan modul sensor *gyroscope*, tegangan catu daya 5V sebesar 4.97V dan tegangan catu daya 3.075 V sebesar 3.056 V.

5.2 Pengujian 3-Axis Gyroscope L3G4200D

5.2.1 Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah modul sensor *gyroscope* L3G4200D dapat berfungsi dengan baik mendeteksi perubahan kecepatan sudut.

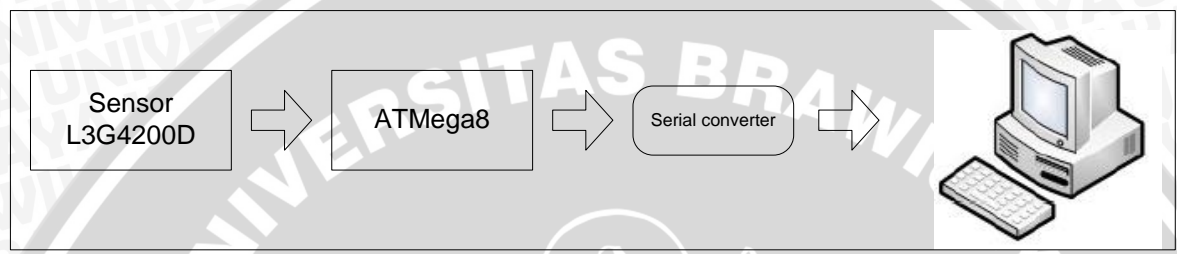
5.2.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

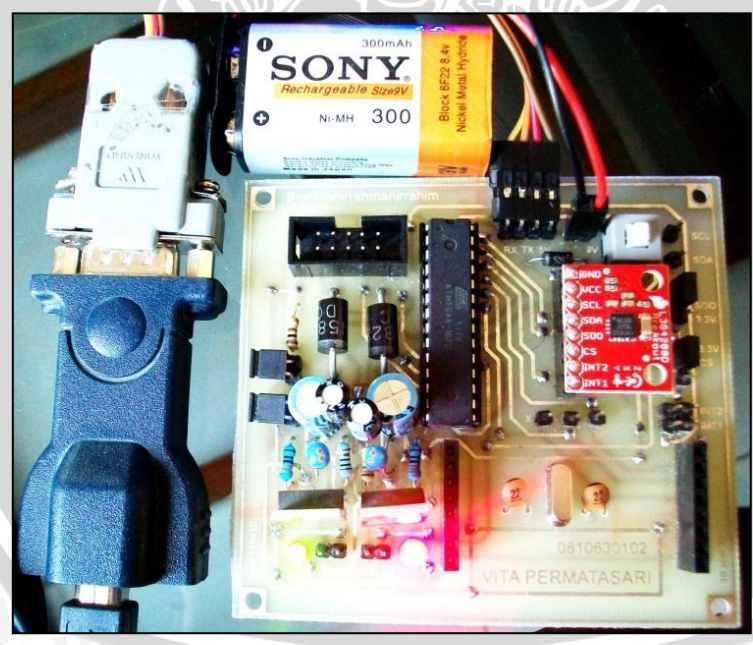
1. Baterai 9V 300 mAh
2. Kabel serial
3. Komputer
4. Modul sensor L3G4200D
5. Rangkaian mikokontroler ATmega8

5.2.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian seperti diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 5.7. Pengambilan data modul sensor menggunakan perangkat I²C yang telah terdapat dalam fitur ATmega8. Data kecepatan sudut yang terukur dikirimkan ke komputer melalui perangkat *serial converter* RS-232. Kemudian data tersebut diamati dan dicatat untuk dianalisa. Foto pengujian modul sensor ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Modul Sensor



Gambar 5.8 Foto Pengujian Modul Sensor Gyroscope L3G4200D

5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

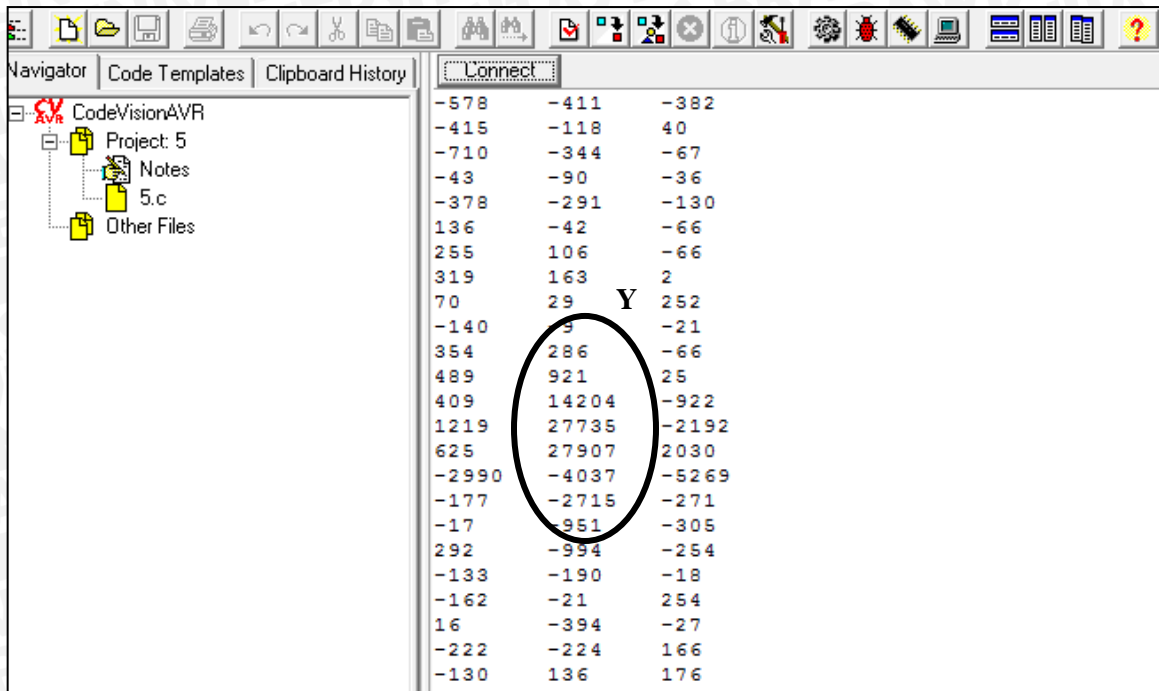
Data mentah modul sensor masing-masing sumbu saat kondisi diam ditunjukkan dalam Gambar 5.9. Data mentah modul sensor masing-masing sumbu saat pergerakan anguk ditunjukkan dalam Gambar 5.10. Data mentah modul sensor masing-masing sumbu saat pergerakan guling ditunjukkan dalam Gambar 5.11. Data mentah modul sensor masing-masing sumbu saat pergerakan geleng ditunjukkan dalam Gambar 5.12.

X	Y	Z
-36	-12	-13
-25	3	14
-16	17	8
-38	-8	-9
-35	-5	20
-22	-13	-24
-21	6	1
-8	-13	3
-1	-24	-253
-33	14	-11
-51	-7	31
-22	-23	-19
-7	-15	8
-18	-5	-23
-33	-31	19
-32	-19	17
-31	-8	3
-38	6	-36
-32	-30	-29
-27	2	251
-11	-235	15
-4	-11	18
-27	-3	-48
-48	-20	7

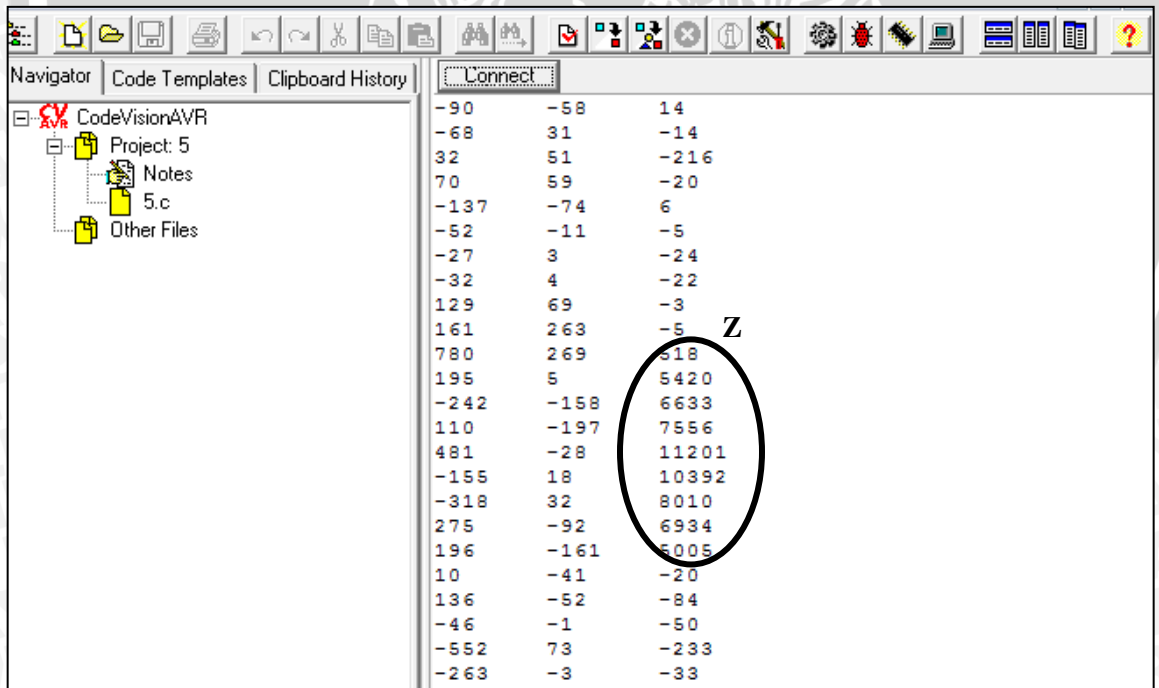
Gambar 5.9 Data Mentah Modul Sensor Masing-masing Sumbu saat Kondisi Diam

X	Y	Z
-98	-63	-36
61	-179	8
253	-89	-31
-76	-1	-27
0	-17	4
69	9	3
81	36	-19
67	50	-38
224	84	-83
581	61	53
5336	-1006	828
32608	576	-2983
14651	377	-83
-8481	-156	350
-2619	-230	278
565	-108	64
-499	-28	7
-447	24	-52
12	-14	59
-261	35	-95
-303	21	-5
-296	-23	19
-47	8	-33
18	5	6

Gambar 5.10 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Anguk

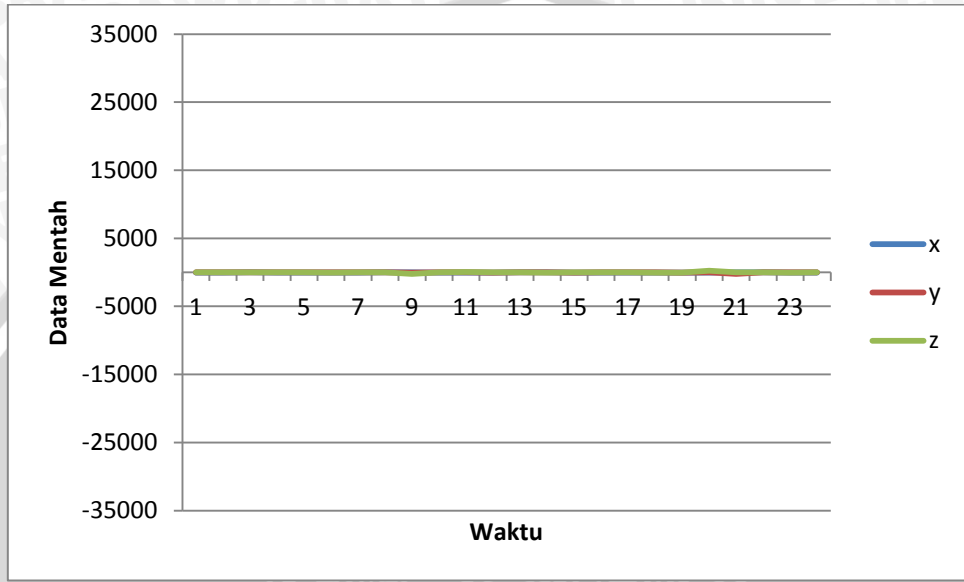


Gambar 5.11 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Guling

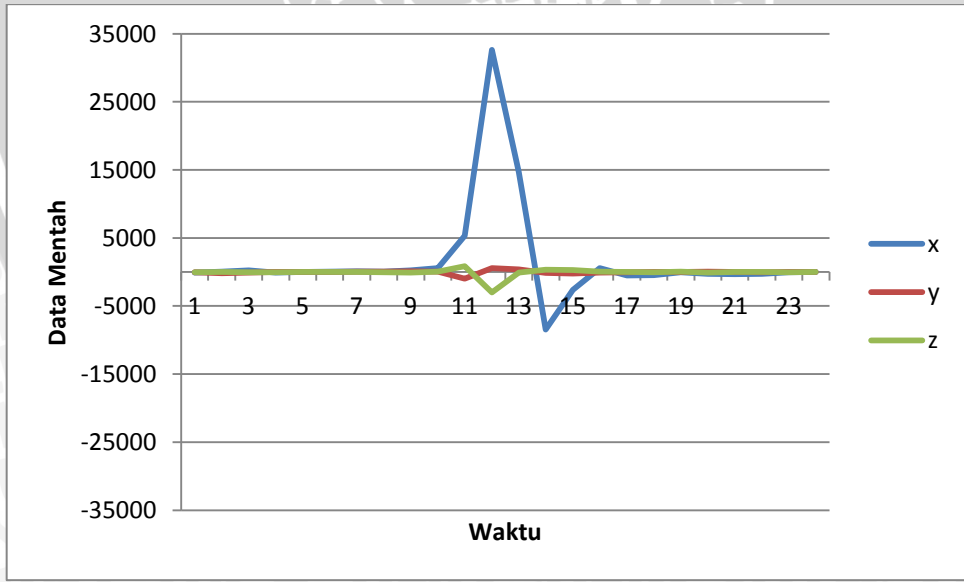


Gambar 5.12 Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Geleng

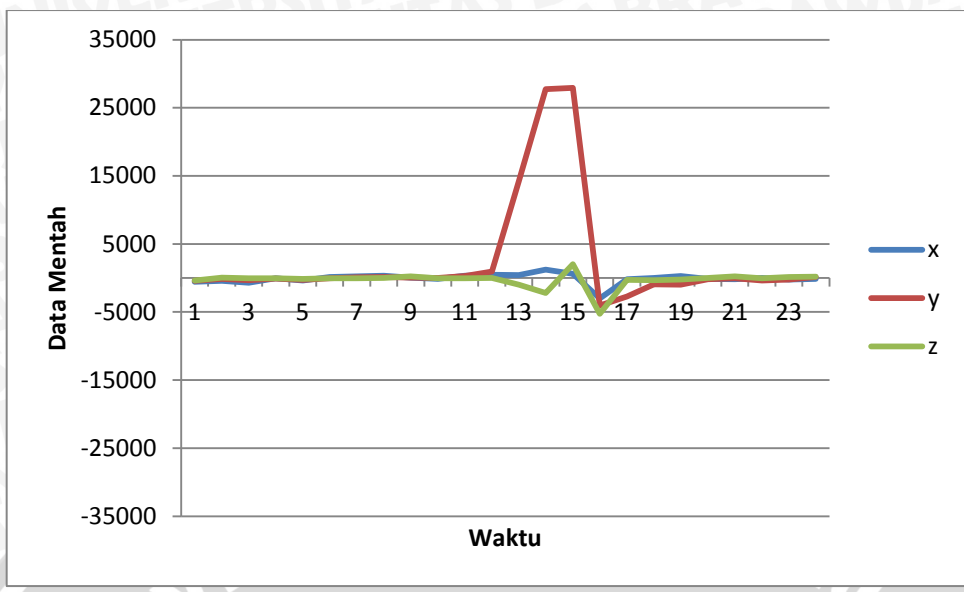
Grafik pengujian data mentah modul sensor saat diam ditunjukkan dalam Gambar 5.13, data mentah modul sensor saat pergerakan angguk ditunjukkan dalam Gambar 5.14, data mentah modul sensor saat pergerakan guling ditunjukkan dalam Gambar 5.15. data mentah modul sensor saat pergerakan geleng ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



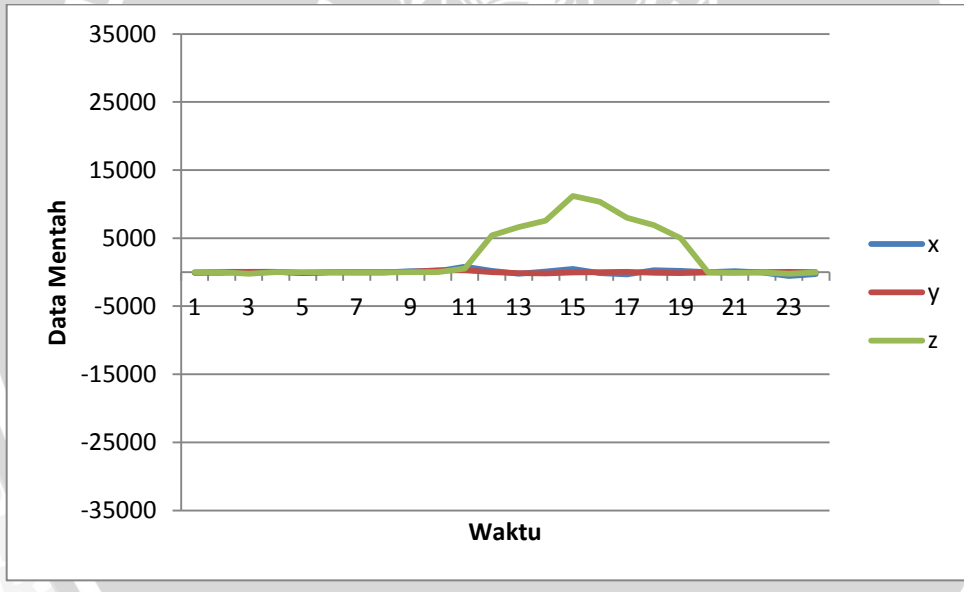
Gambar 5.13 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Diam



Gambar 5.14 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Angguk



Gambar 5.15 Grafik Data Mentah Modul Sensor saat Pergerakan Guling



Gambar 5.16 Grafik Data Mentah Sensor saat Pergerakan Geleng

Gerak angguk adalah gerak berputar dengan poros sumbu x sensor. Gerak guling adalah gerak berputar dengan poros sumbu y sensor. Gerak geleng adalah gerak berputar dengan poros sumbu z sensor. Pergerakan angguk, guling, dan geleng roket ditunjukkan dalam Gambar 2.3 dan sumbu-sumbu sensor ditunjukkan dalam Gambar 2.9 di bab 2.

Data mentah yang dikirimkan modul sensor *gyroscope* adalah data kecepatan sudut 16 bit dalam rentang antara 0000h sampai FFFFh. 0000h sampai 7FFFh untuk bilangan positif dan 8000h sampai FFFFh untuk bilangan negatif dengan tipe data *signed integer* dalam format komplemen dua.

Data kecepatan sudut modul sensor sumbu x (angguk), sumbu y (guling), dan sumbu z (geleng) saat kondisi diam idealnya adalah nol, namun saat pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 5.11 tidak demikian, hal ini disebabkan oleh *noise gyroscope*.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 5.9, tampak bahwa modul sensor *gyroscope* L3G4200D dapat bekerja dengan baik mendeteksi kecepatan sudut. Hal tersebut dapat dilihat di pengujian modul sensor saat bergerak. Saat bergerak angguk, terjadi perubahan kecepatan sudut di sumbu x seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.10,. Saat bergerak guling, terjadi perubahan kecepatan sudut di sumbu y seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.11, Saat bergerak geleng, terjadi perubahan kecepatan sudut di sumbu z seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.12. Saat kondisi bergerak, data mentah kecepatan sudut dalam rentang 16 bit yakni antara -32767 sampai 32767. Data-data mentah tersebut akan diolah untuk menghasilkan kecepatan sudut yang sebenarnya dalam satuan dps (*degree per sekon*).

5.3 Pengujian Keseluruhan

5.3.1 Tujuan

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk menganalisis kemampuan sistem di muatan roket dalam mengukur sudut orientasi.

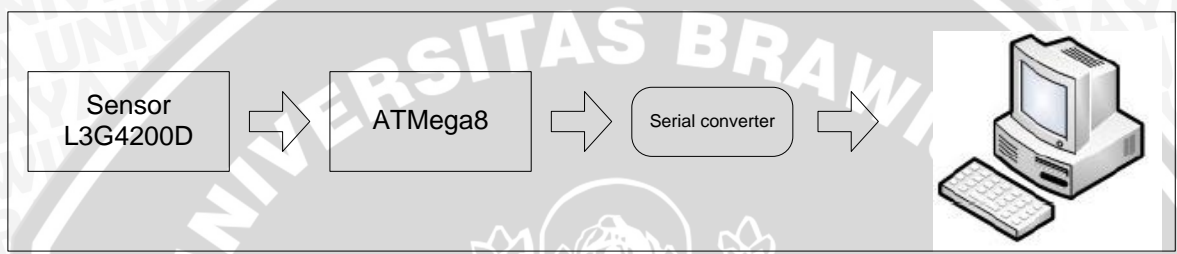
5.3.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

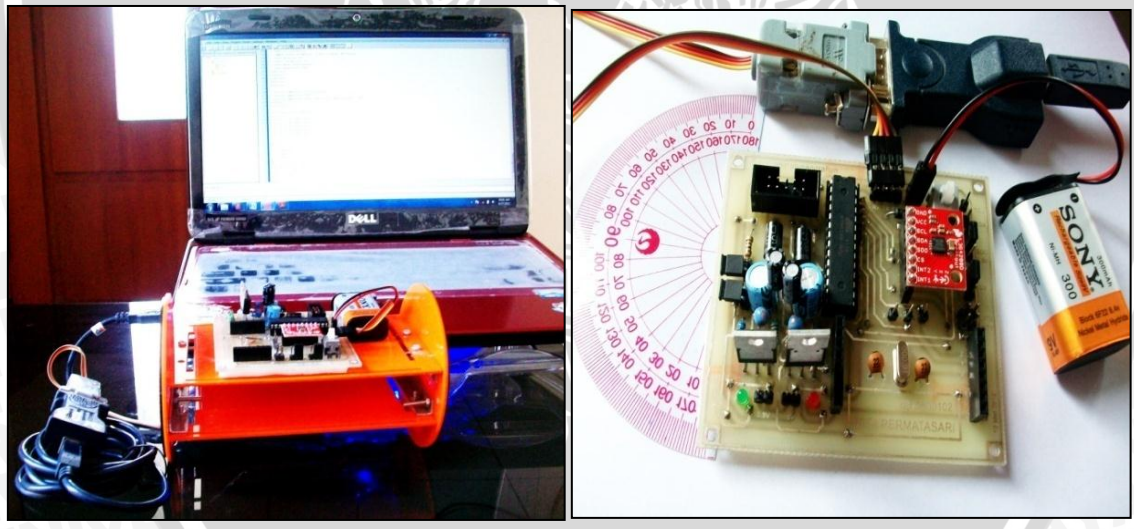
1. Baterai 9V 300 mAh
2. Kabel serial
3. Komputer
4. Busur Derajat
5. Modul sensor L3G4200D
6. Rangkaian mikokontroler ATmega8

5.3.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian sesuai diagram blok dalam Gambar 5.17. Busur derajat digunakan sebagai acuan untuk membandingkan besarnya sudut orientasi *gyroscope*. Saat kondisi awal, sistem muatan roket diletakkan sudut 0° lalu diputar hingga sudut-sudut tertentu dengan bantuan busur derajat. Data sudut orientasi yang terukur dikirimkan ke komputer melalui perangkat *serial converter* RS-232. Kemudian data tersebut diamati dan dicatat untuk dianalisa. Foto pengujian keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.18



Gambar 5.17 Diagram Blok Pengujian Keseluruhan



Gambar 5.18 Foto Pengujian Keseluruhan

5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.1 Tabel Pengujian Gerak Angguk

Data ke-	Sudut	Rata-rata	Selisih	
	Acuan (°)	Sudut terukur (°)	(°)	(%)
1	45	45.855	0.855	1.900
2	-45	-44.350	0.650	1.444
3	90	88.625	1.375	1.528
4	-90	-86.110	3.890	4.322
5	135	135.410	0.410	0.304
6	-135	-134.640	0.360	0.267
7	180	175.130	4.870	2,706
8	-180	-177.240	2.760	1.533
Rata-rata				1.750

Tabel 5.2 Tabel Pengujian Gerak Guling

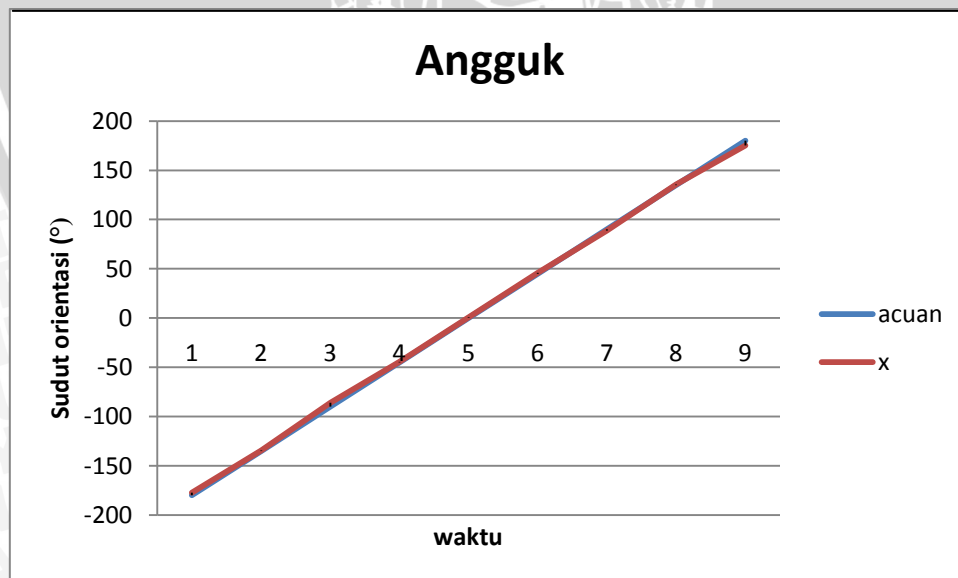
Data ke-	Sudut	Rata-rata	Selisih	
	Acuan (°)	Sudut terukur (°)	(°)	(%)
1	45	44.912	0.088	1.906
2	-45	-43.180	1.820	4.044
3	90	87.858	2.142	2.308
4	-90	-85.310	4.690	5.211
5	135	132.394	2.606	1.930
6	-135	-133.660	1.340	0.993
7	180	172.997	7.003	3.891
8	-180	-178.123	1.877	1.043
Rata-rata				2.461



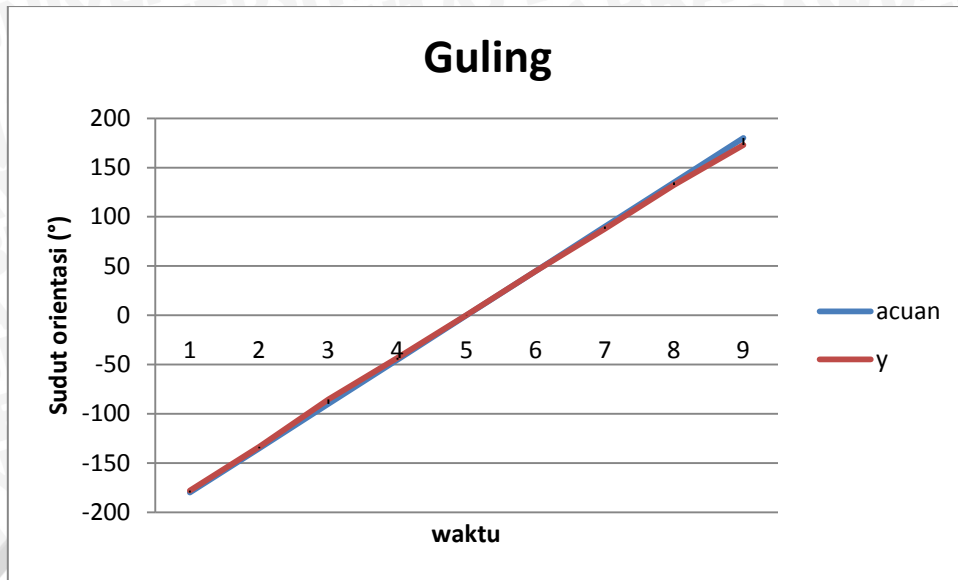
Tabel 5.3 Tabel Pengujian Gerak Geleng

Data ke-	Sudut	Rata-rata	Selisih	
	Acuan (°)	Sudut terukur (°)	(°)	(%)
1	45	44.400	0.600	1.333
2	-45	-45.525	0.525	1.167
3	90	91.493	1.492	1.658
4	-90	-93.720	3.720	4.133
5	135	140.420	5.420	4.015
6	-135	-140.555	5.555	4.115
7	180	186.595	6.595	3.664
8	-180	-185.930	5.930	3.294
Rata-rata			2.992	

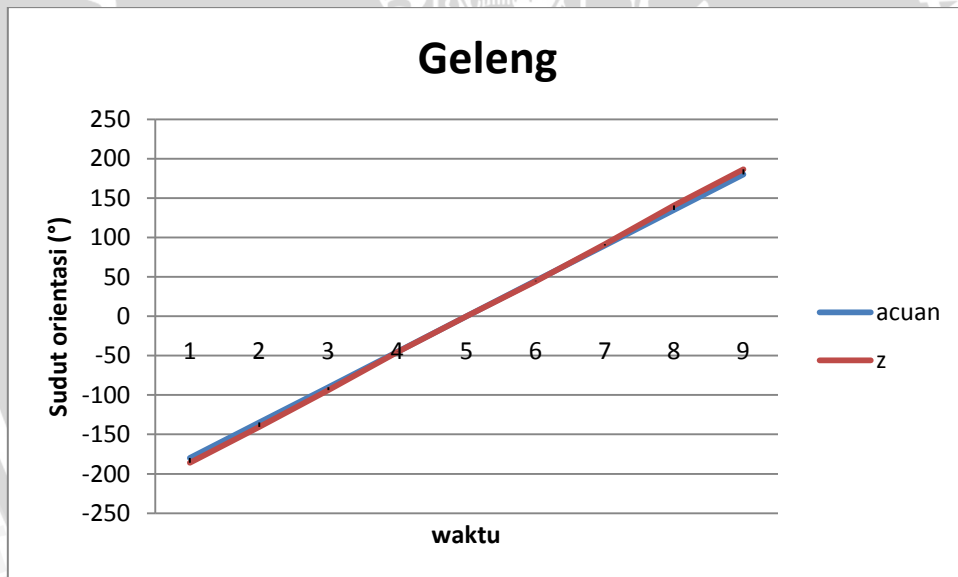
Grafik pengujian gerak anguk ditunjukkan dalam Gambar 5.19, grafik pengujian gerak guling ditunjukkan dalam Gambar 5.20, grafik pengujian gerak geleng ditunjukkan dalam Gambar 5.21



Gambar 5.19 Grafik Pengujian Gerak Anguk



Gambar 5.20 Grafik Pengujian Gerak Guling



Gambar 5.21 Grafik Pengujian Gerak Geleng

Rata-rata sudut terukur yang terdapat dalam Tabel 5.1 sampai Tabel 5.3 diperoleh melalui rata-rata lima data untuk masing-masing sudutnya orientasinya. Setelah diperoleh sudut terukur, dicari selisih nilai sudut terukur dengan nilai sudut acuan. Kemudian diperoleh nilai rata-rata selisih sudut dalam persen (%) untuk masing-masing sumbu.

Berdasarkan hasil pengujian gerak angguk ditunjukkan dalam Tabel 5.1, selisih dengan sudut acuan rata-rata sebesar 1.750%, kesalahan minimum terdapat di pengujian -135° dengan selisih 0.360° dan kesalahan maksimum terdapat di pengujian 180° dengan selisih 4.807° .

Berdasarkan hasil pengujian gerak guling ditunjukkan dalam Tabel 5.2, selisih dengan sudut acuan rata-rata sebesar 2.461%, kesalahan minimum terdapat di pengujian 45° dengan selisih 0.088° dan kesalahan maksimum terdapat di pengujian -90° dengan selisih 4.690° .

Berdasarkan hasil pengujian gerak geleng ditunjukkan dalam Tabel 5.3, selisih dengan sudut acuan rata-rata sebesar 2.992%, kesalahan minimum terdapat di pengujian -45° dengan selisih 0.525° dan kesalahan maksimum terdapat di pengujian -180° dengan selisih 6.595° .

Dalam perhitungan sudut orientasi terdapat nilai kecepatan sudut dan waktu. Untuk mendapatkan data sudut orientasi yang presisi, diperlukan pengukur kecepatan sudut dan pengukur waktu yang presisi. Pengukur kecepatan sudut adalah *gyroscope* L3G4200 sedangkan pengukur waktu adalah *timer*

Sesuai dengan hukum newton II, gaya dan percepatan berbanding lurus, jika semakin besar gaya yang mengenai benda maka semakin besar percepatan yang dialami benda. Demikian pula sebaliknya, jika semakin besar percepatan yang dialami benda maka semakin besar gaya yang mengenai benda. Saat keadaan awal muatan roket berada di sudut tertentu kemudian digerakkan hingga berhenti di sudut tertentu, kondisi akhir ideal adalah kecepatan sudut sama dengan nol. Namun dalam kondisi sebenarnya saat berhenti, kecepatan sudut tidak seketika berubah menjadi nol melainkan membutuhkan waktu untuk mencapai nilai nol (percepatan berhingga). Hal ini dikarenakan gaya yang dialami muatan roket berhingga sehingga percepatan yang dialami muatan roket berhingga pula. Waktu inilah yang menyebabkan terjadinya kesalahan pengukuran. Selain itu, pengukur waktu yang tidak presisi akan mengakibatkan kesalahan terakumulasi.

BAB VI

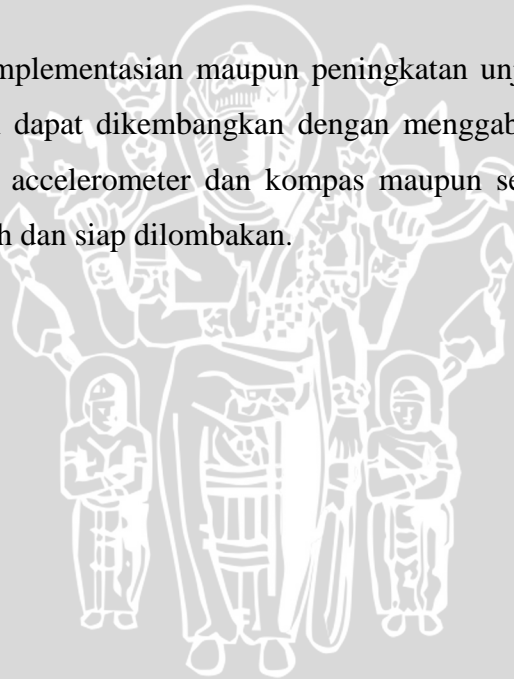
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilaksanakan, didapat kesimpulan bahwa data keluaran modul sensor *3 axis gyroscope* L3G4200D berupa data mentah kecepatan sudut. Data tersebut harus diolah terlebih dahulu menjadi data sudut orientasi dengan tipe data *float* kemudian dikirimkan ke komputer. Pengujian menunjukkan alat dapat berfungsi dengan baik mengukur sudut orientasi dengan selisih sudut rata-rata terhadap sudut acuan kurang dari 3%.

6.2 Saran

Saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem dalam penelitian ini adalah sistem dapat dikembangkan dengan menggabungkan dengan sensor wajib di perlombaan yakni *accelerometer* dan kompas maupun sensor lainnya sehingga terbentuk kesatuan yang utuh dan siap dilombakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2007. *8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8*.
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/atmel/2486S.pdf> .22 November 2011.
- Departement of Phisic and Astronomi Georgia State University. *Gyroscope*.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/gyr.html>. 29 Februari 2012.
- Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. 2011. *Buku Panduan KOMURINDO 2012*.
- Fahriannur, Ahmad. *Penggunaan Sensor Percepatan Untuk Memonitor Lintasan Gerak Laju Roket Yang Diterapkan Pada Muatan Roket Indonesia (Komurindo) 2011*. Skripsi Sarjana Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang, 2011.
- Heryanto, M. Ary; Adi, Wisnu. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroller ATmega 8535*. Yogyakarta: Andi.
- NASA. *Beginner's Guide to Rockets*. <http://exploration.grc.nasa.gov/education/rocket/bgmr.html>. 12 Maret 2012.
- Ruslan Gani. *Perancangan Sensor Gyroscope dan Accelerometer Untuk Menentukan Sudut dan Jarak*. <http://eprints.undip.ac.id/26320>. 21 November 2011.
- ShenZen Yishi Electronic Technology Development. 2000. *YS-1020UB RF Data Transceiver*. <http://lapan.te.ugm.ac.id/download.php?f=YS-1020UB%20manual.pdf>
25 januari 2011.
- SparkFun Electronics. 2009. *Triple Axis Gyroscope Breakout – L3G4200D*.
- STMicroelectronics. *Gyroscope Aplication Note*. <http://www.parallax.com/portals/0/downloads/docs/prod/sens/27911-GyroscopeAppNote2.pdf>. 23 November 2011.
- STMicroelectronics. *Gyroscope Aplication Note*. <http://www.parallax.com/portals/0/downloads/docs/prod/sens/27911-gyroscopeAppNote1.pdf>. 23 April 2012.

Wikipedia.*Accelerometer*.<http://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>.29 Februari 2012.

Wikipedia.*Gyroscope*.<http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope>._29 Februari 2012.

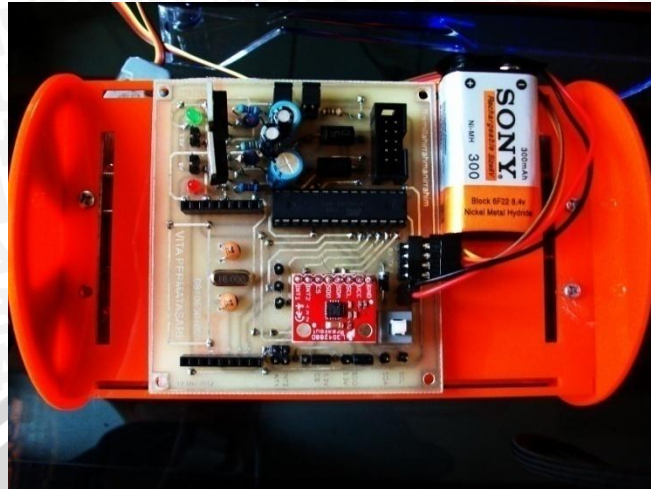
Wikipedia. Inertial Navigation System. http://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_navigation_system. 29 Februari 2012.



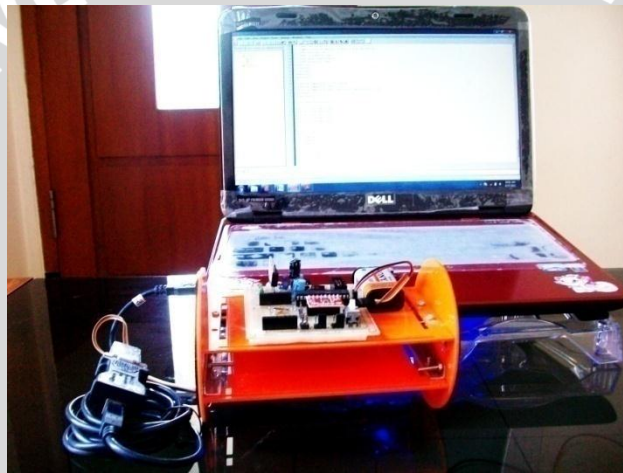


LAMPIRAN I

Dokumentasi Alat



Gambar 1 Alat Tampak Atas



Gambar 2 Alat Tampak samping

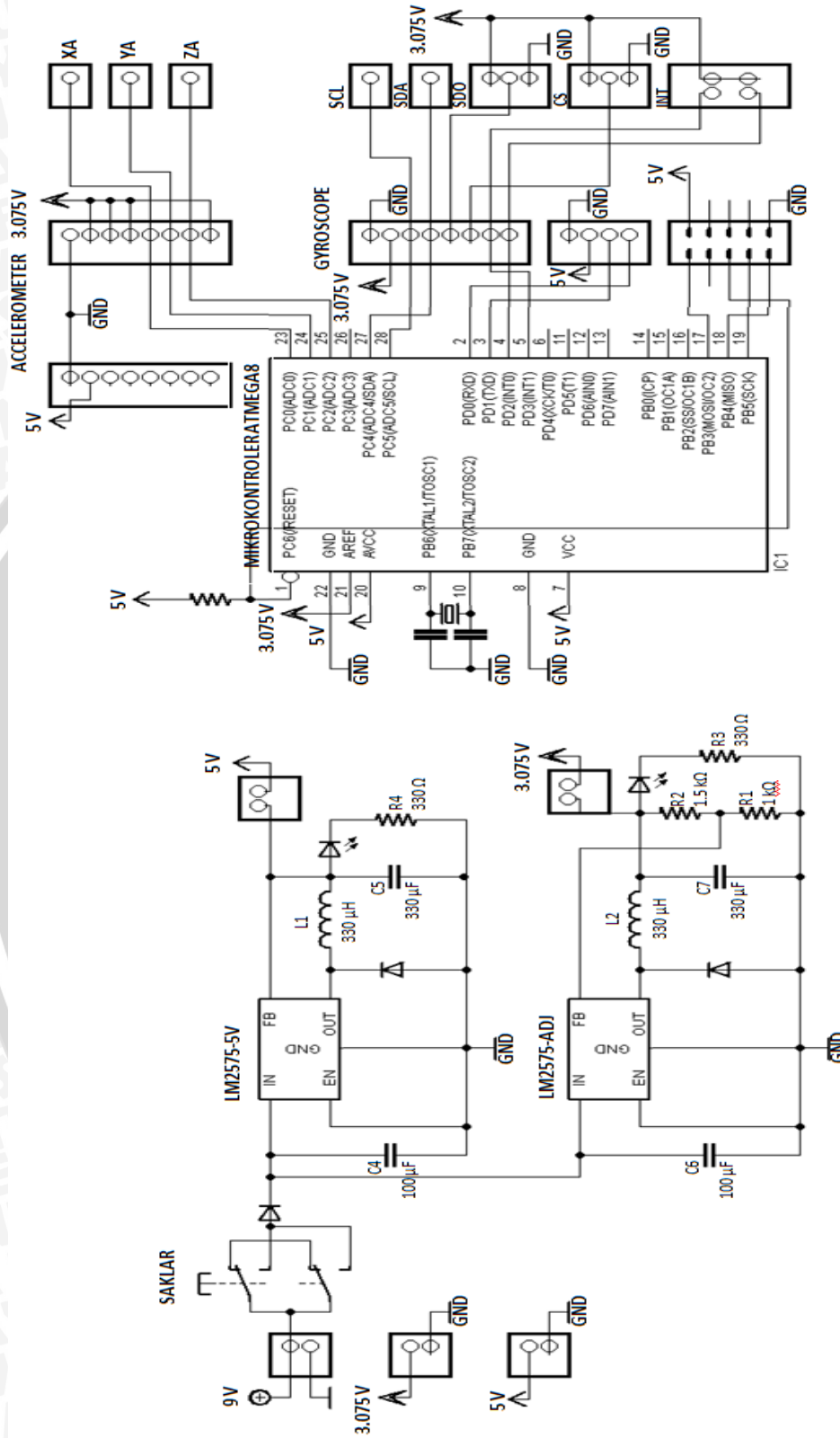


Gambar 3 Alat Tampak Belakang



LAMPIRAN II

Skema Rangkaian



Gambar 4. Skematik Rangkaian Keseluruhan



LAMPIRAN III

Listing Program

```

/*****
*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.24.8d Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2006 Pavel Haiduc, HP
InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com

Project :
Version :
Date : 2/4/2012
Author : F4CG
Company : F4CG
Comments:

Chip type : ATmega8
Program type : Application
Clock frequency : 16.000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 256
*****/

#include <mega8.h>
#include <delay.h>
#include <math.h>

// I2C Bus functions
#asm
.equ __i2c_port=0x15 ;PORTC
.equ __sda_bit=4
.equ __scl_bit=5
#endasm
#include <i2c.h>

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

int timer;
// Timer 1 output compare A interrupt service
routine
interrupt [TIM1_COMPA] void
timer1_compa_isr(void)
{
timer++;
}

// Declare your global variables here
#define WHO_AM_I 0x0F
#define CTRL_REG1 0x20
#define CTRL_REG2 0x21
#define CTRL_REG3 0x22
#define CTRL_REG4 0x23
#define CTRL_REG5 0x24
#define REFERENCE 0x25
#define OUT_TEMP 0x26
#define STATUS_REG 0x27
#define OUT_X_L 0x28
#define OUT_X_H 0x29
#define OUT_Y_L 0x2A
#define OUT_Y_H 0x2B
#define OUT_Z_L 0x2C
#define OUT_Z_H 0x2D
#define FIFO_CTRL_REG 0x2E
#define FIFO_SRC_REG 0x2F
#define INT1_CFG 0x30
#define INT1_SRC 0x31
#define INT1_TSH_XH 0x32
#define INT1_TSH_XL 0x33
#define INT1_TSH_YH 0x34
#define INT1_TSH_YL 0x35
#define INT1_TSH_ZH 0x36
#define INT1_TSH_ZL 0x37
#define INT1_DURATION 0x38
#define SAD_W 0xD0
#define SAD_R 0xD1

int xh,xl,x,n,nnn;
int yh,yl,y;
int zh,zl,z;
float ex,xj,xr,dx,tx,wx,exj,ox,o0x;
float ye,yj,yr,dy,ty,wy,yej,oy,o0y;
float zet,zj,zr,dz,tz,wz,zetj,oz,o0z;

//transfer ketika master menulis 1 byte pada
slave
int m_write_s(int SUB,int DATA_W)
{
i2c_start();
i2c_write(SAD_W);
i2c_write(SUB); //register address
i2c_write(DATA_W);
i2c_stop;
}

//transfer ketika master membaca 1 byte pada
slave
int m_read_s(int SUB)
{

```

```

int DATA_R;
i2c_start();
i2c_write(SAD_W);
i2c_write(SUB); //register address
i2c_start();
i2c_write(SAD_R);
DATA_R=i2c_read(0);
i2c_stop;
return DATA_R;
}

//program sumbu x
void sumbu_x (void)
{
int nn;
xh=m_read_s(OUT_X_H);
xl=m_read_s(OUT_X_L);
xh=(xh<<8); // geser 8 bit
x=xh|xl;
ex=(float)(x);
dx=(ex-xr);
tx=abs(dx);
if (tx<=255
{
dx=0;
}
wx=0.00875*(dx);
if (wx==0)
{
nn++;
exj+=ex;
if (nn==100)
{
xr=exj/100;
}
}
else
{
nn=0;
exj=0;
}
ox=o0x+(wx*0.02);
if (ox>=360)
{
ox-=360;
}
if (ox<=-360)
{
ox+=360;
}
o0x=ox;
}

}

//program sumbu y
void sumbu_y (void)
{
int nn;
yh=m_read_s(OUT_Y_H);
yl=m_read_s(OUT_Y_L);
yh=(yh<<8);
y=yh|yl;
ye=(float)(y);
dy=(ye-yr);
ty=abs(dy);
if (ty<=285
{
dy=0;
}
wy=0.00875*(dy);
if (wy==0)
{
nn++;
yej+=ye;
if (nn==100)
{
yr=yej/100;
}
}
else
{
nn=0;
yej=0;
}
oy=o0y+(wy*0.02)
if (oy>=360)
{
oy-=360;
}
if (oy<=-360)
{
oy+=360;
}
o0y=oy;
}

//program sumbu z
void sumbu_z (void)
{
int nn;
zh=m_read_s(OUT_Z_H);
zl=m_read_s(OUT_Z_L);
}

```

```

zh=(zh<<8);
z=zh|zl;
zet=(float)(z);
dz=(zet-zr);
tz=abs(dz);
if (tz<=256)
{
dz=0;
}
wz=0.00875*(dz);
if (wz==0)
{
nn++;
zetj+=zet;
if (nn==100)
{
zr=zetj/100;
}
}
else
{
nn=0;
zetj=0;
}
oz=o0z+(wz*0.02);
if (oz>=360)
{
oz=360;
}
if (oz<=-360)
{
oz+=360;
}
o0z=oz;
}

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In
Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T
State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00;

// Port C initialization

// Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
// State6=T State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In
Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T
State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 16000.000 kHz
// Mode: CTC top=OCR1A
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: On
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x09;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x3E;
OCR1AL=0x80;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock

```

```

// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
MCUCR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s)
initialization
TIMSK=0x10;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop,
No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x67;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by
Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// Global enable interrupts
#asm("sei")

// I2C Bus initialization
i2c_init();
m_write_s(CTRL_REG1,0x0F);
m_write_s(CTRL_REG2,0x00);
m_write_s(CTRL_REG3,0x00);
m_write_s(CTRL_REG4,0x00);
m_write_s(CTRL_REG5,0x00);

ox=0; oy=0; oz=0;
n=1;
nnn=0;
exj=0; yej=0; zetj=0;

if (timer>=500);
while (n<=100)
{
timer=20;
sumbu_x ();
sumbu_y ();
sumbu_z ();
oz=oz-2;
xj+=ex;
yj+=ye;
zj+=zet;
n++;
while (timer<=40)
{}
}
xr=xj/100;
yr=yj/100;
zr=zj/100;

while (1)
{
timer=20;
sumbu_x();
sumbu_y();
sumbu_z();
nnn++;
if (nnn==100)
{
printf("%5.2f\t",ox);
printf("%5.2f\t",oy);
printf("%5.2f\t",oz);
nnn=0;
}
while (timer<=40)
{}
};
}

xj=0; yj=0; zj=0;
o0x=0; o0y=0; o0z=0;

```




LAMPIRAN IV

Datasheet

