

**Pembacaan Posisi Koordinat dengan GPS (*Global Positioning System*)
sebagai Pengendali Palang Pintu Rel Kereta Api secara Otomatis
untuk Penambahan Aplikasi Modul Praktek Mikrokontroler**

Herlambang Sigit Pramono

Abstrak

Modul praktek mikrokontroler yang digunakan sebagai media praktikum pemrograman mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, selama ini aplikasinya masih sangat terbatas pada aplikasi LED, keyped, motor dc, motor server, dan LCD. Untuk mengikuti perkembangan teknologi dan juga memperluas pengetahuan mahasiswa maka dirasa perlu untuk menambah beberapa aplikasi yang salah satunya adalah aplikasi GPS (*Global Positioning System*). GPS adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi, dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan. Dipilihnya GPS sebagai tambahan aplikasi hal ini karena termasuk teknologi relative baru dan penerapannya sangat banyak baik pada peralatan sehari-hari maupun peralatan di industri. Penelitian ini bertujuan untuk menambahkan aplikasi GPS pada modul praktek mikrokontroler untuk aplikasi pembuka palang pintu kereta api secara otomatis

Metode penelitian adalah eksperimen rancang bangun, dengan melakukan rancang bangun alat pengendali palang pintu rel kereta api berdasarkan koordinat GPS untuk penambahan aplikasi modul praktek mikrokontroler. Data diambil dengan observasi dan pengukuran, fungsi dari setiap bagian alat diamati cara kerjanya, sedangkan posisi koordinat lintang dan bujur di beberapa lokasi diukur dengan alat yang dibuat. Analisis data dilakukan secara deskriptif, untuk fungsi dari setiap bagian alat sedangkan hasil pengukuran koordinat dianalisis kesalahannya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa GPS dapat memberikan informasi posisi koordinat baik lintang maupun bujur, sepanjang sinyal satelit yang diterima memenuhi syarat. Hasil pembacaan data koordinat lintang dan bujur dengan alat yang dibuat jika dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan alat yang ada di pasaran mempunyai tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,82' untuk koordinat lintang, sedangkan kesalahan koordinat bujur sebesar 1^o1,4'.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi, dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di

seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan. Saat ini GPS sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi yang menuntut informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan ataupun waktu yang teliti. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter. Hingga saat ini GPS merupakan sistem satelit navigasi yang paling populer dan paling banyak diaplikasikan di dunia, baik di darat, laut, udara, maupun angkasa. Disamping aplikasi-aplikasi militer, bidang-bidang aplikasi GPS yang cukup banyak saat ini antara lain meliputi survai pemetaan, geodinamika, geodesi, geologi, geofisik, transportasi dan navigasi, pemantauan deformasi, pertanian, kehutanan, dan bahkan juga bidang olahraga dan rekreasi.

Modul praktek mikrokontroler yang digunakan sebagai media praktikum pemrograman mikrokontroler di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, selama ini aplikasinya masih sangat terbatas pada aplikasi LED, keypad, motor dc, motor server, dan LCD. Untuk mengikuti perkembangan teknologi dan juga memperluas pengetahuan mahasiswa maka dirasa perlu untuk menambah beberapa aplikasi yang salah satunya adalah aplikasi GPS. Dipilih aplikasi GPS karena hal ini relative baru dan penerapan GPS sangat banyak baik pada peralatan sehari-hari maupun peralatan di industri. Dengan tambahan pengetahuan pemrograman GPS, mahasiswa diharapkan bisa mengembangkan menjadi judul proyek akhirnya dalam berbagai aplikasi GPS.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dikemukakan, maka untuk memecahkan masalah pada penelitian ini dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

- Bagaimana rancangan modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan aplikasi GPS?
- Bagaimana cara pengukuran posisi koordinat dengan teknologi GPS?
- Bagaimana unjuk kerja sistem hasil implementasi baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang dibuat?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan membangun perangkat keras dan lunak untuk pembacaan posisi koordinat dari modul GPS yang diaplikasikan sebagai pengendali palang pintu kereta api, digunakan sebagai tambahan aplikasi pada modul praktek mikrokontroler.

2. KAJIAN TEORI

2.1 Modul Receiver *Global Positioning System* (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit, dengan nama resminya NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). GPS dikembangkan pertama kali oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat pada tahun 1978 dan secara resmi GPS dinyatakan operasional

pada tahun 1994. Pada awalnya GPS digunakan hanya untuk kepentingan militer Amerika Serikat, tetapi kemudian dapat dimanfaatkan juga untuk kepentingan sipil.

Ada beberapa karakteristik yang menjadikan GPS menarik untuk digunakan yaitu dapat digunakan setiap saat tanpa tergantung waktu dan cuaca, posisi yang dihasilkan mengacu pada suatu datum global, pengoperasian alat *receiver* relatif mudah, relatif tidak terpengaruh dengan kondisi topografis, dan ketelitian yang dihasilkan dapat diandalkan (Abidin,H.Z, 2007).

Standart NMEA

National Marine Electronics Assosiation membuat kesamaan standar antarmuka data digital. Beberapa ketentuan umum standar NMEA tersebut adalah:

1. Informasi NMEA dikirimkan oleh vendor dalam bentuk *sentences* dengan panjang maksimal 80 karakter.
2. Sentences NMEA berformat:
“\$<vendor><massage><parameters><checksum><CR><LF>”.
3. Kombinasi <vendor><massage> disebut address field
4. Kode vendor untuk GPS adalah “GP”

Terdapat banyak format sentences NMEA untuk GPS yang masing-masing mengandung data yang berbeda beda dan sentences yang digunakan tergantung pada data yang dibutuhkan dari GPS tersebut.

\$GPGGA (Global Positioning System Fix Data)

Standar NMEA dengan header \$GPGGA memberikan informasi antara lain koordinat lintang dan bujur, waktu, dengan format data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi data GPGGA

\$GPGGA,152145.000,4805.81931,N,01132.23172,E,1,04,2.5,607.75,M,47.6,M,,*67		
1	\$GPGGA	Vendor and Message identifier
2	152145.000	Universal time coordinat (15h 21m 45.000s)
3	4805.81931	Latittude (48deg 05.81931min)
4	N	North (or S for South)
5	01132.23172	Longitude (011deg 32.23172min)
6	E	East (or W for West)
7	1	Fix quality
8	04	Four satellite in view (min 00 max 12)
9	2.5	Horizontal dilution of precision
10	607.75	Antenna altitude above/below mean sea level (geoid)
11	M	Unit of antenna altitude: meters
12	47.6	Geoidal separation
13	M	Unit if Geoidal separation:meters
14	<empty>	Age of differential GPS data
15	<empty>	Differential reference station ID
16	*67	Checksum

2.2 Global System for Mobile Phone Communication (GSM)

GSM (*Global System for Mobile Communication*) adalah sebuah sistem telekomunikasi terbuka, tidak ada pemilikan (*non-proprietary*) melainkan kepemilikan hak cipta suatu perusahaan yang berkembang secara pesat dan konstan (Sunomo 2004). Keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk internasional roaming, menjadikannya sebagai sistem standar tanpa batasan hubungan pada lebih dari 159 negara. Dengan GSM satelit roaming, pelayanan juga dapat mencapai daerah-daerah yang terpencil. SMS diciptakan sebagai bagian dari standart GSM. Seluruh operator GSM network mempunyai *Message Centre* (MC), yang bertanggung jawab terhadap pengoperasian atau manajemen dari berita-berita yang ada.

Bila seseorang mengirim berita kepada orang lain dengan ponselnya, maka berita ini harus melewati MC dari operator network tersebut, dan MC ini dengan segera dapat menemukan penerima berita tersebut. MC ini menambah berita tersebut dengan tanggal, waktu dan nomor dari si pengirim. Apabila handphone penerima sedang tidak aktif, maka MC akan menyimpan berita tersebut dan akan segera mengirimnya apabila handphone penerima terhubung dengan network atau aktif.

SMS (*Short Message Service*)

Short Message Service adalah salah satu jasa layanan dari perusahaan operator telepon selular GSM. Dengan sarana ini maka telepon selular dapat menerima dan mengirimkan pesan-pesan pendek dengan bentuk teks dengan panjang maksimal sebanyak 160 karakter untuk alfabet latin dan 70 karakter untuk alfabet non latin, seperti : alfabet Arab atau Cina. Ada satu hal yang sangat menarik dari layanan ini, yaitu tawaran tarif yang relatif murah untuk setiap kali pengiriman pesan. Gambar 2 mengilustrasikan diagram blok elemen pendukung SMS.

2.3 Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535

Teknologi Mikrokontroler berkembang pesat seiring dengan kebutuhan pasar yang membutuhkan suatu piranti yang dapat mendukung perangkat yang canggih namun dengan biaya yang murah. Mikrokontroler merupakan teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil. Produsen mikrokontroler berlomba-lomba membuat inovasi baru dalam memenuhi permintaan pasar.

Mikrokontroler adalah suatu komponen semikonduktor yang didalamnya sudah terdapat suatu sistem mikroprosesor seperti ALU, ROM, RAM dan port I/O dan dibedakan menjadi dua jenis /tipe, yaitu:(Wardana Lingga, 2006)

1. Tipe CISC atau *Complex Instruction Set Computing*, yaitu tipe yang mempunyai banyak instruksi namun fasilitas internal secukupnya saja.
2. Tipe RISC atau *Reduced Instruction Set Computing* yaitu tipe yang mempunyai banyak fasilitas internal namun jumlah instruksi lebih sedikit.

Salah satu pabrikan mikrokontroler yang cukup terkenal dan sudah banyak digunakan adalah ATMEL, dengan perkembangan terakhir, yaitu generasi AVR (*Alf and*

Vegard's Risc processor), teknologi AVR membuat para desainer sistem elektronika dan kendali telah diberi suatu teknologi yang memiliki kapabilitas yang amat maju, tetapi dengan minimal. Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur tipe RISC yang mempunyai instruksi hanya sekitar 118 dan sebagian instruksi dieksekusi dalam satu detak namun jika dibandingkan seri MCS51 yang mempunyai instruksi lebih banyak yaitu 255, dan dieksekusi dalam 12 siklus detak, semakin banyak instruksi membuat pemrogram lebih sulit karena lebih kompleks dan semakin lama instruksi dieksekusi membuat lambat kecepatan mikrokontroler.

Secara umum, mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah eksperimen rancang bangun, dengan melakukan rancang bangun alat pengendali palang pintu rel kereta api berdasarkan koordinat GPS untuk penambahan aplikasi modul praktek mikrokontroler.

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian ini adalah modul praktikum mikrokontroler yang sudah dilengkapi aplikasi GPS untuk pengendali palang pintu kereta api, instrument ukur, dan komputer .

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian eksperimen rancang bangun dilakukan di Laboratorium Sistem Kendali Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas teknik Universitas Negeri Yogyakarta, sedangkan pengambilan data dan pengujiannya selain dilakukan di laboratorium juga dilakukan di beberapa lokasi yang mempunyai nilai koordinat berbeda-beda.

3.3 Teknik Analisis Data

Data diambil dengan observasi dan pengukuran, fungsi dari setiap bagian alat diamati cara kerjanya, sedangkan posisi koordinat lintang dan bujur di beberapa lokasi diukur dengan alat yang dibuat. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk fungsi dari setiap bagian alat sedangkan hasil pengukuran koordinat dianalisis penyimpangannya.

3.4 Langkah Penelitian

Penelitian ini mencakup beberapa tahapan mengikuti model *Linier Sequential Model* (LSM), yang terdiri dari 4 tahapan yang berulang yaitu tahap analisis dan studi literatur, desain/perancangan, perakitan (*assembly-hardware*), pengkodean (*coding-software*), dan pengujian. Keempat tahapan ini akan berulang hingga dipenuhinya kondisi ideal yaitu sistem berfungsi dengan baik sesuai yang direncanakan.

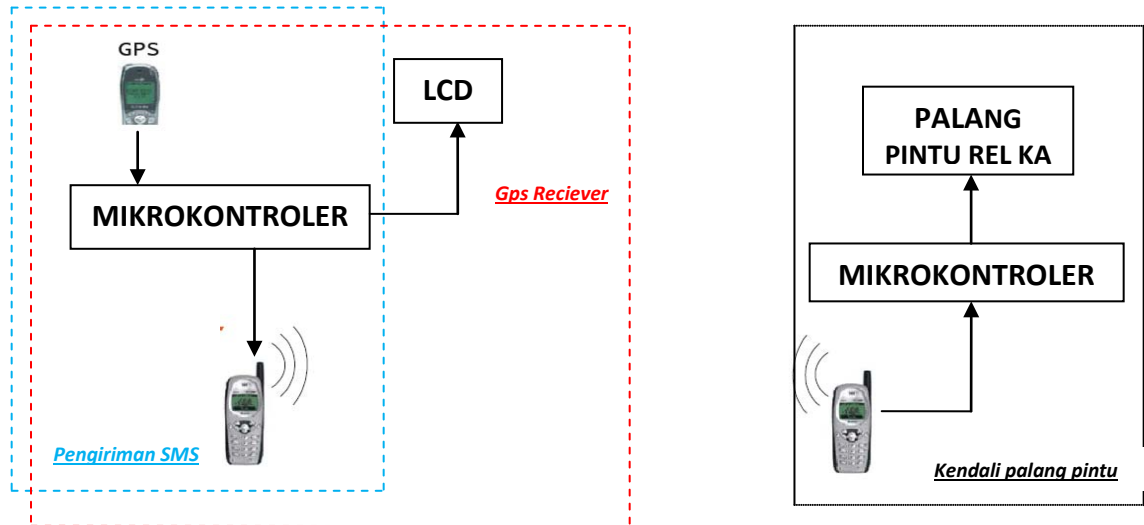
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian meliputi hasil pembuatan perangkat keras, perangkat lunak, dan pengujian kinerjanya.

1. Hasil Penelitian perangkat Keras dan Lunak

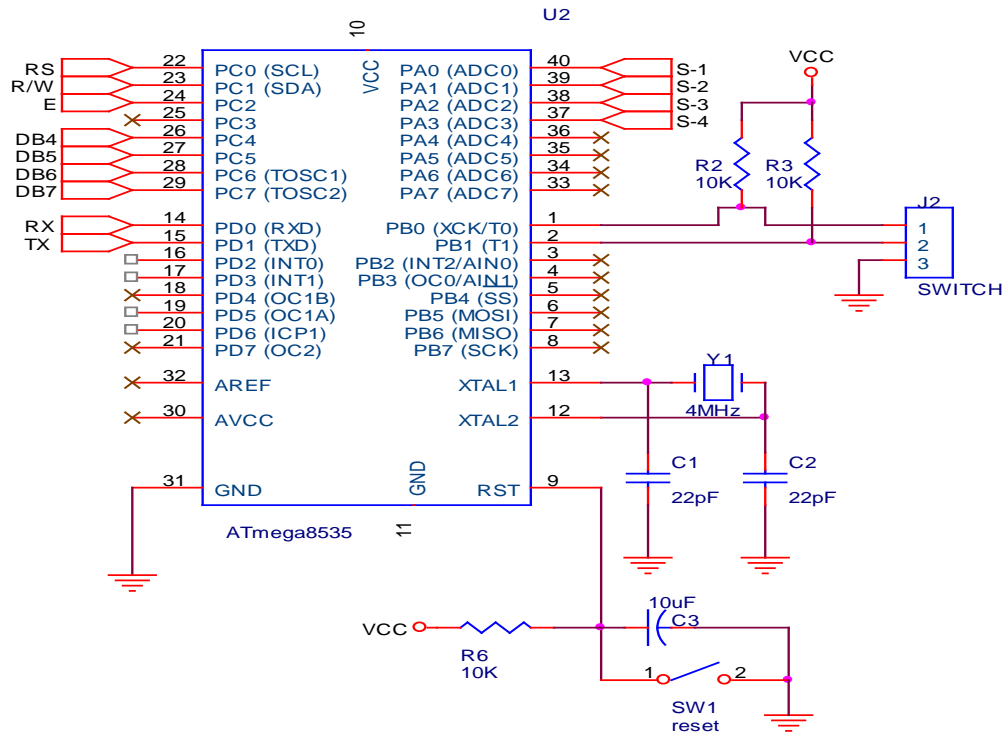
Hasil pembuatan perangkat keras terdiri dari tiga bagian yaitu bagian modul receiver GPS, bagian pengiriman data dengan media SMS, dan bagian kendali palang pintu kereta api. Diagram blok sistem yang dibuat seperti pada Gambar 3.



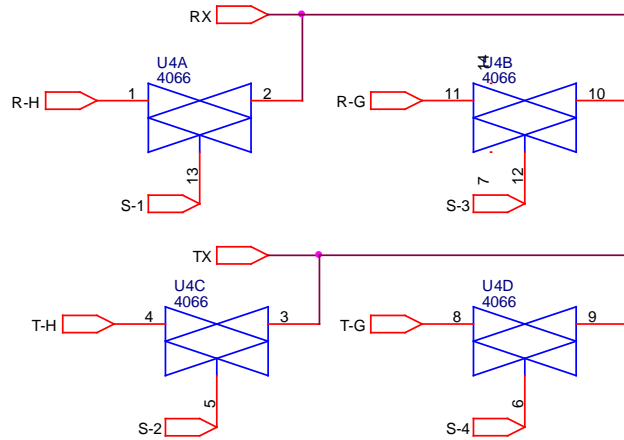
Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Bagian GPS receiver terdiri dari komponen GPS, mikrokontroler, dan LCD. Bagian ini berfungsi untuk membaca data besaran koordinat lintang dan bujur berdasarkan sinyal satelit yang diterima GPS. Hasil pembacaan setelah diolah oleh mikrokontroler ditampilkan di lcd. Bagian pengiriman sms terdiri komponen GPS, mikrokontroler dan hand-phone. Bagian ini berfungsi mengirimkan kode jika mikrokontroler membaca data koordinat GPS yang sama dengan data tertentu yaitu data koordinat lokasi palang pintu kereta api. Bagian kendali palang pintu terdiri dari komponen mikrokontroler, motor dc, dan sensor proximity berupa limit switch.

GPS receiver dihubungkan dengan mikrokontroler melalui port serial, demikian juga hand-phone, oleh karena port serial mikrokontroler 8535 hanya satu buah maka perlu dibuat rangkaian penyaklaran untuk memilih hubungan yang dipakai. Rangkaian hubungan serial mikrokontroler ditunjukkan Gambar 4, sedangkan rangkaian pensaklaran ditunjukkan pada Gambar 5.

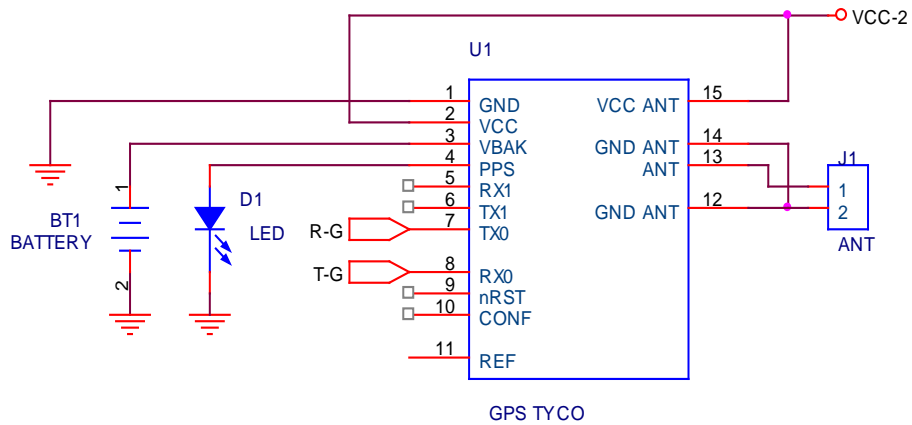


Gambar 4. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega 8535



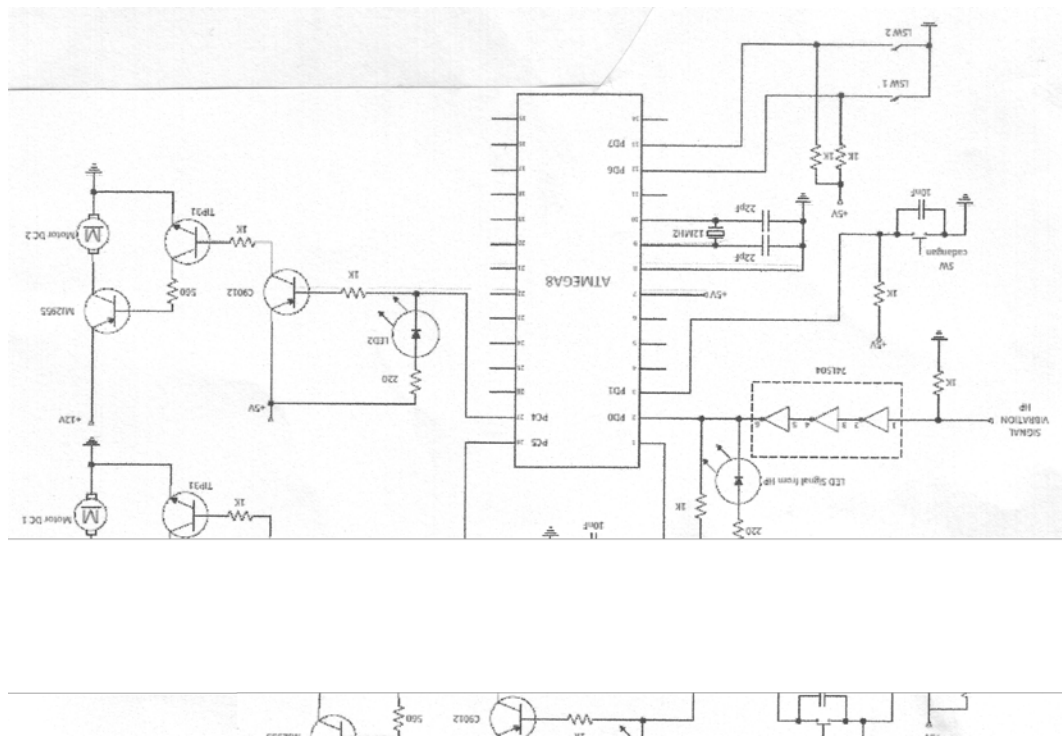
Gambar 5. Rangkaian Pensaklaran

Modul GPS receiver yang digunakan adalah jenis TYCO yang mempunyai 15 pin, sudah dilengkapi dengan kaki antenna untuk menangkap sinyal dan juga kaki untuk baterai cadangan. Gambar 6 menunjukkan rangkaian GPS Tyco.



Gambar 6. Rangkaian GPS TYCO

Bagian kendali palang pintu terdiri dari komponen hand-phone penerima, mikrokontroler ATmega8, dan driver motor dc. Sebagai pembatas gerakan palang pintu digunakan sensor limit switch. Rangkaian kendali ini seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian kendali palang pintu

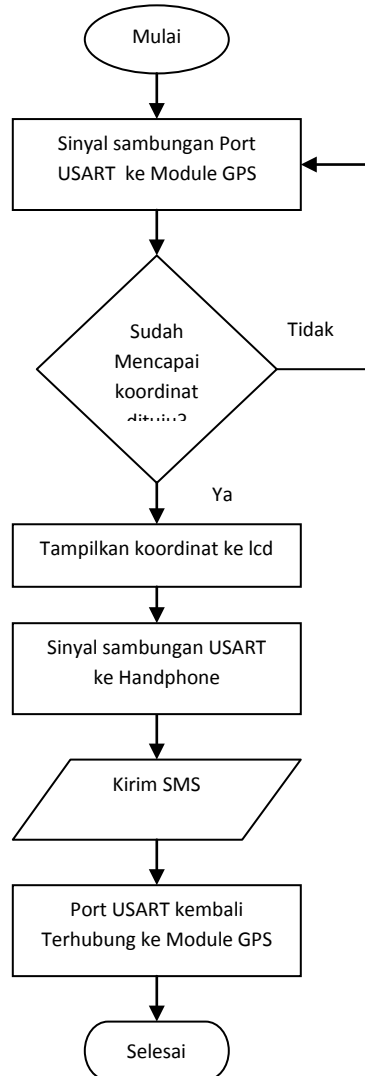
Pengujian perangkat keras dilakukan bagian per bagian, dengan tujuan untuk mempermudah melacak kesalahan jika terjadi kesalahan, setelah semua bagian bekerja dengan baik barulah diuji sistem secara keseluruhan. Hasil Pengujian per bagian terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian Perangkat Keras per Blok

No.	Blok Rangkaian	Hasil Pengujian
1	Sistem minimum mikrokontroler	Bekerja dengan baik
2	Rangkaian GPS	Bekerja dengan baik
3	Antarmuka mikrokontroler dengan GPS	Bekerja dengan baik
4	Antarmuka mikrokontroler dengan Handphone	Bekerja dengan baik
5	Rangkaian kendali palang pintu	Bekerja dengan baik

2. Hasil Penelitian Perangkat Lunak

Perangkat lunak dibuat dengan bahasa pemrograman C untuk program di mikrokontroler, Diagram alir program mikrokontroler ATmega 8535 pembacaan data GPS dan pengiriman sms terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir program pembacaan data GPS dan pengiriman sms

3. Hasil Pengujian Sistem

Setelah setiap bagian diuji, kemudian dilakukan pengujian secara sistem keseluruhan. Hasil pengujian pengukuran koordinat terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Pengukuran Koordinat Lintang dan Bujur

No	Lokasi	Koordinat terukur Alat hasil penelitian	Alat ukur		Kesalahan	
			Lintang	Bujur	Lintang	Bujur
1	A	0747.4107,S,11010.5528,E	7 ⁰ 49'	111 ⁰ 11'	1,6'	1 ⁰ 1'
2	B	0747.1079,S,11012.2180,E	7 ⁰ 48'	111 ⁰ 15'	0,9'	1 ⁰ 3'
3	C	0745.3979,S,11016.0018,E	7 ⁰ 46'	111 ⁰ 18'	0,7'	1 ⁰ 2'
4	D	0743.4724,S,11020.9772,E	7 ⁰ 44'	111 ⁰ 21'	0,6'	1 ⁰ 1'
5	F	0742.7455,S,11031.1895,E	7 ⁰ 43'	111 ⁰ 31'	0,3'	1 ⁰
		Kesalahan rata-rata			0,82'	1 ⁰ 1,4'

4.2 Pembahasan

1. Pembahasan Pembacaan Koordinat

Informasi yang terdapat pada penerima GPS ada beberapa macam yaitu koordinat lintang, bujur, kecepatan, waktu dll, pada sistem ini informasi yang diperlukan terdiri dari informasi posisi koordinat lintang dan bujur. Data koordinat Lintang dan Bujur ini diperlukan untuk menentukan posisi kereta api kemudian dibandingkan dengan koordinat yang sudah diketahui sebelumnya sehingga kereta api yang akan melintas di persimpangan kereta api tertentu dapat terdeteksi.

Dari deretan data serial di GPS besaran koordinat lintang dan bujur ditandai dengan header <\$GPGGA>, data setelah header tersebut adalah data koordinat, untuk membaca data latitude/lintang dan longitude atau bujur maka setelah ketemu tanda koma dua kali kemudian dibaca karakter nilai koordinat. Data lintang diakhiri dengan 'N' atau 'S', sedangkan data bujur diakhiri dengan 'E' atau 'W'.

2. Pembahasan Data Pengiriman SMS

Data SMS dari handphone ke SMS Center dikirimkan dalam format PDU, sehingga data teks (ASCII) diubah terlebih dahulu menjadi data PDU, disisi penerima data PDU diubah kembali menjadi data teks.

Format PDU terdiri delapan header yang di setiap header mengandung informasi yang berbeda-beda. Header yang terdapat pada format PDU adalah sebagai berikut:

1. Nomor SMS Centre

Header ini dibagi atas tiga subheader, yaitu:

- Jumlah pasangan heksadesimal nomor SMS-Center

- National / international Code, 91 untuk international, 81 untuk national.
- No SMS-Centre dalam pasangan heksa dibalik-balik.

Jika tertinggal satu angka heksa yang tidak memiliki pasangan, angka tersebut akan dipasangkan dengan F didepannya.

2. Tipe SMS

Tipe SEND tipe SMS=1. Atau 01 dalam bilangan heksa.

3. Nomor Referensi SMS

Nomor referensi diisi 0, atau 00 dalam bilangan heksa. sehingga akan diberikan sebuah nomor referensi otomatis oleh ponsel/alat SMS-Gateway.

4. Nomor Ponsel Penerima

Header ini terdiri atas tiga bagian yaitu:

- Jumlah bilangan desimal nomor ponsel yang dituju dalam bilangan heksa.
- National / International Code, untuk national 81 dan International 91.
- Nomor ponsel yang dituju dalam pasangan heksa dibolak-balik.

Jika tertinggal satu angka heksa yang tidak memiliki pasangan, angka tersebut dipasangkan dengan huruf F didepannya.

5. Bentuk SMS

0->00-> dikirim sebagai SMS

1->01-> dikirim sebagai telex

2->02-> dikirim sebagai fax

Dalam hal ini, pengiriman dalam bentuk SMS memakai 00.

6. Skema Encoding Data I/O

- Skema 7 bit -> ditandai dengan angka 0 -> 00
- Skema 8 bit -> ditandai dengan angka lebih besar dari 0 yang diubah keheksa.

Kebanyakan ponsel / SMS Gateway yang ada dipasaran sekarang menggunakan skema 7 bit sehingga kita menggunakan kode 00.

7. Jangka Waktu Sebelum SMS Expired

Bagian ini diabaikan, berarti tidak membatasi waktu berlakunya SMS. Sementara itu, jika kita mengisinya dengan suatu bilangan integer yang kemudian diubah kepasangan heksa tertentu, bilangan yang kita berikan akan mewakili jumlah waktu validasi SMS tersebut.

8. Isi SMS

Header terdiri atas dua subheader, yaitu:

- Panjang isi (jumlah huruf dari isi);
- Isi berupa pasangan bilangan heksa

Ponsel / SMS Gateway berskema encoding 7 bit berarti jika kita mengetikkan suatu huruf dari keypadnya, kita telah membuat 7 angka I/O berturutan. Langkah yang harus dilakukan untuk mengkonversikan isi SMS, yaitu: pertama

: mengubahnya menjadi kode 7 bit, kemudian langkah kedua mengubah kode 7 bit menjadi 8 bit, yang diwakili oleh pasangan heksa.

9. Menggabungkan Delapan Header

Masing-masing header maupun subheader untuk mengirim SMS diatas harus digabungkan menjadi sebuah PDU yang lengkap.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan sistem dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya pada laporan ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi GPS untuk pengendali palang pintu kereta api sebagai tambahan aplikasi pada modul praktek mikrokontroler terdiri bagian GPS receiver (mikrokontroler, GPS receiver, dan lcd); bagian pengiriman sms (gps receiver, mikrokontroler, handphone pengirim, handphone penerima); bagian kendali palang pintu(handphone penerima, mikrokontroler, motor dc, sensor limit switch)
2. Aplikasi GPS pada modul praktikum mikrokontroler dapat dibagi menjadi tiga modul praktek, yaitu:
 - Praktek pembacaan GPS receiver berupa data koordinat lintang dan bujur dengan hasilnya ditampilkan pada lcd
 - Praktek pengiriman data sms antar pesawat hand-phone
 - Praktek kendali palang pintu kereta api berdasarkan data sms yang diterima pesawat hand-phone
3. Pembacaan data koordinat lintang dan bujur dengan alat yang dibuat jika dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan alat yang ada di pasaran mempunyai tingkat kesalahan rata-rata sebesar $0,82'$ untuk koordinat lintang, sedangkan kesalahan koordinat bujur sebesar $1^01,4'$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, ZA. 2007. *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya*. Jakarta. Pranya Paramita.
- Kimata. 2002. *Development of GPS Seismograph System by Integrating GPS Network, Internet Network and Wavelet Analysis*. Nagoya university. Seminar on Earthquake and Hazard
- Pressman R.S. 2001, *Software Engineering A Practitioner's Approach*, New York: Mc Graw Hill.
- Wardana, Lingga. 2006 . *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535*. Yogyakarta: Andi.