

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai sistem telemetri data sebelumnya pernah dilakukan oleh Setiawati (2015) yaitu sistem telemetri data pergeseran tanah dari sensor potensiometer menggunakan radio frekuensi APC220. Penelitian ini membuat perangkat yang dapat digunakan untuk proses perekaman data serta penambahan dalam sistem pengiriman datanya agar dapat dibaca oleh komputer sebagai penerima. Pada penelitian ini menggunakan gelombang radio melalui perangkat Radio Frekuensi APC220 sebagai media pengiriman dan penerima data yang bekerja pada frekuensi 455 MHz. Dari penelitian ini diperoleh hasil perekaman data yang lebih kompleks dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga melalui telemetri sistem pengiriman data dapat dikirimkan.

Selain Defi Setiawati, penelitian ini juga dilakukan oleh Susanto (2013) dengan menggunakan sistem telemetri *wireless* yang dapat mengukur suhu dan kelembaban dengan desain *portable* yang dilengkapi perekam data dan ditampilkan melalui LCD. Namun, ada perbedaan dengan penelitian Defi Setiawati yaitu sistem telemetrinya menggunakan modul *Xbee pro* dan sensor yang digunakan menggunakan DHT11. Selain penelitian Defi Setiawati dan Heri Susanto, penelitian ini juga dilakukan oleh Suryantoro (2014) dan Faurizal (2014).

Pada Penelitian Suryantoro, mengaplikasikan telemetri dengan menggunakan *Xbee Pro* maka diperlukan Mikrokontroler ATmega16 yang digunakan sebagai prosesor sistem ini. Untuk gelombang radio yang digunakan pengiriman data menggunakan *Frequency Shift Keying* (FSK) dan frekuensi yang digunakan adalah 2,4 GHZ. Bentuk pengiriman data merupakan pengukuran suhu ruangan dengan sensor LM35 yang diterjemahkan menggunakan Mikrokontroler ATmega16 dan ditampilkan ke LCD serta dikirimkan melalui Radio RF dengan pemodulasian *Spread Spektrum*, selanjutnya ditampilkan oleh *software* Delphi. Jarak maksimum yang dapat dijangkau di dalam ruangan adalah 50 meter, sedangkan di luar ruangan jarak maksimum yang dapat dijangkau adalah 350 meter. Antena yang digunakan untuk memancarkan sinyal FSK adalah antena whip $1/4\lambda$ mengacu pada frekuensi tengah 2,4 GHz dengan panjang 10 cm. Sementara, penelitian Faurizal tentang rancang bangun sistem data *logger* alat ukur suhu, kelembaban dan intensitas cahaya yang terintegrasi berbasis mikrokontroler Atmega328 pada rumah kaca dengan data yang ditampilkan pada layar *smartphone android* melalui koneksi *bluetooth* pada jarak maksimal 26 meter.

B. Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian Defi Setiawati perangkat digunakan untuk proses perekaman data dan dalam sistem pengiriman datanya dibaca oleh komputer sebagai sistem penerima melalui telemetri. Kemudian penelitian ini digunakan untuk mengukur pergeseran tanah menggunakan sensor potensiometer. Sedangkan proses pengiriman dan penerimaan data bekerja dengan frekuensi 455 MHz melalui

Radio Frekuensi APC220. Pada penelitian ini penulis mencoba membuat perangkat yang dapat digunakan untuk proses monitoring suhu dan kelembaban di lingkungan sekitar dengan memanfaatkan sensor SHT11 dan menggunakan gelombang radio melalui perangkat Radio Frekuensi APC220 sebagai media pengirim dan penerima data pada frekuensi 433 MHz. Dengan memanfaatkan satu penerima dan dua pengirim Radio Frekuensi APC220 dengan salah satu dari pengirim bekerja pada frekuensi yang berbeda yakni 455 MHz dan 433 MHz sedangkan penerima menggunakan frekuensi 455 MHz maka data dapat dikirimkan melalui jarak jauh (telemetry).

C. Teori Dasar

a. Suhu

Suhu merupakan karakteristik *inherent*, yang dimiliki oleh suatu benda yang berhubungan dengan panas dan energi. Jika panas dialirkan pada suatu benda, maka suhu benda tersebut akan meningkat dan akan menurun jika benda tersebut kehilangan panas. Pada dasarnya hubungan antara suatu panas (energi) dengan suatu suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut. Sedangkan suhu udara akan berfluktuasi dengan nyata setiap periode 24 jam. Fluktuasi suhu udara berkaitan erat dengan proses pertukaran energi yang berlangsung di atmosfer. Serapan energi radiasi matahari akan menyebabkan suhu udara meningkat. Suhu udara harian maksimum tercapai beberapa saat setelah intensitas cahaya maksimum tercapai. Intensitas cahaya maksimum tercapai pada

saat berkas cahaya jatuh tegak lurus yakni pada waktu tengah hari (Lakitan, 1994).

Secara mikroskopis suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik dalam perpindahan maupun gerakan ditempat berupa getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu disebut juga sebagai temperatur yang diukur dengan termometer (Vitallenko, 2011).

Suhu merupakan gambaran umum keadaan energi suatu benda, namun tidak semua bentuk energi yang dikandung suatu benda dapat diwakili oleh suhu. Pada atmosfer peningkatan panas laten akibat penguapan tidak menyebabkan kenaikan suhu udara, tetapi penguapan menurunkan suhu udara karena proporsi panas terasa menjadi berkurang. Satuan suhu yang umum dikenal ada empat macam yakni Celcius, Fahrenheit, Reamur dan Kelvin (Handoko, 1995).

b. Kelembaban Udara

Kelembaban udara ditentukan dari kandungan uap air di udara. Definisi tersebut dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi (relatif), kelembaban absolut maupun defisit tekanan uap air. Kelembaban absolut (*absolute humidity*) adalah total massa uap air per satuan volume udara. Massa udara lembab adalah total massa dari seluruh gas-gas atmosfer yang terkandung termasuk uap air, jika massa uap air tidak diikutkan, maka disebut massa udara kering (*dry air*) (Lakitan, 1994).

Tekanan uap air adalah tekanan parsial uap air dalam udara dengan satuan Pascal (Pa). Tekanan uap air jenuh adalah tekanan uap air maksimum yang dapat dicapai pada suhu tertentu. Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh maka akan terjadi pepadatan. *Relative humidity* secara umum mampu mewakili pengertian kelembaban. Untuk mengerti *relative humidity* maka harus diketahui *absolut humidity*. *Absolut humidity* merupakan jumlah uap air pada volume udara tertentu yang dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Kelembaban absolut dianalogikan jika semua air dalam satu m³ dikondensasikan ke dalam suatu wadah, wadah tersebut dapat menjadi timbangan kelembaban absolut. Kelembaban absolut memiliki nilai yang berkisar dari 0 gram/m³ saat udara kering hingga 30 gram/m³ saat uap air menjadi jenuh pada suhu 30°C. Kelembaban relatif sangat penting dalam memperkirakan cuaca (Lakitan,1994). Data klimatologi untuk kelembaban udara yang umum digunakan adalah kelembaban relatif (*relative humidity*, RH). Kelembaban relatif adalah persentase rasio dari tekanan uap air saat dilakukan pengukuran dan tekanan uap air saat mengalami saturasi atau perbandingan antara tekanan uap air aktual (yang terukur) dengan tekanan uap air pada kondisi jenuh. Persamaan umumnya dinyatakan dalam pers 2.1

$$RH = 100 \left(\frac{a_h}{a_s} \right) = 100 \left(\frac{e_h}{e_s} \right) \quad (2.1)$$

dengan :

RH = kelembaban relatif

a_h = *absolute humidity* saat pengukuran (g/m³);

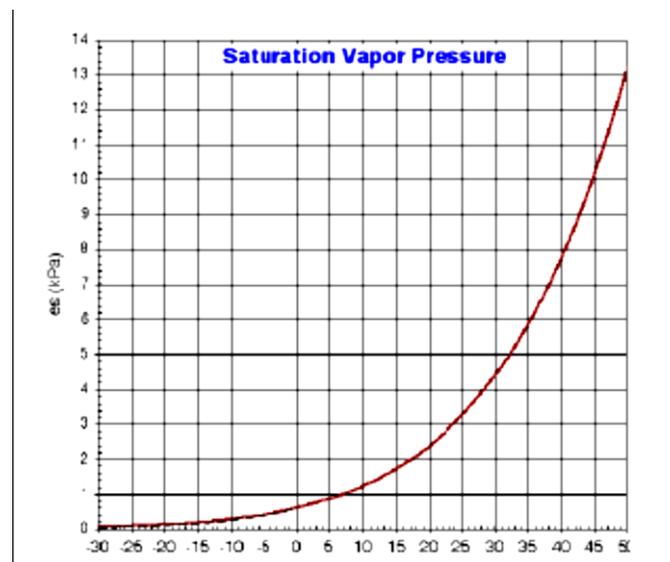
a_s = *absolute humidity* saat saturasi(g/m³);

e_h = tekanan uap air saat pengukuran (mb);

e_s = tekanan uap air saat saturasi (mb) (Lakitan, 1994).

Untuk mengukur kelembaban udara maka digunakan pendekatan yang masing-masing memiliki keuntungan dan kelemahan yaitu pengukuran dengan pendekatan gravimetri, termometer bola basah dan bola kering, dan higrometer titik embun. Fluktuasi kandungan uap air di udara lebih besar pada lapisan udara dekat permukaan dan semakin kecil dengan bertambahnya ketinggian. Hal tersebut terjadi karena uap air bersumber dari permukaan dan proses kondensasi juga berlangsung pada permukaan. Sehingga pada siang hari kelembaban lebih tinggi pada udara dekat permukaan sedangkan pada malam hari kelembaban lebih rendah pada udara dekat permukaan (Lakitan, 1994).

Berikut ini grafik kejenuhan tekanan uap air terhadap temperatur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Hubungan tingkat kejenuhan tekanan uap air terhadap suhu (Lakitan, 1994).

c. Sistem Catu Daya

1. Sel Surya (*Photovoltaic*)

Pada dasarnya pembuatan sel surya memanfaatkan efek *photovoltaic*, yaitu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik atau akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah (DC) (Zuhal, 1995). Agar efisiensi sel surya bisa tinggi maka foton yang berasal dari sinar matahari harus bisa diserap yang sebanyak-banyaknya, kemudian memperkecil refleksi dan rekombinasi serta memperbesar konduktivitas dari bahannya. Agar foton dapat terserap banyak maka penyerap harus memiliki energi *band-gap* dengan jangkauan yang lebar (Rusminto, 2003).

Sel Surya (*Photovoltaic*) merupakan alat yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* terbuat dari bahan semikonduktor bertipe p dan n. Ketika intensitas cahaya matahari dan temperatur masuk ke *photovoltaic* maka akan dihasilkan arus yang berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam sel surya. Besar intensitas cahaya matahari berubah sesuai dengan pergeseran posisi matahari dan cuaca karena faktor cuaca akan mempengaruhi besar intensitas cahaya matahari (Gonzalez, 2005). Pada Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik dari sel *photovoltaic*:



Gambar 2.2. Bentuk fisik sel *photovoltaic*

Efisiensi sel surya (η) adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya dengan daya pancaran (*radiant*) pada bidang sel surya (Quashning, 2004) seperti pada persamaan (2.2).

$$\eta = \frac{I_{MPP} \times V_{MPP}}{(\text{Intensitas cahaya})(\text{luas Panel})} \times 100\%. \quad (2.2)$$

d. Baterai (akumulator)

Baterai (akumulator) biasa dipakai untuk penyimpanan energi keluaran sel surya. Baterai memiliki karakteristik yaitu daya keluaran yang tidak stabil, berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya jatuh pada permukaannya, sedangkan beban umumnya menyaratkan suplai daya yang stabil dan apabila daya masukannya berubah-ubah maka dapat merusak beban tersebut. Tegangan baterai ditentukan oleh reaksi kimia dalam baterai, konsentrasi komponen baterai dan polarisasi baterai. Sedangkan tegangan nominal baterai tidak dapat diukur namun yang dapat diukur hanya tegangan open circuitnya. Kapasitas baterai ditentukan oleh masa aktif material didalamnya. Ada dua jenis elemen dalam baterai yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen sekunder membutuhkan muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik. Elemen sekunder lebih dikenal dengan akumulator. Dalam akumulator berlangsung proses elektrokimia bolak-balik dengan efisien yang tinggi yaitu proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*) (Rudolf, 1995).



Gambar 2.3. Baterai (akumulator)

e. Mikrokontroler ATmega128

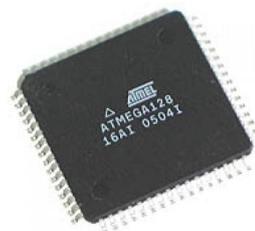
Mikrokontroler dapat dianalogikan sebagai sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Pada IC mikrokontroler sudah terdapat kebutuhan minimal agar mikroprosesor dapat bekerja yaitu meliputi mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan *clock*. Ada beberapa jenis mikrokontroler yang masing-masing memiliki keluarga atau series. Pengelompokan keluarga mikrokontroler ditentukan oleh perusahaan tertentu sesuai dengan spesifikasi khusus yang dimilikinya yang membedakan dengan mikrokontroler keluarga yang lain, terutama kompatibilitas dalam hal pemrogramannya. Sehingga mikrokontroler dalam keluarga yang sama akan memiliki kesamaan dalam hal arsitektur dan kompatibilitas pemrogramannya. Yang menjadi pembeda hanya dalam hal kesamaan fisik misal jumlah pin dan fitur-fiturnya seperti ukuran kapasitas memori program dan memori data, jumlah timer, jumlah interupsi dan lain-lain. Ada beberapa vendor yang membuat mikrokontroler diantaranya *Intel Microchip*, *Winbond*, *Atmel*, *Philips*, *Xemics* dan lain-lain. Dari beberapa vendor tersebut yang paling populer digunakan adalah mikrokontroler buatan Atmel. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Processor*) memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua intruksi dikemas dalam kode 16 bit (16 *-bits word*) dan sebagian besar intruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, sangat berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas yaitu keluarga Attiny,

AT90Sxx, keluarga ATMega dan AT86RFxx. Perbedaan dari masing-masing kelas adalah berdasarkan memori, peripheral, dan fungsinya. Sedangkan dari segi arsitektur dan instruksinya dapat dikatakan hampir sama (Bejo, 2008). Oleh karena itu, dipergunakan salah satu AVR produk Atmel yaitu ATMega128.

1. Karakteristik Mikrokontroler ATMega128

Mikrokontroler ATMega128 merupakan memiliki kemampuan dan konektor untuk *In- System Programming* (ISP). berikut ini karakteristik dari mikrokontroler atmega128 :

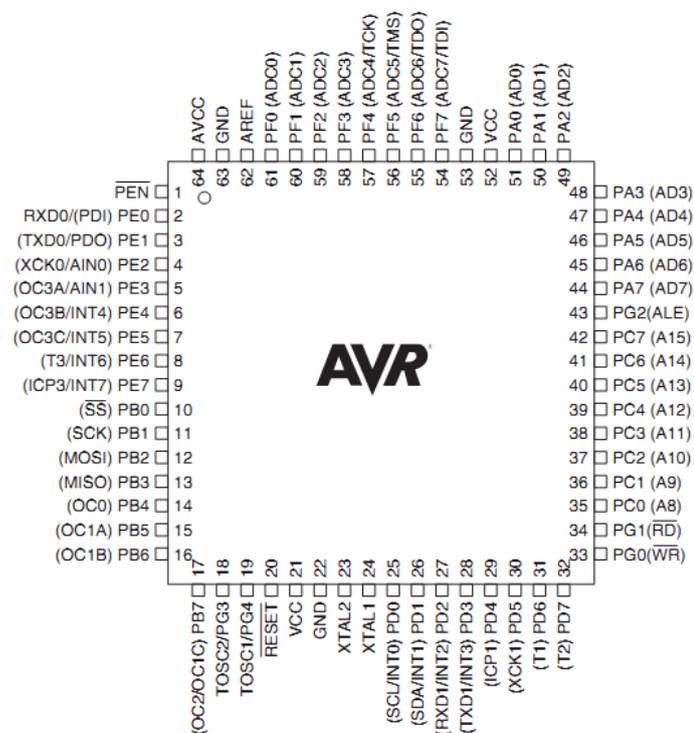
1. menggunakan arsitektur AVR RISC
2. berbasis Atmega64L (64KB Flash memory dan 2 KB EEPROM) atau Atmega128L (128 KB flash memory dan 4 KB EEPROM)
3. memiliki jalur input/output hingga 56 pin yaitu Port A, Port B, Port C, Port D, Port E, Port F dan Port G termasuk 2 timer/counter 8 bit, 2 timer/counter 16 bit, 2 PWM 16 bit, 8 kanal ADC 10 bit, 2 serial UASRT, 1 watchdog timer dan 1 analog komparator
4. tersedia kristal osilator berfrekuensi 8 MHz
5. sebuah port untuk pemrograman secara ISP
6. LED indikator pemrograman
7. Catudaya (VCC) 2,7 – 5,5 Volt DC
8. Kompatibel dengan DT-COMBO BASE BOARD Series (Atmel, 2011).



Gambar 2.4. Bentuk fisik mikrokontroler ATMega128

Sistem minimum merupakan suatu rangkaian minimalis yang dirancang agar suatu mikrokontroler dapat berfungsi dan bekerja dengan semestinya. Namun sistem minimum atmega128 memiliki beberapa perbedaan dibandingkan dengan sistem minimum mikrokontroler keluarga AVR yang lain. Perbedaannya terletak pada pin ISP yakni mosi – RX0, miso – TX0, SCK – SCK dan *power supply*.

Berikut merupakan arsitektur mikrokontroler128 :



Gambar 2.5. Arsitektur mikrokontroler ATmega128

f. Sensor SHT11

Dalam sistem pengaturan otomatis peranan sensor sangat penting karena diperlukan ketepatan dan kesesuaian saat meningkatkan kinerja dari suatu sistem. Sensor merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi fenomena fisik menjadi sinyal elektronik (Kenny, 2005). Pada rangkaian pengukuran sensor

berperan sebagai bagian yang mengindra besaran fisis yang diukur. Sensor berfungsi untuk mengkonversi besaran fisis yang diukur menjadi sinyal elektrik, yang selanjutnya dapat diolah dalam rangkaian elektronik baik sebagai pengukuran maupun pengendalian. Sedangkan transduser merupakan piranti yang mengkonversi suatu besaran energi tertentu ke dalam bentuk energi yang lain (Warsito, 2013). Sensor yang digunakan dalam sistem kontrol ini adalah sensor SHT11 yang mampu mendeteksi nilai suhu dan kelembaban tertentu. Gambar 2.6 merupakan contoh dari sensor suhu.



Gambar 2.6 Sensor SHT11

Sensor SHT11 merupakan sebuah *single* chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasikan secara digital. Pada sensor SHT11 terdapat elemen kapasitif polimer sebagai sensor kelembaban realtive dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Kedua output yang dihasilkan oleh SHT11 digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. SHT11 menghasilkan sinyal keluaran yang baik dan waktu respon yang cepat. Pengkalibrasian SHT11 dapat dilakukan pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan *hygrometer* sebagai referensinya, sedangkan koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam *OTP memory*. Koefisien tersebut

digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. Sensor SHT11 memiliki ukuran yang kecil dan konsumsi daya yang rendah. Selain itu, SHT11 memiliki surface-mountable LLC (*Leadless Chip Carrier*) yang berfungsi sebagai suatu *pluggable* 4-pin *single-in-line* untuk jalur data dan *clock*.

SHT11 membutuhkan *supply* tegangan 2.4 dan 5.5 volt. SCK (*Serial Clock Input*) berfungsi untuk mensinkronkan komunikasi antara mikrokontroler dengan SHT11. Beberapa spesifikasi SHT11 :

1. berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif sensirion SHT11;
2. mengukur suhu dari -40°C hingga $+123,8^{\circ}\text{C}$, atau dari -40F hingga $+254,9\text{F}$ dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 1%RH;
3. memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH;
4. memiliki antarmuka serial sinkron *2-wire*, bukan 12C;
5. jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor *lock-up*;
6. membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah $30\mu\text{W}$;
7. modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya.

Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah SHT11 dengan sumber tegangan 5 Volt dan komunikasi *bidirectional 2-wire*. Sistem sensor ini memiliki jalur data yang berfungsi untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh

mikrokontroler. Kaki serial data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalamatan pada pin data SHT11 “00000101” untuk mengukur kelembaban relatif dan “00000011” untuk pengukuran temperatur. Sensor SHT11 memiliki ADC (*Analog to Digital Converter*) didalamnya sehingga keluaran data SHT11 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler (Sensirion, 2011).

g. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD 2x16 type M1632 adalah *Liquid Crystal Display dot matrix* yang mampu menampilkan 16x2 karakter, membutuhkan daya kecil dan dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta kontroler LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. Kontroler ini memiliki ROM/RAM dan *display* data RAM. Semua fungsi display dikontrol dengan instruksi dan modul ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit Mikroprosesor (MPU) (Rizal, 2007).

Modul LCD membutuhkan daya yang kecil dan dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang terpasang dalam modul tersebut. Pengendali mempunyai pembangkit karakter ROM/RAM, dan *display* data RAM. Semua fungsi *display* diatur oleh instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dengan mudah dapat dihubungkan dengan unit mikroprosesor. Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termultiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol untuk mengontrol operasinya, R/W (*Read/Write*) merupakan sinyal kontrol untuk menentukan apakah data akan dibaca atau ditulis, E (*enable*) yang merupakan

sinyal untuk mengenablekan LCD dan RS (*Register Select*) adalah sinyal kontrol untuk memilih register yaitu register data dan register intruksi. Sementara pengendali dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Contoh LCD 4x20 dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan karakter 4x20

Fitur-fitur LCD 2x16:

- 1) 16 karakter *two line Liquid Crystal Display 5x7 dot matrix + cursor* ;
- 2) *Duty ratio* 1/16 ;
- 3) karakter generator ROM untuk 192 tipe karakter (*font* karakter *5x7 dot matrix*) ;
- 4) karakter generator RAM untuk 8 tipe karakter (*font* karakter *5x7 dot matrix*) ;
- 5) 80x8 bit display data RAM (*maximum* 80 karakter);
- 6) bisa melakukan Interfacing dengan mikroprosesor 4 bit atau 8 bit;
- 7) *display* data RAM dan karakter generator RAM bisa dibaca dari mikroprosesor ;
- 8) banyak fungsi instruksi;
- 9) rangkaian osilator yang tertanam dalam LCD ;
- 10) *single power supply* +5v ;
- 11) rangkaian reset otomatis yang tertanam dalam LCD ;

12) proses CMOS ;

13) jangkauan temperatur operasi : 00C-500C (Seiko, 1987).

h. Penyimpanan Data (*Micro SD*)

Dalam sistem telemetri terdapat fitur *data logger* yaitu fitur yang berfungsi sebagai penyimpanan semua data-data kondisi dari suhu dan kelembaban yang diukur. Selanjutnya data tersebut nantinya akan tersimpan didalam media penyimpanan yaitu *memory card*. Pada perencanaan ini jenis *memory card* yang akan digunakan adalah *micro SD (secure Digital)* dengan kapasitas 2 GB. Ada tiga macam cara berkomunikasi dengan *SD card* yaitu *one-bit SD mode, Four-bit SD mode, SPI (Serial Peripheral Interface) mode*. Cara komunikasi dengan *SPI* merupakan cara yang paling mudah karena protokolnya mudah dipelajari (Susanto, 2013).



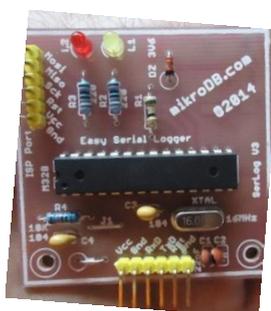
Gambar 2.8. Bentuk fisik dari Micro SD

i. Serial Logger

Serial logger merupakan sebuah modul yang berfungsi sebagai perekam data dalam aplikasi *data logger*. *Serial logger* yang digunakan memiliki koneksi (*port*) dan spesifikasi sebagai berikut :

- a) RS-232 port : 1 main, 3 server;

- b) 8 chanel analog port;
- c) 8 bit optocoupler TTL input, dapat diextend menjadi 40 bit;
- d) 4 bit transistor output dapat diperluas menjadi 20 bit;
- e) 256 kbyte flash memori;
- f) real time clock;
- g) memiliki fungsi PLC untuk proses kontrol dan *warning system* (Wahjono, 2008).



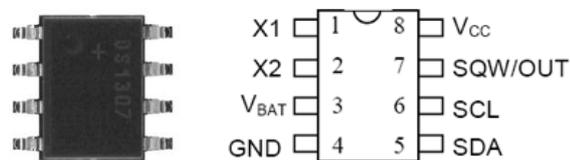
Gambar 2.9. Bentuk umum dari *Serial Logger*

Untuk membangun *data logger* dengan mikrokontroler dibutuhkan protokol SPI (*Serial Peripheral Interface*) untuk komunikasi dengan kartu memori. *Serial logger* mudah diterapkan karena efektif dan dapat menulis serta membaca dari kartu memori. Dengan menggunakan kode sederhana untuk menulis dan membaca data sehingga dapat lebih cepat untuk membangun aplikasinya. Pada modul serial logger terdapat 5 V DC *power supply* dan dapat dipasang sebuah *micro SD* dengan maksimum ukuran memori 8 GB. Ukuran modul *serial logger* sebesar 50mm x 50mm, *standard baudrate* 9600 dan memiliki tiga pin sebagai pengontrol model Tx, Rx dan Rst (Achmadi, 2009).

j. Pewaktu Digital RTC (*Real Time Clock*)

Pewaktuan secara digital dibutuhkan pada sistem pantauan nilai yang berdasarkan waktu. Setiap kejadian pengamatan akan dikorelasikan dengan waktu. RCT (*Real Time Clock*) merupakan perangkat elektronik yang berupa sebuah IC digital yang bekerja seperti jam digital namun dilengkapi sistem kalender tahunan. Ada beberapa jenis IC RTC dari berbagai produsen yang masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan. Pada umumnya IC RTC tipe DS1307 produksi DALLAS adalah jenis yang sering digunakan (Novianta, 2011).

DS1307 tidak memiliki keterbatasan dalam penulisan ulang, tetapi DS1307 membutuhkan baterai untuk menyimpan data dan menjalankan jam. Apabila baterai tidak dipasang, maka semua data yang ada pada DS1307 akan hilang (Khoswanto dkk, 2004). Secara fisik DS1307 seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Bentuk fisik DS1307 beserta keterangan kaki-kakinya.

Sedangkan bentuk fisik secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Bentuk umum RTC (*Real Time Clock*)

k. Gelombang

Gelombang merupakan getaran yang merambat pada suatu medium, sebuah gelombang mempunyai kecepatan, frekuensi dan panjang gelombang. Masing-masing parameter berhubungan melalui hubungan yang sederhana yaitu :

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.3)$$

dengan :

c = kecepatan rambat gelombang pada medium (3×10^8 m/s) cahaya;

f = frekuensi gelombang (Hz);

λ = panjang gelombang (m) (Sarojo, 2011).

Gelombang dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu gelombang elektromagnetik dan gelombang mekanik. Gelombang elektromagnetik diantaranya cahaya, gelombang radio, gelombang TV, gelombang radar, sinar infra merah, sinar ultraviolet, sinar gamma dan sinar X.

Gelombang radio memiliki daerah frekuensi antara 10^4 sampai 10^7 Hz yang dipergunakan sebagai alat komunikasi. Gelombang radio digunakan sebagai pembawa informasi dari satu tempat ke tempat lain. Karena sifatnya yang mudah dipantulkan oleh lapisan ionosfer bumi, maka gelombang radio dapat mencapai tempat-tempat di bumi yang jaraknya sangat jauh dari pemancar radio. Informasi yang berupa suara dibawa oleh gelombang radio sebagai perubahan amplitudo yang disebut modulasi amplitudo maupun sebagai perubahan frekuensi yang disebut modulasi frekuensi (Shrader, 1991). Gelombang radio memiliki sifat seperti cahaya (dapat dipantulkan, dibiaskan, direfraksi dan dipolarisasi) dan dapat merambat melalui udara.

Gelombang radio diklasifikasikan menurut frekuensinya, diukur dalam kilo Hertz, Mega atau Giga Hertz. Radio frekuensi (RF) mengarah kepada gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang sehingga biasa digunakan pada *radio communication*. Radio frekuensi berkisar dari *very low frequency* (VLF) yang besarnya antar 10-30 kHz hingga *extremely high frequency* (EHF) yang besarnya antara 30-300 GHz. Selain memiliki tingkat koreksi kesalahan efisien yang tinggi.

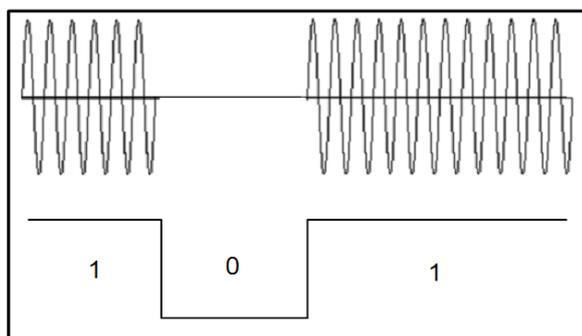
I. Modulasi Digital

Modulasi merupakan proses perubahan suatu gelombang periodik menjadi suatu sinyal yang dapat membawa suatu informasi. Dari sebuah proses modulasi, maka suatu informasi dapat dimasukkan ke dalam gelombang pembawa. Secara umum, modulasi dapat dibagi menjadi modulasi analog dan modulasi digital. Pada modulasi analog, proses modulasi adalah respon atas informasi sinyal analog. Teknik umum dalam modulasi analog yaitu modulasi fase (*Phase Modulation-PM*), modulasi amplitudo (*Amplitudo Modulation-AM*), dan modulasi frekuensi (*Frequency Modulation*).

Sedangkan modulasi digital merupakan proses penumpukan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal carrier atau proses mengubah-ubah karakter dan sifat gelombang pembawa (*carrier*) sehingga bentuk hasilnya memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dikandungnya. Sehingga jika mengamati modulasi *carrier*-nya dapat diketahui urutan bit yang disertai *clock*-nya (timing, sinkronisasi). Dengan proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Untuk pengiriman ini dapat digunakan media transmisi

fisik (logam atau optik) atau non fisik (gelombang-gelombang radio). Pada dasarnya dikenal 3 prinsip atau sistem modulasi digital yaitu: *Amplitude Shift Keying* (ASK), *Frequency Shift Keying* (FSK), dan *Phase Shift Keying* (PSK).

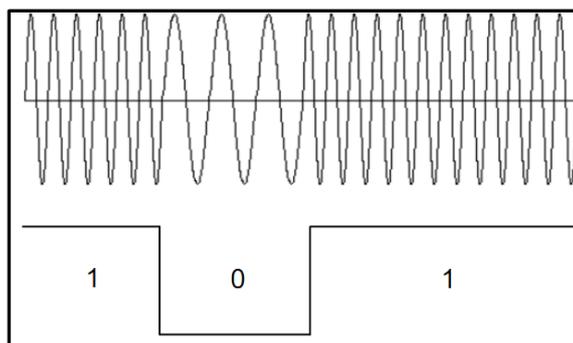
ASK atau pengiriman sinyal berdasarkan pergeseran amplitude, merupakan suatu metoda modulasi dengan mengubah-ubah amplitude. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Keuntungan dari metode ASK yaitu bit per baud (kecepatan digital) lebih besar, sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor derau harus diperhitungkan dengan teliti, seperti juga pada sistem modulasi AM. Derau menindih puncak bentuk-bentuk gelombang yang berlevel banyak sehingga sukar dideteksi dengan tepat menjadi level ambangnya.



Gambar 2. 12 Sinyal modulasi digital : *Amplitude Shift Keying* (ASK)

FSK atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metoda FSK merupakan bentuk modulasi yang memungkinkan gelombang modulasi

menggeser frekuensi output gelombang pembawa. Pergeseran ini terjadi antara harga-harga yang telah ditentukan semula dengan gelombang output yang tidak mempunyai fasa terputus-putus. Pada modulasi FSK besarnya frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Gelombang pembawa digeser ke atas dan ke bawah untuk memperoleh bit 1 dan bit 0 sehingga kondisi ini disebut *space* dan *mark*. Keduanya merupakan standar transmisi data yang sesuai dengan rekomendasi CCITT. FSK juga tidak tergantung pada teknik *on-off* pemancar, seperti yang telah ditentukan sejak semula. Kehadiran gelombang pembawa dideteksi untuk menunjukkan bahwa pemancar telah siap. Dalam hal penggunaan banyak pemancar (*multi transmitter*), masing-masingnya dapat dikenal dengan frekuensinya. Prinsip pendeteksian gelombang pembawa umumnya dipakai untuk mendeteksi kegagalan sistem bekerja. Bentuk dari *modulated Carrier* FSK mirip dengan hasil modulasi FM.

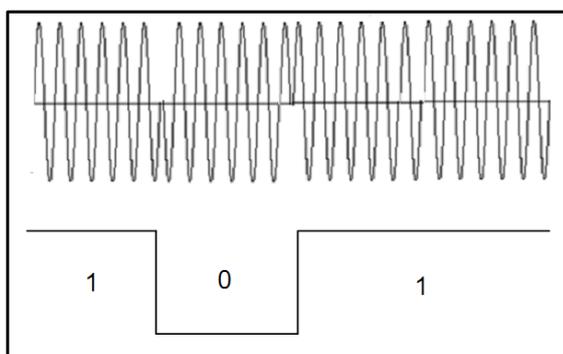


Gambar 2.13. Sinyal modulasi digital *Frequency Shift Keying* (FSK)

Secara konsep, modulasi FSK adalah modulasi FM, hanya disini tidak ada bermacam-macam variasi/deviasi ataupun frekuensi, yang ada hanya 2 kemungkinan saja, yaitu *More* atau *Less* (*High* atau *Low*, *Mark* atau *Space*). Untuk deteksi (pengambilan kembali dari kandungan Carrier atau proses

demodulasinya) akan lebih mudah, kemungkinan kesalahan (*error rate*) sangat minim/kecil. Umumnya tipe modulasi FSK dipergunakan untuk komunikasi data dengan *Bit Rate* (kecepatan transmisi) yang relatif rendah, seperti untuk *Telex* dan Modem-Data dengan *bit rate* yang tidak lebih dari 2400 bps (2.4 kbps).

PSK atau pengiriman sinyal melalui pergeseran fasa. Metoda PSK adalah suatu bentuk modulasi fasa yang memungkinkan fungsi pemodulasi fasa gelombang termodulasi diantara nilai-nilai diskrit yang telah ditetapkan sebelumnya. Fasa dari frekuensi gelombang pembawa berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital. Sudut fasa harus mempunyai acuan kepada pemancar dan penerima. Sehingga sangat diperlukan stabilitas frekuensi pada pesawat penerima. Hubungan antara dua sudut fasa yang dikirim digunakan untuk memelihara stabilitas. Jadi, fasa yang ada dapat dideteksi bila fasa sebelumnya telah diketahui. Hasil dari perbandingan ini dipakai sebagai referensi. Untuk transmisi data atau sinyal digital dengan kecepatan tinggi, lebih efisien dipilih sistem modulasi PSK.



Gambar 2.14 Sinyal modulasi digital *Phase Shift Keying* (PSK).

Terdapat dua jenis modulasi PSK yang sering dijumpai, antara lain BPSK yang paling sederhana dari PSK. Menggunakan dua yang tahap yang dipisahkan sebesar 180° dan sering juga disebut 2-PSK. Modulasi ini paling sempurna dari

semua bentuk modulasi PSK. Namun, bentuk modulasi ini hanya mampu memodulasi 1 bit/symbol dan dengan demikian maka modulasi ini tidak cocok untuk aplikasi *data-rate* yang tinggi dimana bandwidthnya dibatasi.

Quarternary atau *quadriphase* PSK (QPSK) atau 4-PSK menggunakan empat titik pada diagram konstilasi, terletak di sekitar suatu lingkaran. Dengan empat tahap, QPSK dapat mendekode dua bit per simbol. Hal ini berarti dua kali dari BPSK. Analisa menunjukkan bahwa ini mungkin digunakan untuk menggandakan data rate jika dibandingkan dengan sistem BPSK. Walaupun QPSK dapat dipandang sebagai sebagai suatu modulasi *quaternary*, lebih mudah untuk melihatnya sebagai dua *quadrature carriers* yang termodulasi tersendiri. Dengan penafsiran ini, maka bit yang digunakan untuk mengatur komponen *phase* pada sinyal *carrier* ketika digunakan untuk mengatur komponen *quadrature-phase* dari sinyal *carrier* tersebut. BPSK digunakan pada kedua *carrier* dan dapat dimodulasi dengan bebas (Cooper, 1986).

m. Radio Frekuensi APC 220

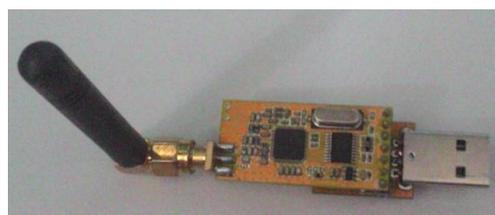
Frekuensi radio merupakan suatu sinyal arus bolak-balik frekuensi tinggi (AC) yang berjalan terus pada suatu konduktor tembaga dan kemudian diradiasikan ke udara melalui sebuah antena. Suatu antena mengubah suatu sinyal kabel menjadi sinyal wireless dan sebaliknya. Ketika sinyal AC frekuensi tinggi diradiasikan ke udara, maka akan membentuk gelombang radio. Gelombang radio ini akan menjauh dari sumber (antena) pada suatu garis lurus di segala jurusan dengan segera.

Modul APC 220 adalah modul komunikasi wireless yang bekerja pada frekuensi 418 MHZ sampai 455 MHZ (UHF). Komunikasi bisa mencapai 1000 meter dalam keadaan *Line of sight* dan 2400 bps *air rate*. *Air rate* berbeda dengan *baud rate*, *air rate* adalah laju data mengudara sedangkan *baud rate* adalah laju data UART.

Pada penelitian ini menggunakan Radio Frekuensi bertipe APC220 karena memiliki 100 saluran sehingga memudahkan dalam melakukan perubahan parameter. APC220 merupakan modul radio komunikasi dengan komunikasi semi duplek yang dapat dikomunikasikan dari satu titik ke multi *point*. Dengan banyaknya saluran dan banyaknya frekuensi yang dimiliki, APC220 dapat digunakan pada banyak jaringan yang bekerja ditempat dan waktu yang sama Radio Frekuensi (RF) khususnya RF tipe APC220 dapat terintegrasi dengan kecepatan tinggi MCU (Dam, 2011).

Berikut beberapa spesifikasi yang dimiliki oleh APC220 :

- 1) membutuhkan daya DC 3,3-5 V;
- 2) suhu operasi sebesar 30-85°C;
- 3) memiliki jarak pengiriman ± 1000 meter;
- 4) memiliki *buffer* data sebesar 256 byte;
- 5) komunikasi data *asynchronous serial* 1200-57600 bps.



Gambar 2.15 Radio Frekuensi APC 220