

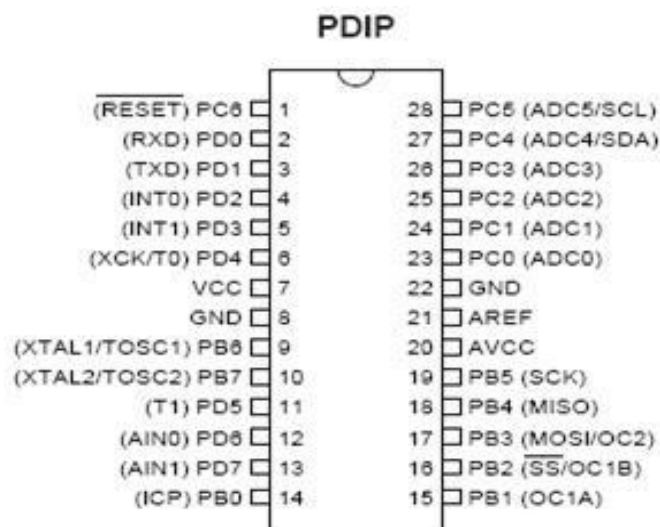
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikrokontroler ATmega8

ATmega8 adalah low power mikrokontroler 8 bit dengan arsitektur RISC. Mikrokontroler ini dapat mengeksekusi perintah dalam satu periode clock untuk setiap instruksi. Mikrokontroler ini diproduksi oleh atmel dari seri AVR. Beberapa fitur yang dimiliki ATmega8 adalah 8 kbyte flash program, 512 kbyte EEPROM, 1 kbyte SRAM, 2 timer 8 bit dan 1 timer 16 bit, analog to digital converter, USART, Analog comparator, dan two wire interface (I2C). Terdapat dua jenis *package* di ATmega8 yaitu DIP *package* dan TQFP *package* yang lebih dikenal dengan SMD (*Surface Mount Device*). Untuk jenis DIP *package* sangat mudah dalam mounting ke PCB, sedangkan TQFP *package* akan mendapatkan kesulitan selama penyolderannya sehingga bagi pemula disarankan untuk menggunakan DIP *package*. (Kurniawan, 2009 ; 1)

2.1.1. Konfigurasi Pin ATmega 8



Gambar 2.1. ATmega8
(Winoto, 2010)

ATMega8 memiliki 28 pin yang masing – masing pin – nya memiliki fungsi yang berbeda – beda baik sebagai port ataupun sebagai fungsi yang lain. Berikut akan dijelaskan tentang kegunaan dari masing – masing kaki pada ATMega8.

VCC : Tegangan supply

GND : Ground

Port B (PB7..PB0) :

Port I/O 8-bit dengan resistor pull-up internal tiap pin. *Buffer* portB mempunyai kapasitas menyerap (*Sink*) dan mencatu (*sorce*).

Khusus **PB6** dapat digunakan sebagai input kristal (*inverting oscilator amplifier*) dan input kerangkaian clock internal, bergantung pada pengaturan *fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber clock.

Khusus **PB7** dapat digunakan output kristal (*output inverting oscilator amplifier*) bergantung pada pengaturan *Fuse bit* yang digunakan untuk memilih sumber clock. Jika sumber clock yang dipilih dari oscilator internal, PB7 dan PB6 dapat digunakan sebagai I/O atau jika menggunakan Asincronous Timer/Counter maka PB6 dan PB7 (TOSC₂ dan TOSC₁) digunakan untuk saluran input counter.

Port C (PC5..PCo) :

Port I/O 7-bit (PC6, PC5,...PCo) dengan resistor *pull-up* internal tiap pin. *Buffer* portC mempunyai kapasitas menyerap (*Sink*) dan mencatu (*sorce*).

RESET/PC6 :

Jika fuse bit RSTDISBL di “programed”, PC6 digunakan sebagai pin I/O. Jika fuse bit RSTDISBL di “unprogramed”, PC6 digunakan sebagai pin RESET (aktif low).

Port D (PD7..PDo) :

Port I/O 8 bit dengan resistor pull-up internal tiap pin. *Buffer* portC mempunyai kapasitas menyerap (*Sink*) dan mencatu (*sorce*).

AVcc :

AVcc adalah pin tegangan catu untuk A/D converter, PC3..PCo, dan ADC(7..6). AVcc harus dihubungkan ke Vcc, walaupun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, maka AVcc harus dihubungkan ke VCC melalui “*low pass filter*”. Catatan : PC5,PC4 gunakan catu tegangan Vcc digital.

AREF :

Untuk pin tegangan referensi analog untuk ADC.

ADC7..6(TQPF,QFN/MLF)

Hanya ada pada kemasan TQPF dan QFN/MLF, ADC7..6 digunakan untuk *pin input* ADC.

(Winoto, 2010 ; 40)

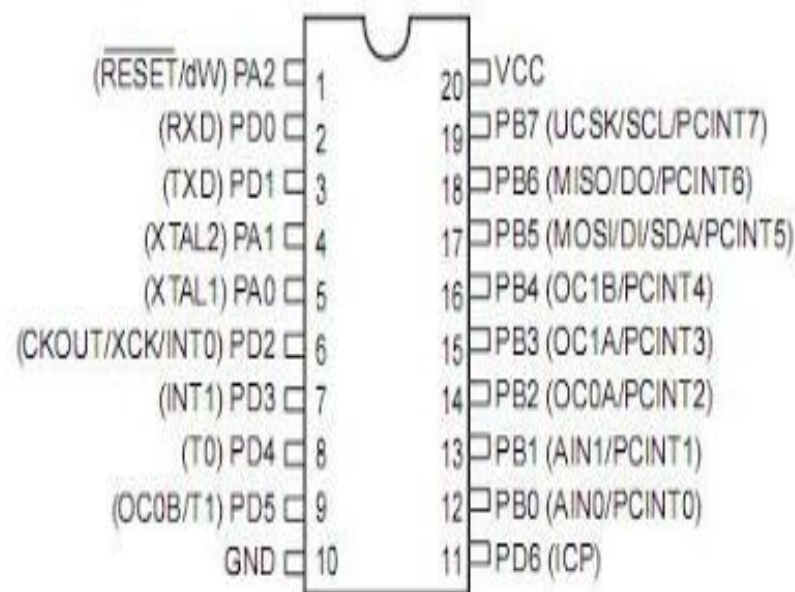
2.2. Attiny 2313

ATTiny 2313 merupakan mikrokontroller 8-bit AVR dengan kapasitas memory maksimum sebesar 2 Kbytes yang tersimpan didalam Memory Flash-nya. ATTiny 2313 merupakan chip IC produksi ATMEL yang termasuk golongan single chip microcontroller, dimana semua rangkaian termasuk memori dan I/O tergabung dalam satu paket IC. Meski tidak dilengkapi satu pun channel ADC, tapi Attiny2313 menjadi pilihan banyak praktisi untuk membuat aplikasi yang tidak membutuhkan pembacaan besar analog. Mikrokontroler ini juga dibuat sebagai pengganti AT902313 yang sudah tidak direconmendasikan lagi oleh ATMEL (Remadhan, 2010 ; 8)

Kapasitas memori program yang dimiliki adalah 2048 bytes, plus 128 byte EEPROM. Walaupun memiliki fisik dan kapasitas memori yang relatif kecil, mikrokontroler ini sudah memiliki modul full duplex USART yang memudahkan interkoneksi dengan peralatan lain dan segudang kemampuan lainnya, seperti dua timer (satu 8-bit dan satu 16-bit dengan praskalar dan modus pembanding terpisah), 4 (empat) kanal PWM (pulse Width Modulation), pembanding analog internal (analog comparator), dan fasilitas debugWIRE untuk pelacakan kesalahan program (debugging). (Irawan, 2014 ; 6).

Chip ini dikemas dalam bentuk PDIP (Parallel Dual In-line Package) 20 pin (juga terdapat versi SOIC dan QFN/MLF). IC Attiny2313-20PU (catu daya 5 V dengan kecepatan maksimum 20 MHz) dan Attiny2313V yang ditujukan untuk rangkaian elektronika yang bertegangan rendah dan sangat hemat daya. Untuk seri Attiny2313V, micro-controller ini mampu beroperasi hingga kecepatan 4 MHz menggunakan tegangan yang sangat rendah (hanya 1,8 Volt). Apabila menggunakan catu daya bertegangan minimal 2,7 Volt (maksimal 5,5 V), mikrokontroler ini dapat beroperasi hingga kecepatan 10 MHz. (Irawan, 2014 ; 6).

2.2.1. Konfigurasi Pin Attiny 2313



Gambar 2.2. Attiny 2313
(Remadhan, 2010)

Konfigurasi pin dari ATTiny 2313. Secara keseluruhan memiliki total 20 pin. Berikut adalah penjelasan secara garis besar dari konfigurasi pin-pin tersebut

1. VCC

Tegangan masukan digital sebesar 5 Volt.

2. GND

Dihubungkan pada Ground. Referensi nol suplai tegangan digital.

3. PORT A (PA0...PA2)

Pada PORT A hanya terdapat tiga(3) buah pin saja atau 3 bit pin I/O. Dimana PORT A ini, ketiga pin nya(seluruh pin PORT A) digunakan untuk keperluan membuat sistem. Yaitu PA.0 dan PA.1 untuk input clock (nama komponen adalah kristal), dan PA.2 untuk input tombol RESET.

4. PORT B (PB0...PB7)

Pada PORT B terdapat delapan(8) buah pin atau 8 bit pin I/O. Dan juga pada PORT B ini terdapat port SPI(Serial Peripheral Interface), yaitu pin komunikasi untuk men-download program secara serial synchronous dari komputer ke mikrokontroler, pin-pin tersebut adalah MOSI(PORTB.5), MISO(PORTB.6), SCK(PORTB.7).

5. PORT D (PD0...PD6)

Pada PORT D terdapat delapan(7) buah pin atau 7 bit pin I/O.

6. RESET

Reset berfungsi untuk menyusun ulang routing program dari awal. Biasanya RESET bersifat Active Low, yaitu aktif saat logika bernilai nol "0". Sinyal LOW pada pin ini dengan lebar minimum 1,5 mikrodetik akan membawa mikrokontroler ke kondisi Reset, meskipun clock tidak running. Sinyal dengan lebar kurang dari 1,5 mikrodetik tidak menjamin terjadinya kondisi Reset.

7. XTAL1

XTAL1 adalah masukan ke inverting oscillator amplifier dan input ke internal clock operating circuit.

8. XTAL2

XTAL2 adalah output dari inverting oscillator amplifier.

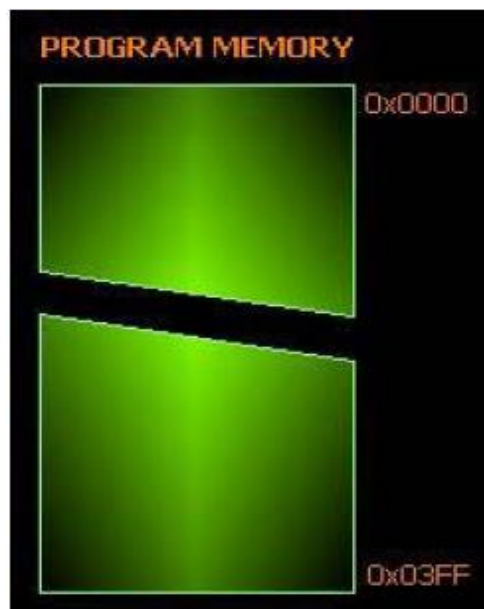
(Remadhan, 2010 ; 8)

2.2.2. Struktur Memory Attiny2313

Arsitektur memiliki dua ruang memori utama yakni Memory Program (*On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory*) dan Memori Data (SRAM Data Memory). Selain itu, AVR juga dilengkapi dengan EEPROM sebagai penyimpan data *non-volatile*, yang tidak hilang manakala sistem dimatikan.

(Remadhan, 2010 ; 10).

On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory



Gambar 2.3. Program Memory Attiny2313
(Remadhan, 2010)

ATtiny2313 mempunyai memori *flash* sebesar 2 kilobyte yang dapat di program ulang. Memori ini digunakan untuk menyimpan program. Karena semua instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit, maka memori program diorganisasikan 1 kilo x 16-bit, atau 1 kilo x 2-byte, atau 1 kiloword. (Remadhan, 2010 ; 10)

Memori flash memiliki ketahanan proses tulis-hapus sekitar 10.000 kali. Proses penulisan dan penghapusan memori ini dapat dilakukan dengan teknik pemrograman paralel dan teknik pemrograman serial. Teknik pemrograman serial

lebih banyak digunakan karena tidak membutuhkan tegangan pemrograman khusus (11,5-12,5 volt). Seperti yang ditunjukkan oleh gambar ilustrasi, program memori menempati alamat 0 x 0000 sampai dengan 0 x 03FF, atau alamat 0000 – 1023. Selain program, memori program juga digunakan untuk menyimpan konstanta-konstanta individu maupun kelompok yang biasa disebut tabel. (Remadhan, 2010 ; 10)

Konstanta individu maupun tabel dapat dialokasikan diseluruh ruang memori yang tersedia. Akan tetapi bukan berarti sembarangan naruh, jangan sampai terjadi *overlap* dengan alamat memori yang dialokasikan Stack, jangan juga menerjang alamat memori yang dialokasikan untuk Interrupt Vector. Untuk menempatkan konstanta atau tabel pada alamat tertentu secara spesifik, gunakan direktif ORG. Untuk mengakses data pada memori program digunakan instruksi LPM (*Load Program Memory*). Instruksi LPM akan mengambil data pada alamat memori yang ditunjuk oleh pasangan *register pointer Z*. (Remadhan, 2010 ; 11)

SRAM Data Memory



Gambar 2.4. SRAM Data Memory ATtiny2313
(Remadhan, 2010)

Seperti ditunjukkan pada gambar ilustrasi di atas, memori data dipetakan menjadi tiga bagian yakni *Register File*, *Register I/O*, dan internal SRAM. Register File menempati 32 byte pertama dengan alamat 0x0000 sampai dengan

0x001F, Register I/O menempati 64 byte selanjutnya dengan alamat 0x0020 sampai dengan 0x005F, dan internal SRAM menempati 128 byte sisanya dengan alamat 0x0060 sampai dengan 0x00DF. Sekarang kita tahu mengapa alamat awal internal SRAM adalah 0x0060. Alamat akhir internal SRAM (dalam hal ini 0x00DF) biasa disebut dengan RAMEND. (Remadhan, 2010 ; 11)

1. Register File (R0-R31) adalah general purpose working register, yakni register-register yang digunakan untuk berbagai keperluan seperti operasi bilangan dan logika, operasi-operasi yang secara spesifik berhubungan dengan instruksi-instruksi assembler, dan pengalamatan. Register R26 sampai dengan R31 berfungsi sebagai pointer dalam proses pengalamatan tak langsung. Secara umum register-register ini adalah penyimpanan data sementara. Oleh karenanya untuk program dengan jumlah variabel yang sedikit dapat diimplementasikan tanpa menggunakan internal SRAM, cukup menggunakan register sebagai variabel.
2. Register I/O atau disebut juga memori I/O adalah register-register dengan fungsi khusus seperti Timer/Counter, UART, I/O Port, EEPROM, dan lain-lain. Register I/O diberi nomor 0x00 sampai 0x3F. Masing-masing register memiliki fungsi khusus. Sebagai contoh register I/O nomor 0x0018 yang terletak di alamat 0x0038 adalah register PORTB dan register I/O nomor 0x001B yang terletak di alamat 0x003B adalah register PORTA.
3. Internal SRAM adalah memori aktual dari mikrokontroler AVR. Di sinilah tempat menyimpan variabel-variabel selama mikrokontroler beroperasi. Untuk mengakses internal SRAM digunakan pengalamatan langsung dan tak langsung. Instruksi dengan pengalamatan langsung untuk mengakses internal SRAM adalah LDS (*load Direct from Data Space*) dan STS (*Store Direct to Data Space*).

(Remadhan, 2010 ; 12)

EEPROM

ATtiny2313 memiliki 128 byte EEPROM yang diorganisasikan sebagai ruang memori data terpisah, artinya kita dapat membaca dan menulis sebuah byte tunggal. EEPROM memiliki ketahanan proses tulis/hapus sebanyak 100.000 kali.

Akses antara EEPROM dan CPU dijumpatani oleh register-register khusus yakni EEAR (EEPROM Address Register), EEDR (EEPROM Data Register), dan EECR (EEPROM Control Register). Ketiga register ini terletak di dalam register I/O. (Remadhan, 2010 ; 12)

1. EEAR adalah register yang berfungsi menyimpan alamat EEPROM yang akan diakses. Untuk ATtiny2313, EEAR disebut juga EEARL (EEAR Low). Hanya perlu 7 bit LSB saja (EEAR0-EEAR6) untuk mengakses seluruh alamat EEPROM ATtiny2313. Nilai awal EEAR setelah direset tidak didefinisikan, jadi EEAR perlu diisi dengan alamat EEPROM yang benar sebelum data pada EEPROM diakses (dibaca/ditulis/dihapus).
2. EEDR adalah register yang berfungsi untuk menyimpan data yang akan ditulis ke EEPROM dan data yang dibaca dari EEPROM.
3. EECR adalah register yang berfungsi untuk mengontrol sinyal-sinyal kontrol untuk proses akses EEPROM.

(Remadhan, 2010 ; 13)

2.3. Sensor

Sensor merupakan transduser yang digunakan untuk mendeteksi kondisi suatu proses. Yang dimaksud transduser yaitu perangkat keras untuk mengubah informasi suatu bentuk energi ke informasi bentuk energi yang lain secara proporsional. Sensor sendiri memiliki klasifikasi berdasarkan fungsinya. Karakteristik penting dari sensor adalah *accuracy*, *precision*, *sensitivity*, dan *repeatability*. *Accuracy* adalah kemampuan sensor untuk membaca besaran dan mengeluarkan output dengan kecepatan tinggi. (Remadhan, 2010, hal : 13)

Precision adalah kemampuan untuk mengeluarkan nilai output yang sebenarnya. *Sensitivity* adalah berkaitan dengan range pembaca yang mampu dibaca oleh sensor. *Repeatability* adalah kemampuan sensor untuk menghasilkan nilai yang sama pada keadaan yang sama seperti semula (Remadhan, 2010 ; 13)

Sensor yang digunakan pada alat ini adalah dengan menggunakan *linier potensiometer*.



Gambar 2.5. Potensio Geser
(Bishop, 2004)

Dalam rangkaian ini, sensor yang di gunakan sensor yang mendeteksi perubahan volume, adapun jenisnya :

Linier Potensiometer

Bekerja dengan mengubah-ubah besarnya hambatan yang ada, dengan pergeseran. Perubahan ini akan menghasilkan *voltage* yang berbeda-beda. Oleh karena itu potensiometer biasanya juga disebut pembagi tegangan. (Remadhan, 2010 ; 13)

Faktor lain yang ikut mempengaruhi kevalidan dari suatu pembacaan pontensiometer adalah dipengaruhi oleh besarnya gesekan yang terjadi antara tuas dan kawat. Besarnya tahanan gesekan ini biasanya berkisar antara 4 sampai 15 gram. Bahan kawat biasanya terbuat dari *nickel-crome*, *nickel-cooper*, atau *precious metal alloys*. (Remadhan, 2010 ; 14)

Strain Gages

Salah satu sensor yang bekerja berdasarkan kelengkungan atau defleksi. Kerja dari kawat yang ada pada *strain gages* hanya pada daerah *elastic material*. (Remadhan, 2010 ; 14)

Linier Variabel Deiffential Transformers (LVDT)

Sensor ini menggunakan prinsip induktansi *magnetic* sebagai dasarnya, variasi induktansi yang terjadi adalah akibat adanya pergeseran linier dari inti *ferromagnetic* yang terjadi antara lilitan primer dan dua buah lilitan sekunder. (Remadhan, 2010 ; 14)

2.4. Buzzer

Sebuah buzzer menghasilkan suara berfrekuensi rendah yang memiliki bentuk yang kecil yang menghasilkan suara satu nada dengan tegangan 3-16 V dan hanya membutuhkan arus sebesar 5-7 mA. Suara yang dihasilkan bersifat kontinu namun dapat dimodifikasi untuk menghasilkan bunyi dengan periode-periode pendek, agar lebih menarik perhatian. (Bishop, 2004 ; 159).



Gambar 2.6. Buzzer
(Bishop, 2004)

Anda dapat menggerakkan piranti ini dengan sebuah rangkaian yang stabil, yang bekerja pada frekuensi 1 KHz. Buzzer ini sering digunakan sebagai pemberi tanda peringatan atau sebagai alarm. Intensitas suara yang dihasilkannya bekisar antara 100 dB hingga 110 dB. Untuk mendapatkan tingkat kekerasan maksimum, buzzer harus dipasang secara kokoh di dalam sebuah papan rangkaian. (Bishop, 2004 ; 159).

2.5. Saklar Tekan

Saklar tekan dioperasikan dengan cara menekan sebuah tombol. Terdapat dua jenis saklar semacam ini. Kebanyakan di antaranya termasuk ke dalam jenis *push to make* (PTM). Dengan menekan tombol, kontak-kontaknya adalah normal tertutup, namun akan dipaksamembuka ketika tombol ditekan.(Bishop, 2004 ; 54).

Masing-masing jenis saklar yang disebutkan di atas dapat bekerja untuk menyambung atau memutuskan sambungan selama sekejap atau menguncinya . sebuah saklar yang menyambung atau memutuskan sambungan selama sekejap hanya akan menutup atau membuka selama tombol masih ditekan. Ketika tombol dilepaskan, saklar akan kembali ke posisi semula. (Bishop, 2004 ; 54).

Pada saklar yang mengunci penyambungan atau pemutusan daya, tombol akan tetap berada pada posisi tertekan setelah pertama kali ditekan. Kontak-kontak saklar akan tetap menutup atau membuka, bergantung pada jenis saklar yang bersangkutan. Anda harus menekan tombol itu sekali lagi untuk membuka kunci dan mengembalikan tombol ke posisi normalnya. (Bishop, 2004 ; 54).



Gambar 2.7. Saklar Tekan
(Bishop, 2004)

Saklar-saklar tekan digunakan secara luas di dalam beragam aplikasi kontrol, dan dapat juga digunakan untuk menyambungkan daya ke lampu-lampu, perangkat radio dan peralatan listrik lainnya. (Bishop, 2004 ; 54).

2.6. Transmitter dan Reciver

Pada transmitter, sebuah proses yang disebut modulasi mengonversi sinyal digital secara elektrik di dalam komputer menjadi sinyal RF atau cahaya yang

merupakan sinyal analog. Amplifier selanjutnya meningkatkan besar sinyal sebelum menuju antena. Receiver mendeteksi kelemahan pada sinyal dan mendemodulasinya menjadi tipe data yang dapat diaplikasikan pada komputer tujuan. Sinyal RF merupakan gelombang elektromagnetik yang digunakan oleh sistem komunikasi untuk mengirim informasi melalui udara dari satu titik ke titik lain. Sinyal RF telah digunakan selama beberapa tahun. Sinyal tersebut memberikan cara untuk mengirimkan musik pada radio FM dan video pada televisi. Pada kenyataannya, sinyal RF juga merupakan sarana umum untuk mengirim data melalui jaringan nirkabel. (Geier, 2005 ; 80).

Sinyal RF merambat di antena pemancar pengirim dan penerima. Sinyal yang dipasok pada antena memiliki amplitudo, frekuensi, dan interval. Sifat-sifat tersebut berubah-ubah setiap saat untuk mempresentasikan informasi. Amplitudo mengindikasikan kekuatan dari sinyal. Saat sinyal radio merambat melalui udara, sinyal tersebut kehilangan amplitudo. Jarak antara pengirim dan penerima bertambah, amplitudo sinyal menurun secara eksponensial. Pada lingkungan yang terbuka, di mana tidak ada rintangan, sinyal RF mengalami apa yang disebut para engineer sebagai *free-space loss* yang merupakan bentuk dari perlemahan. Kondisi tersebut menyebabkan sinyal yang telah dimodulasi melemah secara eksponensial saat sinyal merambat semakin jauh dari antena. Oleh karena itu, sinyal harus memiliki cukup energi untuk mencapai jarak di mana tingkat sinyal bisa diterima sesuai yang dibutuhkan receiver. (Geier, 2005 ; 81).

Kemampuan receiver dalam menerima sinyal tergantung pada kehadiran sinyal-sinyal RF lain yang berada di dekatnya. Frekuensi menyatakan berapa kali sinyal berulang setiap detiknya. Satuan frekuensi adalah Hertz (Hz) yang merupakan jumlah siklus yang muncul setiap detik. Sinyal RF akan menghadapi perlemahan, seperti interferensi dan perambatan multipath. Hal tersebut berpengaruh kuat pada komunikasi antara pengirim dan penerima, bahkan sering menyebabkan performa menjadi menurun dan pengguna menjadi tidak puas. Interferensi muncul saat dua sinyal berada pada stasiun penerima dalam waktu yang sama, dengan asumsi bahwa mereka memiliki frekuensi dan interval yang

sama. Salah satu cara terbaik untuk mengatasi interferensi RF adalah menghilangkan sumber interferensi tersebut. (Geier, 2005 ; 83).

Perambatan multipath dapat terjadi jika bagian sinyal RF mengambil jalur yang berbeda saat merambat dari sebuah sumber. Multipath delay menyebabkan simbol informasi yang direpresentasikan pada sinyal radio menjadi ternoda. Karena sinyal tersebut menyampaikan informasi yang sedang ditransmisikan , maka penerima membuat kesalahan saat mendemodulasi informasi sinyal. (Geier, 2005 ; 85).

2.7. Infus

Infus cairan intravena (intravenous fluids infusion) adalah pemberian sejumlah cairan kedalam tubuh, melalui sebuah jarum, kedalam sebuah pembuluh vena (pembuluh balik) untuk menggantikan kehilangan cairan atau zat-zat makanan dari tubuh. (Muslim, 2010, hal : 3)

Infus terdiri dari beberapa komponen utama yaitu :

- 1) Botol infus : merupakan wadah dari cairan infus, biasa dijumpai dijual dalam tiga ukuran 500mL, 1000mL dan 1500mL .
- 2) Selang infus : merupakan sarana tempat mengalirnya cairan infus .
- 3) Klem selang infus : merupakan bagian untuk mengatur laju aliran dari cairan infus, dengan mempersempit atau memperlebar jalur aliran pada selang.
- 4) Jarum infus : Sarana masuknya cairan infus dari selang infus menuju pembuluh vena.

Prinsip kerja dari cairan infus sama seperti sifat dari air yaitu mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi sehingga cairan akan selalu jatuh kebawah. Pada sistem infus laju aliran infuse diatur melalui klem selang infus, jika klem digerakan untuk mempersempit jalur aliran pada selang maka laju cairan akan menjadi lambat ditandai dengan sedikitnya jumlah tetesan infus/menit yang keluar dan sebaliknya bila klem digerakan untuk memperlebar jalur aliran pada selang infus maka laju cairan infus

akan menjadi cepat ditandai dengan banyaknya jumlah tetesan infus/menit. (Muslim, 2010 ; 3)

2.8. Baterai

Sebuah baterai dibentuk oleh sejumlah sel listrik yang disambungkan satu sama lainnya. Sel-sel ini umumnya disambungkan sedemikian rupa sehingga baterai dapat menghasilkan tegangan output yang lebih besar. (Bishop, 2004 ; 11).

Sel-sel energi adalah sumber daya listrik yang paling praktis. Sel-sel energi membangkitkan listrik sebagai hasil dari reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalamnya. Dalam pembuatannya, senyawa-senyawa kimiawi yang siap beraksi dikemas di dalam sebuah sel energi. Ketika arus ditarik dari sel, suatu reaksi kimia terjadi. Arus dapat diberikan oleh sel hingga senyawa-senyawa kimiawi di dalamnya telah bereaksi sempurna, dan tidak satu pun dari senyawa-senyawa kimiawi aslinya tersisa. (Bishop, 2004 ; 10).



Gambar 2.8. Baterai
(Bishop, 2004)

Untuk pasokan daya listrik yang kontinyu, atau sebaliknya pasokan-pasokan sekejap (*burst*) dengan ukuran yang besar, kita dapat menggunakan sel-sel yang dapat diisi ulang. Ketika sel semacam ini kehabisan dayanya, kita menyambungkannya ke sebuah *charger* (pengisi ulang) yang mengambil dayanya dari sumber listrik (listrik PLN). Arus yang diberikan sumber listrik akan memulihkan senyawa-senyawa kimiawi di dalam sel kembali ke keadaan aslinya. (Bishop, 2004 ; 11).

Tabel 2.1. Tabel jenis sel listrik isi ulang

Jenis sel	Karakteristik	Contoh-contoh penggunaan
Nikel kadmium (NiCad)	Menyimpan lebih sedikit muatan dibandingkan sel seng karbon yang berukuran sama. Menghasilkan 1,2 V. Tegangan jatuh cepat seiring nyaris habisnya muatan di dalam sel. Dapat memasok arus yang besar.	Perangkat-perangkat portabel arus tinggi semisal kamera video, kamera digital, telepon genggam
Timbal asam (Akumulator)	Menghasilkan 2 V. Dapat memasok arus yang sangat besar. Tidak bersifat portabel; elektroda-elektroda yang terbuat dari timbal menjadikan sel memiliki bobot yang berat. Terdapat bahaya terjadinya kebocoran elektrolit asam.	Motor yang menyalakan mesin mobil

Baterai-baterai NiCad dan timbal asam dapat menghasilkan arus yang sangat besar. Sel-sel semacam ini dapat mengakibatkan sengatan listrik yang sangat berbahaya. Sebuah baterai mobil timbal asam 12 V mampu memasok arus yang jauh lebih besar dibandingkan dengan sebuah baterai seng karbon 12 V. Berhati-hatilah ketika bekerja dengan baterai-baterai NiCad dan timbal asam. (Bishop, 2004 ; 11).