

PENGEMBANGAN PERANGKAS KERAS PENGIRIMAN DATA GPS BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK Mendukung SISTEM INFORMASI PELACAKAN KERETA API

Selo

Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Jln. Grafika No.2 Yogyakarta; e-mail: selo@te.ugm.ac.id

ABSTRAKSI

Informasi lokasi terakhir dari sebuah kereta api yang sedang berjalan perlu diketahui agar dapat dilakukan pengaturan lalu-lintas kereta api dengan baik. Selain itu juga agar kedatangan kereta di stasiun dapat diperkirakan dengan lebih akurat. Lokasi dari kereta api dapat diketahui dengan menggunakan perangkat penerima Global Positioning Sistem (GPS) yang dipasang pada bagian kereta api. Agar posisi dari GPS dapat diketahui oleh pihak stasiun secara terus menerus, maka data posisi dari GPS perlu dikirimkan dari kereta api ke stasiun secara otomatis. Mikrokontroler sebagai rangkaian terintegrasi yang mudah diprogram untuk berbagai aplikasi, dapat dijadikan alternatif untuk mengatur proses pengiriman data GPS tersebut. Tugas akhir ini bertujuan memanfaatkan mikrokontroler Atmel AVR 90S2313 untuk melakukan pengiriman data GPS dengan menggunakan protokol AX.25.

Mikrokontroler dan sebuah konverter digital ke analog (DAC) 4-bit digunakan untuk menyusun data dalam protokol AX.25 dan membangkitkan gelombang sinus untuk modulasi Audio Frequency Shift Keying (AFSK) pada frekuensi 1200 Hz dan 2200 Hz. Isyarat AFSK yang membawa data GPS ini kemudian dikirimkan menggunakan pemancar FM berupa Handy Talkie (HT), dan pada penerima juga digunakan HT. Untuk mendemodulasi isyarat AFSK dilakukan oleh komputer menggunakan perangkat lunak soundmodem.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa proses penyusunan data menggunakan protokol AX.25 dan pembangkitan modulasi AFSK dapat dilakukan dengan baik. Pada komputer, sebagai demodulator isyarat AFSK, data yang diterima sesuai dengan data GPS yang dikirimkan.

Kata kunci: Train Tracking, GPS, APRS, Packet Radio, AFSK, Atmel, AVR

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, khususnya pulau Jawa kereta api merupakan salah satu sarana transportasi yang utama dalam memenuhi kebutuhan akan transportasi darat. Orang lebih cenderung memilih kereta api sebagai sarana transportasi dengan alasan cukup terjangkau secara finansial. Dalam arti, kereta api sudah menjadi alternatif sarana transportasi yang dibutuhkan publik saat ini.

Dengan alasan tersebut diatas, maka diperlukan pelayanan yang sebaik-baiknya terhadap masyarakat pengguna jasa kereta api dan sudah selayaknya diberikan oleh pihak pengelola perkereta-apian atau PT Kereta Api Indonesia (PT KAI). Berbagai bentuk pelayanan memang telah banyak dilakukan untuk memberikan servis yang memuaskan bagi masyarakat. PT KAI sendiri dibangun sedemikian rupa dengan bentuk manajemen khusus dan dilengkapi dengan berbagai macam teknologi yang ditujukan untuk kenyamanan para pengguna kereta api, dan yang lebih penting lagi yaitu untuk keselamatan dalam bertransportasi menggunakan kereta api.

Namun untuk mengoptimalkan bentuk pelayanan yang sebaik-baiknya kepada masyarakat tersebut, serta untuk menghindari terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan yang sangat mungkin terjadi saat kereta api – kereta api tersebut melakukan perjalanan, maka diperlukan suatu alat untuk

memantau posisi perjalanan kereta. Kejadian yang tidak diinginkan bisa berupa tabrakan antara dua kereta api atau kecelakaan tunggal kereta api

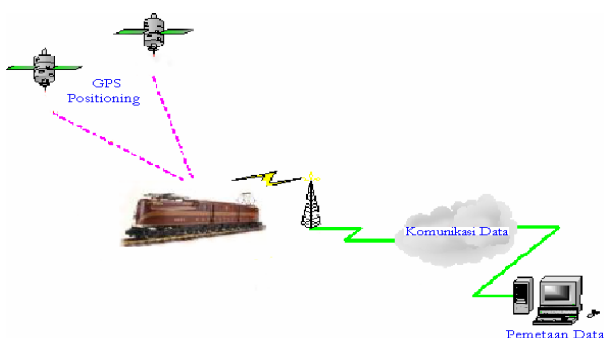
Untuk itu, perlu dibuat suatu sistem pelacakan yang dapat menangani hal tersebut. Pada intinya, sistem pelacakan untuk kereta api ini diperoleh dengan mendapatkan data posisi dari *Global Positioning System* (GPS) yang kemudian data posisi beserta data-data lain yang berkaitan dengan perjalanan tersebut dibawa ke *server* melalui suatu media komunikasi data untuk diolah dan kemudian dipetakan atau ditampilkan. Dengan sistem ini, diharapkan sebuah kecelakaan kereta api bisa diketahui dengan cepat lokasi terjadinya. Selain itu, dengan diketahuinya posisi suatu kereta pada saat tertentu, maka kedatangan kereta di stasiun tujuan dapat diperkirakan dengan lebih akurat.

2. SISTEM TRACKING KERETA API

Di beberapa tempat karakteristik jalur lintas kereta api hanya memiliki satu jalur saja untuk daerah luar kota, dan hanya mampu untuk dilewati oleh satu rangkaian kereta api saja dalam satu waktu, sedangkan jalur lintas yang terdiri lebih dari satu jalur hanya terdapat pada jalur dalam kota. Keterbatasan jalur lintas ini mengakibatkan sangat rentannya untuk terjadi kecelakaan (tabrakan kereta api), oleh karena itu diperlukan suatu manajemen tertentu dalam mengatur lalulintas kereta api. Salah

satu bentuk manajemen lalu lintas kereta api yaitu dengan adanya pusat control lalu lintas kereta api (*Locomotif Stop Control*), yaitu dimana kereta api satu dengan kereta api lainnya dapat diatur sedemikian rupa mengenai penjadwalan kapan berhenti dan kapan melaju, kapan waktu pemberangkatan, dimana lokasi transit, dan lain-lain.

Pelacakan kereta api merupakan suatu bentuk teknologi yang diterapkan dalam memberikan keselamatan berkereta api. Pelacakan kereta api bisa diartikan melacak suatu objek di darat dengan *Global Positioning System* (GPS). Melalui teknologi Absolut Kinematik GPS, informasi posisi objek (wahana) secara *real-time* dapat kita peroleh. Selanjutnya melalui poltting *real-time positioning* tersebut pada peta digital berbasis data maka akan dapat dilakukan navigasi objek (wahana) secara spasial. Pada pelacakan objek di daratan yang mana data lokasi kebanyakan dikirimkan melalui sistem seluler (*mobile phone system*), namun dapat juga dilakukan melalui sistem komunikasi satelit. Arsitektur sistem secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Pelacakan Kereta Api

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada sistem pelacakan kereta api, media untuk membawa data posisi dari GPS maupun data-data selain posisi dari kereta api menuju ke *server* menggunakan sistem komunikasi satelit dengan memanfaatkan jasa penyedia layanan satelit. Selanjutnya data-data tersebut diolah dan dipetakan pada suatu sistem manajemen penampil yang berupa sistem informasi geografis. Salah satu pemetaan yang dilakukan adalah memetakan data posisi yang berupa koordinat geografis (longitude, latitude) pada suatu peta tematik.

Melalui navigasi GPS dapat diperoleh data navigasi kereta api (contoh: data posisi, kecepatan, dan waktu) dan melalui radio dapat diinformasikan data navigasi tersebut ke monitor kontrol di stasiun-stasiun kereta api. Data-data ini diharapkan dapat menjadi parameter tambahan untuk pihak manajemen kereta api dalam mengatur lalu lintas kereta api di setiap jalur yang ditentukan.

Dengan menempatkan satu *set receiver* GPS pada kereta api, ditambah dengan perangkat

visualisasi (peta digital dan basis data), seorang masinis dapat mengetahui posisi kereta api secara global pada peta digital yang dilengkapi dengan basis data navigasi seperti kecepatan kereta, waktu, informasi stasiun, informasi lokasi, dan lain-lain, yang akan membantu masinis dalam mengendarai kereta api yang ia bawa, sehingga pihak stasiun control dapat mengplot atau meng-*entry* data posisi setiap kereta api sehingga secara ‘visual’ kondisi lalu lintas kereta api dapat dipantau untuk selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam memutuskan manajemen alur lalu lintas kereta api tersebut.

2.1 Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi dengan menggunakan satelit navigasi yang dimiliki dan dikelola oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. Nama formalnya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). Sistem ini digunakan untuk memberikan informasi mengenai posisi, waktu dan kecepatan kepada siapa saja secara global tanpa ada batasan waktu dan cuaca.

Format keluaran data dari penerima GPS yang paling lazim adalah format NMEA 0183. Dengan menggunakan keluaran data ini, penerima GPS dapat dihubungkan dengan perangkat lain melalui port serial. Data keluaran dalam format NMEA 0183 berupa kalimat (*string*) yang merupakan karakter ASCII 8-bit. Setiap awal kalimat diawali dengan karakter ‘\$’, dua karakter *Talker ID*, tiga karakter *Sentence ID*, dan diikuti oleh *data fields* yang masing-masing dipisahkan oleh koma serta diakhiri oleh *optional checksum* dan karakter *carriage return/line feed* (CR/LF).

Sebuah GPS mempunyai *Talker ID* berupa GP. Jenis kalimat yang dihasilkan ada beberapa macam, tetapi yang mencakup informasi posisi yang dibutuhkan yaitu kalimat RMC (*Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data*). Kalimat RMC ini keluar dari GPS setiap 1 detik, atau dapat diatur sesuai kebutuhan. Penjelasan mengenai format kalimat RMC ditunjukkan pada tabel 1.

2.2 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis merupakan suatu bentuk sistem informasi yang menyajikan informasi dalam bentuk grafis dengan menggunakan peta sebagai antarmuka. Sistem informasi Geografis juga merupakan teknologi yang digunakan untuk melihat dan menganalisa data-data yang direpresentasikan dalam bentuk geografis.

Kemampuan dasar dari SIG adalah mengintegrasikan berbagai operasi basis data seperti *query*, menganalisanya dan menyimpan serta menampilkannya dalam bentuk pemetaan berdasarkan letak geografisnya. Inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lain. SIG

sebagai alat bantu yang dapat mempercepat pemrosesan dan pengolahan data. Pembangunan basis data, pemanfaatan, analisis, serta pengoperasian yang tepat sangat tergantung pada penggunaannya.

Tabel 1. Format kalimat RMC

| Nama | Contoh | Satuan | Keterangan |
|---|------------|--------|--------------------------------|
| \$GPRMC,185350.868,A,0745.6711,S,11022.4682,E,0.13,309.21,010906,A*60 | | | |
| Jenis Kalimat | \$GPRMC | | RMC Protocol Header |
| Waktu UTC | 185350.868 | | Hhmmss.sss |
| Status | A | | A=posisi valid / V=tidak valid |
| Garis Lintang | 0745.6711 | | ddmm.mmm |
| N/S | S | | N=Utara / S=Selatan |
| Garis Bujur | 11022.4682 | | dddmm.mmm |
| E/W | E | | E=Timur / W=Barat |
| Kecepatan | 0.13 | Knots | |
| Arah | 309.21 | ° | True |
| Tanggal | 010906 | | ddmmyy |
| Magnetic Variation | | ° | E=Timur / W=Barat |
| Checksum | *60 | | |
| <CR><LF> | | | Akhir kalimat |

2.3 Terminal berbasis uC

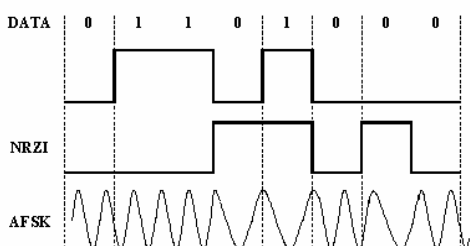
Diperlukan suatu terminal berbasis mikrokontroler yang diletakkan di kereta api. Sistem tersebut bertugas untuk mengambil data GPS dan data lainnya yang diperlukan untuk dikirim ke pusat data menggunakan modul komunikasi.

2.4 Komunikasi Kereta Data Center

Sistem komunikasi antara kereta dengan pusat data memegang peranan penting dalam sistem pelacakan kereta api. Sebenarnya komunikasi satelit merupakan salah satu pilihan yang terbaik dalam hal coverage. Akan tetapi oleh karena pertimbangan harga maka komunikasi radio (HT) menjadi pilihan alternatif yang dipilih. Selain pertimbangan harga, di PT KAI telah tersedia jaringan radio yang dapat meng-cover seluruh jalur rel.

2.5 Modulasi AFSK

Salah satu teknik komunikasi data untuk mengirim data menggunakan HT adalah memanfaatkan teknik modulasi *Audio Frequency Shift Keying* (AFSK) merupakan sistem modulasi digital yang mengubah data digital menjadi gelombang analog pada frekuensi suara. Isyarat AFSK ini memodulasi isyarat digital yang berformat NRZI (*Non Return to Zero Inverted*), yang artinya, bila data digital bernilai '1', maka tidak ada perubahan nada, untuk data digital '0' ada perubahan nada. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pengkodean NRZI dan modulasi AFSK

Secara umum AFSK yang digunakan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(t) = \begin{matrix} A \sin 2\pi f_1 t, & F(n) = 0 \\ A \sin 2\pi f_2 t, & F(n) = 1 \end{matrix}$$

dengan A adalah amplitudo sinyal analog, $f(t)$ adalah sinyal FSK dan $F(n)$ adalah data digital.

2.6 Protokol AX.25

Protokol AX.25 merupakan modifikasi dari protokol X.25 yang khusus digunakan oleh kalangan amatir radio. Protokol ini biasa digunakan untuk komunikasi radio paket. Di lapisan fisiknya, protokol ini menggunakan standar modulasi Bell 202 AFSK (*Audio Frequency Shift Keying*). Modulasi AFSK berbeda dengan modulasi FSK. Pada FSK bilangan biner akan langsung mengubah frekuensi pembawa. Sedangkan pada AFSK isyarat yang diubah berupa isyarat audio, yaitu pada frekuensi 1200Hz untuk *mark* dan 2200Hz untuk *space*. Penggunaan modulasi AFSK ini digunakan untuk mempermudah saat dihubungkan dengan perangkat *transceiver* yang sudah jadi berupa HT, sehingga tinggal menghubungkan jalur suara yang diperlukan. Isyarat audio hasil AFSK tadi yang akan memodulasi isyarat pembawa, biasanya dengan metode modulasi frekuensi (FM).

Protokol AX25 (*Amateur X.25*) merupakan protokol khusus yang digunakan di kalangan amatir radio yang merupakan pengembangan dari protokol X.25. Dalam model komunikasi OSI (*Open System Interconnection*), protokol ini berperan dalam mengatur komunikasi pada *layer 1* (*Physical*) dan *layer 2* (*Data Link*).

Transmisi paket radio pada *Link Layer* dikirim dalam blok kecil data yang disebut dengan *frame*. Ada beberapa jenis *frame/paket* yang ada di protokol AX.25, namun hanya *Unnumbered Information (UI) Frame* yang digunakan di APRS. UI Frame dipancarkan secara tersebar ke semua penerima yang ada, dan tidak ada proses *acknowledge*, bahkan jika ada paket yang tidak diterima, paket tersebut tidak dikirim ulang. Hal ini tidak menjadi masalah, karena pada APRS terjadi pengiriman paket data secara periodik. Format dari UI Frame diperlihatkan pada gambar 3.

| Data: | Flag | Dest. | Src. | Digi. | Control | PID | Info | FCS | Flag |
|--------|------|-------|------|-------|---------|-----|------|-----|------|
| Bytes: | 1 | 7 | 7 | 0-56 | 1 | 1 | N | 2 | 1 |

Gambar 3. Format UI Frame

Semua byte data pada UI frame dikirimkan LSB (*Least Significant Bit*) terlebih dahulu, kecuali *Frame-Check Sequence* (FCS). FCS dikirimkan MSB (*Most Significant Bit*) terlebih dahulu. Karakter *flag* merupakan bilangan 0111110 (hex: 0x7E). *Flag* menandakan awal dan akhir dari sebuah paket. Jumlah flag pada awal atau akhir paket boleh

lebih dari satu. Pada pengiriman karakter *flag* tidak digunakan penambahan bit (*bit stuffing*). Biasanya, jumlah flag yang dikirimkan pada awal dan akhir paket berjumlah 10 atau lebih, dengan tujuan agar sistem radio di pengirim dan penerima telah stabil saat data dikirimkan.

Pada blok alamat (Dest., Src., Digi.) bisa terdiri dari maksimum 4 alamat. Paling sedikit harus ada 2 alamat, yaitu alamat pengirim (contoh: YC2EKO) dan alamat penerima. Masing-masing karakter alamat digeser kiri sebanyak 1-bit sebelum pengiriman dan bit terakhir (LSB) adalah '0', kecuali pada karakter alamat yang terakhir bernilai '1'. Alamat tujuan dikirimkan terlebih dahulu, diikuti alamat pengirim, sehingga pada LSB karakter terakhir alamat pengirim bernilai '1'. Pada UI Frame, control byte selalu diset pada nilai 0x03 dan PID pada nilai 0xF0. Bagian informasi (Info) dapat menampung 256 karakter 8-bit.

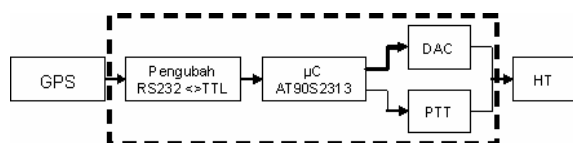
FCS adalah nilai 16-bit yang dihitung dari semua data pada paket, kecuali karakter *flag*. Penghitungan FCS berdasarkan rekomendasi standar ISO 3309 menggunakan pembangkit polinomial $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. FCS dihasilkan oleh pengirim dan digunakan oleh penerima untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan tidak mengalami kesalahan pengiriman.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian pertama kali dilakukan dengan melakukan studi terhadap komunikasi data menggunakan radio paket. Dari hasil studi tersebut, kemudian dirancang sebuah perangkat keras untuk mengirimkan data digital dengan media gelombang radio. Perangkat keras tersebut juga perlu didukung dengan perangkat lunak (*firmware*) yang ada di dalam mikrokontroler.

3.1 Perangkat Keras

Secara garis besar, perangkat keras yang dikembangkan mempunyai blok sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Pada perangkat keras tersebut, mempunyai empat blok. Pengubah RS232 ke TTL dan sebaliknya, berfungsi mengubah tegangan data serial dari GPS ke mikrokontroler dan sebaliknya. Untuk menghemat pembuatan perangkat ini, pengubah tegangan ini menggunakan dua buah transistor sebagai komponen utama. Transistor ini akan mengubah level tegangan dari standar RS232 ke TTL dan juga sebaliknya.



Gambar 4. Diagram blok perangkat keras

Mikrokontroler berfungsi sebagai komponen utama dalam perangkat ini. Tugas utamanya yaitu mengatur data dari GPS, membentuk protokol

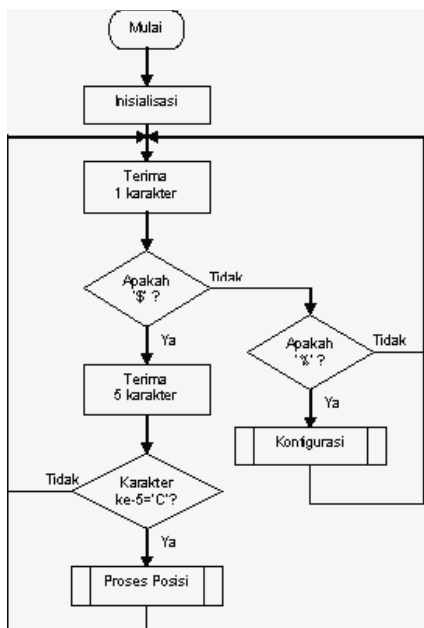
AX.25 dan mengatur pewaktuan yang tepat agar diperoleh isyarat sinus dengan frekuensi yang sesuai dengan modulasi AFSK yang diinginkan. Karena menyangkut pewaktuan, maka penggunaan kristal sebagai oscillator juga perlu diperhatikan dalam pembuatan *firmware* mikrokontroler. Dalam perangkat keras ini, nilai kristal yang digunakan yaitu 11,0592 MHz. Pada untai mikrokontroler tersebut juga terdapat konektor ISP (*In System Programming*) yang digunakan saat memprogram mikrokontroler tersebut, sehingga tidak perlu melepas chip mikrokontroler saat memprogram.

Digital to Analog Converter (DAC) digunakan untuk membentuk isyarat sinus yang diatur oleh mikrokontroler. DAC ini berupa 4 buah resistor dengan nilai masing-masing 2 kali lipat. Nilai-nilai resistor yang digunakan yaitu 1k Ω , 2k Ω , 3,9k Ω , dan 8,2k Ω . Dua buah nilai resistor tidak tepat sebesar dua kali lipat karena keterbatasan nilai resistor yang tersedia di pasaran. Hal ini tidak menjadi masalah karena nilai tersebut tidak jauh berbeda dari nilai seharusnya. Dengan DAC 4-bit ini, maka dapat dihasilkan 16 tingkat tegangan yang berbeda. Tingkat tegangan sebanyak ini sudah cukup, karena resolusi dari DAC tidak perlu teliti, yang perlu diperhatikan yaitu frekuensi yang nantinya dihasilkan. Frekuensi ini diatur menggunakan *timer* di dalam mikrokontroler.

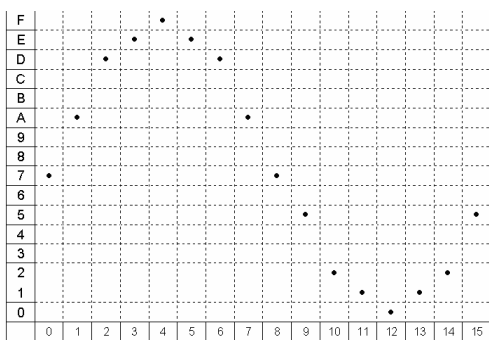
Rangkaian *Push To Talk* (PTT) ini diperlukan untuk mengatur pemancar (HT) kapan perlu memancar dan tidak. Karena sebuah frekuensi pembawa digunakan bersama-sama untuk banyak pengguna, maka perlu diatur kapan memancar dan tidak. Untuk mengaktifkan pemancar, ada sebuah masukan unit pemancar yang dijadikan satu dengan masukan mikrofon/suara. Pemancar akan aktif memancar saat masukan mikrofon mempunyai tegangan DC yang mendekati *ground* (0 volt). Untuk memisahkan antara pengandali PTT yang merupakan tegangan DC dengan isyarat suara dari DAC, digunakan kapasitor yang berfungsi melwatkan arus AC dan menghambat arus DC.

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibuat yaitu perangkat lunak yang dijalankan di dalam mikrokontroler, atau biasa disebut dengan *firmware*. *Firmware* ini bertugas mengatur kerja mikrokontroler sebagai penerima data GPS, pengatur protokol AX.25 dan membangkitkan frekuensi yang tepat untuk modulasi AFSK. Selain itu, mikrokontroler juga dapat menerima data dari komputer sewaktu akan dilakukan perubahan konfigurasi alamat pengiriman dan waktu pengiriman pada perangkat keras. Pada gambar 6 ditunjukkan diagram alir utama dari *firmware* ini.



Gambar 6. Diagram alir program



Gambar 7. Proses pembentukan isyarat sinus

Di dalam *firmware* ini dilakukan *parsing* terhadap kalimat GPS yang diterima. Kalimat RMC dari GPS diambil informasi waktu dan posisi (*latitude*, *longitude*). Data tersebut kemudian diatur dengan format protokol AX.25. data yang telah terformat dalam protokol AX.25 kemudian dikirimkan dengan menggunakan modulasi AFSK. Modulasi ini dibangkitkan oleh mikrokontroler dengan cara menghasilkan gelombang sinus dengan frekuensi yang tepat yaitu 1200Hz dan 2200 Hz. Proses pembentukan gelombang sinus dilakukan menggunakan metode *lookup table* dengan mengeluarkan data digital untuk diubah ke analog menggunakan DAC yang telah dijelaskan sebelumnya. Frekuensi diatur dengan cara mengatur *clock* keluaran data digital. Proses pembentukan isyarat sinus dan nilai digital yang digunakan ditunjukkan pada gambar 7.

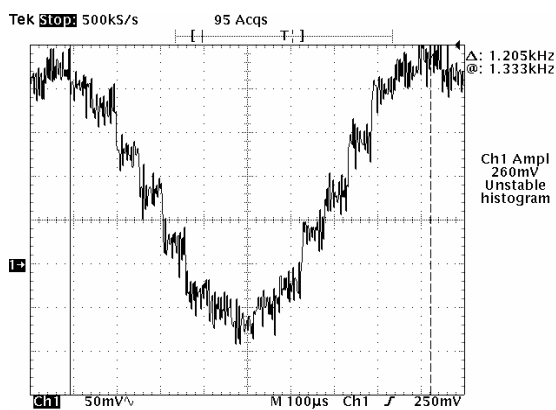
Perangkat lunak yang lain yaitu di sisi penerima. Pada sisi penerima isyarat suara dari HT masuk ke komputer melalui jalur mic pada kartu suara untuk melakukan demodulasi, digunakan menggunakan perangkat lunak soundmodem buatan Thomas Sailer, dan 'aprsd' buatan Dale A. Heatherington untuk melakukan distribusi data

posisi. Kedua perangkat lunak ini bekerja di sistem operasi Linux. Setelah dilakukan instalasi perangkat lunak tersebut, dilakukan konfigurasi agar dapat bekerja dengan baik. Pada perangkat soundmodem, hal yang paling perlu diperhatikan yaitu tegangan isyarat yang masuk. Tegangan yang masuk tidak boleh terlalu besar, karena akan terjadi *clipping*, sehingga tidak dapat didemodulasi. Pada perangkat lunak aprsd, yang perlu diperhatikan adalah port data AX.25 yang digunakan, serta port TCP/IP yang akan digunakan untuk distribusi data posisi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian ini, dilakukan pengamatan terhadap bentuk gelombang hasil modulasi AFSK yang dihasilkan. Sebagai contoh, pada gambar 8 ditunjukkan gelombang 1200 Hz yang dihasilkan dari proses modulasi AFSK.

Terlihat pada gelombang tersebut muncul undak-undak dan riak. Hal tersebut sesuai sifat dari DAC yang akan mengubah tegangan keluarannya *step-by-step*, sehingga perubahan tegangan tidak mulus. Hal ini tidak menjadi masalah karena saat gelombang ini dikirimkan menggunakan HT, terjadi proses penapisan pada HT untuk membuang frekuensi di atas 3 kHz, sehingga isyarat AFSK ini dapat terkirim dengan baik. Selain itu, nilai tegangan sebuah isyarat AFSK juga tidak begitu diperhatikan, yang paling perlu diperhatikan adalah frekuensi yang dihasilkan, karena berkaitan dengan data digital yang dikirim.



Gambar 8. Isyarat Sinus Frekuensi 1200 Hz

Sistem Penerima

Sistem penerimaan tersusun dari sebuah HT yang difungsikan hanya sebagai penerima, komputer dengan perangkat lunak soundmodem dan aprsd. Jalur suara dari HT disambungkan ke masukan mikrofon pada komputer. Dalam proses pengujian ini, diatur juga besar kecilnya keluaran suara dari perangkat HT. Hal ini perlu diatur agar suara yang masuk tidak terlalu besar. Jika suara yang masuk terlalu besar, perangkat lunak soundmodem akan kesulitan melakukan proses *demodulasi*. Proses pengaturan volume suara ini menggunakan bantuan

aplikasi `soundmodemconfig` untuk melihat bentuk gelombang suara yang masuk melalui jalur mikrofon, sehingga dapat dilihat apakah suara yang masuk terlalu besar atau tidak.

Setelah dilakukan pengaturan, dan di layar sudah terlihat bahwa isyarat AFSK yang masuk sudah dapat didemodulasi, maka perangkat lunak `soundmodem` dijalankan normal. Berikutnya dijalankan pula perangkat lunak `aprsd`. Berikut adalah tampilan pada saat `aprsd` dijalankan. Pada gambar tersebut terlihat bahwa setiap 7 detik keluar data, sesuai dengan pengaturan rentang pada perangkat keras.

```
CC5242>APAVR0:@011655h0745.91S/11022.30E>181/000/ABCD
CC5242>APAVR0:@011702h0745.91S/11022.30E>181/000/ABCD
CC5242>APAVR0:@011709h0745.91S/11022.30E>181/000/ABCD
```

Untuk mendukung secara utuh ke perangkat lunak pelacakan kereta api, data-data dari satasiun penerima lokasi dimasukkan ke sebuah *database*. Untuk menyimpan ke *database*, diperlukan aplikasi sederhana yang dapat terhubung ke port TCP/IP yang telah dibuat oleh `aprsd`, dan juga mampu bekerja dengan aplikasi *database*.

Aplikasi *database* yang digunakan yaitu MySQL, sedangkan aplikasi untuk membaca data lokasi dari port yang dibuat oleh `aprsd` dan menyimpan ke *database*, dilakukan menggunakan *script php* yang dijalankan menggunakan *command line*. *Script* ini bekerja dengan membuka socket ke port 14580 yang dibuat oleh `aprsd`. Setelah komunikasi terbentuk, data yang diterima oleh `aprsd` akan diteruskan ke *script* ini. Oleh *script* kemudian diolah dan diambil empat nilai yang akan disimpan ke *database*, yaitu alamat pengirim, waktu pengiriman, garis bujur, dan garis lintang. *Script* selengkapnya dapat dilihat di lampiran D.

Proses penyimpanan ke *database* dilakukan dengan melakukan koneksi ke server *database* terlebih dahulu. Nama *database* yang digunakan yaitu 'kereta' dan tabel yang digunakan bernama 'posisi'. Pada tabel 2 diperlihatkan struktur table 'posisi' yang digunakan untuk menyimpan data lokasi kereta.

Tabel 2. Struktur Tabel Posisi Kereta Api

| Kolom | Tipe Data |
|-----------|------------|
| id_kereta | varchar(6) |
| waktu | varchar(6) |
| latitude | float(8,6) |
| longitude | float(8,6) |
| | |

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengamatan kinerja sistem perangkat keras pelacakan kereta api ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Mikrokontroler dapat digunakan untuk membangkitkan isyarat modulasi AFSK (*Audio*

Frequency Shift Keying) secara perangkat lunak dengan memanfaatkan port serbaguna sebagai DAC.

- Unjuk kerja mikrokontroler AVR AT90S2313 sebagai pembangkit isyarat termodulasi AFSK sudah mencukupi untuk kecepatan 1200 bps.
- Walaupun secara fungsional, isyarat AFSK yang dihasilkan mikrokontroler telah dapat didemodulasi dengan baik, namun bentuk gelombang yang dihasilkan belum begitu sempurna, karena terdapat kenaikan tegangan yang tidak mulus sesuai sifat dari DAC
- Sistem perangkat keras menyimpan data ke dalam basis data, sehingga diharapkan menyediakan kemudahan bagi pengembang aplikasi GIS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Addin Suwastono, ST., dan Eko Wasono, ST., yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

PUSTAKA

- Beech, William A., Nielsen, Douglas E., Taylor, Jack, 1998, *AX.25 Link Access Protocol for Amateur Packet Radio*, Tucson Amateur Packet Radio Corp <http://www.tapr.org>, Tucson, United States of America.
- Miller, Scott, 2004, *Packet Radio - Physical Layer*, <http://n1vg.net>.
- SiRF Technology Inc., 2004, *NMEA Reference Manual*, SiRF Technology Inc. www.SiRF.com, San Jose, USA.
- Swann, Adam, 2001, *Final Project: A compact, portable APRS Controller*.