

Penyimpanan Data pada Sistem Global Position System (GPS) Menggunakan Mikrokontroler Arduino 2560

Ferdinand¹ dan Nurwijayanti K. N.¹

Abstract: With the development of the modern era, both as an individual or agency using GPS as a tool to determine the location, but of the many not all GPS devices can save the location, this could be because memory is not included in the GPS device is not powered or how to store coordinates. The components used in the design of this GPS using Arduino microcontroller 2560, JGR-SC3 GPS module-M, HC-06 bluetooth module, 16x2 LCD, keypad 4x4 and Mega SDCARD. The Euro is all the components in the Arduino software. Based on the data obtained were compared with the results of the distance the actual distance through a google map, calculation formula and vector calculation haversine formula. Based on the difference between the obtained distance comparison tool with actual distance via google maps and the calculation formula of <5 meters, with the shortest distance difference at a distance of 142 meters, and the difference farthest distance at 1001 meters. To coordinate storage can save the 20 position. The coordinates can be stored totaling 20 coordinates, which are stored on the SD card, in txt format.

Keywords: GPS, coordinate, Arduino

Abstrak: Dengan perkembangan zaman yang semakin modern, baik secara perorangan atau instansi menggunakan GPS sebagai alat untuk menentukan lokasi, namun dari sekian banyak GPS tidak semua alat-alat tersebut dapat menyimpan lokasi, hal ini bisa jadi dikarenakan tidak disertakan memori pada alat GPS tersebut atau tidak difasilitasi cara menyimpan koordinat. Komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan GPS ini menggunakan mikrokontroler arduino 2560, modul GPS JGR-SC3-M, modul bluetooth HC-06, LCD 16x2, keypad 4x4 dan SDcard Mega. Komponen ini semua diprograman oleh software Arduino. Berdasarkan data yang didapat hasil jarak yang dibandingkan dengan jarak sebenarnya melalui google map, perhitungan rumus vektor dan perhitungan rumus haversine. Berdasarkan perbandingan jarak didapat selisih antara alat dengan jarak sebenarnya melalui google maps dan perhitungan rumus sebesar <5 meter, dengan selisih jarak terdekat pada jarak 142 meter, dan selisih jarak terjauh pada 1001 meter. Untuk penyimpanan koordinat dapat memuat 20 posisi. Koordinat yang dapat disimpan berjumlah 20 koordinat, yang tersimpan di dalam SD card, dalam format .txt.

Kata kunci: GPS, koordinat, Arduino

PENDAHULUAN

Dalam bentuk yang seperti bola, bumi sulit dianalisa menggunakan sistem koordinat kartesius biasa. Akan tetapi, bumi akan dengan mudah dianalisa dengan menggunakan sistem koordinat bola. Versi lain dari sistem koordinat bola yang digunakan untuk mengidentifikasi posisi pada bumi sering dikenal sebagai sistem koordinat geografis, yaitu sistem koordinat yang membagi bumi berdasarkan lintang dan bujur. Oleh karena itu digunakanlah teknologi GPS, yaitu teknologi yang mengubah sudut pandang dari luar menggunakan satelit untuk dapat menentukan posisi yang spesifik pada permukaan bumi.

GPS merupakan singkatan dari *Global Positioning System* adalah suatu sistem teknologi untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyaluran sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 buah satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan bumi untuk menentukan letak, kecepatan, arah dan waktu. GPS merupakan pengembangan dari sebuah peta lokasi yang dibuat dalam bentuk teknologi modern yang menggunakan satelit.

GPS mulai dikembangkan pada tahun 1973 oleh Angkatan Udara Amerika Serikat, yang selanjutnya diambil alih dan dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Sistem ini diciptakan untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia. Terdapat 24 buah satelit GPS yang menempati 6 orbit yang bentuknya sangat mendekati lingkaran, dimana setiap orbit ditempati oleh 4 satelit dengan interval antaranya tidak sama. Bisa diperkirakan biaya yang dikeluarkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk membangun dan memelihara satelit-satelit tersebut. Pada 16 Maret 1995, dalam suratnya ke ICAO, Presiden Bill Clinton menyatakan komitmennya bahwa Amerika Serikat akan menyediakan sinyal-sinyal GPS secara gratis untuk pengguna komunitas sipil internasional.

Disisi lain mikrokontroler saat ini banyak digunakan sebagai sistem pengolah data yang membutuhkan penarikan kesimpulan maupun perhitungan matematis. Dibanding dengan komputer, mikrokontroler lebih praktis dan efisien untuk aplikasi yang tidak menggunakan algoritma yang kompleks. Dapat juga ditambahkan beberapa modul untuk melengkapi fungsi dari sebuah alat, seperti modul *SD card* sebagai media penyimpanan data.

LANDASAN TEORI

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Perlu diketahui bahwa GPS ini merupakan sistem yang dimiliki Amerika Serikat. Selain dari itu perlu diketahui juga bahwa sistem seperti ini juga dimiliki negara-negara lain seperti; *Beidou* yaitu sistem lokal milik Cina yang akan dikembangkan menjadi sistem internasional bernama *COMPASS*, *Galileo* yaitu sistem yang dikembangkan Uni Eropa dengan bantuan Cina, Israel, India, Maroko, Arab Saudi, Korea Selatan dan Ukraina, ada juga *GLONASS* sistem yang dimiliki

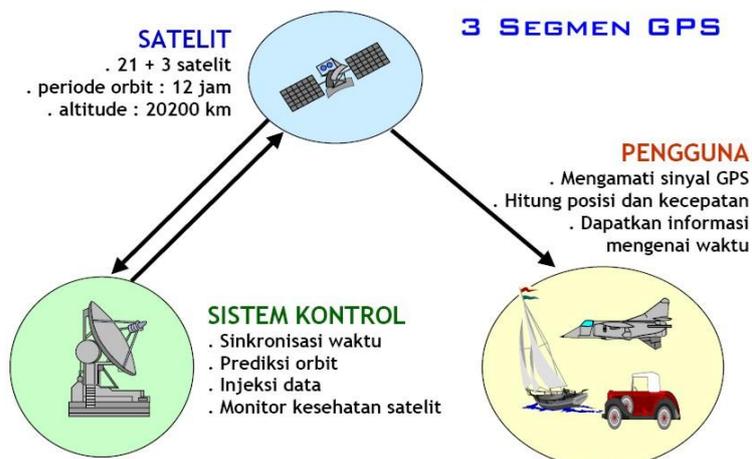
¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Suryadarma Jakarta

Rusia dan sudah dapat digunakan oleh pengguna sipil internasional dan yang terakhir adalah *Indian Regional Navigational Satellite System (IRNSS)* yang sedang dikembangkan oleh India.

Beberapa kegunaan GPS yang dipakai dalam beberapa bidang:

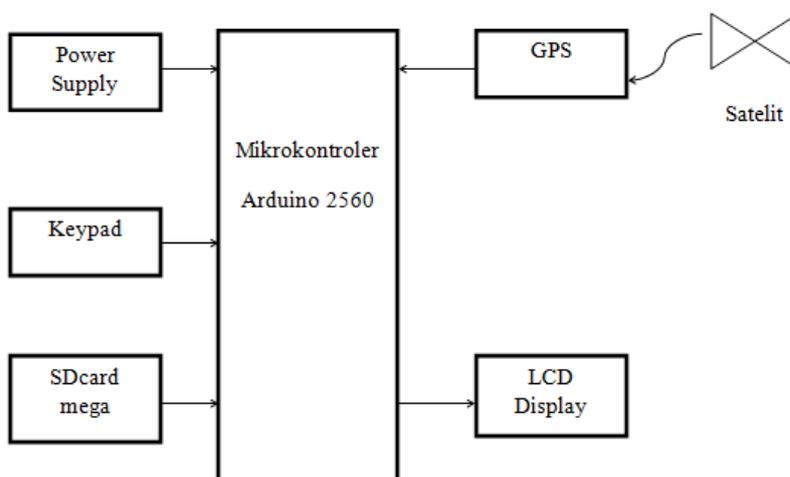
- a. **Militer**
GPS digunakan untuk keperluan perang, seperti menuntun arah bom, atau mengetahui posisi pasukan berada. Dengan cara ini maka kita bisa mengetahui mana teman mana lawan untuk menghindari salah target, ataupun menentukan pergerakan pasukan.
- b. **Navigasi**
GPS banyak juga digunakan sebagai alat navigasi seperti kompas. Beberapa jenis kendaraan telah dilengkapi dengan GPS untuk alat bantu navigasi, dengan menambahkan peta, maka bisa digunakan untuk memandu pengendara, sehingga pengendara bisa mengetahui jalur mana yang sebaiknya dipilih untuk mencapai tujuan yang diinginkan.
- c. **Sistem Informasi Geografis**
Untuk keperluan Sistem Informasi Geografis, GPS sering juga diikutsertakan dalam pembuatan peta, seperti mengukur jarak perbatasan, ataupun sebagai referensi pengukuran.
- d. **Sistem pelacakan kendaraan**
Kegunaan lain GPS adalah sebagai pelacak kendaraan, dengan bantuan GPS pemilik kendaraan/pengelola armada bisa mengetahui ada dimana saja kendaraannya/aset Bergeraknya berada saat ini.

Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa yang terdiri dari 24 satelit GPS, segmen sistem kontrol, serta segmen pengguna yang merupakan pemakai GPS. Ketiga segmen tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



■ Gambar 1. Tiga Segmen pada GPS

Blok Diagram Sistem



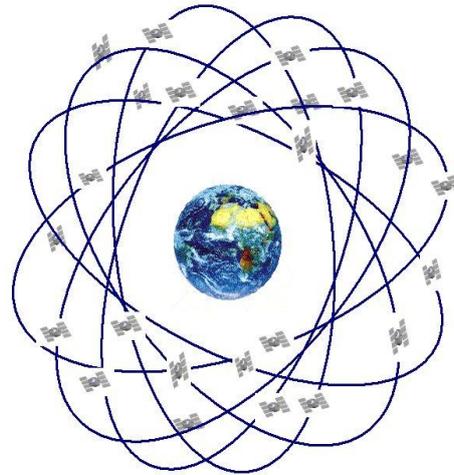
■ Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Segmen Angkasa GPS

Segmen angkasa GPS terdiri dari satelit-satelit GPS serta roket-roket Delta peluncur satelit dari Cape Canaveral di Florida, Amerika Serikat. Satelit GPS terdiri dari: *solar panel*, komponen internal dan komponen eksternal. Setiap satelit GPS mempunyai dua buah sayap yang dilengkapi dengan sel-sel pembangkit tenaga

matahari (*solar panel*), yang berfungsi sebagai sumber daya energi untuk satelit. Satelit juga mempunyai komponen internal seperti jam atom dan pembangkit sinyal. Komponen eksternal satelit adalah beberapa antena yang digunakan untuk menerima dan memancarkan sinyal-sinyal dari dan ke satelit GPS.

Dari 24 satelit yang ada, menempati enam bidang orbit yang bentuknya hampir menyerupai lingkaran, seperti yang terdapat pada Gambar 3 di bawah ini.



■ Gambar 3. Orbit Satelit GPS

Dari setiap 6 orbit satelit GPS mempunyai spasi sudut yang sama antar sesamanya. Tetapi setiap orbit ditempati oleh 4 satelit dengan interval antaranya tidak sama, seperti gambar 2.2 di atas.

Segmen Sistem Kontrol GPS

Berfungsi mengontrol dan memantau operasional satelit dan memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya. Berikut ini beberapa tugas utama dari segmen sistem kontrol GPS yaitu:

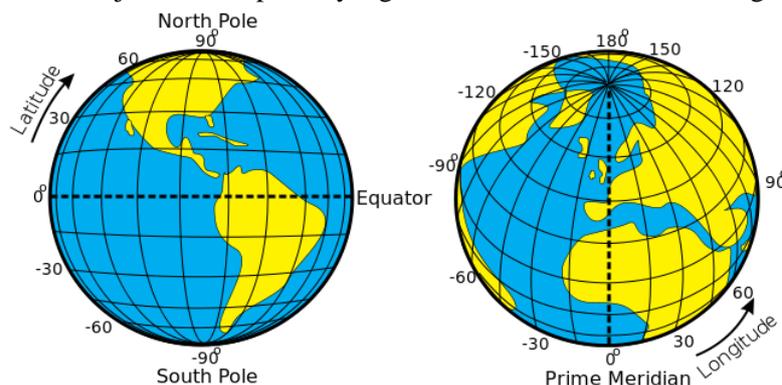
- Menentukan dan menjaga waktu GPS.
- Secara periodik memperbaharui *navigation message* dari setiap satelit.
- Secara kontinyu memantau dan mengontrol sistem satelit.
- Melakukan manuver satelit agar tetap berada dalam orbitnya, atau melakukan relokasi untuk menggantikan satelit yang tidak sehat.
- Memprediksi ephemeris satelit secara karakteristik jam satelit.

Segmen Pengguna GPS

Segmen pengguna terdiri dari para pengguna satelit GPS yang memanfaatkan *receiver* GPS untuk dihunakan sebagai penerima dan pemroses sinyal dari satelit GPS dalam hal keperluan navigasi.

Sistem Koordinat Geografis

Sistem koordinat geografis merupakan versi dari koordinat bola yang memungkinkan penentuan lokasi pada bumi berdasarkan lintang dan bujur. Sistem koordinat geografis merupakan sistem koordinat geosentrik dimana menggunakan titik pusat bumi sebagai acuan. Setiap lokasi di Bumi yang akan ditentukan oleh satu set angka atau huruf. Koordinat sering dipilih sedemikian rupa sehingga salah satu nomor mewakili posisi vertikal, dan dua atau tiga dari jumlah tersebut mewakili posisi horizontal. Pilihan umum koordinat adalah lintang, bujur dan ketinggian Gambar 4 menunjukkan komponen yang membentuk sistem koordinat geografis.



■ Gambar 4. Sistem Koordinat Geografis

Lintang

Lintang adalah sudut dari sebuah titik dipermukaan bumi terhadap bidang *equatorial* dengan acuan titik tengah bumi. Garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki sudut yang sama terhadap equator disebut garis lintang. Kutub utara adalah lintang 90° N, kutub selatan adalah lintang 90° S dan lintang 0° ditandai sebagai equator. Equator adalah garis fundamental dari semua sistem koordinat geografis. Equator membagi bola bumi menjadi dua bagian yaitu bagian utara dan selatan.

Bujur

Bujur adalah sudut timur atau barat dari garis yang menghubungkan titik tengah kedua kutub bumi. Garis yang menghubungkan titik-titik yang memiliki sudut posisi barat atau timur yang sama disebut garis bujur (meridian). Semua garis masing-masing tidak sejajar dan berupa setengah putaran, tapi masing-masing mereka bertemu di kutub utara dan kutub selatan.

Garis yang melewati Royal Observatory, Greenwich (dekat London) dipilih sebagai referensi titik bujur 0° yang dikenal sebagai prime meridian. Tempat yang disebut belahan bumi bagian timur adalah disebelah timurnya sedangkan tempat yang disebut belahan bumi bagian barat adalah bagian baratnya.

Ekspresi Lintang dan Bujur dalam Satuan Linier

Pada permukaan laut satu detik lintang dihitung sebesar 30,82 m, satu menit lintang dihitung sebesar 1.849 m dan satu derajat lintang dihitung sebesar 110,9 km. Sedangkan, pada permukaan laut satu detik bujur dihitung 30,92 m, satu menit bujur dihitung sebesar 1.855 m dan satu derajat bujur dihitung sebesar 111,3 km. Ketentuan di atas berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\pi}{180^\circ} \cos(\phi) M_r \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\pi}{180^\circ} \cos(\phi) \sqrt{\frac{a^4 \cos(\phi)^2 + b^4 \sin(\phi)^2}{(a \cos(\phi))^2 + (b \sin(\phi))^2}} \dots\dots\dots(2)$$

Diketahui : ϕ = sudut lintang atau bujur dalam satuan meter (m)

M_r = jari-jari equator 6.367.449 m

a = 6.378.137 m

b = 6.356.752,3 m

Persamaan di atas digunakan untuk menghitung satu derajat lintang dan persamaan yang kedua digunakan untuk menghitung satu derajat bujur.

Untuk menghitung jarak menggunakan rumus *Haversine*, yaitu rumus persamaan yang digunakan dalam bidang navigasi, memberikan jarak jauh pada sebuah lingkaran antara dua titik pada bola dalam bujur dan lintang. Dalam mencari jarak dalam trigonometri bola erat kaitannya terhadap sisi dan sudut bola, agar hasil yang didapat lebih akurat dibanding menggunakan rumus vektor dikarenakan vektor biasa digunakan pada bidang datar.

$$d = \text{acos}(\sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) + \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1) \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)) \cdot r \dots\dots\dots(3)$$

Diketahui : d = jarak antara 2 titik

r = jari-jari bumi (6371 Km)

ϕ_1 = lintang awal

ϕ_2 = lintang akhir

λ_1 = bujur awal

λ_2 = bujur akhir

Sedangkan koordinat pada sistem GPS dibagi menjadi 3 format yaitu :

a. **DDD.DDDDD°** - Derajat

Digunakan untuk koordinat komputerisasi. Paling sederhana dengan memasukan 2 angka koordinat desimal, contoh: +32.30642, -122.61458 atau +32.30642, -122.61458

b. **DDD° MM.MMM'** - Derajat, desimal menit

Paling umum digunakan pada perangkat elektronik, angka 32 misalnya adalah derajat dan angka setelah 32 adalah angka dari pembagian 60 dari koordinat desimal. Contoh: 32°, diartikan 32° dan 60 x 0,30642 = 18,38.

32° 18.385' - 122° 36.875'

c. **DDD° MM' SS.S"** - Derajat , menit, detik.

Koordinat ini paling umum digunakan untuk GPS dengan akurasi memiliki angka lebih panjang dari format **DDD° MM.MMM'**. Contoh koordinat lokasi bumi dengan **DDD° MM' SS.S"** = 32° 18' 23.1" - 122° 36' 52.5"

Secara umum perangkat GPS dapat memberikan ke 3 format tersebut, karena data yang diterima dari GPS diterjemahkan kembali oleh *software* agar mudah dibaca. Penghitungan untuk mendapatkan koordinat menggunakan peta, mencari titik koordinat puncak gunung di Pasir Cadaspanjang, Jawa Barat di ketinggian 1814 meter diatas permukaan laut dengan menggunakan peta BAKOSURTANAL dengan skala 1:25.000 seperti pada Gambar 5.



■ **Gambar 5.** Peta Bakosurtanal

Langkah penghitungan, tetapkan ;

Garis bujur pertama sebelah kiri titik terbaca : 107° 23' 00" BT

Garis bujur kedua sebelah kanan titik terbaca : 107° 23' 30" BT

Garis lintang pertama sebelah atas titik terbaca : 07° 08' 00" LS

Garis lintang kedua sebelah bawah titik terbaca : 07° 08' 30" LS

Jarak **a** (jarak dari garis bujur pertama sebelah kiri titik terbaca ke titik puncak 1814) = 26,5 mm (absis X)

Jarak **b** (jarak dari garis lintang pertama sebelah atas titik terbaca ke titik puncak 1814) = 31,5 mm (absis Y)

Jarak **c** (jarak dari garis lintang pertama sebelah atas titik terbaca ke garis lintang kedua sebelah bawah titik terbaca) = 37 mm (absis Y)

Jarak **d** (jarak dari garis bujur pertama sebelah kiri titik terbaca ke garis bujur kedua sebelah kanan titik terbaca)

= 37 mm (absis X)

$$\begin{array}{l} \text{absis X ; } \left\{ \begin{array}{l} \frac{a \text{ mm}}{d \text{ mm}} \times d'' = n1 \\ \frac{b \text{ mm}}{c \text{ mm}} \times c'' = n2 \end{array} \right\} > \begin{array}{l} \text{garis bujur tepi barat (dd}^\circ \text{ mm}' \text{ (ss + n1)'' BT) = ddd}^\circ \text{ mm}' \text{ ss}'' \text{ BT} \\ \text{garis lintang tepi atas (dd}^\circ \text{ mm}' \text{ (ss + n2)'' LS) = ddd}^\circ \text{ mm}' \text{ ss}'' \text{ LS} \end{array} \\ \text{absis X ; } \left\{ \begin{array}{l} \frac{26,5 \text{ mm}}{37 \text{ mm}} \times 30'' = 21,5'' \\ \frac{31,5 \text{ mm}}{37 \text{ mm}} \times 30'' = 13,1'' \end{array} \right\} > \begin{array}{l} \text{garis bujur tepi barat (107}^\circ \text{ 23' (00 + 21,5)'' BT) = 107}^\circ \text{ 23' 21,5'' BT} \\ \text{garis lintang tepi atas (07}^\circ \text{ 08' (00 + 13,1)'' LS) = 07}^\circ \text{ 08' 13,1'' LS} \end{array} \end{array}$$

maka ;

Sehingga didapatkan koordinat titik puncak 1814 adalah :

07° 08' 13,1" LS

107° 23' 21,5" BT

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Sederhananya, cara kerja mikrokontroler sebenarnya hanya membaca dan menulis data. Sekedar contoh, saat mulai belajar membaca dan menulis, ketika sudah bisa melakukan hal itu anda mulai bisa membaca tulisan apapun baik itu tulisan buku, cerpen, artikel dan sebagainya dan andapun mulai bisa menulis hal-hal sebaliknya. Begitu pula jika anda sudah mahir membaca dan menulis data pada mikrokontroler maka anda dapat membuat program untuk membuat suatu sistem pengaturan menggunakan mikrokontroler sesuai dengan kebutuhan. Mikrokontroler merupakan komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harafiahnya bisa disebut "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

- a. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas
- b. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi
- c. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah versi mini atau mikro dari sebuah komputer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa periferil yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

Saat ini mikrokontroler 8 bit masih menjadi jenis mikrokontroler yang paling populer dan paling banyak digunakan. Maksud dari mikrokontroler 8 bit adalah data yang dapat diproses dalam satu waktu adalah 8 bit, jika data yang diproses lebih besar dari 8 bit maka akan dibagi menjadi beberapa bagian data yang masing-masing terdiri dari 8 bit. Contoh mikrokontroler 8 bit antara lain keluarga Motorola 68HC05/11, Intel 8051, Microchip PIC 16 dan yang akhir-akhir ini mulai populer keluarga Atmel AVR. Selain yang telah disebutkan di atas terdapat juga beberapa seri mikrokontroler lain yang cukup dikenal antara lain Basic Stamp dari Parallax (banyak digunakan untuk pembelajaran mikrokontroler) dan HD64180 dari Hitachi (sebagai pengendali LCD). Masing-masing mikrokontroler mempunyai cara dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga program untuk suatu jenis mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada jenis mikrokontroler lain.

Mikrokontroler yang dipakai adalah Arduino 2560. Arduino 2560 ini merupakan seri arduino yang mempunyai banyak pin serial yang berfungsi sebagai pin komunikasi dengan modul/sensor lain, tersedia banyak pin data I/O, mempunyai memori yang berkapasitas besar dan pemrograman yang mudah karena bersifat *open source*.

Merupakan komponen utama yang bertugas sebagai pusat pemrosesan data GPS. Mikrokontroler akan mengolah data-data masukan GPS untuk diproses sesuai dengan output yang diharapkan. Berdasarkan pemrograman dengan bahasa C, bahasa yang mudah dimengerti saat ini, sehingga pemrogramannya menjadi mudah.

Mikrokontroler arduino 2560 ini berdasarkan papan mikrokontroler ATmega2560 yang mempunyai 54 pin digital untuk masukan/keluaran (15 diantaranya dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 masukan analog, osilator kristal sebesar 16 MHz dan terdapat koneksi USB. Adapun spesifikasi mikrokontroler Arduino 2560 dapat dilihat pada Tabel 1.

■ Tabel 1. Spesifikasi Mikrokontroler Arduino 2560

Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 Mhz

Mikrokontroler Arduino 2560 dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal, sehingga memungkinkan pengguna dapat memilih sumber daya sesuai kebutuhan. Untuk sumber daya eksternal

(non USB) menggunakan adaptor AC-DC atau baterai Mikrokontroler Arduino 2560 memiliki 256 KB dari flash memori sebagai media penyimpanan (8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB dari SRAM dan 4 KB EEPROM.

Terdapat 54 pin digital yang berfungsi sebagai input dan output yang beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor didalamnya mulai dari 20 kOhm sampai 50 kOhm. Sedangkan untuk input analog mikrokontroler Arduino 2560 memiliki 16 pin, yang masing-masing pinnya menyediakan 10 bit resolusi.

Untuk pemrograman dapat dilakukan dengan software Arduino yang dapat diunduh secara gratis. Software ini digunakan untuk memasukan perintah kedalam board Arduino 2560, di dalam program ini juga terdapat fasilitas monitoring Arduino 2560 ketika sedang 'berjalan' dan ada fasilitas pengkoreksi juga.

Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Karena komponen utama Arduino adalah mikrokontroler, maka Arduino pun dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan kita. Kegunaan Arduino tergantung kepada kita yang membuat program. Arduino bisa digunakan untuk mengontrol LED, bisa juga digunakan untuk mengontrol helikopter.

Contoh yang sudah pernah dibuat adalah MP3 player, pengontrol motor, mesin CNC, monitor kelembaban tanah, pengukur jarak, penggerak servo, balon udara, pengontrol suhu, monitor energi, stasiun cuaca, pembaca RFID, drum elektronik, GPS logger, monitoring bensin dan masih banyak lagi. Beberapa kelebihan Arduino antara lain :

- Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
- Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya.
- Bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada board Arduino. Misalnya shield *GPS*, *ethernet*, *SD card*, dll.

Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Tetapi bahasa ini sudah dipermudah menggunakan fungsi-fungsi yang sederhana sehingga pemula pun bisa mempelajarinya dengan cukup mudah.

Antena

Dibidang elektronika definisi antena adalah "transformator / struktur transmisi antara gelombang terbimbing (saluran transmisi) dengan gelombang ruang bebas atau sebaliknya. Sekarang antena adalah salah satu elemen penting yang harus ada pada sebuah teleskop radio, TV, radar dan semua alat komunikasi lainnya yang menggunakan sinyal". Sebuah antena adalah bagian vital dari suatu pemancar atau penerima yang berfungsi untuk menyalurkan sinyal radio ke udara. Bentuk antena bermacam macam sesuai dengan desain, pola penyebaran dan frekuensi dan gain. Panjang antenna secara efektif adalah panjang gelombang frekuensi radio yang dipancarkannya. Antenna setengah gelombang adalah sangat populer karena mudah dibuat dan mampu memancarkan gelombang radio secara efektif.

Fungsi antena adalah untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal elektromagnetik, lalu meradiasikannya (Pelepasan energy elektromagnetik ke udara / ruang bebas). Dan sebaliknya, antena juga dapat berfungsi untuk menerima sinyal elektromagnetik (Penerima energi elektromagnetik dari ruang bebas) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Pada radar atau sistem komunikasi satelit, sering dijumpai sebuah antena yang melakukan kedua fungsi (peradiasi dan penerima) sekaligus. Namun, pada sebuah teleskop radio, antena hanya menjalankan fungsi penerima saja.

Ada dua jenis antena bawaan alat navigasi yang paling sering dijumpai, yaitu jenis *Patch* dan *Quad Helix*. Jenis *Patch*, bentuknya gepeng sedangkan *quad helix* bentuknya seperti tabung. Tentunya keduanya memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing. Pada pemakaian sehari-hari, banyak sekali faktor yang memengaruhi fungsinya. Alat navigasi yang memiliki antena patch, akan lebih baik penerimaan sinyalnya bila alat dipegang mendatar sejajar dengan bumi. Sedangkan alat yang memiliki antena *Quad helix*, akan lebih baik bila dipegang tegak lurus, bagian atas kearah langit. Untuk memastikan, periksalah spesifikasi antena alat navigasi.

Penguatan pada antena dapat dinyatakan dalam rumus berikut :

$$G = 10 \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot e}{\lambda \cdot \lambda} \right) \dots\dots\dots(6)$$

Dimana, G = penguatan antena (dBi)
 A = luas antena (m²)
 e = efisiensi (65%)
 λ = panjang gelombang (m)

Sumber Tegangan

Sumber tegangan adalah komponen elektronika yang dapat menghasilkan/ menyimpan arus listrik dan berguna untuk memberikan beda potensial pada komponen- komponen elektronika yang dihubungkan dengan sumber listrik. Sumber tegangan yang menghasilkan energi listrik berdasar prinsip logam berpasangan disebut dengan elemen/sel. Sumber tegangan yang biasa di kenal yaitu baterai, aki dan sebagainya.

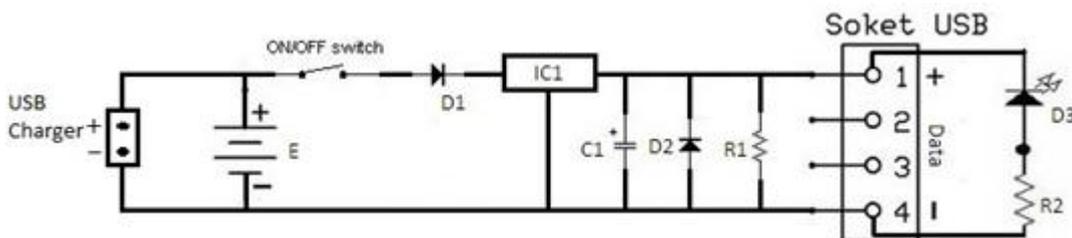
Dalam bidang elektronika antara tegangan, arus listrik dan beban listrik di rumuskan sebagai berikut:

$$V = I \cdot R \dots\dots\dots(7)$$

Dimana : V = sumber tegangan (volt)
 I = arus listrik (ampere)
 R = beban listrik (ohm)

Power Supply

Mempunyai tugas utama sebagai sumber tegangan yang akan memberikan power ke mikrokontroler arduino 2560, agar mikrokontroler dapat bekerja. Gambar 6 adalah skema rangkaian power supply yang digunakan pada alat ini yaitu *power bank* yang mempunyai output 5V dan terhubung dengan kabel (*USB Universal Serial Bus*). Power supply memberikan tegangan masukan 5 volt untuk mengaktifkan mikrokontroler arduino 2560. Mikrokontroler arduino 2560 yang telah diprogram akan mengaktifkan semua komponen pendukung. Modul GPS yang telah aktif akan menangkap sinyal dari satelit yang berfungsi untuk menentukan waktu dan lokasi. Data-data yang diterima modul GPS akan diteruskan ke pusat pemrosesan yaitu mikrokontroler arduino 2560, agar hasil data GPS tersebut dapat diketahui maka data-data tersebut akan ditampilkan dalam display dengan format tertentu. Keypad berfungsi mengontrol aktifitas alat agar dapat berjalan sesuai kehendak pengguna.



■ Gambar 6. Skema rangkaian *power bank*

Gelombang Radio

Gelombang radio digunakan sebagai alat komunikasi yang memiliki daerah frekuensi antara 10⁴ sampai 10⁷ Hertz. Gelombang tersebut digunakan sebagai pembawa informasi dari suatu tempat ke tempat lain yang berjauhan. Gelombang radio dapat dihasilkan oleh rangkaian elektronika yang disebut *osilator*. Gelombang radio dapat dipancarkan dari antena dan diterima oleh antena juga. Luas daerah yang hendak dicakup dan panjang gelombang yang akan dihasilkan dapat ditentukan dengan tinggi rendahnya antena. Dapat diketahui untuk mencari panjang gelombang dengan menggunakan rumus :

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(8)$$

dimana, λ = panjang gelombang (m)
 c = kecepatan cahaya (3x10⁸ m/s²)
 f = frekuensi (Hz)

Gelombang radio merambat pada udara, informasi yang disampaikan akan dikirim oleh pemancar (*transmitter*) dan diterima oleh penerima (*receiver*). Beberapa peralatan yang menggunakan gelombang radio sebagai media penyalur yaitu : televisi, radio, infra merah, bluetooth, dsb.

Modul GPS JGR-SC3-M

Menggunakan arsitektur dari **SiRFstarTM III RoHS**, 4 Mbit *Flash memory* dan penguatan yang rendah terhadap gangguan *noise*, sehingga cocok digunakan sebagai alat penentu letak dan posisi. Untuk pengukuran waktu penguncian sinyal (TTFF = *Time To First Fix*) tiap modul GPS berbeda, namun untuk modul GPS JGR-SC3-M ini cukup baik dengan ketentuan yang dapat dicirikan sebagai berikut:

a. *Cold Start* 60 sec

Dalam hal ini, perangkat digunakan pertama kali dalam posisi penerima tidak mengetahui tentang posisi, waktu atau satelit. Sehingga penerima akan berusaha keras untuk mencari sinyal, dalam keadaan seperti ini membutuhkan waktu terpanjang untuk mengunci sinyal.

b. *Warm Start* 40 sec

Dalam keadaan ini ketika GPS selesai digunakan, maka akan menyimpan data-data satelit sebelumnya. Salah satu data yang tersimpan adalah data ephemeris, data ini akan tersimpan sekitar 4 jam, sehingga ketika GPS dinyalakan kembali maka data yang lama digunakan sebagai acuan untuk mengunci satelit lebih cepat. Namun jika sudah melewati batas waktu 'kadaluwasa' maka GPS akan memulai dari awal yaitu proses *cold start*.

c. *Hot Start* < 1 sec

Dalam keadaan ini GPS dimatikan kurang dari 2 jam sejak digunakan, sehingga menggunakan data ephemeris untuk membantu penguncian lokasi, karena data yang tersimpan belum terlalu lama oleh karena itu waktu penguncian menjadi sangat cepat kurang dari 1 detik

Memori

Merupakan istilah generik yang merujuk pada media penyimpanan data sementara pada komputer. Setiap program dan data yang sedang diproses oleh prosesor akan disimpan di dalam memori fisik. Data yang disimpan dalam memori fisik bersifat sementara, karena data yang disimpan di dalamnya akan tersimpan selama komputer tersebut masih dialiri daya (dengan kata lain, komputer itu masih hidup). Ketika komputer itu direset atau dimatikan, data yang disimpan dalam memori fisik akan hilang. Oleh karena itulah, sebelum mematikan komputer, semua data yang belum disimpan ke dalam media penyimpanan permanen (umumnya berbasis disk, semacam hard disk atau floppy disk), sehingga data tersebut dapat dibuka kembali di lain kesempatan. Memori fisik umumnya diimplementasikan dalam bentuk Random Access Memory (RAM), yang bersifat dinamis (DRAM). Mengapa disebut Random Access, adalah karena akses terhadap lokasi-lokasi di dalamnya dapat dilakukan secara acak (random), bukan secara berurutan (sekuensial). Meskipun demikian, kata random access dalam RAM ini sering menjadi salah kaprah. Sebagai contoh, memori yang hanya dapat dibaca (ROM), juga dapat diakses secara random, tetapi ia dibedakan dengan RAM karena ROM dapat menyimpan data tanpa kebutuhan daya dan tidak dapat ditulisi sewaktu-waktu. Selain itu, hard disk yang juga merupakan salah satu media penyimpanan juga dapat diakses secara acak, tapi ia tidak digolongkan ke dalam Random Access Memory.

Komponen utama dalam sistem komputer adalah Arithmetic and Logic Unit (ALU), Control Circuitry, Storage Space dan piranti Input/Output. Tanpa memori, komputer hanya berfungsi sebagai piranti pemroses sinyal digital saja, contohnya kalkulator atau media player. Kemampuan memori untuk menyimpan data, instruksi dan informasi-lah yang membuat komputer dapat disebut sebagai komputer multi-fungsi (general-purpose). Komputer merupakan piranti digital, maka informasi disajikan dengan sistem bilangan biner (binary). Teks, angka, gambar, suara dan video dikonversikan menjadi sekumpulan bilangan biner (binary digit atau disingkat bit). Sekumpulan bilangan biner dikenal dengan istilah BYTE, dimana : 1 bita = 8 bit

1 bit = 1 karakter

1 kilobit = 1024 bit

bps = bit per second 1 kbps = 1000 bps 1 mbps = 1.000.000 bps

Semakin besar ukuran memorinya maka semakin banyak pula informasi yang dapat disimpan di dalam komputer (media penyimpanan).

GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Perlu diketahui bahwa GPS ini merupakan sistem yang dimiliki Amerika Serikat. Selain dari itu perlu diketahui juga bahwa sistem seperti ini juga dimiliki negara-negara. Didalamnya terdapat sistem koordinat geografis merupakan versi dari koordinat bola yang memungkinkan penentuan lokasi pada bumi berdasarkan lintang dan bujur. Sistem koordinat geografis merupakan sistem koordinat geosentrik dimana menggunakan titik pusat bumi sebagai acuan. Setiap lokasi di Bumi yang akan ditentukan oleh satu set angka atau huruf. Koordinat sering dipilih sedemikian rupa sehingga salah satu nomor mewakili posisi vertikal, dan dua atau tiga dari jumlah tersebut mewakili posisi horizontal.

Pilihan umum koordinat adalah lintang, bujur dan ketinggian.

Dalam penentuan titik koordinat dapat dilakukan dengan dua rumus yaitu, rumus vektor

$$A^2 = (A_x)^2 + (A_y)^2 \dots\dots\dots(10)$$

dan rumus *haversine*

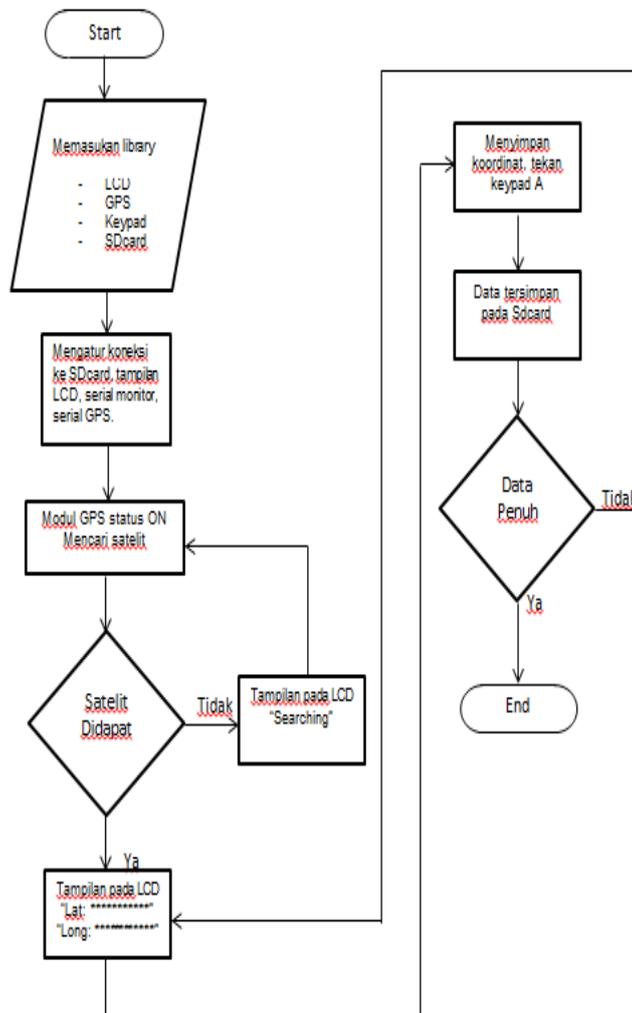
$$d = \text{acos}(\sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) + \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1) \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)) \cdot r \dots\dots\dots(11)$$

Sedangkan koordinat pada sistem GPS dibagi menjadi 3 format yaitu :

- a. **DD.DDDDD°** - Derajat
Digunakan untuk koordinat komputerisasi. Paling sederhana dengan memasukan 2 angka koordinat desimal
- b. **DD° MM.MMM'** - Derajat, desimal menit
Paling umum digunakan pada perangkat elektronik, angka 32 misalnya adalah derajat dan angka setelah 32 adalah angka dari pembagian 60 dari koordinat desimal
- c. **DD° MM' SS.S"** - Derajat, menit, detik.
Koordinat ini paling umum digunakan untuk GPS.

PENGUJIAN

Pengujian dilakukan seperti tampak pada Gambar 7 yaitu diagram alir cara kerja sistem.



■ Gambar 7. Diagram alir cara kerja sistem

Arduino 2560 yang diprogram dimasukan *library LCD, GPS, SD card* dan *keypad*. Setelah itu mengatur koneksi yang terhubung pada mikrokontroler. Saat alat dalam posisi ON maka modul *GPS* akan bekerja untuk mendapatkan koordinat, koordinat yang didapat akan ditampilkan pada *LCD* berformat “Lat : ***** Long : *****”, jika koordinat belum terkunci maka tampilan pada *LCD* “*Searching*”. *Keypad* huruf A ditekan untuk menyimpan posisi, ketika posisi yang diinginkan sudah tampil pada *LCD*, data yang tersimpan akan ditulis pada *SD card*. Hasil keluaran data dari *GPS* dapat dilihat pada Gambar 8.



■ **Gambar 9.** Tampilan *display* pada LCD ketika menunggu koordinat didapat

Saat koordinat sudah didapatkan maka tampilan display akan berubah, akan tertulis “Lat” sebagai *Latitude* (Lintang), “Long” sebagai *Longitude* (Bujur) dan ”Alt” sebagai *Altitude* (Ketinggian dalam satuan meter) ditunjukkan pada Gambar 10. Diambilnya Lintang, Bujur dan ketinggian ini dikarenakan yang biasa dipakai dilapangan adalah ketiga point tersebut, dengan adanya ketiga point tersebut sudah mewakili standar penggunaan GPS.

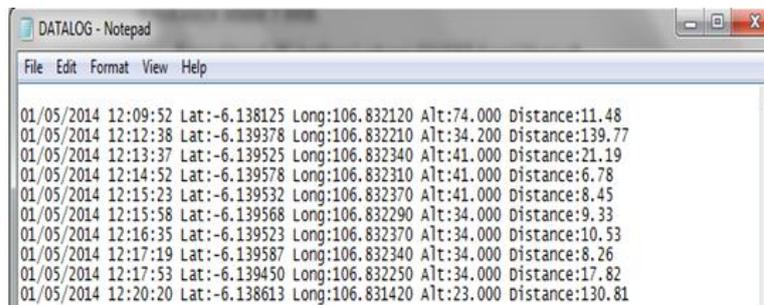


■ **Gambar 10.** Tampilan *display* saat koordinat sudah didapat

Keypad huruf “A” berfungsi sebagai penyimpan koordinat, dengan menekannya selama 3 detik dan hasil penyimpanan data dapat dilihat pada komputer/laptop dengan nama “*DATALOG*” dalam format notepad dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



■ **Gambar 11.** Tampilan *display* saat menyimpan data



■ **Gambar 12.** Hasil data yang tersimpan

Untuk memulai kembali penyimpanan data, file *DATALOG* dapat dihapus, karena saat alat dipakai kembali akan membuat file *DATALOG* terbaru. Jika file *DATALOG* tidak dihapus maka penyimpanan data akan dilanjutkan. Pada gambar 4.13 terlihat tampilan waktu yang menunjukkan 12:09:52, format waktu tersebut berdasarkan UTC yang merupakan bawaan pewaktuan satelit. Namun saat data ini diambil yaitu pada pukul 19:09 Waktu Indonesia Barat. Karena perbedaan waktu ini haruslah diwaspadai dalam pengambilan data agar dapat diingat bahwa waktu yang diambil berbeda dengan waktu sebenarnya pada tempat pengambilan data.

Untuk penarikan data pada hasil *Distance* menggunakan rumus *Haversine* pada pemrograman mikrokontroler, dikarenakan rumus *Haversine* cocok digunakan dengan bahasa pemrograman arduino.

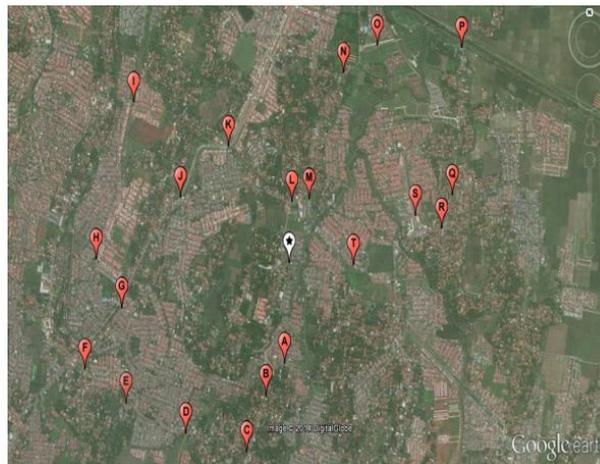
Analisa Percobaan

Dari hasil pengambilan data koordinat didapat data seperti pada Tabel 3.

Data-data tersebut diambil disekitar radius 2 Km dari titik pusat pada koordinat -6.2391882 , 107.0804367 dan meliputi wilayah kecamatan Tambun Selatan dan Kecamatan Cibitung. Dan dilakukan pada tanggal 4 Mei 2014 pukul 13.00 – 15.00. Peta tempat pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 13, sedangkan data dalam *DATALOG* dapat dilihat pada Gambar 14.

■ Tabel 3. Hasil pengambilan data

Titik	Lintang		Bujur	
X	-6.239188	S6°14'21.077"	107.080436	E107°4'49.57"
A	-6.244635	S6°14'40.686"	107.080103	E107°4'48.371"
B	-6.246372	S6°14'46.939"	107.078728	E107°4'43.421"
C	-6.249391	S6°14'57.808"	107.077331	E107°4'38.392"
D	-6.248419	S6°14'54.308"	107.072849	E107°4'22.256"
E	-6.246771	S6°14'48.376"	107.068461	E107°4'6.46"
F	-6.244963	S6°14'41.867"	107.065407	E107°3'55.465"
G	-6.241646	S6°14'29.926"	107.068071	E107°4'5.056"
H	-6.238994	S6°14'20.378"	107.066124	E107°3'58.046"
I	-6.230341	S6°13'49.228"	107.068785	E107°4'7.626"
J	-6.235604	S6°14'8.174"	107.072346	E107°4'20.446"
K	-6.232783	S6°13'58.019"	107.075889	E107°4'33.2"
L	-6.235824	S6°14'8.966"	107.080632	E107°4'50.275"
M	-6.235693	S6°14'8.495"	107.081906	E107°4'54.862"
N	-6.228723	S6°13'43.403"	107.084481	E107°5'4.132"
O	-6.227194	S6°13'37.898"	107.087018	E107°5'13.265"
P	-6.227295	S6°13'38.262"	107.093348	E107°5'36.053"
Q	-6.235477	S6°14'7.717"	107.092549	E107°5'33.176"
R	-6.237325	S6°14'14.37"	107.091734	E107°5'30.242"
S	-6.236586	S6°14'11.71"	107.089801	E107°5'23.284"
T	-6.239305	S6°14'21.498"	107.085194	E107°5'6.698"



■ Gambar 13. Peta tempat pengambilan data



■ Gambar 14. Hasil DATALOG pada SD card

Dengan data hasil koordinat pada tabel 4.4 maka dapat digunakan untuk mencari jarak antar koordinat. Terdapat 2 cara untuk mencari jarak tersebut:

- Menggunakan rumus vektor
- Menggunakan rumus *Haversine*

Rumus vektor

Berdasarkan hasil yang muncul di alat yaitu dalam format **DDD.DDDDD**^o, sedangkan untuk menggunakan perhitungan dari rumus vektor ini yaitu menggunakan format **DDD^o MM' SS.S"** oleh karena itu harus di konversi terlebih dahulu. Contoh menggunakan data pada titik X yaitu -6.2391882 , 107.0804367.

-6, diartikan 6^o dan 60 x 0,2391882 = 14.351292' = 14'

60 x 0,351292 = 21.07752" Jadi -6.2391882 menjadi 6^o14'21.077"

107, diartikan 107^o dan 60 x 0.0804367 = 4.826202' = 4'

60 x 0.826202 = 49.57212" Jadi 107.0804367 menjadi E107^o4'49.57"

Dalam menghitung jarak menggunakan rumus vektor, menggunakan data GPS dengan format **DDD^o MM' SS.S"** ambil dua titik yaitu titik A dan B, dengan menghitung jarak terhadap titik X, dengan ketentuan selisih antara 2 koordinat X dan A dapat dilihat pada Tabel 4.

■ **Tabel 4.** Sample percobaan rumus vektor antara koordinat titik X dengan titik A

	Titik X	Titik A	Selisih
S	6 ^o 14'21.077"	6 ^o 14'40.686"	19.609"
E	107 ^o 4'49.57"	107 ^o 4'48.371"	1.199"

Dengan ketentuan 1 detik lintang = 30,82 m, sedangkan 1 detik bujur = 30,92 m

$$\begin{aligned}
 r \text{ antara titik X dan A} &= \sqrt{(\Delta\theta)^2 + (\Delta\lambda)^2} \\
 &= \sqrt{(19.609 \times 30.82)^2 + (1.199 \times 30.92)^2} \\
 &= \sqrt{(604.34938)^2 + (37.07308)^2} \\
 &= \sqrt{365238.1731063844 + 1374.41326068} \\
 &= \sqrt{366612.5863670644} \\
 &= 605.485413 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi jarak antara titik X dengan titik A sejauh 605.485413 meter. Selisih antara koordinat A dan B dapat dilihat pada Tabel 5.

■ **Tabel 5.** Sample percobaan rumus vektor antara koordinat A dengan B

	Titik A	Titik B	Selisih
S	6 ^o 14'40.686"	S6 ^o 14'46.939"	6.253"
E	107 ^o 4'48.371"	E107 ^o 4'43.421"	4.95"

Dengan ketentuan 1 detik lintang = 30,82 m, sedangkan 1 detik bujur = 30,92 m

$$\begin{aligned}
 r \text{ antara titik A dan B} &= \sqrt{(\Delta\theta)^2 + (\Delta\lambda)^2} \\
 &= \sqrt{(6.253 \times 30.82)^2 + (4.95 \times 30.92)^2} \\
 &= \sqrt{(192.71746)^2 + (153.054)^2} \\
 &= \sqrt{37140.0193888516 + 23425.526916} \\
 &= \sqrt{60565.5463048516} \\
 &= 246.100683 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi jarak antara titik A dengan titik B sejauh 246.100683 meter.

Rumus Haversine

Dalam menghitung jarak menggunakan rumus *Haversine*, menggunakan data GPS dengan format **DDD.DDDDD**^o. Dengan cara mengambil dua titik yaitu titik A dan B, dengan menghitung jarak terhadap titik X, dengan ketentuan selisih antara 2 koordinat tersebut. Sebelum dimasukkan ke dalam rumus koordinat-koordinat tersebut harus dikonversi dari derajat ke radian dengan cara mengalikannya dengan $\pi/180$. Tabel 6 adalah metode penghitungan rumus *Haversine* antara koordinat X dan B harus diubah ke dalam bentuk radian.

■ **Tabel 6.** Sample percobaan rumus *Haversine* antara koordinat X dengan A

	Titik X	$\times \pi/180$	Titik A	$\times \pi/180$
Lintang	-6.239188	-0.108839168	-6.244635	-0.108934188
Bujur	107.080436	1.867958717	107.080103	1.867952908

$$\begin{aligned}
 d &= \text{acos}(\sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) + \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1) \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)) \cdot r \\
 d &= \text{acos}(\sin(-0.108934188) \cdot \sin(-0.108839168) \\
 &\quad + \cos(-0.108934188) \cdot \cos(-0.108839168) \cdot \cos(1.867952908 - 1.867958717)) \cdot r
 \end{aligned}$$

$$d = \text{acos}(\sin(-0.108934188) \cdot \sin(-0.108839168) + \cos(-0.108934188) \cdot \cos(-0.108839168) \cdot \cos(-0.000005809)) \cdot r$$

$$d = \text{acos}((-0.1087188683 \cdot (-0.1086244115) + (0.9940725364 \cdot 0.9940828623 \cdot 0.9999999999))) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(0.01180952304843778 + 0.9881904724204876) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(0.9999999954689254) \cdot r$$

$$d = (0.00009519532173693824) \cdot r$$

$$d = (0.00009519532173693824) \cdot 6371$$

$$d = 0.6064893947860335 \text{ Km} = 606.4893947860335 \text{ meter}$$

Jadi jarak antara titik X dengan titik A sejauh 606.4893947860335 meter. Tabel 7 adalah metode penghitungan rumus *Haversine* antara koordinat A dan B.

■ **Tabel 7.** Sample percobaan rumus *Haversine* antara koordinat A dengan B

	Titik A	$x \pi/180$	Titik B	$x \pi/180$
Lintang	-6.244635	-0.108934188	-6.246372	-0.108964489
Bujur	107.080103	1.867952908	107.078728	1.867928922

$$d = \text{acos}(\sin(\phi_2) \cdot \sin(\phi_1) + \cos(\phi_2) \cdot \cos(\phi_1) \cdot \cos(\lambda_2 - \lambda_1)) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(\sin(-0.108964489) \cdot \sin(-0.108934188) + \cos(-0.108964489) \cdot \cos(-0.108934188) \cdot \cos(1.867928922 - 1.867952908)) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(\sin(-0.108964489) \cdot \sin(-0.108934188) + \cos(-0.108964489) \cdot \cos(-0.108934188) \cdot \cos(-0.000023986)) \cdot r$$

$$d = \text{acos}((-0.108718868 \cdot (-0.108624411) + (0.994066527 \cdot 0.994076864 \cdot 0.9999999999))) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(0.01182306709340266 + 0.9881769321632582) \cdot r$$

$$d = \text{acos}(0.999999992566608) \cdot r$$

$$d = (0.00003855746797612892) \cdot r$$

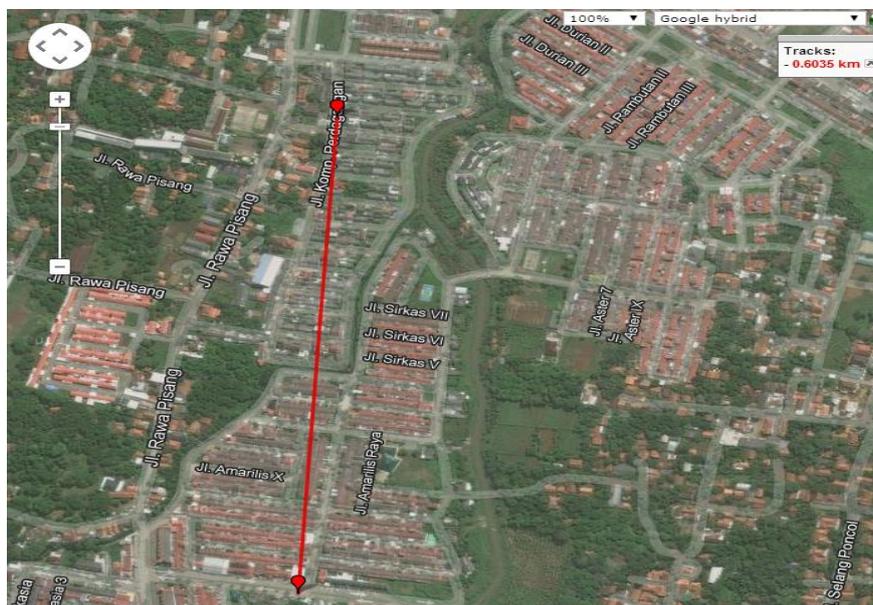
$$d = (0.00003855746797612892) \cdot 6371$$

$$d = 0.2456496284759174 \text{ Km} = 245.6496284759174 \text{ meter}$$

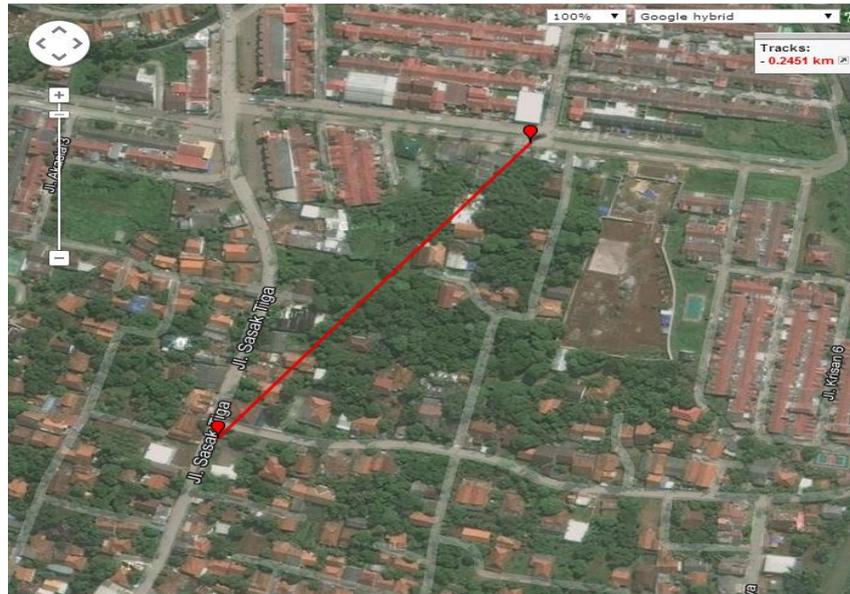
Jadi jarak antara titik X dengan titik A sejauh 245.6496284759174 meter

Untuk mengetahui jarak pada alat yaitu dengan menyimpan koordinat yang telah didapat kemudian tekan huruf A pada *keypad* kira-kira 3 detik, kemudian data akan tersimpan pada *SD card*, untuk membuka data pada *SD card* tersebut dibutuhkan komputer/laptop dan hasil penyimpanan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.

Berdasarkan data yang didapat berdasarkan alat, rumus vektor dan rumus *Haversine* akan dibandingkan dengan jarak sebenarnya pada *google map* melalui web <http://www.gpsvisualizer.com/calculators> yang akan menghitung jarak antara 2 koordinat dengan cara memasukan nilai lintang dan bujur pada situs tersebut. Untuk hasil jarak sebenarnya pada peta dapat dilihat pada Gambar 16.



■ **Gambar 15.** Jarak sebenarnya berdasarkan google maps antara titik X dan titik B



■ Gambar 16. Jarak sebenarnya berdasarkan google maps antara titik A dan titik B

■ Tabel 8. Perbandingan hasil data jarak antara 2 titik

Titik	Jarak Sebenarnya Berdasarkan Google Map (meter)	Jarak Berdasarkan Alat (meter)	Rumus Vektor (meter)	Rumus <i>Haversine</i> (meter)
X - A	603	607.223	605.4854133	606.488592
A - B	245	245.187	246.1006831	245.649922
B - C	368	369.807	369.3136152	369.322591
C - D	508	510.46	510.4529481	506.813064
D - E	519	520.943	521.4870682	518.228114
E - F	393	395.445	394.6980031	392.706065
F - G	471	471.323	472.9003033	471.724401
G - H	364	364.271	365.3601131	364.886137
H - I	1001	1005.048	1004.45141	1005.616022
I - J	703	706.088	705.5866794	704.924832
J - K	501	501.659	503.3332288	501.517113
K - L	623	624.776	626.4467004	623.552736
L - M	142	142.227	142.5709679	141.504589
M - N	822	824.745	824.4874995	825.225011
N - O	328	328.629	329.4409686	327.784075
O - P	701	700.743	704.6942627	699.45029
P - Q	909	906.399	911.9521405	913.610382
Q - R	223	223.74	224.2178147	224.254898
R - S	229	230.37	230.2318873	228.809234
S - T	592	590.883	594.984399	591.932295

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat perbandingan hasil pengukuran jarak antara jarak sebenarnya yang diambil melalui google maps, jarak berdasarkan alat, rumus vektor dan rumus *Haversine*.

Sesuai dengan ketentuan dalam menganalisa jarak berdasarkan alat dan jarak sebenarnya yang mengharuskan < 5 meter maka dapat disimpulkan pada Tabel 9.

Penyimpanan Data

Modul GPS yang dirancang mempunyai kemampuan untuk dapat menyimpan data, data yang disimpan berupa koordinat yang bersisian tanggal, waktu, *latitude*, *longitu*, *altitude* dan *distance*. Data-data ini disimpan dengan media penyimpanan berupa *SD card*. Metode penyimpanan data yang digunakan bersifat satu arah (*simplex*).

■ **Tabel 9.** Selisih antara jarak sebenarnya dengan jarak dari alat.

Titik	Jarak Sebenarnya	Jarak	Selisih (meter)
	Berdasarkan Google Map	Berdasarkan Alat	
X - A	603	607.223	4.223
A - B	245	245.187	0.187
B - C	368	369.807	1.807
C - D	508	510.46	2.46
D - E	519	520.943	1.943
E - F	393	395.445	2.445
F - G	471	471.323	0.323
G - H	364	364.271	0.271
H - I	1001	1005.048	4.048
I - J	703	706.088	3.088
J - K	501	501.659	0.659
K - L	623	624.776	1.776
L - M	142	142.227	0.227
M - N	822	824.745	2.745
N - O	328	328.629	0.629
O - P	701	700.743	0.257
P - Q	909	906.399	2.601
Q - R	223	223.74	0.74
R - S	229	230.37	1.37
S - T	592	590.883	1.117

Media penyimpanand *SD card* menggunakan sistem berkas *FAT (File Allocation Table)* sistem ini digunakan agar dapat dipakai pada perangkat *host* pembaca SD. Pemeliharaan *FAT* standar dapat digunakan untuk memperbaiki atau mengambil data yang rusak dan beberapa dapat memulihkan file yang dihapus. Namun karena teknologi ini muncul sebagai drive removable hard maka bisa diformat ulang untuk setiap sistem file yang didukung oleh sistem operasi.

Pada modul *GPS* ini berikan batas maksimal penyimpanan 20 titik koordinat, batas tersebut didasarkan pada banyaknya jumlah karakter yang tertulis pada 1 baris koordinat sebesar 75 karakter, sehingga ditentukan batas maksimal penyimpanan sebesar 20 baris atau 20 titik koordinat yaitu 1500 karakter, pembatasan ini dilakukan mengingat kapasitas *SD card* yang besar agar dapat diketahui jika data yang masuk sudah melebihi kapasitas *Sd card* maka data pertama yang disimpan tidak terhapus. Jika sudah 20 koordinat maka modul *GPS* tidak akan menyimpan koordinat baru yang ditandai dengan tampilan display “Data penuh” yang dapat dilihat pada Gambar 17.

■ **Gambar 17.** Tampilan *display LCD* “Data penuh”

Untuk menyimpan koordinat berikutnya maka data yang ada pada *SD card* harus dihapus terlebih dahulu melalui perangkat *host* SD.

KESIMPULAN

Untuk menghitung jarak antar 2 titik koordinat menggunakan rumus vektor dan *Haversine*, sedangkan selisih jarak berdasarkan perbandingan dengan jarak sebenarnya yang diambil berdasarkan *google map* dengan alat < 5 meter, sehingga alat dapat dinyatakan berfungsi dengan baik. Koordinat yang dapat disimpan berjumlah 20 koordinat, yang tersimpan di dalam *SD card*, dalam format *.txt*. Tampilan pada *DATALOG* yang tersimpan yaitu tanggal, waktu, *lat*, *long* dan *distance*, yaitu jarak antara koordinat yang disimpan dengan koordinat yang disimpan sebelumnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abidin H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Cet.3. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [2] Banzi, Massimo. 2011. Getting Started with Arduino. Sebastopol: O’Reilly Media, Inc
- [3] Kadir, Abdul. 2012. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Yogyakarta: ANDI
- [4] Malvino, Albert Paul. 2004. Prinsip-prinsip Elektronika. Jakarta: Salemba Teknik
- [5] Mohamed, Ahmed H. 2013. Global Navigation Satellite Systems. USA: InTech
- [6] Sucipto, Hadi. 2011. Dasar-Dasar Ilmu Telekomunikasi. Jakarta. Bumi Cipta Aksara.

- [7] Winoto, Ardi. 2008. Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR. Bandung: Informatika
- [8] <http://www.arduino.cc/> diakses pada 30 Maret 2014 pukul 08:15
- [9] <http://blog.famosastudio.com/2011/06/tutorial/tutorial-singkat-bahasa-pemrograman-arduino/82> diakses pada 30 Maret 2014 pukul 08:30
- [10] <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html> diakses pada 18 Mei 2014 pukul 14:29