

**SISTEM MONITORING SUDUT LINTASAN PAYLOAD
TERHADAP TITIK GROUND CONTROL STATION**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



YOKE DADIK KRISTANTO

NIM. 115060301111004

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM MONITORING SUDUT LINTASAN *PAYLOAD* TERHADAP TITIK
*GROUND CONTROL STATION***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



YOKE DADIK KRISTANTO

NIM. 115060301111004

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 6 Agustus 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

Mochammad Rif'an, S.T., M.T.

NIP. 19710301 200012 1 001

Ir. Nurussa'adah, M.T.

NIP. 19680706 199203 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING SUDUT LINTASAN *PAYLOAD* TERHADAP TITIK
*GROUND CONTROL STATION***

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

YOKE DADIK KRISTANTO

NIM. 115060301111004

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus sidang skripsi
pada tanggal 9 Juli 2015

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

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

Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T.
NIP. 19700113 199403 1 002

Dosen Penguji III

Akhmad Zainuri, S.T., M.T.
NIP. 19840120201212 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Puji syukur kepada Tuhan YME atas segala petunjuk serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul “Sistem Monitoring Sudut Lintasan *Payload* terhadap Titik *Ground Control Station*.” 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 dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ir. Nurussa’adah, MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- M. Rif’an, ST., MT. dan Ir. Nurussa’adah, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
- Kepada seluruh Dosen Fakultas Teknik, khususnya Jurusan Teknik Elektro yang telah membimbing dan memberikan pelajaran serta ilmu yang bermakna dalam lingkungan perkuliahan.
- Kedua Orang Tuaku, Ayah Supriyono dan Ibu Sunarsih atas pengertian dan kesabarannya di dalam mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Kakak Septiana W. Kristanti, M. Ryan Dzulfahmi yang selalu memotivasi dan mendo’akan penulis.
- Fiza Aida Khairina F. yang selalu memberi inspirasi kepada penulis.
- Seluruh keluarga besar penulis yang telah banyak mengalami masa-masa sulit karena penulis.

- Rekan-rekan Tim KOMURINDO Teknik Elektro Universitas Brawijaya periode 2011-2012 (E-Fly 63), 2012-2013 (UB1), 2013-2014 (E-Space), 2014-2015 atas kebersamaan, ide dan bantuan alat.
- Rekan-rekan Konsentrasi Elektronika TE-UB atas bantuan dan ilmunya.
- Keluarga besar di kontrakan Remujung 54 C Malang.
- Teman-teman angkatan 2011, teman-teman HME, senior, WORKSHOP 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.



Malang, 20 Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Muatan Roket.....	4
2.2 Modul Sensor GY-89	5
2.3 GPS Receiver Ublox Neo - 6M.....	6
2.4 STM32 ARM Cortex M3 Leaflabs Maple mini.....	7
2.5 RC Timer Telemetry Kit 433MHz	7
2.6 RAD Studio XE 7.....	8
2.8 Koordinat Geografi	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	10
3.1 Penentuan Spesifikasi Sistem.....	10
3.2 Studi Literatur	10
3.3 Perancangan dan Perealisasian Alat.....	11
3.3.1 Diagram Blok	11
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	12
3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	15
3.4 Deskripsi Cara Kerja Sistem	15
3.5 Pengujian Sistem.....	15
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	17
4.1 Perancangan Perangkat Keras	18

4.1.1	Perancangan Rangkaian Catu Daya	18
4.1.2	Perancangan Antarmuka Modul Mikrokontroller.....	18
4.1.3	Perancangan Kerangka Muatan Roket.....	19
4.1.4	Perancangan Antarmuka <i>Ground Control Station</i>	20
4.2	Perancangan Perangkat Lunak	20
4.2.1	Program Utama	20
4.2.2	Subprogram Pembacaan Data <i>GPS Receiver</i>	21
4.2.3	Subprogram Pembacaan Data <i>Barometric Pressure</i>	22
4.2.4	Subprogram Penghitungan Sudut Lintasan <i>Payload</i> Terhadap <i>GCS</i>	23
4.4.5	Program Perangkat Lunak <i>Ground Control Station</i>	24
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		25
5.1	Pengujian Catu Daya	25
5.2	Pengujian Antarmuka Modul Sensor GY-89	26
5.3	Pengujian Antarmuka Modul Mikrokontroller Leaf labs Maple Mini.....	29
5.4	Pengujian Antarmuka Modul <i>GPS Receiver</i>	30
5.5	Pengujian RC Timer 433MHz	34
5.6	Pengujian Sistem Secara keseluruhan.....	36
5.7	Pengujian Perangkat lunak Sistem Monitoring.....	40
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		42
6.1	Kesimpulan	42
6.2	Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN		44

DAFTAR TABEL

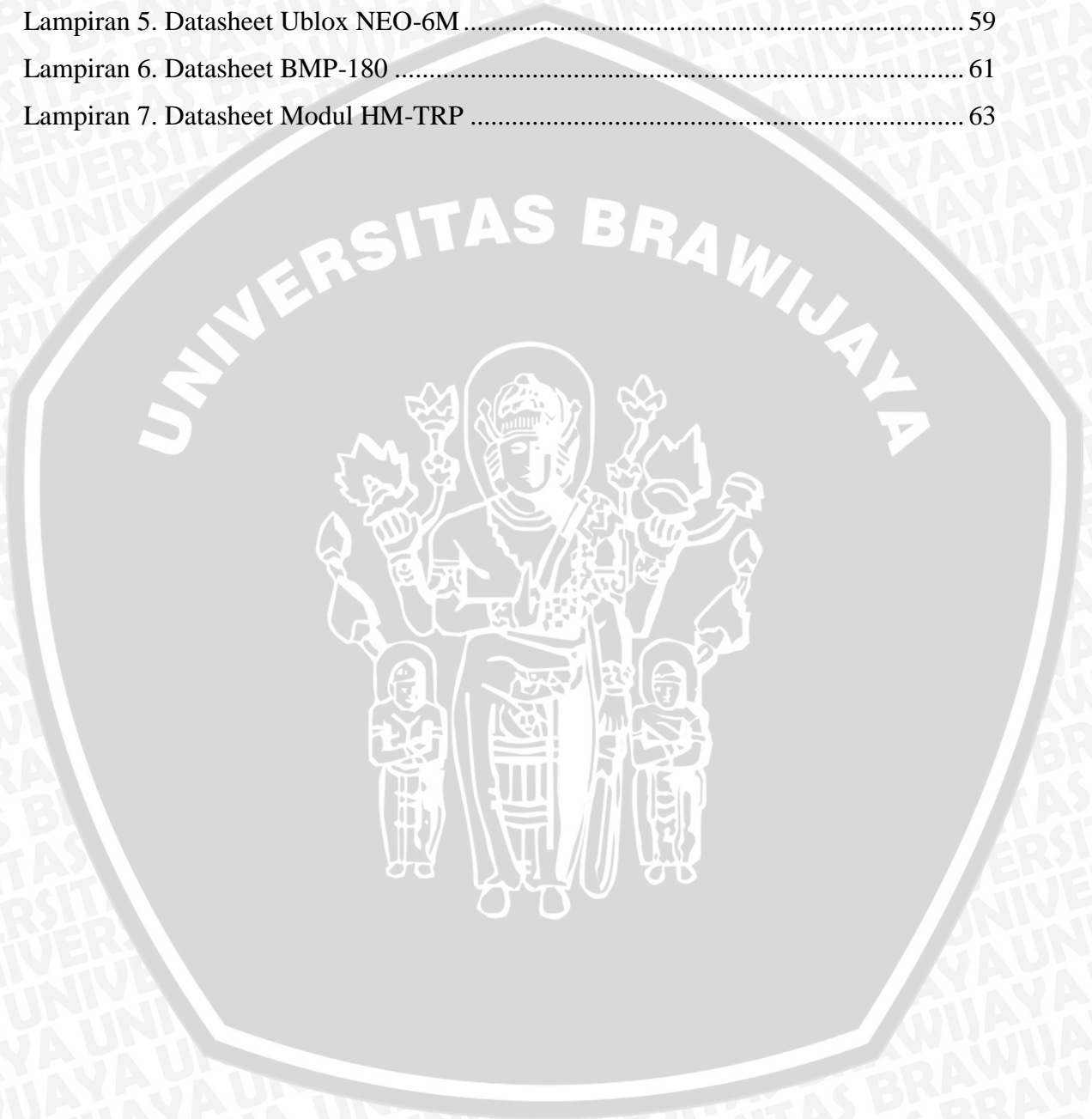
Tabel 2.1 Deskripsi Pin Gy-89	5
Tabel 2.2 Deskripsi Pin GPS	7
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya	26
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kesalahan Pembacaan Modul Sensor Gy-89	28
Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian di Dalam Bangunan pada Posisi Acuan $7,943289^{\circ}$ LS dan $112,616558^{\circ}$ BT	32
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian di Samping Bangunan pada Posisi Acuan $7,943328^{\circ}$ LS dan $112,616673^{\circ}$ BT	33
Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian di Lokasi Terbuka pada Posisi Acuan $7,952449^{\circ}$ LS dan $112,613704^{\circ}$ BT	33
Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Jarak Pemancar dan Penerima	35
Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 5 m	37
Tabel 5.8 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 10 m	38
Tabel 5.9 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 20 m	39
Tabel 5.10 Data Hasil Pengujian Sudut Vertikal	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kompartemen Roket RUM.	4
Gambar 2.2 Diagram Blok Sensor Gy-89.	5
Gambar 2.3 Diagram Blok Ublox Neo-6M.	6
Gambar 2.4 Konfigurasi Pin STM32F103RB.	7
Gambar 2.5 IDE RAD Studio XE 7.	9
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.	11
Gambar 3.2 Diagram Blok Catu Daya.	12
Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Pengambilan Data GPS.	13
Gambar 3.4 Diagram Blok Antarmuka Modul Mikrokontroler.	14
Gambar 3.5 Bentuk Kerangka Muatan Roket.	14
Gambar 3.6 Diagram Blok Rangkaian <i>Ground Control Station</i>	14
Gambar 4.1 Bagan Skematik Umum Sistem.	17
Gambar 4.2 Skematik Rangkaian Catu Daya.	18
Gambar 4.3 Antarmuka Modul Mikrokontroler.	19
Gambar 4.4 Kerangka Muatan Roket.	20
Gambar 4.5 Diagram Alir Program Utama.	21
Gambar 4.6 Diagram Alir Pembacaan GPS <i>Receiver</i>	22
Gambar 4.7 Diagram Alir Pembacaan Data <i>Barometric Pressure</i>	23
Gambar 4.8 Diagram Alir Subprogram Penghitungan Sudut Lintasan <i>Payload</i>	23
Gambar 4.9 Diagram Alir Program <i>Ground Control Station</i>	24
Gambar 5.1 Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban.	25
Gambar 5.2 Rangkaian Catu Daya Berbeban.	26
Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul Sensor GY-89.	27
Gambar 5.4 Data Mentah <i>Barometric Pressure</i>	27
Gambar 5.5 Data hasil penghitungan ketinggian.	28
Gambar 5.6 Data yang Dikirim Modul Mikrokontroler.	29
Gambar 5.7 Data yang Diterima Komputer.	30
Gambar 5.8 Diagram Blok Pengujian Data GPS <i>receiver</i>	31
Gambar 5.9 <i>Header</i> Data GPS <i>Receiver</i>	31
Gambar 5.10 Ilustrasi Pengujian Kesalahan Posisi GPS.	32
Gambar 5.11 Diagram Blok Pengujian RC Timer.	34
Gambar 5.12 Transmisi Data RC Timer dengan Jarak Lebih dari 161,7 meter.	35
Gambar 5.13 Hasil Pengujian Perangkat Lunak Sistem Monitoring.	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat.....	45
Lampiran 2. Tampilan Visual	46
Lampiran 3. Program Mikrokontroler	47
Lampiran 4. Program Visual.....	51
Lampiran 5. Datasheet Ublox NEO-6M	59
Lampiran 6. Datasheet BMP-180	61
Lampiran 7. Datasheet Modul HM-TRP	63



RINGKASAN

Yoke Dadik Kristanto, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, Sistem Monitoring Sudut Lintasan *Payload* Terhadap Titik *Ground Control Station*, Dosen Pembimbing: M. Rif'an dan Nurussa'adah.

Kompetisi Muatan Roket Indonesia tingkat perguruan tinggi (KOMURINDO) adalah sarana pendidikan dan untuk menarik minat sekaligus menyiapkan calon perekayasa handal dalam teknologi roket dan antariksa. Tema KOMURINDO 2014 adalah *Long Range Attitude Monitoring of Ballistic Rocket RUM Payload* di mana kita harus memonitor sikap muatan roket di udara dengan kecepatan pengiriman data yang relatif tinggi, yaitu 57600 bps. Sistem yang terdapat dalam muatan roket memerlukan beberapa sensor untuk memonitor sikap. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai monitoring sikap berupa sudut lintasan muatan roket berdasarkan posisi *ground control station* dengan menggunakan *GPS receiver* dan sensor ketinggian yang dihubungkan dalam modul mikrokontroler. Monitoring sudut lintasan tersebut akan ditampilkan dalam aplikasi perangkat lunak visual yang memuat sudut horisontal dan sudut vertikal untuk mengetahui posisi muatan roket di udara dan posisi jatuhnya muatan roket.

Sistem ini menggunakan nilai garis lintang dan garis bujur dari *GPS receiver* Ublox NEO-6M untuk menghitung besar sudut horisontal, sedangkan sudut vertikal dihitung dari nilai garis lintang dan sensor ketinggian BMP-180 sesuai rumusan trigonometri. Garis lintang dan garis bujur digunakan untuk menentukan sudut lintasan horisontal berdasarkan rumus $\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$, dimana y adalah nilai garis lintang dan x adalah nilai garis bujur. Garis lintang dan nilai dari *barometric pressure* yang telah dikalkulasi menjadi ketinggian terhadap permukaan air laut digunakan untuk menentukan sudut lintasan vertikal berdasarkan rumus $\tan^{-1}\left(\frac{p}{q}\right)$, dimana p adalah nilai ketinggian dan q adalah nilai garis lintang.

Pengujian menunjukkan sistem monitoring dapat berfungsi dengan baik menampilkan nilai sudut lintasan horisontal dan sudut lintasan vertikal secara *realtime*. Sudut lintasan horisontal memiliki nilai rata-rata kesalahan sebesar 6.68% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 5 m, nilai rata-rata kesalahan sebesar 1.90% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 10 m, nilai rata-rata kesalahan sebesar 1.15% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 20 m. Sudut lintasan vertikal memiliki nilai rata-rata kesalahan sebesar 7.11%.

Kata kunci: KOMURINDO 2014, GPS, roket, monitoring, *ground control station*, sudut lintasan.

SUMMARY

Yoke Dadik Kristanto, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, July 2015, *Monitoring System of Rocket Payload Angle Tracks Against Ground Control Station Point*, Academic Supervisor: M. Rif'an and Nurussa'adah.

Indonesian Rocket Payload Competition college level (KOMURINDO) is an education and for attract prospective engineers to simultaneously prepare in rocket technology and space. KOMURINDO themes in 2014 is the Long Range Attitude Monitoring of Balistic Rocket Payload RUM where we have to monitoring the attitude of the rocket payload in the air with the speed of data transmission is relatively high at 57600 bps. The system of rocket payload need multiple sensors to do an attitudes monitoring. This study will be discussed on attitudes monitoring of rocket payload in the form of angle trajectory based on ground control station position using a GPS receiver and a altitude sensor that plugs into the microcontroller module. Monitoring of Angle Tracks will be displayed in visual application software that contains horizontal angle and vertical angle to determine the position of a rocket payload in air and fall positions of rocket payload.

This system uses the value of the latitude and longitude from Ublox NEO-6M GPS receiver to calculate the horizontal angle, while the vertical angle is calculated from the value of latitude and BMP-180 altitude sensors according the trigonometric formulas. Latitude and longitude are used to determine the angle of the horizontal trajectory based formula of $\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$, where y is latitude value and x is longitude value. Latitude and the barometric pressure value that has been calculated to be the height from sea level surface used to determine vertical angle trajectory based formula of $\tan^{-1}\left(\frac{p}{q}\right)$, where p is the value of altitude and q is the value latitude.

The tests show that the monitoring system can function properly display the horizontal angle trajectory value and vertical angle trajectory value in realtime. Horizontal trajectory angle has an average error value of 6.68% for 5 m rocket payload and GCS distance. The average error value of 1.90% is for 10 m rocket payload and GCS distance, and the average error value of 1.15% is for 20 m rocket payload and GCS distance. Vertical trajectory angle has an average error value of 7.11%.

Keywords: KOMURINDO 2014, GPS, rockets, monitoring, ground control station, angle of trajectory.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Roket merupakan salah satu wahana dirgantara yang memiliki makna strategis. 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. Tak dapat dipungkiri, suatu negara yang mampu menguasai teknologi ini akan disegani dalam percaturan politik dunia. Untuk itulah Kompetisi Muatan Roket Indonesia tingkat perguruan tinggi (KOMURINDO) setiap tahun sejak 2009 diadakan sebagai sarana pendidikan dan untuk menarik minat sekaligus menyiapkan calon perekayasa handal dalam teknologi roket dan antariksa ini.

Pada Kompetisi Muatan Roket Indonesia, setiap muatan roket yang dilombakan menggunakan komponen elektronika tertentu untuk mengukur parameter meteorologi. Penilaian lomba juga terdapat pada perilaku gerak roket. Sehingga, muatan roket dilengkapi dengan komponen elektronika seperti: sensor suhu, sensor kelembapan, sensor tekanan, modul kamera, sensor *magnetometer*, sensor *gyroscope*, sensor *accelerometer* dan *GPS receiver*.

Penelitian ini akan membahas mengenai penggunaan *GPS receiver* dan sensor ketinggian untuk memonitor sudut lintasan muatan roket terhadap posisi *Ground Control Station*. *GPS receiver* yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah Ublox NEO GPS-6M, sedangkan sensor ketinggian memakai BMP-180. Proses penyelesaian penelitian ini terbagi kedalam 2 tahap yaitu perancangan sistem muatan roket dan perancangan sistem *ground control station*. Perancangan sistem muatan roket meliputi *GPS receiver*, sensor BMP-180 (*altitude*) dan komponen-komponen elektronika. Untuk perancangan *ground control station* meliputi *software* antarmuka.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem elektronika yang dapat mengintegrasikan *GPS receiver* dan sensor ketinggian.
2. Bagaimana mengolah output *GPS receiver* dan sensor ketinggian (*Barometric pressure*) untuk menentukan sudut lintasan muatan roket dari posisi *GCS*.

3. Bagaimana keberhasilan sistem monitoring sudut lintasan *Payload* terhadap posisi *GCS*.

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada rumusan masalah yang telah dibuat, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

1. Alat yang dibuat berupa muatan roket.
2. Membahas akuisisi data GPS *receiver* dan sensor ketinggian BMP-180 pada sistem pemancar tanpa membahas komunikasi melalui frekuensi radio.
3. Modul GPS *receiver* yang digunakan Ublox NEO-6M.
4. Modul Mikrokontroler yang digunakan STM-32 ARM Cortex M3 Leaf Maple Mini
5. Pembahasan difokuskan pada pengolahan data GPS *receiver* dan sensor ketinggian.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat suatu alat pemantau sudut lintasan muatan roket berdasarkan titik *ground control station* untuk mengetahui posisi muatan roket di udara dan posisi jatuhnya muatan roket.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini terdiri atas enam bagian dengan sistematika sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Berisi tentang uraian latar belakang, tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat serta sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung perencanaan dan pembuatan sistem, yang meliputi modul sensor gy-89, GPS *receiver*, mikrokontroler STM32, radio frekuensi RC Timer, trigonometri, dan koordinat geografi.

Bab III Metodologi Penelitian

Membahas tentang metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini. Metode penelitian meliputi penentuan spesifikasi sistem, studi literatur, perancangan dan perealisasi alat, dan pengujian sistem.

Bab IV Perancangan

Berisi perancangan dan perealisasi sistem yang meliputi spesifikasi, perencanaan diagram blok, prinsip kerja dan realisasi sistem. Perancangan sistem tersebut yaitu perancangan catu daya, perancangan pengolahan data GPS *receiver*, perancangan

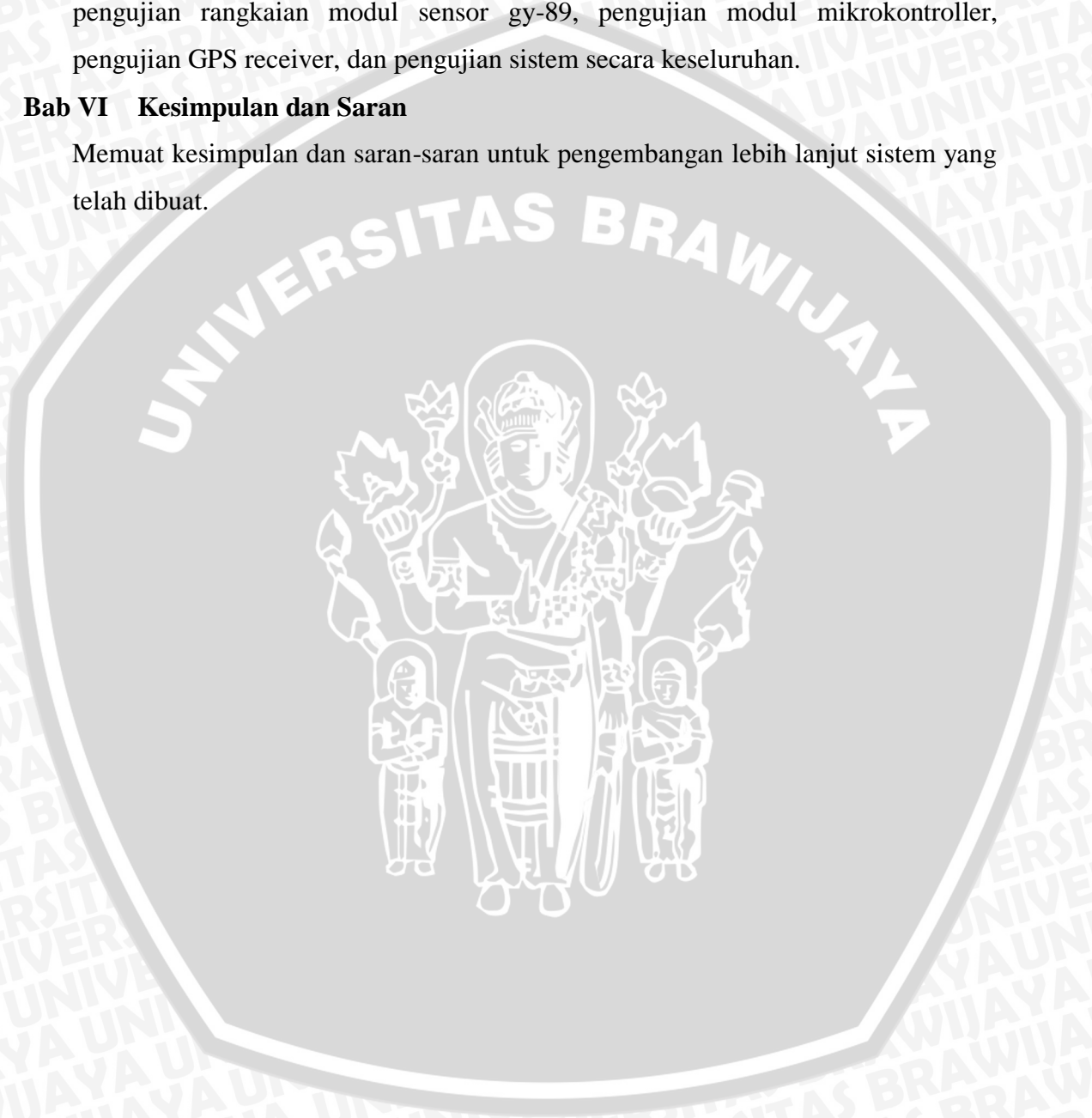
modul sensor gy-89, perancangan rangkaian modul mikrokontroller, dan perancangan *ground control station*.

Bab V Pengujian dan Analisis

Membahas tentang proses pengujian dan analisis data yang diperoleh dari sistem yang telah dibuat. Proses pengujian meliputi pengujian rangkaian catu daya, pengujian rangkaian modul sensor gy-89, pengujian modul mikrokontroller, pengujian GPS receiver, dan pengujian sistem secara keseluruhan.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut sistem yang telah dibuat.



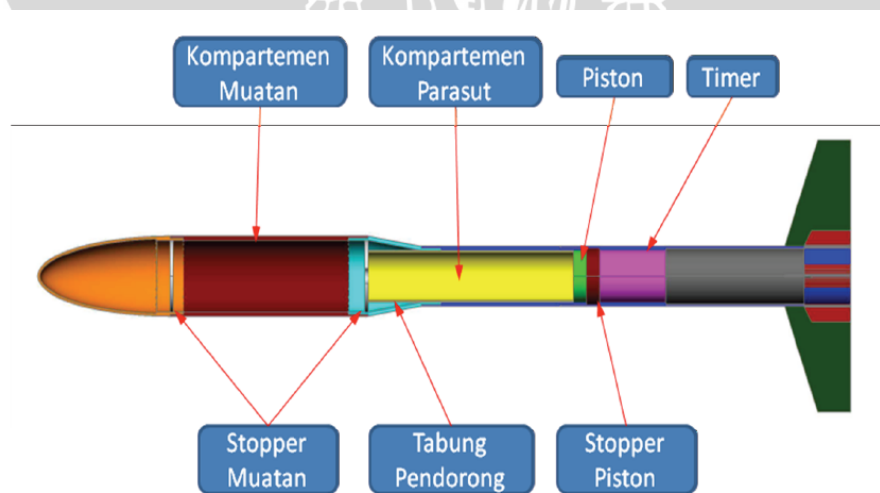
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tema KOMURINDO 2014 adalah *Long Range Attitude Monitoring of Balistic Rocket RUM Payload* di mana kita harus memonitor sikap muatan roket di udara dengan kecepatan pengiriman data yang relatif tinggi, yaitu 57600 bps. Dalam sistem yang terdapat dalam muatan roket diperlukan beberapa sensor untuk memonitor sikap. Pada penelitian ini dibahas bagian monitoring sikap berupa sudut lintasan dari posisi *ground control station* dengan menggunakan *GPS receiver* dan sensor ketinggian.

2.1 Muatan Roket

Muatan Roket dalam penelitian ini adalah muatan roket yang digunakan dalam KOMURINDO (Kompetisi Muatan Roket Indonesia). Tema KOMURINDO 2014 adalah *Long Range Attitude Monitoring of Balistic Rocket RUM Payload* dimana Kita harus memonitor sikap muatan roket di udara dengan kecepatan pengiriman data yang relatif tinggi, yaitu 57600 bps. Kompartemen roket ditunjukkan dalam Gambar 2.1, sedangkan spesifikasi teknis roket berdasarkan *rule book* KOMURINDO 2014 adalah:

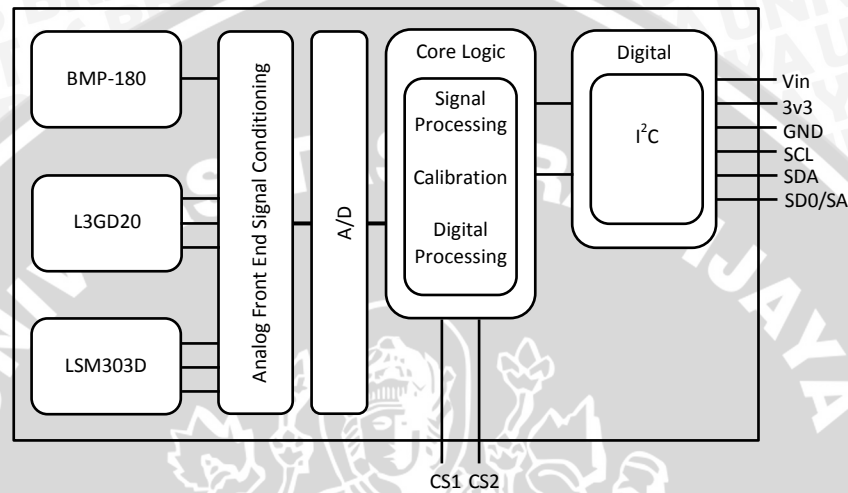
- Panjang Roket: 1230 mm.
- Diameter Roket: 76 mm.
- Berat Roket: 4.6 kg.
- Ketinggian: 600 m.
- Berat Muatan: 1kg.
- Dimensi Muatan: diameter 100 mm, tinggi 200 mm.
- Recovery: 2 parasut.
- Bahan Tabung: PVC.



Gambar 2.1 Kompartemen Roket RUM.
Sumber: LAPAN (2013:23).

2.2 Modul Sensor GY-89

Modul sensor gy-89 adalah unit pengukuran inersia yang menggabungkan 3 sensor dalam satu board yaitu sensor L3GD20 yang merupakan *3-axis gyroscope*, sensor LSM303D yang merupakan *3-axis Accelerometer* dan *Magnetometer*, dan sensor BMP-180 yang merupakan *barometric pressure and temperature sensor*. Modul sensor gy-89 memiliki regulator tegangan internal yang beroperasi pada tegangan 3,3V dan 5V. Gambar 2.2 menunjukkan diagram blok sensor gy-89.



Gambar 2.2 Diagram Blok Sensor Gy-89.

Sumber: Bosch (2014:13).

Modul sensor gy-89 memiliki 8 pin koneksi. Pin tersebut antara lain VIN, 3V3, GND, SCL, SDA, SD0/ SA0, CS1, CS2. Catu daya untuk sensor ini dapat menggunakan tegangan 5 V yang dihubungkan ke pin VIN atau tegangan 3,3 V yang duhubungkan ke pin 3V3. Modul sensor ini memerlukan suplai arus sebesar 8mA agar dapat bekerja. Pin SCL dan SDA harus terhubung ke I2C bus pada tingkat logika seperti VIN. Tabel 2.1 menunjukkan fungsi pin dari gy-89 untuk koneksi ke mikrokontroler dengan sistem I2C.

Tabel 2.1 Deskripsi Pin Gy-89

Register	Function
VIN	Pin untuk tegangan input sebesar 4.5 – 5.5 V
3V3	Pin untuk tegangan input sebesar 3.3 V
GND	Sistem Pentanahan di mana power supply dihubungkan dg 0 V
SCL	I^2C clock line, logika tinggi ketika VIN, rendah ketika 0 V
SDA	I^2C data line, logika tinggi ketika VIN, rendah ketika 0 V

2.3 GPS Receiver Ublox Neo - 6M

Modul GPS *receiver* ini berukuran sekitar 25mm x 35mm untuk modul, dan 25 x 25mm untuk antena, berfungsi sebagai penerima GPS (*Global Positioning System Receiver*) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memroses sinyal dari satelit navigasi. GPS *Processor* dari modul ini menggunakan Ublox NEO-6M GPS, penjejak posisi yang berkinerja tinggi dengan versi ROM terbaru (ROM7.03). Modul ini dapat memroses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu *Cold TTFF* (*Cold-Start Time-To-First-Fix*), waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total) kurang dari 27 detik, dan dapat dipercepat dengan fitur pemandu (*aiding*) hingga kurang dari 3 detik. Pada kondisi *hot start*, waktu TTFF yang dibutuhkan mencapai kurang dari 1 detik. Gambar 2.3 menunjukkan diagram blok GPS *receiver* Ublox Neo-6M.

Spesifikasi Teknis u-blox NEO-6M adalah:

- Tipe penerima: 50 kanal, GPS L1 frekuensi, C/A Code. SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS.
- Sensitivitas penjejak & navigasi: -161 dBm (rekuisi dari *blank-spot*: -160 dBm).
- Sensitivitas saat baru memulai: -147 dBm pada *cold-start*, -156 dBm pada *hot start*.
- Kecepatan pembaharuan data / *navigation update rate*: 5 Hz.
- Akurasi penetapan lokasi GPS secara horisontal: 2,5 meter (SBAS = 2m).
- Akurasi kecepatan: 0,1 meter / detik.
- Akurasi arah (*heading accuracy*): 0,5°.
- Batasan operasi: daya tarik maksimum 4x gravitasi, ketinggian maksimum 50 Km, kecepatan maksimum 500 meter / detik (1800 km/jam).

NEO-6 Top View			
13	GND	GND	12
14	MOSI/CFG_COM0	RF_IN	11
15	MISO/CFG_COM1	GND	10
16	CFG_GPS0/SCK	VCC_RF	9
17	Reserved	Reserved	8
18	SDA2	VDDUSB	7
19	SCL2	USB_DP	6
20	TxD1	USB_DM	5
21	RxD1	EXTINT0	4
22	V_BCKP	TIMEPULSE	3
23	VCC	SS_N	2
24	GND	Reserved	1

Gambar 2.3 Diagram Blok Ublox Neo-6M.

Sumber: U-Blox (2013:6).

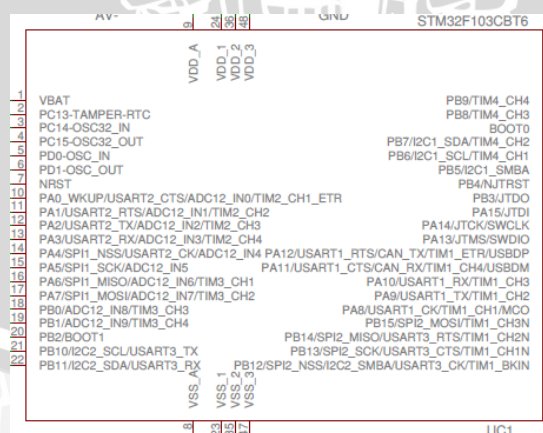
Modul GPS *receiver* memiliki 6 pin koneksi untuk GPS dan 4 pin untuk koneksi kompas. Pin koneksi GPS dihubungkan pada mikrokontroler, dengan menggunakan sistem UART. Tabel 2.2 menunjukkan Deskripsi pin GPS.

Tabel 2.2 Deskripsi Pin GPS

Pin	Pin Name	Description
1	GND	Grounding of Power Supply
2	VIN	Power Supply DC
3	GND	Grounding of Power Supply
4	RXD	Serial data receiver end
5	TXD	Serial data transmitting end
6	1PPS	For interrupt purpose

2.4 STM32 ARM Cortex M3 Leaflabs Maple mini

Leaflabs Maple Mini adalah modul mikrokontroler yang mempunyai inti mikroprosesor STM32F103RB (ARM Cortex M-3). Maple mempunyai kecepatan maksimal 72 MHz, 39 pin input/output digital, 16 pin input analog, *full speed* USB, 3 UART (antarmuka serial), terintegrasi SPI/I2C, power jack, dan tombol reset. Maple dapat diprogram melalui USB via *DFU bootloader*, tidak memerlukan tambahan *hardware*. Pengguna juga dapat memprogram melalui program *flash via* JTAG eksternal. Program Maple kompatibel dengan *software* Arduino untuk *uploader*-nya. Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi pin STM32F103RB sebagai inti pada modul maple mini.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin STM32F103RB.

Sumber: Leaflabs (2012:1).

2.5 RC Timer Telemetry Kit 433MHz

RC Timer Telemetry Kit 433MHz merupakan modul *Radio Frekuensi* menggunakan daya rendah yang dirancang untuk mentransmisikan data secara serial

(UART) dalam jarak pendek. RC Timer Telemetry Kit 433MHz terdiri dari komponen terintegrasi yang dapat bekerja dalam dua arah yaitu dapat sebagai pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Perangkat ini dapat secara langsung dikoneksikan dengan *processor*, PC, ataupun modul mikrokontroler.

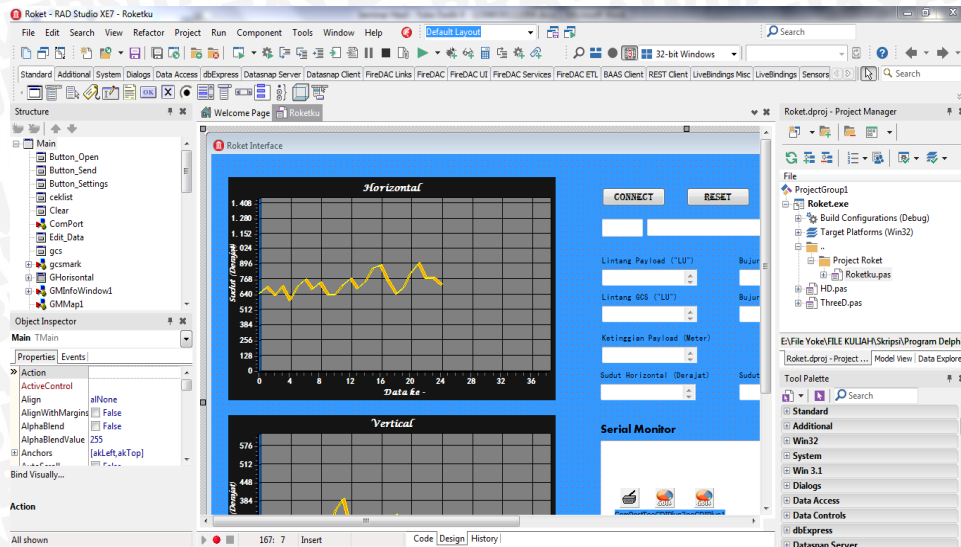
Fitur-fitur yang dimiliki RC Timer Telemetry Kit 433MHz adalah sebagai berikut:

- Antarmuka yang menggunakan USB TTL.
- Sensitivitas *receiver* ke -121 dBm.
- Transmit daya hingga 20dBm (100mW).
- Kecepatan data hingga 250kbps Air.
- Protokol MAVLink framing dan status pelaporan.
- Frekuensi *hopping spread spectrum* (FHSS).
- Waktu *Adaptive division multiplexing* (TDM).
- Dukungan untuk LBT dan AFA.
- Dapat digunakan dengan penguat bi-directional untuk menambah daya jangkauan transmisi.
- AT perintah untuk konfigurasi radio.
- RT perintah untuk konfigurasi radio jarak jauh.
- HM-TRP modul radio , dengan Si1000 8051 *microcontroller* dan modul radio Si4432.

2.6 RAD Studio XE 7

IDE atau Integrated Development Environment merupakan lingkungan kerja yang disediakan oleh RAD Studio XE 7 untuk para user dalam mengembangkan proyek aplikasi. IDE dalam RAD Studio XE 7 memiliki beberapa fitur, diantaranya adalah *Multi Device Designer*, *FireMonkey*, *MultiView Component*, *Enterprise Mobility Services*, *App Connectivity with App app Tethering Rest and Bluetooth*, *Parallel Computing Library*, *Object Pascal Language Enhancements*, dan fitur - fitur lain.

RAD Studio XE 7 menyediakan dua bahasa pemrograman dalam membuat aplikasi perangkat lunak, yaitu bahasa pemrograman Delphi dan C++. Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi *visual*. Keunggulan bahasa pemrograman ini terletak pada produktivitas, kualitas, *software development*, kecepatan kompilasi, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan pemrogramannya yang terstruktur. Gambar 2.5 menunjukkan tampilan IDE RAD Studio XE 7.



Gambar 2.5 IDE RAD Studio XE 7.

2.8 Koordinat Geografi

Sistem koordinat geografi digunakan untuk menunjukkan suatu titik di Bumi berdasarkan garis khayal, yaitu garis khayal lintang (*latitude*) dan garis khayal bujur (*longitude*). Garis lintang adalah garis khayal yang digunakan untuk menentukan lokasi di Bumi terhadap garis khatulistiwa. Posisi lintang merupakan penghitungan sudut dari 0° di khatulistiwa sampai ke $+90^\circ$ di kutub utara dan -90° di kutub selatan. Garis Bujur menggambarkan lokasi sebuah tempat di timur atau barat Bumi dari sebuah garis utara-selatan yang disebut Meridian Utama. *Longitude* diberikan berdasarkan pengukuran sudut yang berkisar dari 0° di Meridian Utama ke $+180^\circ$ arah timur dan -180° arah barat.

Berikut adalah konversi besaran yang sering digunakan dalam menghitung jarak pada peta koordinat Geografi:

- 1 derajat (lintang/bujur) = 111.322 Km.
- 1 derajat (lintang/bujur) = 60 menit.
- 1 menit (lintang/bujur) = 1.885,37 meter.
- 1 detik (lintang/bujur) = 30.9227 meter.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan penelitian ini berdasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasiikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

3.1 Penentuan Spesifikasi Sistem

Penentuan spesifikasi dari alat ini, bertujuan agar dapat dibuat sesuai yang diinginkan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Alat mampu menunjukkan posisi dalam garis lintang dan garis bujur.
2. Mikrokontroler yang digunakan dapat berkomunikasi secara serial (UART dan I2C).
3. GPS *receiver* yang digunakan adalah Ublox NEO-6M.
4. Sensor ketinggian yang digunakan adalah Modul sensor gy-89.
5. Catu daya baterai 5 V, 3800 mAh.
6. *Radio Telemetry* yang digunakan adalah RC Timer Telemetry Kit 433MHz.

Perangkat lunak (berupa software antarmuka/ interface software) yang dapat memonitor sudut lintasan muatan roket.

3.2 Studi Literatur

Dalam penyusunan karya tulis ini, pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (*library research*), penelusuran informasi digital, dan wawancara narasumber dengan sasaran tinjauan antara lain:

1. Informasi internet.
2. Pustaka-pustaka referensi.
3. Pustaka penunjang.

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan perealisasiian alat. Teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

1. Teori mengenai rangkaian sensor yang berfungsi merubah besaran fisik menjadi besaran elektrik.
2. Teori umum mengenai *barometric pressure*.
3. Teori umum mengenai GPS *receiver*.
4. Teori mengenai rangkaian modul sensor gy-89.

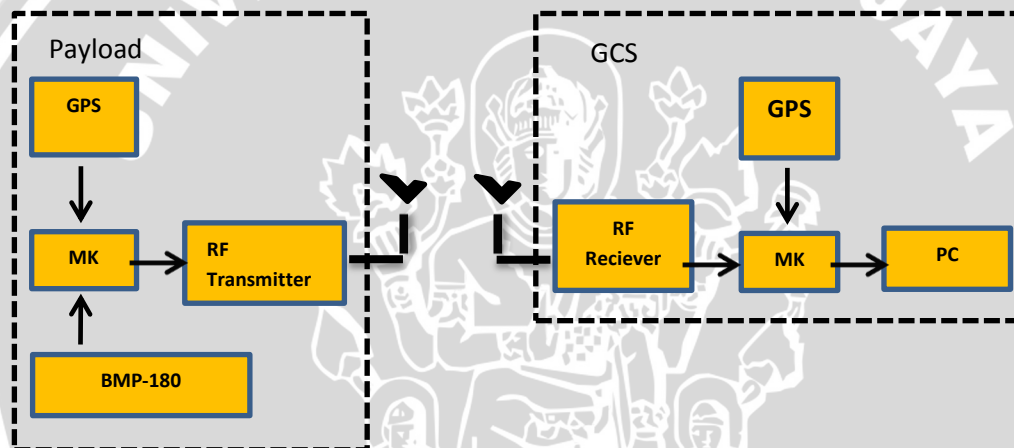
5. Teori mengenai penghitungan sudut berdasarkan posisi koordinat.
6. Sistem Pemrograman Mikrokontroller Leaf labs Maple Mini.
7. Aplikasi perangkat lunak RAD Studio XE7 yang digunakan untuk menampilkan data sudut lintasan muatan roket dalam bentuk visual dan grafik.

3.3 Perancangan dan Perealisasian Alat

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

3.3.1 Diagram Blok

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan dan perealisasian alat berjalan secara sistematis. Diagram blok sistem yang dirancang ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu diagram blok pada bagian *payload* dan diagram blok pada bagian *GCS*. Diagram blok sistem ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

Penjelasan mengenai diagram blok sistem di atas adalah sebagai berikut:

1. GPS *receiver* Ublox NEO-6M berfungsi untuk mengambil data lintang dan bujur posisi muatan roket.
2. Sensor BMP-180 berfungsi mengukur ketinggian muatan roket ketika meluncur di udara.
3. Modul mikrokontroller Leaf labs Maple Mini berfungsi untuk mengakomodasi *output* GPS *receiver* dan modul sensor gy-89. Modul mikrokontroller kemudian melakukan pengolahan data.
4. RF *transmitter-receiver* berfungsi sebagai pengirim dan penerima data dari muatan roket ke GCS.
5. Laptop berfungsi untuk memonitor sudut lintasan muatan roket berdasarkan posisi GCS menggunakan aplikasi perangkat lunak.

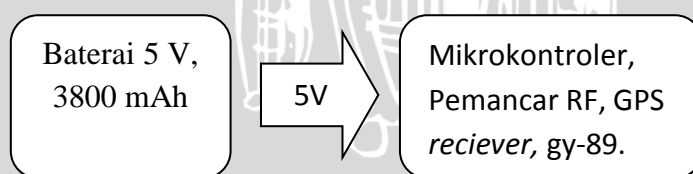
3.3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri atas beberapa bagian, yaitu perancangan rangkaian catu daya untuk kebutuhan sistem, perancangan antarmuka modul sensor gy-89, perancangan antarmuka modul mikrokontroler, perancangan kerangka muatan roket, dan perancangan rangkaian *Ground Control Station*.

3.3.2.1 Perancangan Rangkaian Catu Daya

Dalam perencanaan catu daya dirancang berdasarkan hasil penghitungan daya beban. Beban-bekan tersebut adalah mikrokontroler, sensor ketinggian, *radio telemetry* dan GPS *receiver*. Diagram blok rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 3.2. Penghitungan daya beban adalah:

1. Arus untuk mencatu modul mikrokontroler sebesar 150 mA. Daya yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar $5\text{ V} \times 150\text{ mA} = 750\text{ mW}$.
2. Arus yang dibutuhkan oleh pemancar RC Timer Telemetry sebesar 100 mA. Daya yang dibutuhkan pemancar RC Timer Telemetry sebesar $5\text{ V} \times 100\text{ mA} = 500\text{ mW}$.
3. Arus untuk mencatu modul sensor gy-89 sebesar 8 mA. Daya yang dibutuhkan modul sensor gy-89 sebesar $5\text{ V} \times 8\text{ mA} = 40\text{ mW}$.
4. Arus untuk mencatu modul GPS *receiver* sebesar 40 mA. Daya yang dibutuhkan modul GPS *receiver* sebesar $5\text{ V} \times 40\text{ mA} = 200\text{ mW}$.
5. Dengan total arus pada alat sebesar 198 mA atau mendekati 200 mA maka *power bank* Sony X-311 dapat bertahan untuk mensuplai seluruh sistem selama kurang lebih $\frac{3800\text{ mAh}}{198\text{ mA}} \approx 19\text{ h(jam)}$.

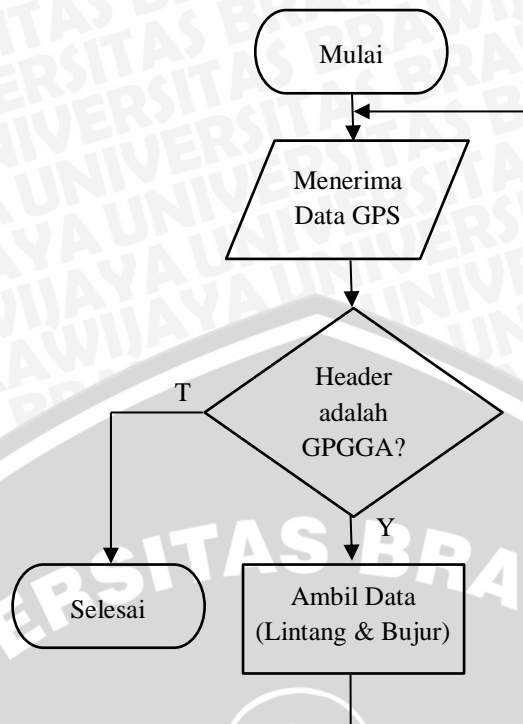


Gambar 3.2 Diagram Blok Catu Daya.

Berdasarkan penghitungan daya beban baterai dengan spesifikasi 5V, 3800 mAh cukup untuk mencatu seluruh beban.

3.3.2.2 Perancangan Pengambilan Data GPS Receiver

Perancangan ini bertujuan untuk melakukan pengolahan data mentah pada keluaran modul GPS *receiver*. Data keluaran yang diambil adalah data koordinat, yaitu nilai garis lintang dan garis bujur. Diagram alir untuk perancangan pengambilan data GPS *receiver* ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Pengambilan Data GPS.

Data dengan *header* GPGGA di-*parse* untuk mengambil data *latitude* dan *longitude* dan diolah agar sesuai dengan format data pada *rule* lomba. Data yang telah diolah dikirimkan menuju GCS.

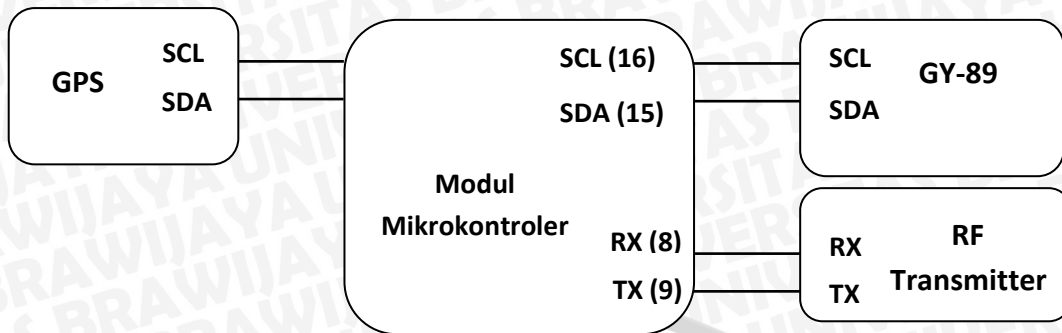
3.3.2.3 Perancangan Antarmuka Sensor GY-89

Dalam perancangan, diinginkan beberapa parameter agar diperoleh nilai ketinggian muatan roket berdasarkan pengukuran *barometric pressure*. Pengaturan parameter tersebut adalah:

1. Modul sensor bekerja pada mode normal.
2. Sensor BMP-180 mampu mengukur *barometric pressure* secara kontinu.
3. *Sampling rate* sebesar 10 *samples/s*.
4. *Sampling tekanan* pada *normal mode*.
5. *Conversion pressure time* pada *Standard mode*.
6. Tidak menggunakan *interrupt*.

3.3.2.4 Perancangan Antarmuka Modul Mikrokontroler

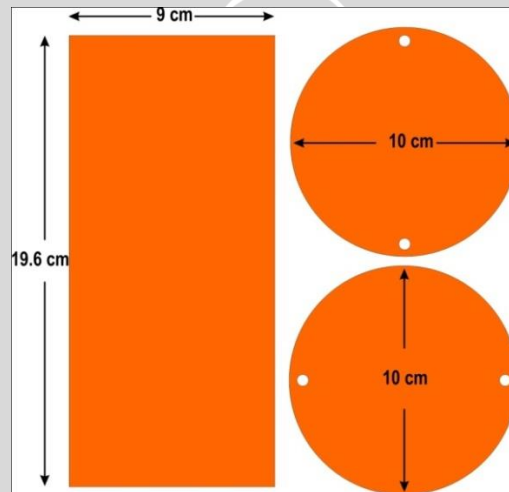
Pin SDA dan SCL modul sensor gy-89 terhubung dengan pin 15 dan pin 16 modul mikrokontroler Leaf labs Maple Mini. Pin RX dan pin TX pada RF RC Timer Telemetry Kit 433MHz terhubung dengan pin 8(tx2) dan pin 9(rx2) modul mikrokontroler Leaf labs Maple Mini. Sebagaimana dijelaskan dalam diagram blok antarmuka mikrokontroler dalam Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Blok Antarmuka Modul Mikrokontroler.

3.3.2.5 Perancangan Kerangka Muatan Roket

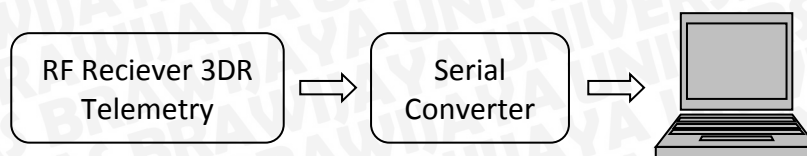
Bentuk kerangka muatan roket dirancang memiliki diameter 10 cm untuk kerangka lingkaran atas dan kerangka lingkaran bawah, serta 20cm untuk tinggi kerangka muatan roket. Bahan dasarnya berupa mika *acrylic*. Bentuk kerangka muatan roket ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Bentuk Kerangka Muatan Roket.

3.3.2.6 Perancangan Rangkaian *Ground Control Station*

Ground Control Station memiliki rangkaian elektrik yang berupa modul RF Transceiver RC Timer Telemetry Kit yang berfungsi meneruskan data yang dikirim dari dan menuju komputer. Komputer menerima dan mengirimkan data melalui komunikasi serial(USB). Data yang diterima komputer ditampilkan dalam bentuk visual dan grafik. Diagram blok rangkaian *ground Control station* ditunjukkan dalam Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram Blok Rangkaian *Ground Control Station*.

3.3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Data yang dikirim modul sensor gy-89 dan GPS *receiver* diolah dahulu melalui program mikrokontroler untuk mendapatkan data lintang, bujur, ketinggian yang valid. GCS kemudian mengirim data lintang dan bujur ke payload sebagai acuan penghitungan sudut lintasan. Mikrokontroler kemudian mengolah data yang diperoleh dari GCS dan data yang diperoleh dari pembacaan sensor ketinggian dan GPS *receiver*.

3.4 Deskripsi Cara Kerja Sistem

Cara kerja alat ini yaitu, GPS *receiver* akan menerima data koordinat lintang dan bujur sebagai posisi muatan roket. Modul sensor gy-89 diletakkan pada muatan roket, Sensor BMP-180 dalam modul sensor ini akan menunjukkan ketinggian dari muatan roket. Data tersebut kemudian dilakukan pengolahan dan dikirimkan dalam modul mikrokontroler Leaf Labs Maple Mini dengan menggunakan jalur komunikasi *Inter Integrated Circuit* (I2C). Dalam mikrokontroler, pengolahan yang dilakukan meliputi proses kalkulasi data sensor. Selanjutnya, data akan dikirim melalui RF (*Radio Frequency*) RC Timer Telemetry Kit secara serial ke *ground control segment*, dan ditampilkan secara *real time* dalam bentuk visual dan grafik dengan menggunakan RAD Studio XE 7.

3.5 Pengujian Sistem

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan kemudian secara keseluruhan sistem. Hal ini diperlukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing blok (kelayakan dari masing-masing komponen) serta memudahkan kita dalam proses *troubleshooting*. Secara garis besar pengujian sistem dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian Rangkaian Catu Daya.

Pengujian catu daya dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran yang dihasilkan, baik dalam keadaan tanpa beban maupun berbeban, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

2. Pengujian Rangkaian Modul Sensor GY-89

Pengujian sensor ini dilakukan dengan menganalisis pembacaan sensor terhadap nilai ketinggian muatan roket. Percepatan terukur dalam satu sumbu. Nilai keluaran sensor akan dibandingkan dengan hasil perhitungan berdasarkan *datasheet* sensor.

3. Pengujian Modul GPS *Receiver*

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan modul GPS *receiver* dengan PC menggunakan antarmuka UART melalui modul mikrokontroler. Data dari GPS diuji validitasnya dengan membandingkan dengan *header* \$GPRMC. Setelah valid, data di-*parsing* untuk mengambil data lintang dan bujur.

4. Pengujian Modul Mikrokontroler

Pengujian modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini dilakukan pada perangkat UART dengan mengirim data dari mikrokontroler ke perangkat komputer. Pengiriman ke perangkat komputer melalui komunikasi serial. Keluaran yang tampak pada PC/laptop diharapkan sesuai dengan data yang dikirim oleh mikrokontroler.

5. Pengujian Perangkat Lunak Delphi

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan menguji bentuk performansi grafik dan respon grafik ketika diberi masukan oleh alat. Grafik menampilkan bentuk performansi pada sudut horisontal dan vertikal terhadap waktu yang kemudian diintegrasikan sehingga membentuk suatu grafik.

6. Pengujian Modul RC Timer Telemetry Kit 433 MHz

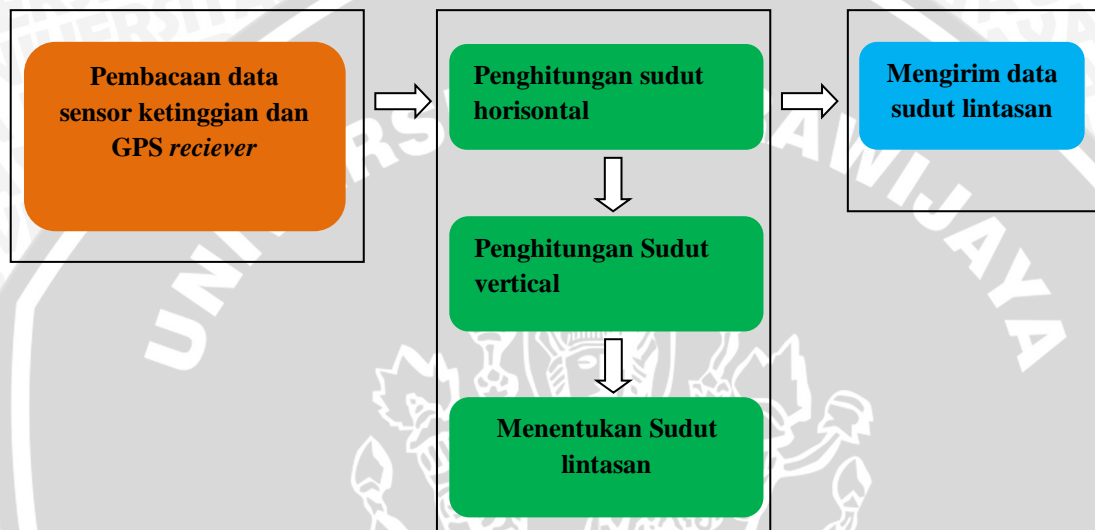
Pengujian ini dilakukan dengan memberikan data masukan pada mikrokontroler, alat dikondisikan terletak jauh dari PC/ laptop sebagai penampil keluarannya, kemudian menganalisis apakah keluaran yang ditampilkan sesuai dengan data masukannya. Pengujian ini dilakukan secara terus – menerus dengan mengubah jarak peletakan alat terhadap PC/laptop, untuk menganalisis pengaruh jarak terhadap *noise* yang ada.

7. Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Pengujian sistem dilakukan dengan merangkai secara keseluruhan masing-masing blok yang dibuat kemudian menganalisis hasil akhir pembacaan terhadap Nilai sebenarnya.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bagan skematik umum sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknnya maupun secara keseluruhan. Blok pertama dimulai dengan pembacaan data sensor kemudian blok kedua pengolahan pada modul mikrokontroller dan blok ketiga adalah pengiriman data yang telah melalui proses penghitungan. Bagan skematik umum sistem ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Skematik Umum Sistem.

Penjelasan mengenai bagan skematik umum sistem Gambar 4.1 adalah sebagai berikut:

- 1) Masukan data sensor ketinggian dan GPS *receiver* berupa data mentah *barometric pressure*, garis lintang dan garis bujur.
- 2) Data garis lintang dan garis bujur digunakan dalam menentukan sudut horisontal lintasan muatan roket terhadap posisi *GCS* berdasarkan rumusan $\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$.
- 3) Data *barometric pressure* dan koordinat GPS digunakan untuk menentukan sudut vertikal lintasan muatan roket terhadap posisi *GCS* berdasarkan rumusan $\tan^{-1}\left(\frac{p}{q}\right)$.
- 4) Keluaran data sudut horisontal dan vertikal dikirimkan melalui radio frekuensi menuju *ground control station*.

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri atas:

- Bagan skematik umum sistem.
- Perancangan Perangkat Keras.
- Perancangan Perangkat Lunak.

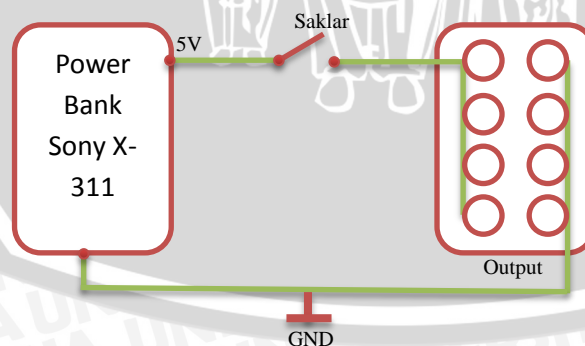
4.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan sistem elektrik pada *payload* terdiri atas beberapa bagian, yaitu: perancangan catu daya, perancangan rangkaian modul mikrokontroler, perancangan antarmuka modul sensor gy-89, perancangan RF transceiver dan Perancangan sistem elektrik *ground station*.

4.1.1 Perancangan Rangkaian Catu Daya

- 1) Arus untuk mencatu modul mikrokontroler sebesar 150 mA. Daya yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar $5\text{ V} \times 50\text{ mA} = 250\text{ mW}$.
- 2) Arus yang dibutuhkan oleh pemancar RC Timer Telemetry sebesar 100 mA. Daya yang dibutuhkan pemancar RC Timer Telemetry sebesar $5\text{ V} \times 100\text{ mA} = 500\text{ mW}$.
- 3) Arus untuk mencatu modul sensor gy-89 sebesar 8 mA. Daya yang dibutuhkan modul sensor gy-89 sebesar $5\text{ V} \times 8\text{ mA} = 40\text{ mW}$.
- 4) Arus untuk mencatu modul GPS *receiver* sebesar 40 mA. Daya yang dibutuhkan modul GPS *receiver* sebesar $5\text{ V} \times 40\text{ mA} = 200\text{ mW}$.
- 5) Dengan total arus pada alat sebesar 198 mA atau mendekati 200 mA maka *power bank* Sony X-311 dapat bertahan untuk mensuplai seluruh sistem selama kurang lebih $\frac{3800\text{ mAh}}{198\text{ mA}} \approx 19\text{ h(jam)}$.

Dari rincian tersebut diperoleh daya maksimum yang dibutuhkan rangkaian adalah sebesar 0,990 W. Catu daya menggunakan *power bank* Sony X-311 yang dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5 V dengan arus maksimal sebesar 1000 mA sudah dapat memenuhi kebutuhan keseluruhan sistem. Skematik rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 4.2.

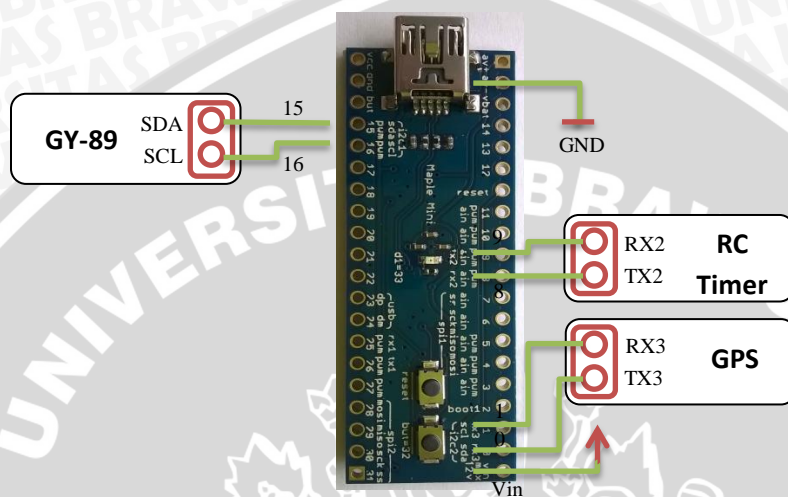


Gambar 4.2 Skematik Rangkaian Catu Daya.

4.1.2 Perancangan Antarmuka Modul Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah STM32F103RB yang terangkai pada modul mikrokontroler Leafflabs Maple Mini, berfungsi untuk mengolah data modul sensor gy-89 dan GPS *receiver*. Dalam modul sensor gy-89

terdapat sensor *barometric pressure* yang digunakan untuk menentukan ketinggian muatan roket, sedangkan *GPS receiver* dalam perancangan adalah Ublox NEO-6M yang berfungsi untuk menentukan letak/ posisi muatan roket di permukaan bumi dari mulai diluncurkan sampai melakukan proses *homing*. Modul *RF Transceiver* yang dipasang pada muatan roket berfungsi untuk meneruskan data yang dikirim dari dan menuju mikrokontroller. Antarmuka modul mikrokontroller ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



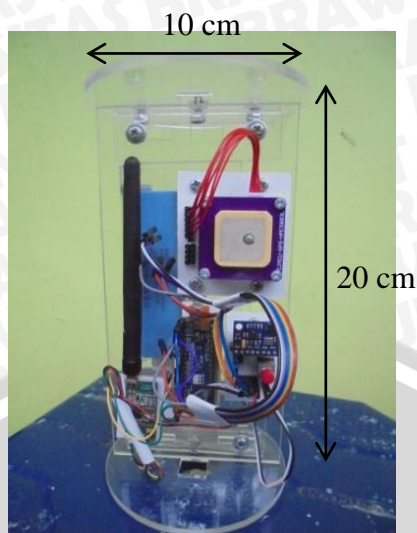
Gambar 4.3 Antarmuka Modul Mikrokontroller.

Pembagian pin modul mikrokontroler dalam perancangan alat ini adalah :

- 1) Pin GND dihubungkan dengan ground dari rangkaian catu daya.
- 2) Pin Vin dihubungkan dengan tegangan 5V dari rangkaian catu daya.
- 3) Pin 0 digunakan sebagai jalur penerima data serial *receiver*(Rx) dari *GPS receiver* Ublox NEO-6M.
- 4) Pin 1 digunakan sebagai jalur pengirim data serial *transmitter*(Tx) kepada *GPS receiver* Ublox NEO-6M.
- 5) Pin 8 digunakan sebagai jalur penerima data serial *receiver*(Rx) dari RF.
- 6) Pin 9 digunakan sebagai jalur pengirim data serial *transmitter*(Tx) kepada RF.
- 7) Pin 15 digunakan sebagai jalur SDA untuk modul sensor gy-89.
- 8) Pin 16 digunakan sebagai jalur SCL untuk modul sensor gy-89.

4.1.3 Perancangan Kerangka Muatan Roket

Dalam perancangan mekanik *payload*, bahan yang digunakan adalah mika *acrylic* dengan tebal 3 mm untuk kerangka yang berbentuk persegi panjang dan tebal 4 mm untuk kerangka lingkaran atas dan kerangka lingkaran bawah. *Payload* berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Kerangka muatan roket ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Kerangka Muatan Roket.

4.1.4 Perancangan Antarmuka *Ground Control Station*

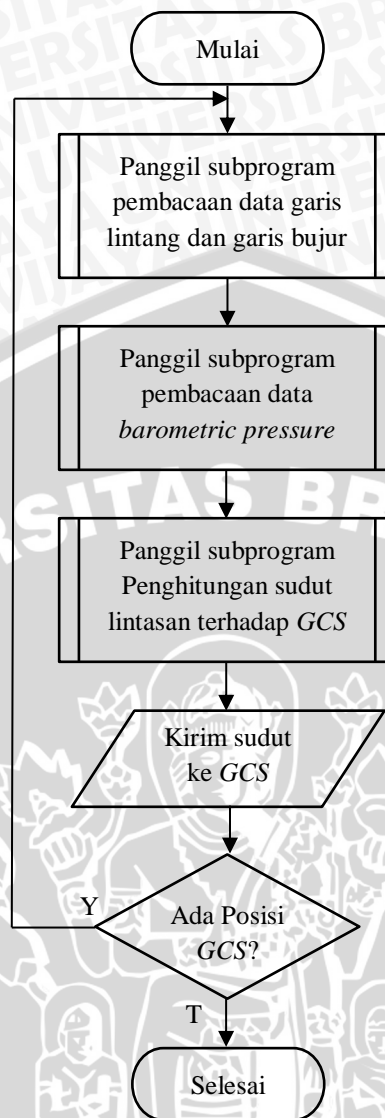
Ground Control Station memiliki rangkaian elektrik yang berupa modul RF Receiver RC Timer yang berfungsi meneruskan data yang dikirim dari dan menuju komputer. Komputer menerima dan mengirimkan data melalui komunikasi serial(USB). Sehingga untuk menghubungkan modul RF receiver RC Timer dengan komputer cukup dengan menghubungkan USB port pada komputer/ Laptop.

4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan program perangkat lunak dibagi menjadi dua garis besar, yaitu program utama dan program perangkat lunak *ground control station*. Program utama terdiri dari subprogram pembacaan data GPS receiver, subprogram pembacaan data sensor BMP-180, dan subprogram penghitungan sudut lintasan muatan roket terhadap posisi *ground control station*. Program perangkat lunak *ground control station* berupa tampilan visual dalam angka dan grafik.

4.2.1 Program Utama

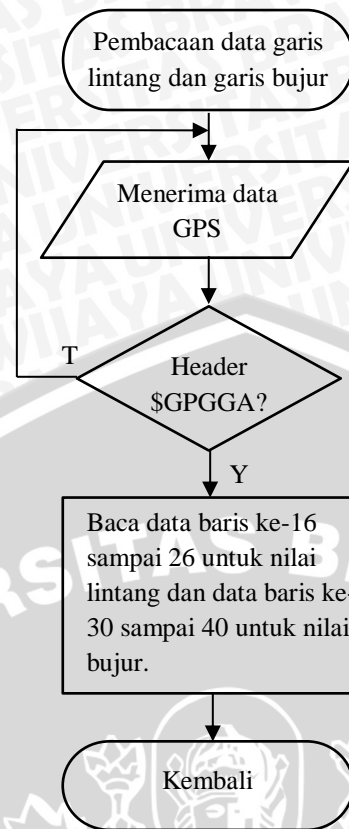
Tujuan program utama adalah mengatur urutan kerja sistem yang diwujudkan melalui suatu algoritma, sehingga sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi pengambilan data garis lintang dan garis bujur, ketinggian muatan roket berdasarkan *barometric pressure* dan perhitungan sudut lintasan. Pengambilan data GPS receiver dan Sensor BMP-180 akan dijelaskan lebih lanjut di penjelasan sub program. Data berupa sudut kemudian dikirimkan untuk kemudian dapat dilihat di komputer melalui Program visual. Algoritma program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram Alir Program Utama.

4.2.2 Subprogram Pembacaan Data GPS Receiver

Data yang diperoleh dari GPS receiver adalah data mentah berdasarkan header atau format protokol tertentu. Pada GPS receiver Ublox NEO-6M menggunakan protokol NMEA-0183. Setiap data dimulai dengan karakter '\$' kemudian diikuti oleh lima karakter yang merupakan header format. Header format membawa informasi spesifik yang dapat diterjemahkan oleh pengguna, tiap informasi dipisahkan oleh tanda koma. Perancangan ini menggunakan header GPGGA (Global Positioning System Fixed Data). Dari header GPGGA dapat di-parsing sehingga diperoleh nilai koordinat berupa informasi garis lintang dan garis bujur. Nilai garis lintang dan garis bujur pada subprogram Pembacaan data GPS receiver, ditunjukkan oleh diagram alir dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram Alir Pembacaan GPS Receiver.

4.2.3 Subprogram Pembacaan Data *Barometric Pressure*

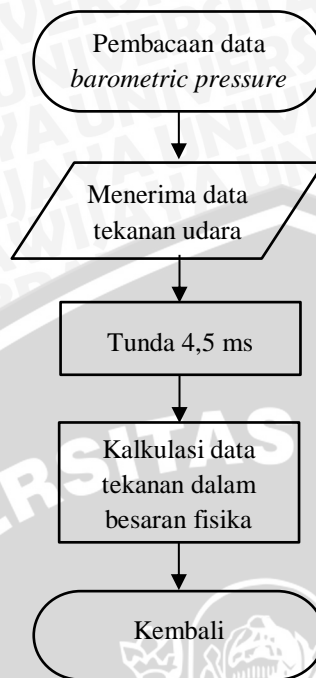
Data yang diperoleh dari sensor BMP-180 masih berupa *barometric pressure*, sehingga perlu melakukan penghitungan untuk mengubah besaran tekanan menjadi besaran fisik ketinggian. Perancangan ini menggunakan rumus *absolute altitude* dengan p adalah tekanan yang terukur oleh sensor dan p_0 adalah tekanan *absolute* pada permukaan air laut yaitu sebesar 1013,25 hPa, ketinggian yang terukur dalam satuan meter sesuai dengan Persamaan 4.1 (Bosch, 2013:16).

$$\text{Altitude} = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{P}{P_0} \right)^{\frac{1}{5,255}} \right) \quad (4.1)$$

Sensor BMP-180 memiliki resolusi pembacaan *barometric pressure* sebesar 0,01 hPa. Berdasarkan Persamaan 4.1 diperoleh resolusi ketinggian sebesar 0,08 m untuk setiap kenaikan nilai *barometric pressure* sebesar 0,01hPa. Penghitungan resolusi ketinggian dengan p sebesar 1013,24 hPa yaitu:

$$\begin{aligned} A1 &= 44330 \times \left(1 - \left(\frac{1013,24}{1013,25} \right)^{\frac{1}{5,255}} \right) \\ &= 44330 \times (1 - 0,99)^{0,19} \\ &= 0,08 \text{ m} \end{aligned}$$

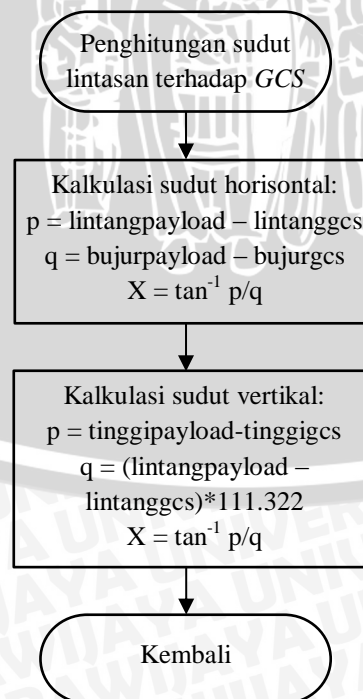
Diagram alir untuk memperoleh data ketinggian muatan roket ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Alir Pembacaan Data *Barometric Pressure*.
Sumber: Bosch (2014:11).

4.2.4 Subprogram Penghitungan Sudut Lintasan *Payload* Terhadap GCS

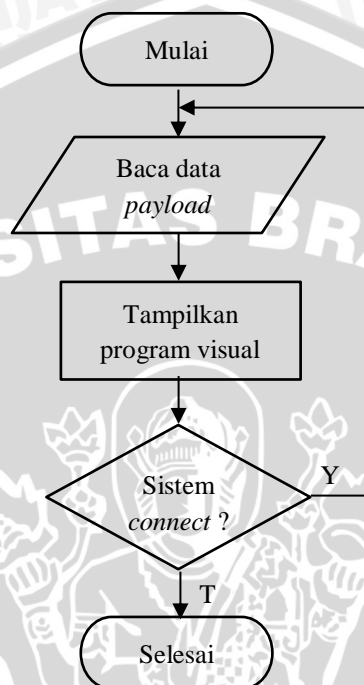
Diagram Alir subprogram penghitungan sudut lintasan *payload* terhadap posisi GCS ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram Alir Subprogram Penghitungan Sudut Lintasan *Payload*.

4.4.5 Program Perangkat Lunak *Ground Control Station*

Perancangan *ground control station* merupakan program untuk menampilkan hasil keluaran akhir dari keseluruhan proses pengolahan data, yaitu berupa tampilan visual dalam angka dan grafik. Tampilan visual dibuat dengan menggunakan RAD Studio XE 7. Diagram alir program perangkat lunak *ground control station* ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram Alir Program *Ground Control Station*.

Perangkat lunak *ground control station* bekerja ketika ada data yang masuk melalui RF *receiver* yang terdapat pada komputer. Data tersebut membawa informasi yang berasal dari muatan roket. Informasi tersebut memiliki urutan/ format tertentu. Masing-masing informasi dipisahkan oleh satu spasi. Perangkat lunak kemudian mengurai informasi tersebut.

Urutan pertama yang terdapat dalam informasi adalah *header*(kode tim), kemudian urutan yang kedua dan ketiga adalah nilai garis lintang dan nilai garis bujur pada muatan roket. Urutan keempat dan kelima adalah nilai garis lintang dan nilai garis bujur pada *ground control station*. Urutan keenam dan ketujuh masing-masing adalah ketinggian muatan roket dan ketinggian *ground control station*. Urutan kedelapan dan kesembilan adalah nilai sudut horisontal dan sudut vertikal lintasan muatan roket berdasarkan posisi *ground control station*. Setelah informasi tersebut diurai, perangkat lunak kemudian menampilkannya pada tampilan visual komputer dalam bentuk angka dan grafik.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian dilakukan di tiap-tiap blok. Tujuan pengujian tiap blok adalah untuk mengamati apakah tiap blok rangkaian sudah sesuai dengan perancangan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui nilai sudut lintasan dari posisi *GCS*.

5.1 Pengujian Catu Daya

5.1.1 Tujuan

Pengujian catu daya bertujuan untuk mengetahui apakah catu daya (*power bank*) dapat mengeluarkan tegangan sesuai dengan perancangan saat tanpa beban dan saat berbeban.

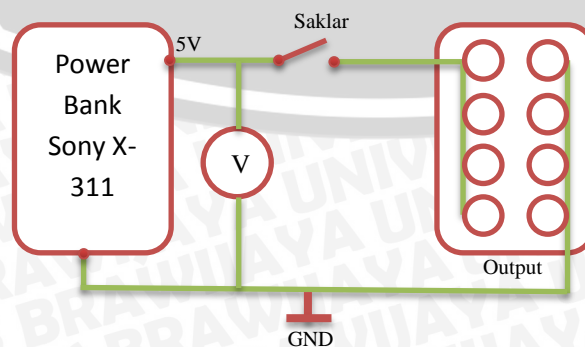
5.1.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

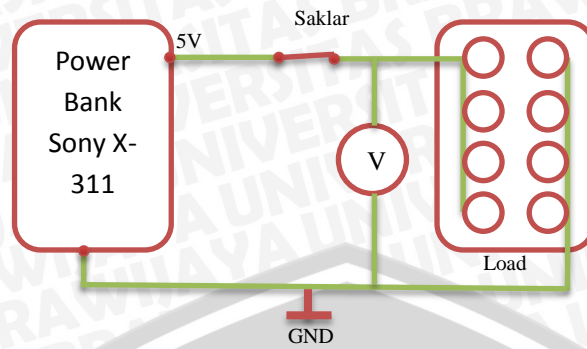
1. Multimeter.
2. *Power Bank* 5V 3800mAh.
3. Penghubung (*jumper*).
4. Rangkaian catu daya yang akan diuji.
5. Rangkaian beban (mikrokontroler, modul sensor gy-89, *GPS receiver* dan RC Timer Telemetry Kit).

5.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian catu daya tanpa beban seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.1 dan rangkaian catu daya berbeban seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.2. Rangkaian catu daya tersebut diukur tegangannya saat tanpa beban dan saat berbeban. Saat rangkaian catu daya berbeban, dilakukan juga pengukuran arus pada rangkaian tersebut.



Gambar 5.1 Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban.



Gambar 5.2 Rangkaian Catu Daya Berbeban.

5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Melalui pengujian saat rangkaian catu daya tanpa beban, tegangan terbaca sebesar 5,06 V. Saat rangkaian catu daya dengan beban tegangan terbaca sebesar 4,99 V. Arus pada saat rangkaian berbeban adalah sebesar 179,6 mA, sehingga catu daya dapat bertahan kurang lebih $\frac{3800 \text{ mAh}}{179,6 \text{ mA}} \approx 21 \text{ h(jam)}$. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya

Kondisi Rangkaian	Tegangan(volt)	Arus(mA)
Tanpa Beban	5,06	-
Berbeban	4,99	179,6

5.2 Pengujian Antarmuka Modul Sensor GY-89

5.2.1 Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah sensor BMP-180 yang ada pada modul sensor gy-89 dapat berfungsi dengan baik mendeteksi nilai ketinggian dan mengetahui kesalahan pembacaan ketinggian.

5.2.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Power Bank 5V 3800mAh.
2. Kabel USB.
3. Komputer.
4. Modul sensor gy-89.
5. Modul mikrokontroler Leaf labs Maple Mini.

5.2.3 Prosedur Pengujian

Ada dua tahap pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian fungsi sensor gy-89 dan pengujian kesalahan pembacaan ketinggian. Pengujian pertama dilakukan dengan

menghubungkan rangkaian seperti diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3. Pengambilan data modul sensor menggunakan perangkat I²C yang telah terdapat dalam fitur modul mikrokontroler Leaf labs Maple Mini. Data ketinggian yang terukur dikirimkan ke komputer melalui antarmuka dengan kabel USB. Kemudian data tersebut diamati dan dicatat.

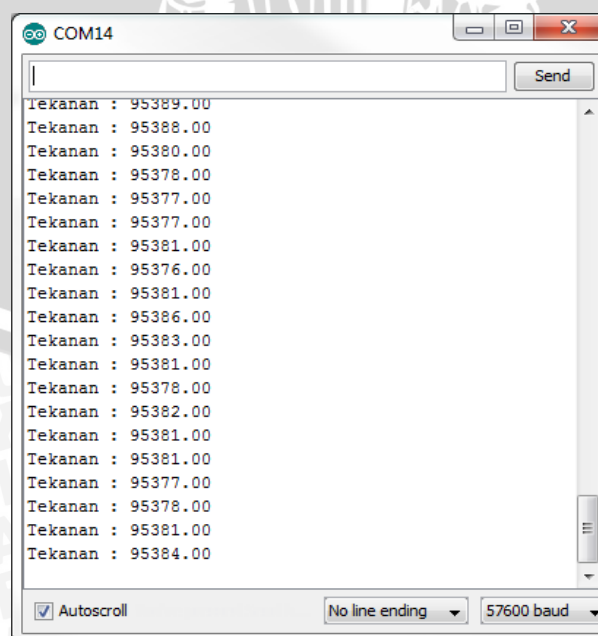


Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian Antarmuka Modul Sensor GY-89.

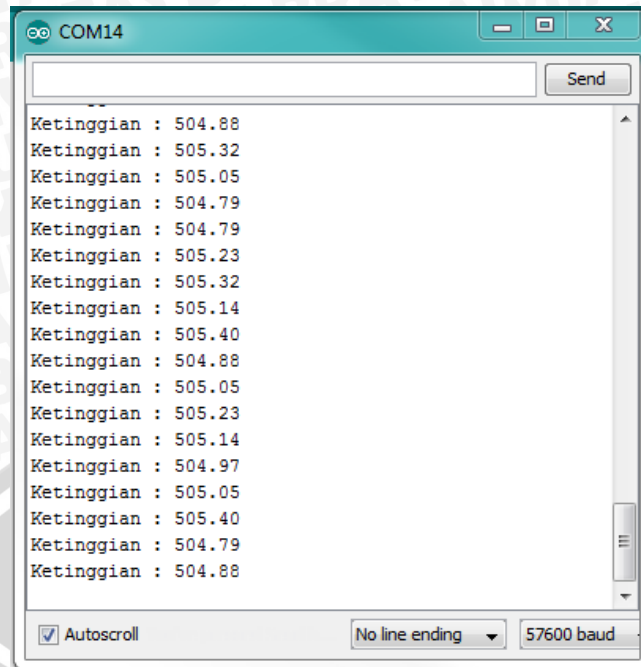
Pengujian selanjutnya dilakukan dengan membandingkan antara ketinggian yang terbaca sensor dan ketinggian tertentu sebagai acuan. Pengambilan data sensor ketinggian dilakukan di gedung bertingkat dengan selisih ketinggian acuannya sebesar 2 M di atas permukaan air laut dalam rentang ketinggian 0 M sampai 20 M. Data kesalahan pembacaan ketinggian diperoleh dengan menghitung selisih antara pembacaan ketinggian sekarang (data ke- n) dengan pembacaan ketinggian sebelumnya (data ke- $(n-1)$) di atas permukaan air laut.

5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Data dari sensor BMP-180 berupa data mentah *barometric pressure* dalam satuan pascal. Data *barometric pressure* dikalkulasi dalam program mikrokontroler sesuai rumus yang telah dibahas pada bab 3, sehingga didapatkan data ketinggian di atas permukaan air laut dalam satuan meter. Data mentah *barometric pressure* ditunjukkan dalam Gambar 5.4. Data hasil penghitungan ketinggian ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Data Mentah *Barometric Pressure*.



Gambar 5.5 Data hasil penghitungan ketinggian.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan tampak bahwa modul sensor gy-89 dapat bekerja dengan baik. Sensor mampu mendeteksi nilai *barometric pressure* maupun nilai ketinggian dengan rata-rata *error* sebesar 0.13%. Hal ini dapat dilihat dari kesesuaian keluaran sensor yang ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kesalahan Pembacaan Modul Sensor Gy-89

No	Ketinggian acuan di atas permukaan air laut (m)	Rata-rata ketinggian terbaca di atas permukaan air laut (m)	<i>Error</i>	
			(m)	(%)
1	484	484.08	0.08	0.02
2	486	487.96	1.96	0.40
3	488	489.12	1.12	0.23
4	490	490.60	0.60	0.12
5	492	492.96	0.96	0.19
6	494	493.96	0.04	0.01
7	496	496.74	0.74	0.15
8	498	498.04	0.04	0.01
9	500	500.96	0.96	0.19
10	502	501.96	0.04	0.01
11	504	504.76	0.76	0.15
Kesalahan Rata-rata			0.13	

5.3 Pengujian Antarmuka Modul Mikrokontroler Leaflabs Maple Mini

5.3.1 Tujuan

Pengujian modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat UART yang digunakan untuk mengirim data dari mikrokontroler ke perangkat komputer dapat berfungsi dengan baik.

5.3.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

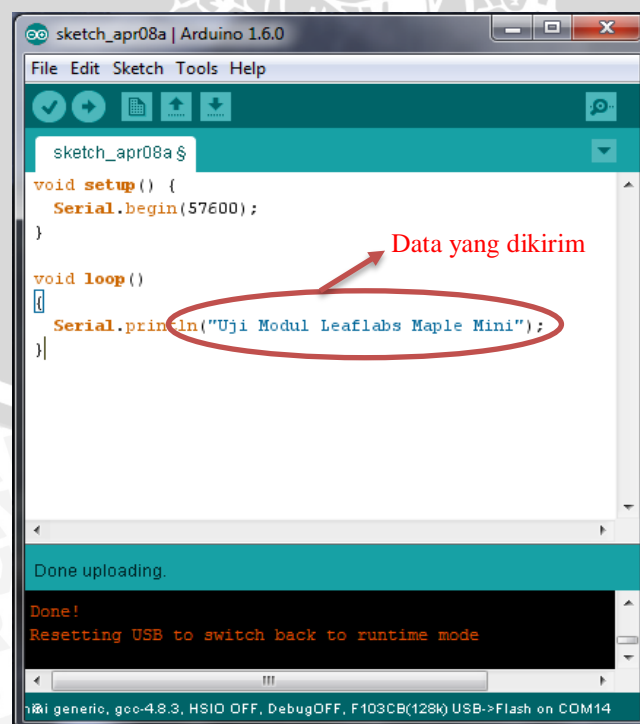
1. Kabel USB (tipe A to tipe mikro USB).
2. Komputer.
3. Modul mikokontroler Leaflabs Maple Mini.

5.3.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler dan komputer melalui kabel USB. Perangkat UART yang ada dalam modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini mengirimkan data ke komputer. Kemudian data tersebut dianalisa apakah data yang dikirim sesuai dengan data yang diterima.

5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Data yang dikirim oleh modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini adalah karakter “Uji Modul Leaflabs Maple Mini”, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.6. Sedangkan data yang diterima komputer melalui serial monitor ditunjukkan oleh Gambar 5.7.



```

sketch_apr08a $
void setup() {
  Serial.begin(57600);
}

void loop()
{
  Serial.println("Uji Modul Leaflabs Maple Mini");
}
  
```

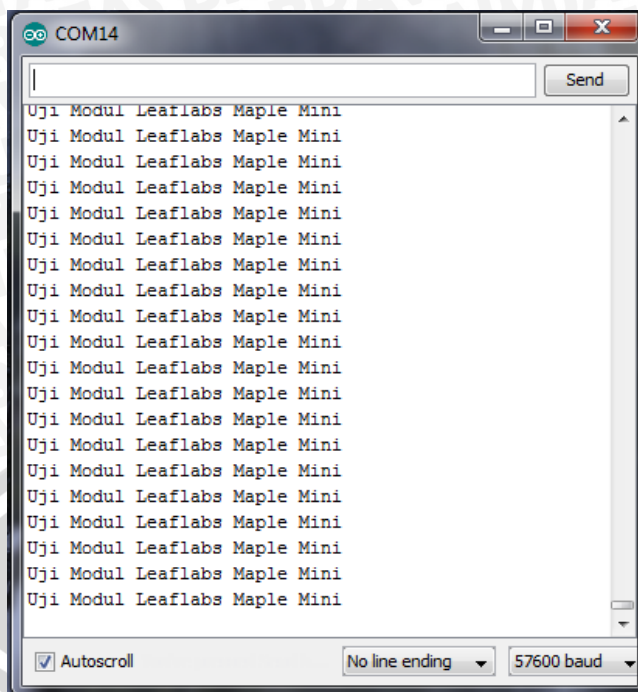
Data yang dikirim

Done uploading.

Done!
Resetting USB to switch back to runtime mode

avr-gcc: gcc-4.8.3, HSIO OFF, DebugOFF, F103CB(128k) USB->Flash on COM14

Gambar 5.6 Data yang Dikirim Modul Mikrokontroler.



Gambar 5.7 Data yang Diterima Komputer.

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan tampak bahwa perangkat UART yang ada dalam modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini dapat bekerja dengan baik mengirimkan data ke komputer. Hal tersebut dapat dilihat dari kesesuaian antara data karakter yang dikirim modul mikrokontroler dengan data karakter yang diterima oleh komputer.

5.4 Pengujian Antarmuka Modul GPS Receiver

5.4.1 Tujuan

Mengetahui data *header* apa saja yang diterima oleh modul GPS dan mengetahui kesalahan posisi GPS.

5.4.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. USB to TTL Converter.
2. Komputer.
3. Modul GPS receiver Ublox NEO-6M.

5.4.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mensuplai GPS dengan tegangan 5V DC dan menghubungkan pin TX GPS ke pin Rx pada USB to TTL Converter. Ground GPS dan USB to TTL Converter harus saling terhubung. Pengujian dilakukan dengan *baud rate* 9600 bps (*bit per second*), 8 data, 1 stop, *no parity* sesuai dengan rekomendasi datasheet GPS. Diagram blok pengujian GPS receiver ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Diagram Blok Pengujian Data GPS receiver.

5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian GPS receiver yaitu terdapat beberapa baris header data GPS receiver selain \$GPGGA. Sesuai perancangan, header \$GPGGA dipilih karena sudah cukup memberikan beberapa data yang dibutuhkan oleh sistem, yaitu data garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*). Hasil data header GPS ditunjukkan dalam Gambar 5.9.

```

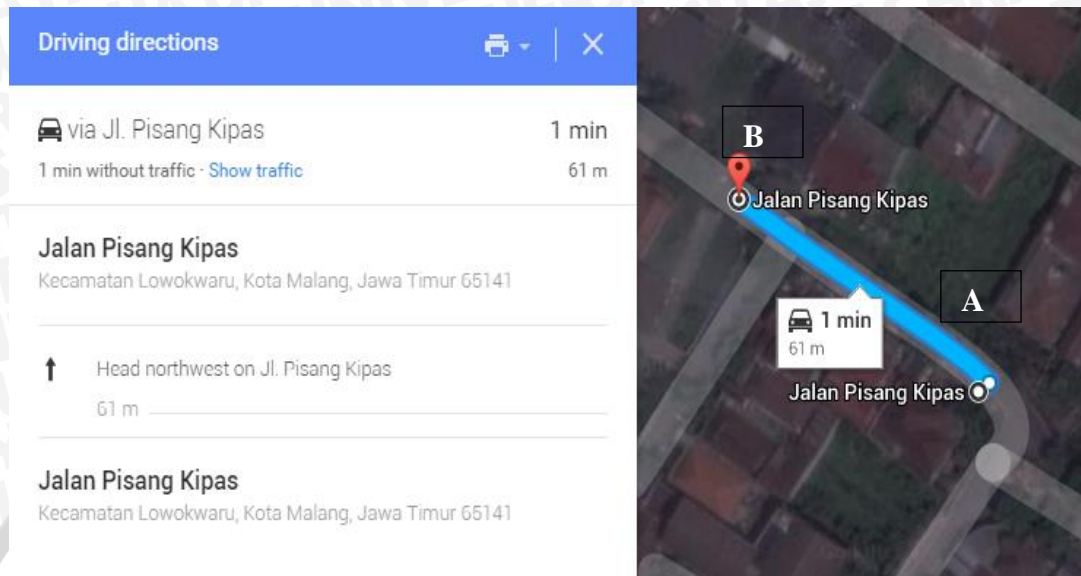
COM15
$GPGSV,3,1,11,01,05,229,,03,21,284,13,04,22,208,16,11,15,216,*72
$GPGSV,3,2,11,14,42,122,23,19,54,200,27,22,17,148,14,23,04,329,*76
$GPGSV,3,3,11,27,84,126,34,31,16,042,,32,51,242,34*47
$GPGLL,0756.60208,S,11236.99336,E,073013.00,A,A*7B
$GPRMC,073014.00,A,0756.60218,S,11236.99352,E,0.675,,080415,,,A*6A
$GPRMC,,M,0.675,N,1.343,K,A*29
$GPGGA,073014.00,0756.60218,S,11236.99352,E,1,04,4.30,546.3,M,14.6,M,,*4E
$GPGSA,A,3,27,32,14,19,,,,,,,,,7.94,4.30,6.67*01
$GPGSV,3,1,11,01,05,229,,03,21,284,14,04,22,208,18,11,15,216,*7B
$GPGSV,3,2,11,14,42,122,23,19,54,200,26,22,17,148,14,23,04,329,*77
$GPGSV,3,3,11,27,84,126,35,31,16,042,,32,51,242,34*46
$GPGLL,0756.60218,S,11236.99352,E,073014.00,A,A*7F
$GPRMC,073015.00,A,0756.60231,S,11236.99358,E,0.369,,080415,,,A*62
$GPRMC,,T,,M,0.369,N,0.684,K,A*25
$GPGGA,073015.00,0756.60231,S,11236.99358,E,1,04,4.30,546.3,M,14.6,M,,*4E
$GPGSA,A,3,27,32,14,19,,,,,,,,,7.94,4.30,6.67*01
$GPGSV,3,1,11,01,05,229,,03,21,284,12,04,22,208,18,11,15,216,*7D
$GPGSV,3,2,11,14,42,122,24,19,54,200,26,22,17,148,16,23,04,329,*72
$GPGSV,3,3,11,27,84,126,34,31,16,042,,32,51,242,34*47
$GPGLL,0756.60231,S,11236.99358,E,073015.00,A,A*7F
$GPRMC,073016.00,A,0756.60228,S,11236.99361,E,0.116,,080415,,,A*69
$GPRMC,,T,,M,0.116,N,0.215,K,A*23
$GPGGA,073016.00,0756.60228,S,11236.99361,E,1,04,4.30,546.1,M,14.6,M,,*4D
  
```

Gambar 5.9 Header Data GPS Receiver.

Pengujian untuk mengetahui kesalahan posisi GPS dilakukan dengan mencatat koordinat geografi dari GPS pada tempat yang terlihat mencolok di *google maps* seperti di sudut rumah maupun di tepi jalan, kemudian memasukkan data koordinat tersebut ke *google maps*. Jarak antara 2 titik pada *google maps* dapat dihitung menggunakan bantuan *distance measurement tools*.

Pengujian dilakukan pada lokasi dan waktu yang sama yaitu pada siang hari. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing tempat. Ilustrasi pengujian kesalahan posisi GPS ditunjukkan dalam Gambar 5.10. Titik A adalah lokasi pengujian data posisi GPS sebenarnya, sedangkan titik B adalah hasil koordinat lintang

dan bujur yang ditunjukkan oleh GPS receiver. Keterangan dari google maps menunjukkan perbedaan posisi antara titik A(acuan) dan titik B(GPS receiver) adalah 61 m yang mengindikasikan kesalahan posisi GPS.



Gambar 5.10 Ilustrasi Pengujian Kesalahan Posisi GPS.

Data hasil pengujian kesalahan posisi dari modul GPS receiver Ublox NEO-6M ditunjukkan dalam Tabel 5.3 untuk pengujian dengan lokasi di dalam bangunan pada posisi acuan $7,943289^{\circ}$ LS dan $112,616558^{\circ}$ BT, Tabel 5.4 untuk pengujian dengan lokasi di samping bangunan pada posisi acuan $7,943328^{\circ}$ LS dan $112,616673^{\circ}$ BT, dan Tabel 5.5 untuk pengujian dengan lokasi di tempat terbuka pada posisi acuan $7,952449^{\circ}$ LS dan $112,613704^{\circ}$ BT.

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian di Dalam Bangunan pada Posisi Acuan $7,943289^{\circ}$ LS dan $112,616558^{\circ}$ BT

No	Lintang ($^{\circ}$ LS)	Bujur ($^{\circ}$ BT)	Kesalahan (m)
1	7,943084	112,616750	8,995066
2	7,943876	112,616704	6,423964
3	7,943303	112,616531	3,385726
4	7,943328	112,616532	5,217903
5	7,943324	112,616545	4,156353
6	7,943313	112,616528	4,276852
7	7,943301	112,616460	10,991039
8	7,943305	112,616539	2,765181
9	7,943254	112,616559	3,897860
10	7,943268	112,616561	2,361496

Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian di Samping Bangunan pada Posisi Acuan 7,943328° LS dan 112,616673° BT

No	Lintang (°LS)	Bujur (°BT)	Kesalahan (m)
1	7,943326	112,616727	6,015510
2	7,943344	112,616669	1,835969
3	7,943345	112,616684	2,254099
4	7,943311	112,616707	4,231701
5	7,943321	112,616691	2,149985
6	7,943434	112,616622	13,094894
7	7,943344	112,616708	4,284089
8	7,943356	112,616681	3,241746
9	7,943336	112,616669	0,995694
10	7,943374	112,616629	7,086238

Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian di Lokasi Terbuka pada Posisi Acuan 7,952449° LS dan 112,613704° BT

No	Lintang (°LS)	Bujur (°BT)	Kesalahan (m)
1	7,952409	112,613702	4,458443
2	7,952434	112,613702	1,684608
3	7,952403	112,613720	5,421736
4	7,952398	112,613710	5,716577
5	7,952404	112,613708	5,029242
6	7,952441	112,613695	1,340494
7	7,952408	112,613697	4,630246
8	7,952393	112,613701	6,242971
9	7,952407	112,613699	4,708539
10	7,952428	112,613718	2,809640

Tabel hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi data GPS *receiver* dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar. Adanya atap, dinding, dan lantai gedung bangunan dapat mengganggu sinyal GPS *receiver*. Kesalahan rata-rata posisi GPS terkecil adalah 4,204250 meter pada pengujian yang dilakukan di lokasi terbuka dan kesalahan rata-rata terbesar adalah 5,247144 meter pada pengujian yang dilakukan di dalam bangunan, sedangkan kesalahan rata-rata pada pengujian yang dilakukan di samping bangunan adalah sebesar 4,518992 meter.

5.5 Pengujian RC Timer 433MHz

5.5.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis keberhasilan komunikasi/ transmisi data antara pemancar dan penerima dengan menggunakan Radio Frekuensi RC Timer 433MHz. Keberhasilan transmisi diukur berdasarkan data valid yang berhasil dibaca oleh penerima RC Timer.

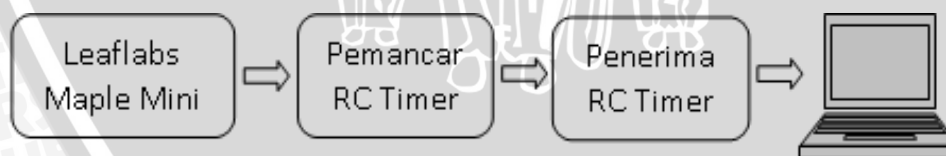
5.5.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Modul mikokontroler Leaflabs Maple Mini.
2. *Power Bank* 5V 3800mAh.
3. Dua buah RC Timer 433MHz Telemetry Kit.
4. Komputer.
5. Rollmeter.

5.5.3 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan membuat program modul mikrokontroler Leaflabs Maple Mini untuk mengirim data dengan format “Pengujian RC Timer” dengan kecepatan transmisi 9600 bps. Kemudian mengamati tampilan data yang terkirim di *ground control station* menggunakan *software Terminal*. Pemancar dikondisikan terletak semakin lama semakin menjauhi penerima, kemudian menganalisis berapa batas maksimum jarak pengiriman data hingga terjadi kerusakan data pada penerima. Jarak pengiriman diukur dengan menggunakan rollmeter. Diagram blok pengujian RC Timer ditunjukkan dalam Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Diagram Blok Pengujian RC Timer.

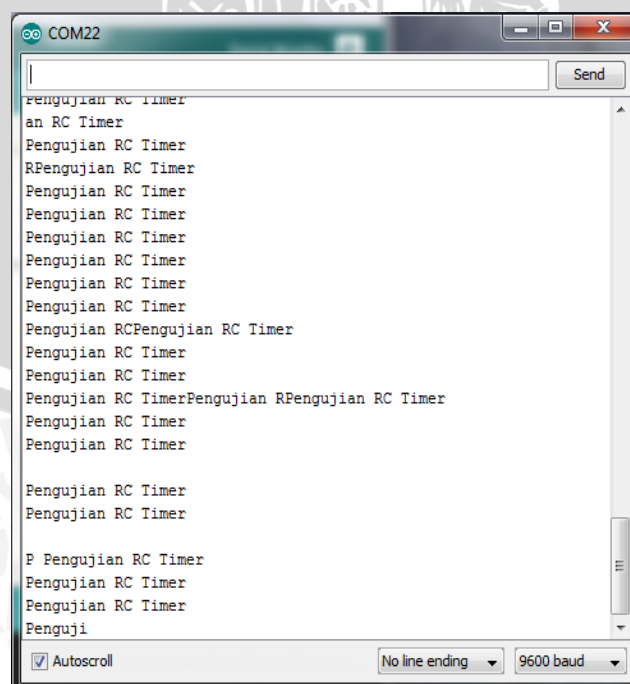
5.5.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian transmisi data pada pemancar dan penerima RC Timer yang dilakukan pada lokasi terbuka, didapatkan kesimpulan bahwa data dapat dikirim dengan baik sesuai dengan format pengiriman yaitu karakter “Pengujian RC Timer” ketika jarak antara pemancar dan penerima RC Timer berada pada radius 161,7 meter. Setelah melebihi radius 161,7 meter terjadi kerusakan data pada penerima. Data Hasil pengujian jarak pemancar dan penerima ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Jarak Pemancar dan Penerima

No	Jarak (m)	Keterangan
1	50.0	Terbaca
2	75.0	Terbaca
3	100.0	Terbaca
4	150.0	Terbaca
5	160.0	Terbaca
6	161.0	Terbaca
7	161.1	Terbaca
8	161.2	Terbaca
9	161.3	Terbaca
10	161.4	Terbaca
11	161.5	Terbaca
12	161.6	Terbaca
13	161.7	Rusak

Hasil pengujian dengan jarak antara pemancar dan penerima RC Timer melebihi radius 161,7 meter yaitu data yang terkirim sudah tidak mengikuti format karakter yang dikirim. Karakter data mengalami kerusakan bahkan terdapat data yang tidak tampil pada serial monitor. Hasil pengujian dengan jarak lebih dari 161,7 meter ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Transmisi Data RC Timer dengan Jarak Lebih dari 161,7 meter.

Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan juga bahwa modul RC Timer dapat melakukan komunikasi data dengan efektif hingga radius 161,7 meter. Hasil ini lebih buruk dari yang disebutkan pada datasheet yang menyatakan bahwa modul RF transceiver dapat mengirimkan data hingga radius 1000 meter.

5.6 Pengujian Sistem Secara keseluruhan

5.6.1 Tujuan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk menganalisis kemampuan sistem untuk memonitor sudut horisontal dan sudut vertikal lintasan muatan roket dari posisi *Ground Control Station*.

5.6.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Modul mikokontroller Leaf labs Maple Mini.
2. Modul sensor gy-89.
3. Modul GPS *receiver* Ublox NEO-6M.
4. *Power Bank* 5V 3800mAh.
5. Dua buah RC Timer 433MHz Telemetry Kit.
6. Kompas digital.
7. Bujur Derajat.
8. Komputer.

5.6.3 Prosedur Pengujian

Ada dua tahap pengujian yang dilakukan, yaitu pengujian sudut lintasan horisontal dan pengujian sudut lintasan vertikal. Pada pengujian sudut lintasan horisontal ditetapkan titik acuan 0° adalah arah utara berdasarkan kompas digital. Muatan roket yang diuji kemudian digerakkan satu putaran penuh dengan jarak sebesar 5 m, 10 m, dan 20 m dari posisi *GCS*. Pada pengujian sudut lintasan vertikal ditetapkan titik 0° adalah sumbu pada bidang datar. Muatan roket kemudian digerakkan sampai sudut 90° dari posisi *GCS*. Data kedua sudut tersebut kemudian diamati secara *realtime* melalui *software* perangkat lunak Delphi.

5.6.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Data hasil pengujian sudut horisontal dengan jarak antara muatan roket dan *GCS* sebesar 5 m ditunjukkan dalam Tabel 5.7, data hasil pengujian sudut horisontal dengan jarak antara muatan roket dan *GCS* sebesar 10 m ditunjukkan dalam Tabel 5.8, data hasil pengujian sudut horisontal dengan jarak antara muatan roket dan *GCS* sebesar 20 m ditunjukkan dalam Tabel 5.9.

Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 5 m

Sudut Acuan (°)	Rata-rata Sudut		Selisih	
	Terbaca (°)	(°)	(%)	(%)
0 (360)	357.00	3.00	0.83	
15	11.50	3.50	23.33	
30	26.50	3.50	11.67	
45	34.50	10.50	23.33	
60	48.33	11.67	19.44	
75	75.86	0.86	1.14	
90	98.50	8.50	9.44	
105	91.50	13.50	12.86	
120	121.00	1.00	0.83	
135	122.30	12.70	9.41	
150	133.00	17.00	11.33	
165	161.80	3.20	1.93	
180	163.17	16.83	9.35	
195	191.50	3.50	1.79	
210	208.50	1.50	0.71	
225	218.28	6.72	2.99	
240	239.89	0.11	0.04	
255	253.50	1.50	0.59	
270	280.56	10.56	3.91	
285	284.50	0.50	0.17	
300	290.00	10.00	3.33	
315	330.78	15.78	5.01	
330	324.00	6.00	1.81	
345	327.50	17.5	5.07	
Kesalahan Rata-rata			6.68	

Berdasarkan data pengujian dalam Tabel 5.7, diperoleh nilai rata-rata kesalahan sudut horizontal sebesar 6,68% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 5 meter. Kesalahan minimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 285° yaitu sebesar 0.17%. Kesalahan maksimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 15° dan 45° yaitu sebesar 23,33%.

Tabel 5.8 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 10 m

Sudut Acuan ($^{\circ}$)	Rata-rata Sudut		Selisih	
	($^{\circ}$)	Terbaca ($^{\circ}$)	($^{\circ}$)	(%)
0 (360)	8.26	8.26	2.29	
15	18.32	3.32	22.16	
30	29.78	0.22	0.73	
45	43.98	1.02	2.28	
60	60.57	0.57	0.95	
75	74.04	0.96	1.27	
90	91.73	1.73	1.92	
105	106.78	1.78	1.69	
120	119.15	0.85	0.70	
135	130.59	4.41	3.26	
150	149.59	0.41	0.27	
165	162.15	2.85	1.72	
180	179.95	0.05	0.02	
195	197.38	2.38	1.21	
210	213.03	3.03	1.44	
225	222.63	2.37	1.05	
240	239.53	0.46	0.19	
255	255.11	0.11	0.04	
270	268.97	0.03	0.01	
285	285.50	0.50	0.17	
300	296.58	3.42	1.14	
315	315.09	0.09	0.02	
330	332.13	2.13	0.64	
345	343.59	1.41	0.41	
Kesalahan Rata-rata				1.90

Berdasarkan data pengujian dalam Tabel 5.8, diperoleh nilai rata-rata kesalahan sudut horizontal sebesar 1.90% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 10 meter. Kesalahan minimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 270° yaitu sebesar 0.01%. Kesalahan maksimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 15° yaitu sebesar 22.16%.

Tabel 5.9 Data Hasil Pengujian Sudut Horizontal dengan Jarak Muatan Roket dan GCS sebesar 20 m

Sudut Acuan ($^{\circ}$)	Rata-rata Sudut		Selisih (%)
	Terbaca ($^{\circ}$)	($^{\circ}$)	
0 (360)	4.65	4.65	1.29
15	17,14	2.14	14.26
30	29.93	0.07	0.23
45	44.27	0.73	1.62
60	60.36	0.36	0.60
75	75.11	0.11	0.15
90	91.13	1.13	1.25
105	106.15	1.15	1.10
120	119.83	0.17	0.14
135	133.78	1.22	0.90
150	149.91	0.09	0.06
165	163.67	1.33	0.79
180	180.16	0.16	0.09
195	196.27	1.27	0.65
210	214.05	4.05	1.92
225	223.17	1.83	0.81
240	240.09	0.09	0.04
255	255.20	0.20	0.08
270	270.08	0.08	0.03
285	285.39	0.39	0.14
300	300.17	0.17	0.06
315	314.62	0.38	0.85
330	331.42	1.42	0.24
345	344.18	0.82	0.23
Kesalahan Rata-rata			1.15

Berdasarkan data pengujian dalam Tabel 5.9, diperoleh nilai rata-rata kesalahan sudut horizontal sebesar 1.15% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 20 meter. Kesalahan minimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 270° yaitu sebesar 0.03%. Kesalahan maksimum terdapat pada pengujian sudut horizontal 15° yaitu sebesar 14.26%.

Rata-rata sudut terbaca yang terdapat dalam Tabel 5.7 sampai Tabel 5.10 diperoleh melalui rata-rata limapuluh data untuk masing-masing sudut acuannya. Setelah diperoleh nilai sudut terbaca maka dapat dicari selisih nilai sudut terbaca dengan nilai sudut acuannya. Kemudian diperoleh rata-rata selisih sudut dalam persen(%) untuk masing-masing sudut acuan. Pengujian sudut vertikal ditunjukkan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Data Hasil Pengujian Sudut Vertikal

Sudut Acuan (°)	Rata-rata Sudut		Selisih	
	Terbaca (°)	(°)	(%)	(%)
0 (360)	83.33	83.33	23.14	
15	17.68	2.68	17.87	
30	31.00	1.00	3.33	
45	45.63	0.63	1.39	
60	59.00	1.00	1.67	
75	74.42	0.58	0.76	
90	88.54	1.46	1.62	
Kesalahan Rata-rata			7.11	

Berdasarkan hasil pengujian sudut vertikal dalam Tabel 5.10, diperoleh nilai rata-rata kesalahan sebesar 7.11%. Kesalahan minimum terdapat pada pengujian sudut 75° yaitu sebesar 0.76%. Kesalahan maksimum terdapat pada pengujian sudut 0° (360°) yaitu sebesar 23.14%, hal ini disebabkan oleh akurasi pada sensor ketinggian. Pada saat posisi *payload* dan *GCS* sejajar selisih ketinggian terbaca adalah ± 1 m, seharusnya selisih ketinggian menunjukkan nilai 0 m.

5.7 Pengujian Perangkat lunak Sistem Monitoring

5.7.1 Tujuan

Pengujian perangkat lunak sistem monitoring bertujuan untuk menganalisis kemampuan perangkat lunak dalam memonitor data muatan roket secara *realtime* dari posisi *Ground Control Station*.

5.7.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. *Payload*/ Muatan Roket.
2. Dua buah RC Timer 433MHz Telemetry Kit.
3. Kompas digital.
4. Bujur Derajat.

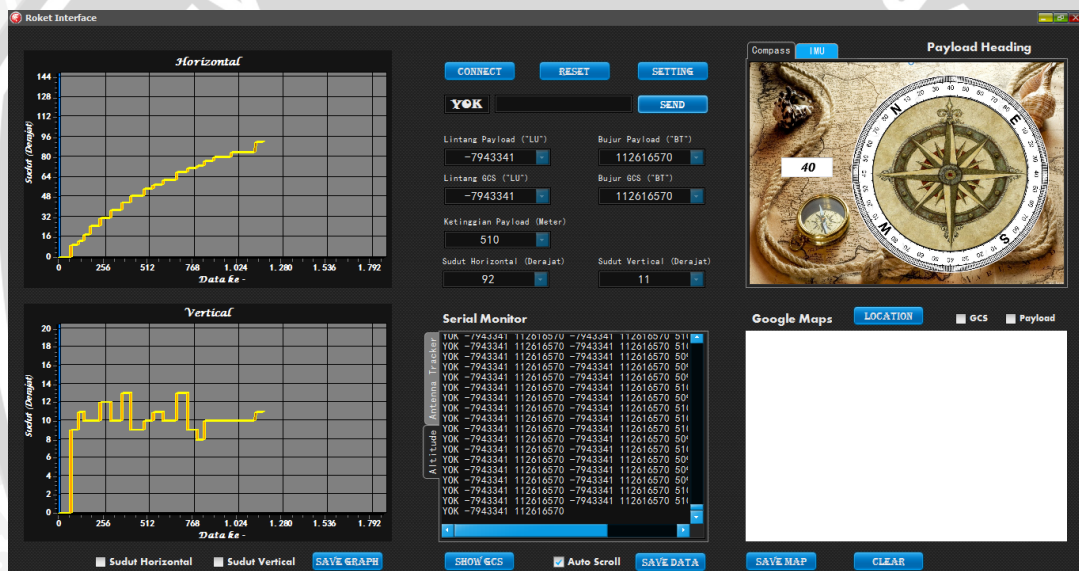
5. Komputer.
6. Program visual GCS.

5.7.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan membawa muatan roket dari titik acuan 0° kemudian digerakkan sampai sudut acuan 90° dengan jari-jari/ jarak sebesar 10 m dari posisi GCS, sedangkan Ketinggian muatan roket dipertahankan sebesar 2 m. Data muatan roket tersebut kemudian diamati secara *realtime* melalui *software* perangkat lunak Delphi.

5.7.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian dalam Gambar 5.13, grafik pada perangkat lunak dapat memonitor sudut lintasan berdasarkan data yang dikirim dari *payload* dan perangkat lunak juga mampu menampilkan data muatan roket dalam bentuk angka dan grafik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat lunak sistem monitoring dapat bekerja dengan baik.



Gambar 5.13 Hasil Pengujian Perangkat Lunak Sistem Monitoring.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian blok dan keseluruhan sistem yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Dalam perancangan sistem, baik GPS *receiver* dan sensor *barometric pressure* dihubungkan dalam satu modul mikrokontroler. Data dari GPS *receiver* dan sensor *barometric pressure* digunakan bersama-sama sebagai nilai yang akan dikalkulasi berdasarkan rumusan.
2. Data yang diambil dari GPS *receiver* adalah nilai garis lintang dan garis bujur, sedangkan data dari sensor *barometric pressure* adalah tekanan udara. Garis lintang dan garis bujur digunakan untuk menentukan sudut lintasan horisontal berdasarkan rumus $\tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$, dimana y adalah nilai garis lintang dan x adalah nilai garis bujur. Garis lintang dan nilai dari *barometric pressure* yang telah dikalkulasi menjadi ketinggian terhadap permukaan air laut digunakan untuk menentukan sudut lintasan vertikal berdasarkan rumus $\tan^{-1}\left(\frac{p}{q}\right)$, dimana p adalah nilai ketinggian dan q adalah nilai garis lintang.
3. Sistem monitoring dapat berfungsi dengan baik menampilkan nilai sudut lintasan horisontal dan sudut lintasan vertikal. Sudut lintasan horisontal memiliki nilai rata-rata kesalahan sebesar 6.68% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 5 m, nilai rata-rata kesalahan sebesar 1.90% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 10 m, nilai rata-rata kesalahan sebesar 1.15% untuk jarak muatan roket dan GCS sebesar 20 m. Sudut lintasan vertikal memiliki nilai rata-rata kesalahan sebesar 7.11%.

6.2 Saran

Saran untuk meningkatkan keberhasilan dalam sistem monitoring ini adalah pemilihan GPS *receiver* dengan akurasi yang lebih baik. Dengan akurasi GPS yang lebih baik maka akan diperoleh posisi yang lebih akurat sehingga nilai sudut lintasan yang dipantau akan semakin mendekati nilai sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosch. 2014. *BMP-180 Digital Pressure Sensor*. Reutlingen: Bosch.
- Gapaiasa, Yoga. 2011. Implementasi Sensor Kompas Digital Untuk Memonitor Arah Muatan Roket. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Hope Microelectronics. 2013. *HM-TRP 433Mhz Radio Telemetry Kit 100mW V1.1*. Shenzen: Hope Microelectronics.
- LAPAN. 2013. *Buku Panduan KOMURINDO 2014*. Bogor: LAPAN.
- Leaflabs. 2012. *General Resource For Information Specific To The Maple Mini*. Massachusetts: Leaflabs.
- Permatasari, Vita. 2012. Implementasi 3 Axis Gyroscope Untuk Memantau Sudut Orientasi Muatan Roket. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Saifulloh, Eko. 2013. Implementasi Sensor Akselerometer Dan Magnetometer Untuk Memonitor Arah Muatan Roket. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Townsend, Kevin. 2014. *Adafruit Learning Systems 10-DOF IMU Breakout*. New York: Adafruit Industries.
- U-blox. 2013. *U-Blox Receiver Description*. Zuercherstrasse: U-blox.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Alat



Gambar 1 Alat Tampak Atas

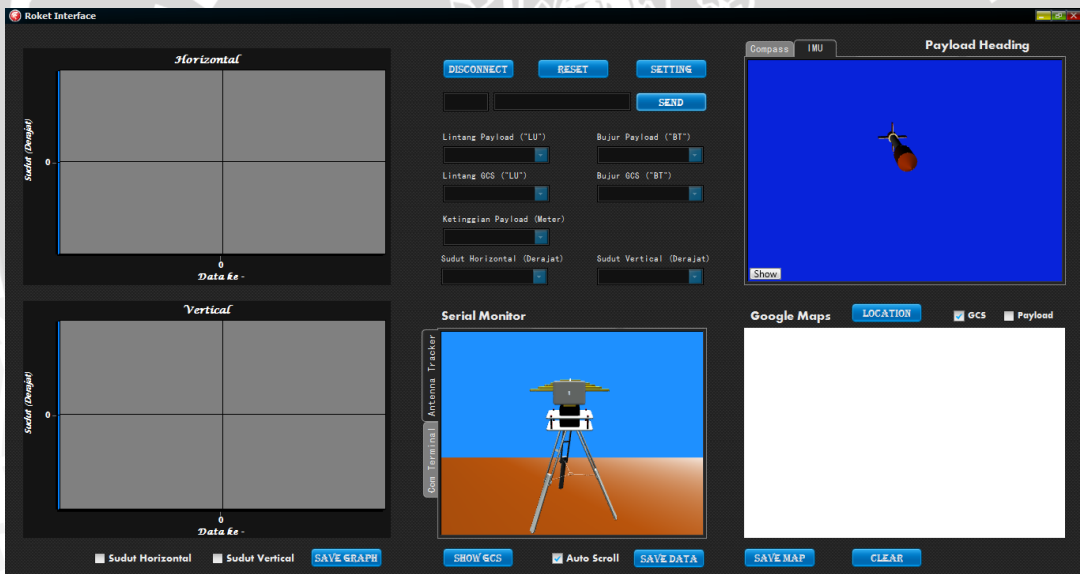
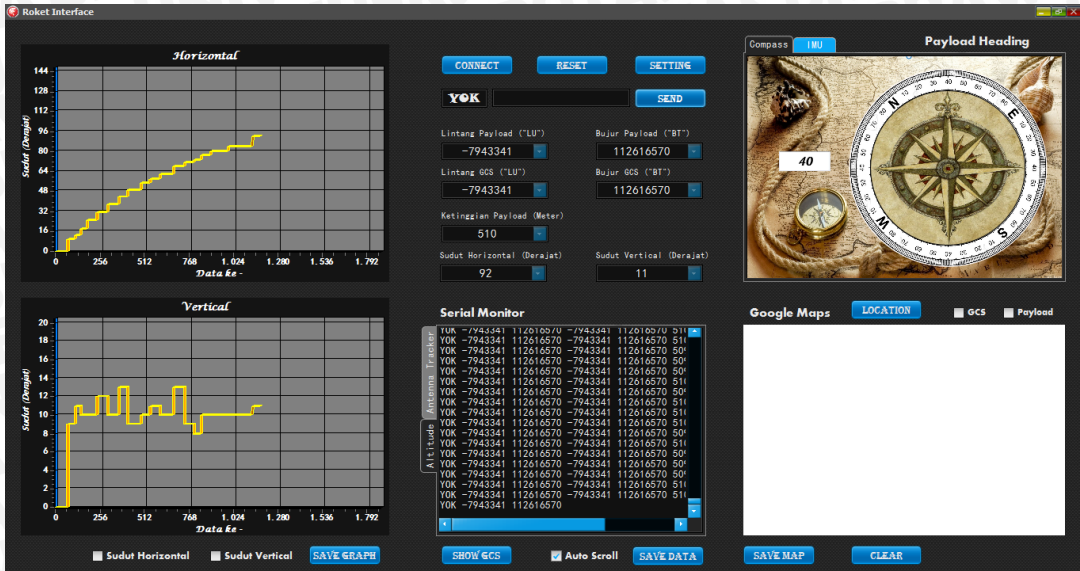


Gambar 2 Alat Tampak Samping



Gambar 3 Alat Keseluruhan

Lampiran 2. Tampilan Visual Tampilan GUI



Lampiran 3. Program Mikrokontroler

*****Program Utama*****

```
#include <Wire.h>
#include <I2Cdev.h>
#include <LSM303.h>
#include <TinyGPS++>
#include <Adafruit_BMP085.h>
```

```
LSM303 compass;
TinyGPSPlus gps;
Adafruit_BMP085 bmp;
```

```
int a,c, d,e,f;
char b[5];
double fXg, fYg, fZg;
int heading, yaw, pitch, roll;
long milisekon, mikrosekon;
long int lintang, lintanggcs, bujur, bujurgcs, selisihlintang, selisihbujur, selisihy,
selisihx, ketinggian, ketinggiangcs, selisihketinggian, selisihz;
int suduthorizontal, sudutvertical, suduthorizontalref, sudutgcs, sudutgcsfix;
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial2.begin(57600);
  Serial3.begin(9600);
  Wire.begin();
  bmp.begin();
  compass.init();
  compass.enableDefault();
  compass.m_min = (LSM303::vector<int16_t>){-32767, -32767, -32767};
  compass.m_max = (LSM303::vector<int16_t>){+32767, +32767, +32767};
```

```
  milisekon = millis();
  mikrosekon = micros();
}
```

```
void loop()
{
  ubloxgps();
  pitchyawroll();
  if (millis() - milisekon > 100)
  {
    milisekon = millis();
```

```
    Serial2.print("YOK");
    Serial2.print(" ");
    Serial2.print(lintang);
    Serial2.print(" ");
```



```
Serial2.print(bujur);
Serial2.print(" ");
sudut();
Serial2.print(pitch);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(roll);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(yaw);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(heading);
Serial2.print(" ");
Serial2.println(sudutgcsfix);
}
}
```

```
*****Subprogram GPS*****
```

```
void ubloxgps()
{
while (Serial3.available() > 0)
if(gps.encode(Serial3.read()))
{
if (gps.location.isValid())
{
lintang = (gps.location.lat()*1000000);
bujur = (gps.location.lng()*1000000);
}
}
}
```

```
*****Subprogram Sudut*****
```

```
void sudut()
{
ketinggian = bmp.readAltitude();
while (Serial2.available() > 0)
{
for (a=0; a<4; a++)
{
b[a] = Serial2.read();
c = (b[0]);
}
d = ((b[1]-48)*100;
e = ((b[2]-48)*10;
f = ((b[3]-48)*1;
}
if (c == 49)
{
lintanggcs = lintang;
bujurgcs = bujur;
ketinggiangcs = ketinggian;
}
```

```

}
else
{
  lintanggcs = lintanggcs;
  bujurgcs = bujurgcs;
  ketinggiangcs = ketinggiangcs;
}
Serial2.print(lintanggcs);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(bujurgcs);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(ketinggian);
Serial2.print(" ");

selisihlintang = lintang - lintanggcs;
selisihbujur = bujur - bujurgcs;
selisihketinggian = ketinggian - ketinggiangcs;

selisihy = abs(selisihlintang);
selisihx = abs(selisihbujur);
selisihz = abs(selisihketinggian);

//Sudut Horizontal
// Kuadrant 1
if ((selisihlintang > 0) && (selisihbujur >= 0))
{
  suduthorizontal = (atan2(selisihx, selisihy))*57.33;
}
// Kuadrant 2
else if ((selisihlintang <= 0) && (selisihbujur > 0))
{
  suduthorizontal = 180 - ((atan2(selisihx, selisihy))*57.33);
}
// Kuadrant 3
else if ((selisihlintang < 0) && (selisihbujur <= 0))
{
  suduthorizontal = 180 + ((atan2(selisihx, selisihy))*57.33);
}
// Kuadrant 4
else if ((selisihlintang >= 0) && (selisihbujur < 0))
{
  suduthorizontal = 360 - ((atan2(selisihx, selisihy))*57.33);
}
else
{
  suduthorizontal = 90;
}
suduthorizontalref = suduthorizontal;
sudutgcs = (d+e+f);

```



```
//Sudut referensi
if (sudutgcs <= suduthorizontalref)
{
    sudutgcs = suduthorizontalref - sudutgcs;
}
if (sudutgcs > suduthorizontalref)
{
    sudutgcs = 360 - (sudutgcs - suduthorizontalref);
}
sudutgcsfix = sudutgcs;

//sudut vertikal
float selisihz = (selisihy*111.322)*1000;
sudutvertical = (atan2(selisihz, selisihy))*57.33;

Serial2.print(suduthorizontalref);
Serial2.print(" ");
Serial2.print(sudutvertical);
Serial2.print(" ");
}
```



Lampiran 4. Program Visual

Listing Program

unit Payloadku;

interface

uses

FMX.Forms, Kompas, Muatan, Tracker,Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,

Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, CPort, CPortCtl, StrUtils, VclTee.TeeGDIPlus,

VCLTee.TeEngine, VCLTee.Series, VCLTee.TeeProcs, VCLTee.Chart,

GMIInfoWindow, GMMMap, GMLinkedComponents, GMMarker, GMMarkerVCL, GMClasses,

GMMMapVCL, Vcl.ExtDlgs, Vcl.Tabs, Vcl.ComCtrls, FMXContainer, Vcl.OleCtrls,

SHDocVw;

type

TMain = class(TForm)

ComPort: TComPort;

Edit_Data: TEdit;

Button_Open: TButton;

Button_Settings: TButton;

Button_Send: TButton;

Reset: TButton;

Clear: TButton;

save: TButton;

save1: TButton;

Memo: TMemo;

Memo1: TMemo;

Memo2: TMemo;

Memo3: TMemo;

Memo4: TMemo;

Memo5: TMemo;

Memo6: TMemo;

Memo7: TMemo;

Memo8: TMemo;

GHorizontal: TChart;

Series1: TLineSeries;

TeeGDIPlus1: TTeeGDIPlus;

GVertical: TChart;

LineSeries1: TLineSeries;

TeeGDIPlus2: TTeeGDIPlus;

Label1: TLabel;

Label2: TLabel;

Label3: TLabel;

Label4: TLabel;

Label5: TLabel;

Label6: TLabel;

Label7: TLabel;




```

Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
lokasi: TButton;
Web: TWebBrowser;
GMMMap1: TGMMMap;
gcsmark: TGMMMarker;
payloadmark: TGMMMarker;
GMInfoWindow1: TGMInfoWindow;
SaveDialog1: TSaveDialog;
SavePictureDialog1: TSavePictureDialog;
ceklist: TCheckBox;
gcs: TCheckBox;
payload: TCheckBox;
PageControl1: TPageControl;
TabSheet1: TTabSheet;
Panel1: TPanel;
FireMonkeyContainer1: TFireMonkeyContainer;
TabSheet2: TTabSheet;
Panel2: TPanel;
FireMonkeyContainer2: TFireMonkeyContainer;
sdauthor: TCheckBox;
sdutver: TCheckBox;
savegrafik: TButton;
SavePictureDialog2: TSavePictureDialog;
PageControl2: TPageControl;
TabSheet3: TTabSheet;
Panel3: TPanel;
FireMonkeyContainer3: TFireMonkeyContainer;
TabSheet4: TTabSheet;
Panel4: TPanel;
Label10: TLabel;
Button1: TButton;

```

```

procedure Button_OpenClick(Sender: TObject);
procedure Button_SettingsClick(Sender: TObject);
procedure Button_SendClick(Sender: TObject);
procedure ComPortOpen(Sender: TObject);
procedure ComPortClose(Sender: TObject);
procedure ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
procedure saveClick(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
procedure lokasiClick(Sender: TObject);
procedure GMMMap1AfterPageLoaded(Sender: TObject; First: Boolean);
procedure save1Click(Sender: TObject);
procedure ClearClick(Sender: TObject);
procedure ResetClick(Sender: TObject);
procedure FireMonkeyContainer1CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);
procedure FireMonkeyContainer2CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);

```

```

procedure savegrafikClick(Sender: TObject);
procedure FireMonkeyContainer3CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);
procedure Button1Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  Main: TMain;
  sub, data: extended;
  sdthor, sdtver: Integer;
  cek : String;
  gcslat, gcslng : String;
  payloadlat, payloadlng : String;
  get: String;
  Str, grabstring: String;
  pecah: TStringList;
  i, j, k, smrow: Integer;
  nilaikompas, pitch, roll, yaw, sudutgcs : integer;

implementation

{$R *.DFM}

//unit untuk koneksi GCS - payload
procedure TMain.Button_OpenClick(Sender: TObject);
begin
  if ComPort.Connected then
    ComPort.Close
  else
    ComPort.Open;
end;

//unit untuk caption Connect - disconnect
procedure TMain.ComPortOpen(Sender: TObject);
begin
  Button_Open.Caption := 'Disconnect';
  get := 'y';
end;
procedure TMain.ComPortClose(Sender: TObject);
begin
  Button_Open.Caption := 'Connect';
  get := 'o';
end;

//unit untuk konfigurasi port

```



```

procedure TMain.Button_SettingsClick(Sender: TObject);
begin
  ComPort.ShowSetupDialog;
end;

//unit untuk save file serial monitor
procedure TMain.saveClick(Sender: TObject);
begin
  if SaveDialog1.Execute then
    Memo1.Lines.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
end;

//simpan grafik
procedure TMain.savegrafikClick(Sender: TObject);
begin
  if sduthor.Checked = true then
  begin
    SavePictureDialog2.Execute;
    GHorisional.SaveToBitmapFile(SavePictureDialog2.FileName);
end;

  if sdutver.Checked =true then
  begin
    SavePictureDialog2.Execute;
    GVertical.SaveToBitmapFile(SavePictureDialog2.FileName);
end;
  if sdutver.Checked =false and sduthor.Checked = false then
    SavePictureDialog2.Destroying;
end;

//unit untuk save map
procedure TMain.save1Click(Sender: TObject);
begin
  if SavePictureDialog1.Execute then
    GMMMap1.SaveToJPGFile(SavePictureDialog1.FileName);
end;

//unit untuk mengirim data dari GCS
procedure TMain.Button_SendClick(Sender: TObject);
begin
  Str := Edit_Data.Text;
  ComPort.WriteStr(Str);
end;

//unit untuk menerima data dari payload
procedure TMain.ComPortRxChar(Sender: TObject; Count: Integer);
begin
  ComPort.ReadStr(Str, Count);
  Memo1.Text := Memo1.Text + Str;
  if ceklist.Checked then

```

```

SendMessage(Memo1.Handle, EM_LINESCROLL, 0, Memo1.Lines.Count);

smrow := Memo1.Lines.Count;

for j := 0 to smrow-2 do
begin
grabstring := Memo1.lines.Strings[smrow-2];
end;
pecah := TStringList.Create;
pecah.Delimiter := ' ';
pecah.DelimitedText := grabstring;

for i := 0 to pecah.Count-1 do
begin
Memo.text:=(pecah[0]);
if Memo.text='YOK' then
begin

for i := 1 to pecah.Count-1 do
begin
Memo8.text:=(pecah[1]);
gcslat := (pecah[1]);
payloadlat := (pecah[1]);
end;

for i := 2 to pecah.Count-1 do
begin
Memo2.text:=(pecah[2]);
gcslng := (pecah[2]);
payloadlng := (pecah[2])
end;

for i := 3 to pecah.Count-1 do
Memo3.text:=(pecah[3]);

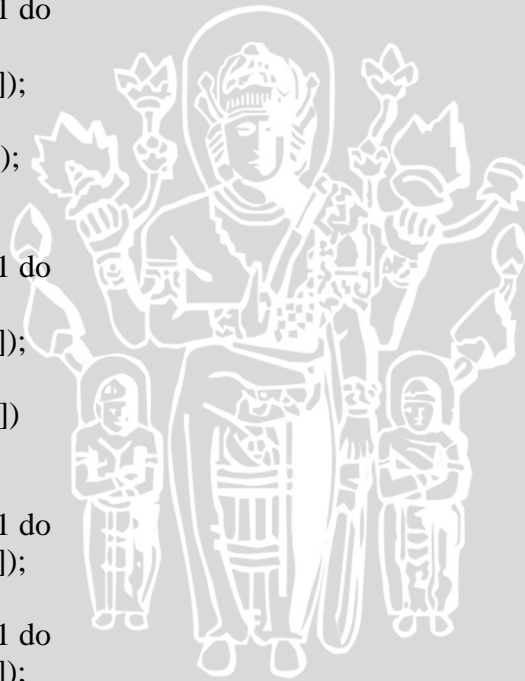
for i := 4 to pecah.Count-1 do
Memo4.text:=(pecah[4]);

for i := 5 to pecah.Count-1 do
Memo5.text:=(pecah[5]);

//sudut horisontal
for i := 6 to pecah.Count-1 do
begin
Memo6.text:=(pecah[6]);
sdthor:= StrToInt(pecah[6]);
end;

//sudut vertikal
for i := 7 to pecah.Count-1 do

```




```

begin
  Memo7.text:=(pecah[7]);
  sdtver:= StrToInt(pecah[7]);
  if Memo.text ='YOK' then
  begin
    LineSeries1.AddXY(smrow-1, sdtver);
    Series1.AddXY(smrow-1, sdthor);
  end;
end;

//pitch
for i := 8 to pecah.Count-1 do
  pitch := StrToInt(pecah[8]);

//roll
for i := 9 to pecah.Count-1 do
  roll := StrToInt(pecah[9]);

// yaw
for i := 10 to pecah.Count-1 do
  yaw := StrToInt(pecah[10]);

// kompas
for i := 11 to pecah.Count-1 do
  nilaikompas := StrToInt(pecah[11]);

//sudutgcs
for i := 12 to pecah.Count-1 do
  sudutgcs := StrToInt(pecah[12]);
end;
end;
end;

//unit untuk konfirmasi exit
procedure TMain.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
  if MessageDlg ('Serius Cukup Sampai Di sini Aja?', mtConfirmation,
    [mbYes, mbNo], 0, mbYes) = mrYes then
    Action := caFree
  else
    Action :=caNone;
end;

//unit untuk mencari lokasi google map
procedure TMain.lokasiClick(Sender: TObject);
var
  gcslat1, gcslng1: Real;
  payloadlat1, payloadlng1: Real;
begin

```

```

GMInfoWindow1.Map := GMMMap1;
gcsmark.Map := GMMMap1;
payloadmark.Map := GMMMap1;
GMMMap1.WebBrowser := Web;
GMMMap1.Active := True;

if gcs.Checked then
begin
gcslat1 := StrToInt(copy(gcslat,2,1))+(StrToInt(copy(gcslat,3,6))/1000000;
gcslng1 := StrToInt(copy(gcslng,1,3))+(StrToInt(copy(gcslng,4,6))/1000000;
GMMMap1.RequiredProp.Center.lat :=(-gcslat1);
GMMMap1.RequiredProp.Center.lng :=(gcslng1);
gcsmark.add(-gcslat1, gcslng1, 'Posisi GCS');
GMMMap1.RequiredProp.Zoom :=15;
end;
if payload.Checked then
begin
payloadlat1 :=
StrToInt(copy(payloadlat,2,1))+(StrToInt(copy(payloadlat,3,6))/1000000;
payloadlng1 :=
StrToInt(copy(payloadlng,1,3))+(StrToInt(copy(payloadlng,4,6))/1000000;
payloadmark.add(-payloadlat1, payloadlng1, 'Posisi Payload');
end;
//GMInfoWindow1.Add(GMMMap1.RequiredProp.Center.Lat,
GMMMap1.RequiredProp.Center.Lng, 'Posisi GCS');
end;

procedure TMain.GMMMap1 AfterPageLoaded(Sender: TObject; First: Boolean);
begin
if First then
begin
GMMMap1.DoMap;
end;
end;

procedure TMain.ClearClick(Sender: TObject);
begin
if payload.Checked then
payloadmark.Clear;
if gcs.Checked then
gcsmark.Clear;
end;
//unit reset
procedure TMain.ResetClick(Sender: TObject);
begin
Sub :=0;
Series1.Clear;
LineSeries1.Clear;
Memo.Clear;
Memo1.Clear;

```



```

Memo2.Clear;
Memo3.Clear;
Memo4.Clear;
Memo5.Clear;
Memo6.Clear;
Memo7.Clear;
Memo8.Clear;
end;

```

```

//Unit show gcs
procedure TMain.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  if Button1.Caption = 'Hide GCS' then
    begin
      Button1.Caption := 'Show GCS';
    end
  else
    begin
      Button1.Caption := 'Hide GCS';
    end;
end;

```

```

//Firemonkey Handle
procedure TMain.FireMonkeyContainer1CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);
begin
  if not Assigned(Form) then Form := Thdform.Create(nil);
end;

```

```

procedure TMain.FireMonkeyContainer2CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);
begin
  Form := Tfmform.Create(Application);
end;

```

```

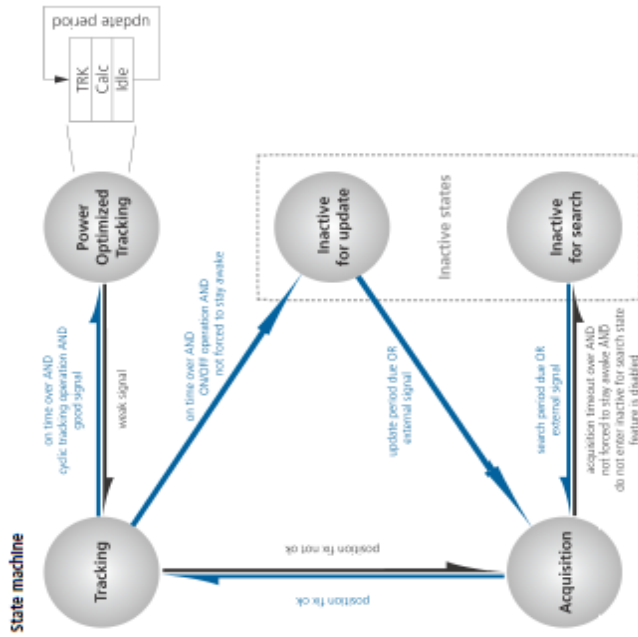
procedure TMain.FireMonkeyContainer3CreateFMXForm(var Form:
TCommonCustomForm);
begin
  Form := TAntenna.Create(Application);
end;
end.

```

1.3 GPS performance

Parameter	Specification																				
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, C/A Code SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS																				
Time-To-Fix/Fix ¹	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NEO-6G/QT</th> <th>NEO-6MW</th> <th>NEO-6P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cold Start¹</td> <td>26 s</td> <td>27 s</td> <td>32 s</td> </tr> <tr> <td>Warm Start¹</td> <td>26 s</td> <td>27 s</td> <td>32 s</td> </tr> <tr> <td>Hot Start¹</td> <td>1 s</td> <td>1 s</td> <td>1 s</td> </tr> <tr> <td>Aided Starts¹</td> <td>1 s</td> <td><3 s</td> <td><3 s</td> </tr> </tbody> </table>		NEO-6G/QT	NEO-6MW	NEO-6P	Cold Start ¹	26 s	27 s	32 s	Warm Start ¹	26 s	27 s	32 s	Hot Start ¹	1 s	1 s	1 s	Aided Starts ¹	1 s	<3 s	<3 s
	NEO-6G/QT	NEO-6MW	NEO-6P																		
Cold Start ¹	26 s	27 s	32 s																		
Warm Start ¹	26 s	27 s	32 s																		
Hot Start ¹	1 s	1 s	1 s																		
Aided Starts ¹	1 s	<3 s	<3 s																		
Sensitivity ⁴	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NEO-6G/QT</th> <th>NEO-6MW</th> <th>NEO-6P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tracking & Navigation</td> <td>-162 dbm</td> <td>-161 dbm</td> <td>-160 dbm</td> </tr> <tr> <td>Reacquisition¹</td> <td>-160 dbm</td> <td>-160 dbm</td> <td>-160 dbm</td> </tr> <tr> <td>Cold Start (without aiding)</td> <td>-148 dbm</td> <td>-147 dbm</td> <td>-146 dbm</td> </tr> <tr> <td>Hot Start</td> <td>-157 dbm</td> <td>-156 dbm</td> <td>-155 dbm</td> </tr> </tbody> </table>		NEO-6G/QT	NEO-6MW	NEO-6P	Tracking & Navigation	-162 dbm	-161 dbm	-160 dbm	Reacquisition ¹	-160 dbm	-160 dbm	-160 dbm	Cold Start (without aiding)	-148 dbm	-147 dbm	-146 dbm	Hot Start	-157 dbm	-156 dbm	-155 dbm
	NEO-6G/QT	NEO-6MW	NEO-6P																		
Tracking & Navigation	-162 dbm	-161 dbm	-160 dbm																		
Reacquisition ¹	-160 dbm	-160 dbm	-160 dbm																		
Cold Start (without aiding)	-148 dbm	-147 dbm	-146 dbm																		
Hot Start	-157 dbm	-156 dbm	-155 dbm																		
Maximum Navigation update rate	NEO-6G/QM/R 5Hz																				
Horizontal position accuracy ⁵	2.5 m																				
SBAS	2.0 m																				
SBAS + PPP ⁶	< 1 m (2D, R50) ⁸																				
SBAS + PPP ⁶	< 2 m (3D, R50) ⁸																				
Configurable Timepulse frequency range	NEO-6G/QM/RV 0.25 Hz to 1 kHz																				
Accuracy for Timepulse signal	NEO-6T 0.25 Hz to 10 MHz																				
RMS	30 ns																				
99 %	<60 ns																				
Granularity	21 ns																				
Compensated ⁸	15 ns																				
Velocity accuracy ⁴	0.1m/s																				
Heading accuracy ⁴	0.5 degrees																				
Operational Limits	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Dynamics</td> <td>≤ 4 g</td> </tr> <tr> <td>Altitude¹⁰</td> <td>50,000 m</td> </tr> <tr> <td>Velocity¹⁰</td> <td>500 m/s</td> </tr> </tbody> </table>	Dynamics	≤ 4 g	Altitude ¹⁰	50,000 m	Velocity ¹⁰	500 m/s														
Dynamics	≤ 4 g																				
Altitude ¹⁰	50,000 m																				
Velocity ¹⁰	500 m/s																				

Table 2: NEO-6 GPS performance



9.3.1.1 ON/OFF operation - long update period

When the receiver is switched on, it first enters Acquisition state. If it is able to obtain a position fix within the time given by the acquisition timeout, it switches to Tracking state. Otherwise it enters Inactive for search state and re-starts within the configured search grid. As soon as the receiver gets a position fix which is not masked (the masks, for example 3D only, can be set using CFG-NAVS), it enters Tracking state. Upon entering Tracking state, the on time is started. Once the on time is over Inactive for update state is entered and the receiver re-starts according to the configured update grid. If the signal is lost while in Tracking state, Acquisition state is entered. If the signal is not found within the acquisition timeout, the receiver enters Inactive for search state. Otherwise the receiver will re-enter Tracking state and stay there until the newly started on time is over. The diagram below illustrates how ON/OFF operation works:



20.3 GGA

GGA		
Global positioning system fix data		
Supported on u-Blox G from firmware version 6.00 up to version 7.03.		
Output Message		
Comment		
WGSS4		
Time and position, together with GPS fixing related data (number of satellites in use, and the resulting HDOP, age of differential data if in use, etc.).		
ID for GGA message	Number of fields	
0xFO 0x00	17	
Message into		
Message Structure:		
<code>gga,aa,092725.00,4717.11399,N,00832.91590,E,1.0,1.0,499.6,M,48.0,M,0.0,0000,0.0,0000,0.0</code>		
Example:		

Field No.	Format	Name	Unit	Description
0	\$GPRGGA	\$GPRGGA	-	Message ID, GGA protocol header
1	092725.00	hhmmss.SS	hhmm:ss	UTC time, Current time
2	4717.11399	ddmm.mmmmm	Lat:1 tuda	Latitude, Degrees + minutes, see Format description
3	N	Character	N	N/S indicator, N-north or S-south
4	00832.91590	dddmm.dddmm	Longitud	Longitude, Degrees + minutes, see Format description
5	E	Character	E	E/W indicator, E-east or W-west
6	1	digit	PS	Position Fix Status indicator, See Table below and Position Fix flags description
7	B	numeric	NoSV	Satellites Used, Range 0 to 12
8	1.01	numeric	HDOP	HDOP, Horizontal Dilution of Precision
9	499.6	numeric	msl	MSL Altitude
10	M	character	umsl1	Units, Meters (fixed field)
11	48.0	numeric	Altref	Geoid Separation
12	M	Character	uSep	Units, Meters (fixed field)
13	-	numeric	Difzaga	Age of Differential Corrections, Blank (Null) fields when DGPS is not used
14	0	numeric	Difzestat	Diff. Reference Station ID
15	*5B	hexadecimal	1con	Checksum
16	-	Character	<CR> <LF>	Carriage Return and Line Feed

Table Fix Status

Fix Status	Description, see also Position Fix flags description
0	No Fix / Invalid
1	Standard GPS (DGPS)
2	Differential GPS
6	Estimated (DR) Fix

3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G NEO-6QM NEO-6PM/T	1.75	1.8	1.95	V	
Supply voltage USB	VDDUSB	All	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP	All		22		μA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0V
Input pin voltage range	Vin	All	0		VCC	V	
Digital IO Pin Low level input voltage	Vil	All	0		0.2*VCC	V	
Digital IO Pin High level input voltage	Vih	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital IO Pin Low level output voltage	Vol	All			0.4	V	Iol=4mA
Digital IO Pin High level output voltage	Voh	All	VCC-0.4			V	Ioh=4mA
USB_DM, USB_DP	VinU	All	Compatible with USB with 22 Ohms series resistance				
VCC_RF voltage	VCC_RF	All			VCC-0.1	V	
VCC_RF output current	ICC_RF	All			50	mA	
Antenna gain	Gain	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	NFtot	All		3.0		dB	
Operating temperature	Topr	All	-40		85	°C	

Table 10: Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

3.3 Indicative power requirements

Table 11 lists examples of the total system supply current for a possible application.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Max. supply current ¹⁾	Iccp	All			67	mA	VCC = 3.6 V ²⁾ 1.95 V ³⁾
icc Acquisition							
icc Tracking							
(Max Performance mode)							
icc Tracking (Eco mode)							
Average supply current ¹⁾							
icc Tracking (Power Save mode / 1 Hz)							

Table 11: Indicative power requirements

1. Electrical characteristics

If not stated otherwise, the given values are ± 3 -Sigma values over temperature/voltage range in the given operation mode. All values represent the new parts specification; additional solder drift is shown separately.

Table 1: Operating conditions, output signal and mechanical characteristics

Parameter	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Units
Operating temperature	T _A	operational	-40		+85	°C
		full accuracy	0		+65	
Supply voltage	V _{DD}	ripple max. 50mVpp	1.8	2.5	3.6	V
		ultra low power mode	1.62	2.5	3.6	
Supply current @ 1 sample / sec. 25°C	I _{DDLOW}	ultra low power mode		3		µA
	I _{DDSTD}	standard mode		5		µA
	I _{DDHR}	high resolution mode		7		µA
	I _{DDHR}	Ultra high res. mode		12		µA
	I _{DDAN}	Advanced res. mode		32		µA
Peak current	I _{PEAK}	during conversion		650	1000	µA
Standby current	I _{DDSBW}	@ 25°C		0.1	4 ¹	µA
		950 ... 1050 hPa @ 25 °C		±0.12		hPa
Relative accuracy pressure V _{DD} = 3.3V		700 ... 900hPa 25 ... 40 °C		±0.12		m
		300 ... 1100 hPa 0 ... +65 °C		±1.0		hPa
Absolute accuracy pressure V _{DD} = 3.3V		300 ... 1100 hPa -20 ... 0 °C		±1.0		m
		pressure temperature		0.01	+2.0	hPa
Resolution of output data		temperature		0.1	+4.5	hPa
Noise in pressure						°C
Absolute accuracy temperature V _{DD} = 3.3V		@ 25 °C	-1.5	±0.5	+1.5	°C
		0 ... +65 °C	-2.0	±1.0	+2.0	°C

see table on page 12-13

BMP180

DIGITAL PRESSURE SENSOR

Key features

Pressure range: 300 ... 1100hPa (+9000m ... -500m relating to sea level)
Supply voltage: 1.8 ... 3.6V (V_{DD})
1.62V ... 3.6V (V_{DDIO})

Package: LGA package with metal lid
Small footprint: 3.6mm x 3.8mm
Super-flat: 0.93mm height

Low power: 5µA at 1 sample / sec. in standard mode

Low noise: 0.06hPa (0.5m) in ultra low power mode
0.02hPa (0.17m) advanced resolution mode

- Temperature measurement included
- I²C interface
- Fully calibrated
- Pb-free, halogen-free and RoHS compliant, -MSL 1

Typical applications

- Enhancement of GPS navigation (dead-reckoning, slope detection, etc.)
- In- and out-door navigation
- Leisure and sports
- Weather forecast
- Vertical velocity indication (rise/sink speed)

BOSCH Data sheet BMP180 Page 16

3.6 Calculating absolute altitude

With the measured pressure p and the pressure at sea level p_0 e.g. 1013.25hPa, the altitude in meters can be calculated with the international barometric formula:

$$\text{altitude} = 44330 * \left(1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{0.255} \right)$$

Thus, a pressure change of $\Delta p = 1\text{hPa}$ corresponds to 8.43m at sea level.

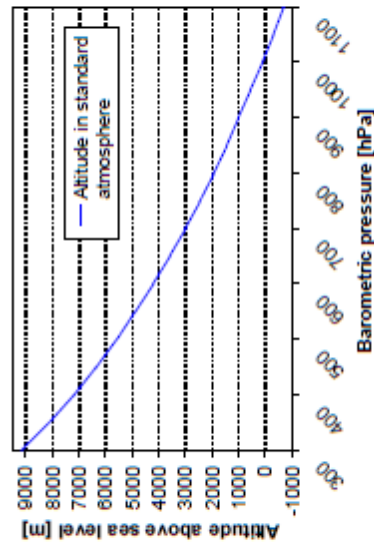


Figure 5: Transfer function: Altitude over sea level – Barometric pressure

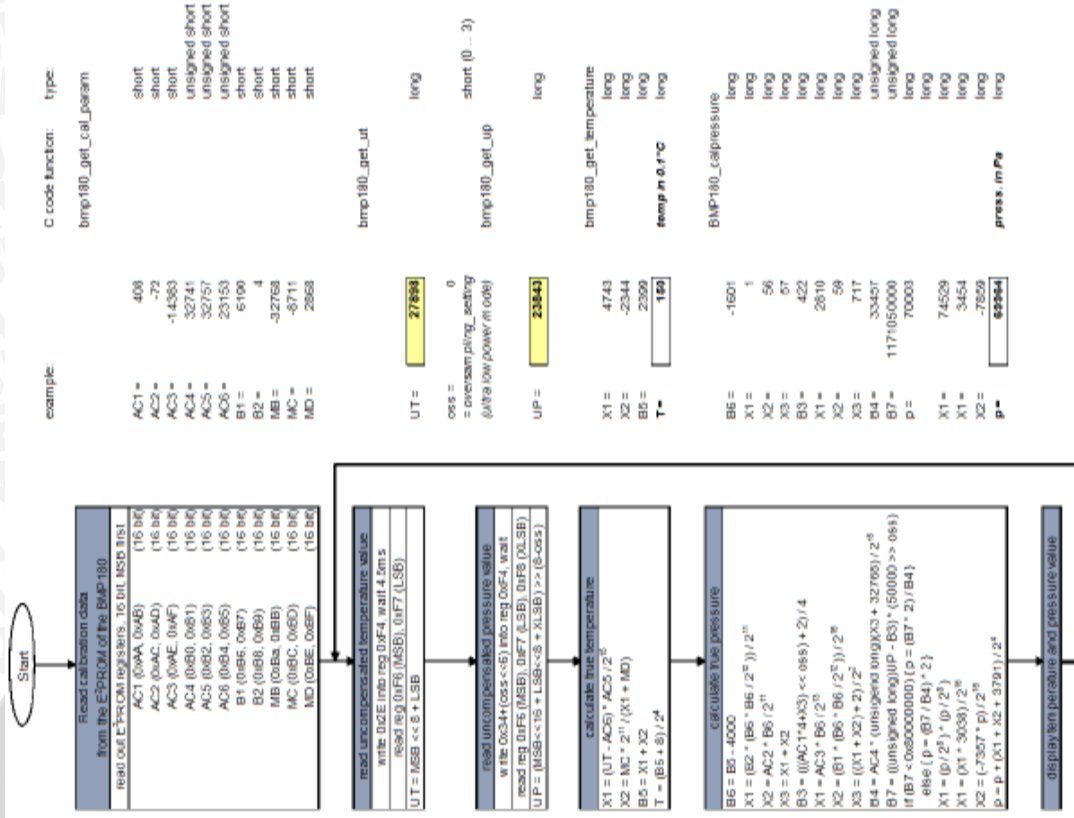
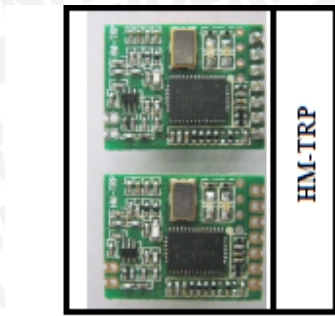


Figure 4: Algorithm for pressure and temperature measurement

Lampiran 7. Datasheet Modul HM-TRP

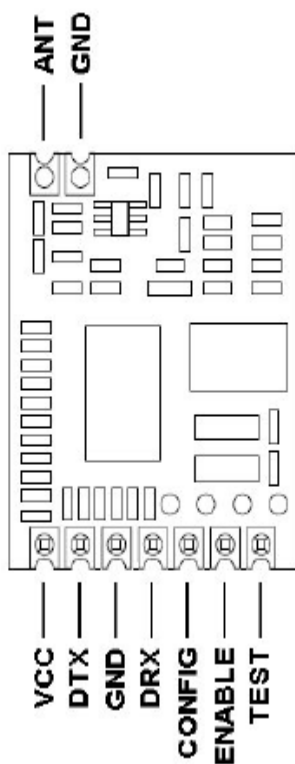


1. General

HM-TRP series is a low cost, high performance transparent FSK transmitter with operating at 433/470/868/915 MHz. It features small size, high output power, high sensitivity, long transmission distance and high communication data rate with auto set up for communication change and data receiving and transmission control. There is UART interface, it is easy to realize the wireless data transmission with only providing the UART data. It is flexible for the users to set the UART baud rate, frequency, output power, data rate, frequency deviation, receiving bandwidth etc parameters. It is your ideal choice for designing wireless data transmission products which can be widely used on wireless data transmission field.

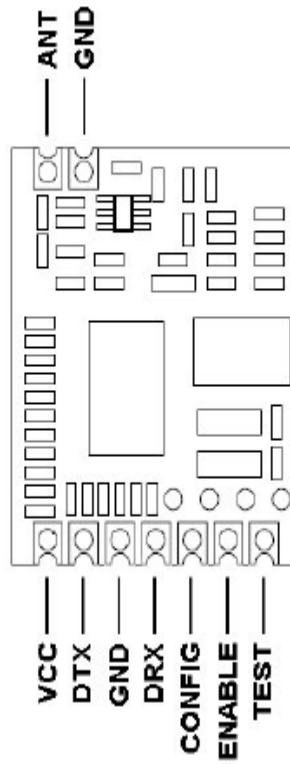
2. Features

- Low cost, high performance, high reliability
- FSK modulation, 2-way half-duplex communication, strong anti-interfere
- 433/470/868/915MHz ISM band, globally license free.
- Maximal output power 100mW(20dBm), output power adjustable between 1-20dBm
- Sensitivity -117dBm
- Supply current for Tx 100mA@20dBm, 40mA@14dBm
- Supply current for Rx 25mA
- Low current sleep mode 1uA
- Standard TTL UART interface, extendable to RS232 or other interface
- Operation frequency can be configured, acceptable for several modules working in different frequency with no disturbance on each other.
- Optional for frequency deviation and receiving ISM bandwidth, users can be modulated by software.
- Easily use, auto exchange on communication & transceiver
- Communication speed 1.2kbps -115.2kbps, can be modulated through software
- Afford ENABLE control signal, user self control work duty cycle
- RSSI function
- With LED indication
- Longer transmission distance, over 1Km in open air
- Small size 16X20X2MM, 9 PIN DIP & 9 PIN SMD package, easy for assembly.
- Tuning free
- Accord FCC, ETSI standard



HM-TRP (DIP)

Figure 1. HM-TRP (DIP) Pin Description



HM-TRP (SMD)

Figure 2. HM-TRP (SMD) Pin Description

Name	Note
VCC	Power supply, 2.4-3.6V DC power, recommendation 3.3V DC power
DTX	Data transmission
GND	Ground
DRX	Data receiving
CONFIG	Set low for configuration mode, while set high for communication
ENABLE	Set low for normal mode for data transmitter, while back to sleep if set high
TEST	Dis-connected
ANT	Input/output interface with 50 ohm antenna

5. Maximum specification

Parameter	Min	Max	Unit
Power supply(VCC)	-0.3	+3.6	V
Storage temperature	-40	+150	°C
Operate temperature	-40	+85	°C
Reflow temperature		+260	°C

6. Parameter

Parameter	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply (VCC)		2.4	3.3	3.6	V
Operate temperature		-40	25	85	°C
Operate frequency	HM-TRP-433	414	434	454	MHz
	HM-TRP-470	450	470	490	
	HM-TRP-868	849	869	889	
	HM-TRP-915	895	915	935	
Max output power		18	20		dBm
Output range		1		20	dBm
Receive Sensitivity	FSK,Fdev=35K, DR=1.2Kbps,		-117	-115	dBm
	FSK,Fdev=35K, DR=9.6Kbps,		-114	-112	
	FSK,Fdev=35K, DR=40Kbps		-111	-109	
	FSK,Fdev=35K, DR=100Kbps		-104	-102	
Tx Current	20dBm output power		100	120	mA
	14dBm output power		40	50	
Rx Current			25	30	mA
Sleep Current			1	2	uA
Modulate data rate		1.2		115.2	Kbps
Modulate deviation		10		160	KHz
Receive bandwidth		30		620	KHz
UART Data Rate		1.2		115.2	Kbps
UART data bit			8		bit
UART stop bit			1		bit