BAB II
TEORI PENUNJANG

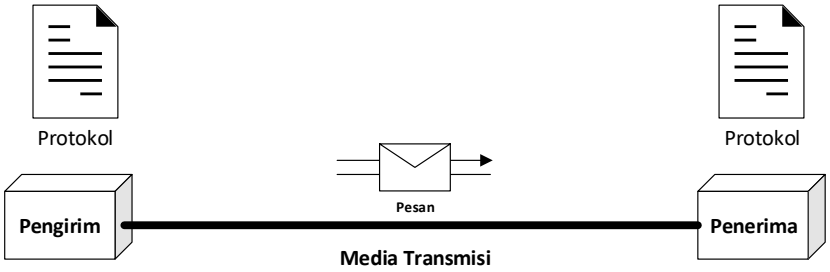
Pada bab ini akan membahas tentang teori dan komponen penunjang yang digunakan pada perancangan dan implementasi dari sistem pengiriman data *smart grid* pada gardu listrik. Pembahasan berisi tentang komunikasi data, *smart grid*, Arduino, GPRS, GPS, dan sensor-sensor yang digunakan.

2.1 Komunikasi Data

Komuikasi data adalah pertukaran data antara dua perangkat yang melalui beberapa bentuk media transmisi. Komunikasi data dapat terjadi dengan syarat perangkat yang ingin berkomunikasi harus menjadi bagian dari sistem komunikasi itu sendiri yang terdiri dari kombinasi perangkat keras (peralatan fisik) dan perangkat lunak (program). Efektivitas dari komunikasi data tergantung pada empat karakteristik mendasar yaitu *delivery*, *accuracy*, *timeliness*, dan *jitter*[1].

1. *Delivery*. Sistem harus mengirimkan data ke tujuan yang benar, dan harus diterima oleh perangkat yang dituju.
2. *Accuracy*. Sistem harus mengirimkan data yang akurat. Jika data berubah saat proses transmisi dan tidak dikoreksi, maka data tersebut tidak dapat digunakan.
3. *Timeliness*. Sistem harus mengirimkan data pada waktu yang tepat. Data yang terlambat dikirimkan tidak dapat digunakan.
4. *Jitter*. *Jitter* mengacu pada waktu kedatangan paket. Jika sebuah paket data memiliki waktu kedatangan yang bervariasi, maka kualitasnya akan menurun.

Komunikasi data memiliki 5 komponen yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komponen Komunikasi Data

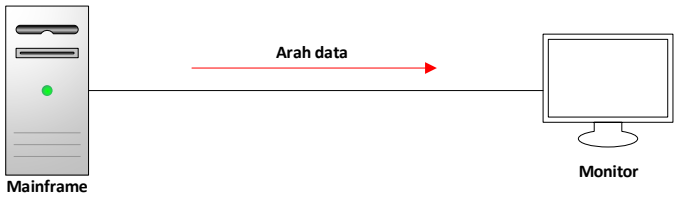
1. Pesan. Pesan adalah informasi (data) yang akan dikomunikasikan.
2. Pengirim. Pengirim adalah perangkat yang mengirimkan data.
3. Penerima. Penerima adalah perangkat yang menerima data.
4. Media transmisi. Media transmisi adalah jalur fisik atau media yang digunakan untuk melakukan pengiriman data.
5. Protokol. Protokol adalah aturan-aturan yang berfungsi untuk mengatur komunikasi data.

2.1.1 Aliran Data

Komunikasi antara dua perangkat berdasarkan alur pertukaran data terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *simplex, half-duplex,* dan *full-duplex*.

1. *Simplex*

   Simplex menggunakan komunikasi yang searah seperti pada jalan satu arah. Hanya satu dari dua perangkat pada jalur yang dapat mengirimkan, yang lain hanya dapat menerima. Keyboard dan monitor adalah contoh perangkat *simplex*. Keyboard hanya dapat memasukan *input*, monitor hanya dapat menerima output. Mode *simplex* dapat menggunakan seluruh kapasitas saluran untuk mengirim data dalam satu arah[1].

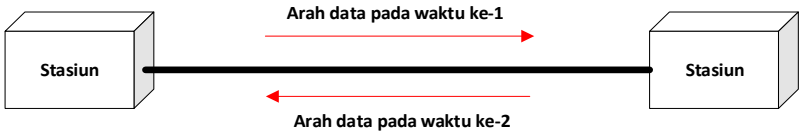


Gambar 2.2 Komunikasi Data dengan Mode *Simplex*

2. *Half-Duplex*

   Pada *half-duplex*, setiap stasiun dapat mengirim dan menerima tetapi tidak pada saat yang bersamaan. Ketika salah satu perangkat mengirimkan, yang lain hanya dapat menerima, dan sebaliknya. Mode *half-duplex* seperti jalan satu jalur dengan lalu lintas yang diperbolehkan dari kedua arah. Ketika mobil bepergian dalam satu arah, mobil yang datang dari jalur lain harus menunggu. Dalam transmisi *half-duplex*, seluruh kapasitas saluran diambil alih oleh kedua perangkat transmisi pada saat itu. *Walkie-talkie* dan CB *(Citizen Band)*

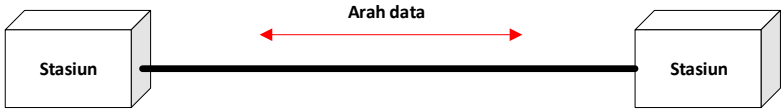
adalah perangkat yang menggunakan sistem *half-duplex*. Mode *half-duplex* digunakan dalam kasus-kasus di mana tidak ada kebutuhan untuk komunikasi dua arah pada saat yang sama, seluruh kapasitas saluran dapat dimanfaatkan untuk setiap arah[1].



Gambar 2.3 Komunikasi Data dengan Mode *Half-Duplex*

3. *Full-Duplex*

   Dalam mode *full-duplex*, kedua stasiun dapat mengirim dan menerima secara bersamaan. Mode *full-duplex* adalah seperti sebuah jalan dua arah dengan lalu lintas yang mengalir di kedua arah pada saat yang sama. Dalam mode *full-duplex*, sinyal masuk satu arah berbagi kapasitas jalur dengan sinyal keluar ke arah lain. Berbagi ini dapat terjadi dalam dua cara, Entah link harus mengandung dua jalur transmisi secara fisik terpisah, satu untuk mengirim dan yang lainnya untuk penerima atau kapasitas kanal dibagi antara sinyal perjalanan di kedua arah. Salah satu contoh umum dari komunikasi *full-duplex* adalah jaringan telepon. Ketika dua orang yang berkomunikasi dengan saluran telepon, keduanya dapat berbicara dan mendengarkan pada saat yang sama sepanjang waktu[1].



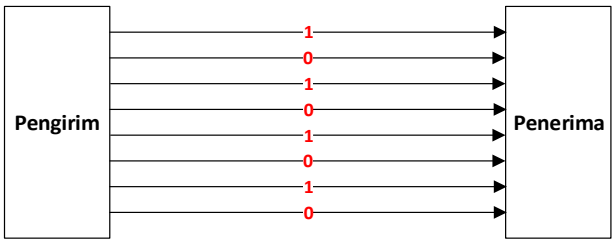
Gambar 2.4 Komunikasi Data dengan Mode *Full-Duplex*

2.1.2 Transmisi Data

Transmisi data dilakukan dalam bentuk biner yang melintasi jalur data baik secara paralel ataupun serial. Dalam mode paralel beberapa bit dikirim sekaligus untuk setiap *clock*. Dalam mode serial, 1 bit dikirim untuk setiap *clock*[1].

1. Transmisi Paralel

   Pada transmisi paralel, sejumlah bit dikirimkan per waktu (*clock*). Masing-masing bit mempunyai jalur tersendiri, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.5 oleh karena sifatnya yang demikian, data yang mengalir pada transmisi paralel jauh lebih cepat daripada pada transmisi serial[1].



Gambar 2.5 Transmisi Paralel

2. Transmisi Serial

   Pada transmisi serial, pada setiap waktu (*clock*) hanya 1 bit yang dikirimkan. Dengan kata lain, bit-bit dikirimkan secara bergantian satu per satu. Model transmisi seperti ini sering dijumpai pada komputer dan modem atau pada komputer dan printer yang terhubung secara serial[1].



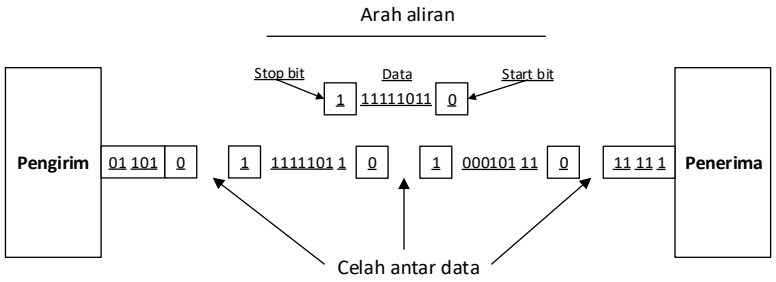
Gambar 2.6 Transmisi Serial

Selain itu, transmisi serial dibagi lagi menjadi 3 jenis yakni:

a. Transmisi *Asynchronous*

   Transmisi *asynchronous* disebut demikian karena peran pewaktuan (*clock*) tidak dibutuhkan. Informasi yang diterima, diterjemahkan dengan pola yang telah ditetapkan. Pola tersebut didasarkan pada pengelompokan bit *stream* menjadi bytes. Setiap kelompok pada umumnya berukuran 8 bit yang dikirimkan sebagai satu unit. Maka dari itu, untuk memberitahukan penerima saat datangnya kelompok baru, maka ditambahkanlah bit

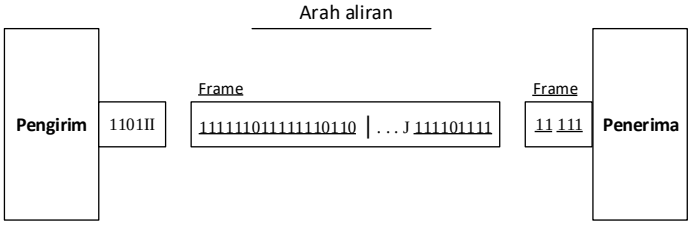
penanda ke awal setiap byte. Bit ini biasanya 0, yang disebut sebagai *start* bit. Data rate harus ditentukan dahulu sebelum transmisi dilakukan agar penerima dapat menerima bit-bit data dengan tepat. Selain itu, untuk memberitahukan penerima bahwa byte telah selesai, maka ditambahkan 1 bit atau lebih pada akhir byte. Bit-bit ini, biasanya disebut stop bit. Dengan metode ini, ukuran masing-masing byte meningkat menjadi 10 bit atau lebih, terdiri dari 8 bit yang berisi informasi dan 2 bit atau lebih digunakan sebagai penanda awal dan akhir dari sebuah byte data[1].



Gambar 2.7 Transmisi *Asynchronous*

b. Transmisi *Synchronous*

Transmisi *synchronous* didasarkan terhadap pewaktuan (*clock*) dalam mengirimkan data. Pengaturan waktu antara pengirim dan penerima harus sama, sehingga data yang dikirim dapat diterima dengan baik. Pada transmisi *synchronous*, pengirim mentrasmisikan data dalam bentuk *frame* yang terdiri dari beberapa byte dalam interval waktu yang sama. Penerima akan memisahkan *frame* tersebut kedalam byte dan mengonversinya menjadi karakter. Hal ini bertujuan untuk membangun kembali informasi yang dikirimkan[1].



Gambar 2.8 Transmisi *Synchronous*

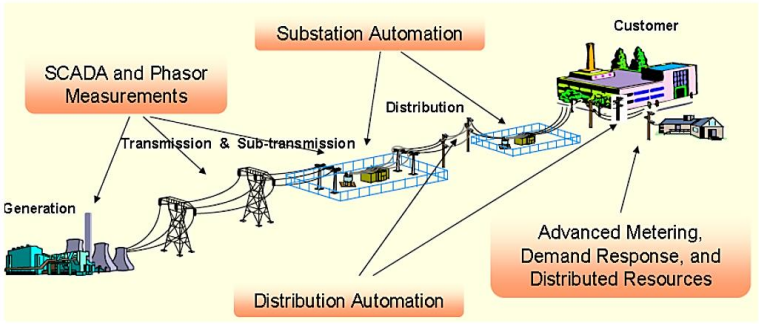
2.2 Smart Grid

Smart grid didefinisikan sebagai jaringan listrik cerdas yang dapat mengintegrasikan tindakan semua pengguna yang terhubung seperti pembangkit listrik, konsumen, dan orang-orang yang melakukan keduanya dalam rangka untuk efisiensi dalam memberikan pasokan listrik yang berkelanjutan ekonomis, handal, dan aman[2]. Selain itu, teknologi *smart grid* merupakan teknologi yang memanfaatkan kemajuan teknologi komunikasi, komputer, dan *cyber* untuk dapat melakukan pengendalian dan pegoperasian sistem tenaga listrik dalam menyalurkan energi listrik. Karena itu, *smart grid* merupakan integrasi teknologi cerdas dalam jaringan listrik yang dicita-citakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dimasa sekarang maupun dimasa mendatang. Dengan mengimplementasikan *smart grid* dalam semua aspeknya diharapkan dapat memberikan keuntungan yang lebih besar karena unit penyimpan yang terdistribusi dan terintegrasi meningkat, efisiensi meningkat, keandalan meningkat, serta biaya operasional menurun[3].

Menurut *Standards Council of Canada* dalam buku "*The Canadian Smart Grid Standards Roadmap*", *smart grid* didefinisikan sebagai penerapan teknologi dimana sektor telekomunikasi merupakan pioner utama untuk seluruh rantai pasokan listrik, yang memungkinkan komunikasi yang lebih baik secara *real time* dari generator ke transmisi dan distribusi, sampai ke meteran listrik, dan bahkan di dalam jaringan pelanggan[4].

2.2.1 Skema Dasar Sistem Smart Grid

Smart grid terdiri dari jaringan komunikasi, sensor-sensor, dan peralatan pemantauan yang mendasari konsep baru pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. s*mart grid* memungkinkan adanya aliran daya dua arah, hal ini dikarenakan banyaknya pembangkitan yang terdistribusi terutama pada wilayah beban. Untuk mengatur aliran daya tersebut diperlukan pengaturan pada peralaan atau aset-aset yang berada pada jaringan, maka dari itu *smart grid* sangat erat kaitannya dengan teknologi komunikasi dan informasi. Pengaturan ini dapat dilakukan karena *smart grid* memiliki sistem komunikasi dua arah [4].



Gambar 2.9 Desain Konseptual *Smart Grid*

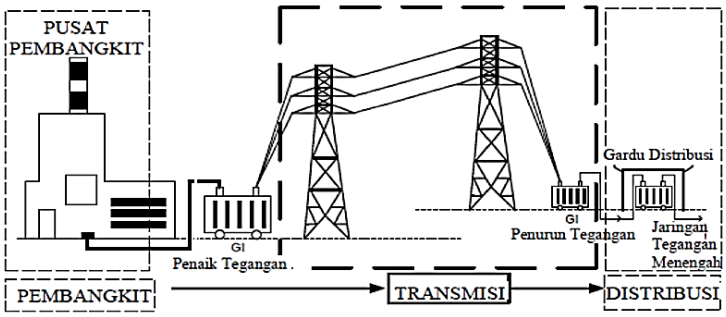
Metode pengaturan didapatkan berdasarkan data yang terkumpul pada *IT-Base Control*. Sensor dalam jumlah besar yang digunakan akan terus memantau (*real time*) data konsumsi energi, data cuaca, kondisi peralatan, dan status operasi. Data dikirim melalui infrastruktur komunikasi dua arah dari berbagai titik pemantauan pada *smart grid* menuju pusat kontrol. Data tersebut digunakan untuk memprediksi apa yang akan terjadi serta untuk memprediksikan apa yang akan terjadi serta untuk mendapatkan strategi kontrol yang optimal pada sistem. Secara garis besar *smart grid* memiliki empat bagian besar, yaitu bagian sistem tenaga, bagian kontrol, bagian komunikasi, serta bagian aplikasi[4].

2.2.2 Teknologi Smart Grid

Teknologi *Smart Grid* merupakan teknologi yang memanfaatkan kemajuan teknologi komunikasi, dan komputer sehingga dapat melakukan pengendalian dan pegoperasian sistem tenaga listrik dalam menyalurkan energi listrik. Menurut IEEE, *smart grid* dipandang sebagai "Sistem dari Sistem" besar di mana setiap domain *smart grid* diperluas menjadi tiga lapisan utama yaitu *power* dan energi, komunikasi dan IT/komputer. Lapisan komunikasi dan IT/komputer yang memungkinkan *platform* infrastruktur lapisan *power* dan energi yang membuat *grid* menjadi "pintar"[5]. Oleh Karena itu, *smart grid* dipandang sebagai integrasi teknologi cerdas dalam jaringan listrik yang dicita-citakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dimasa sekarang maupun masa mendatang. Dengan mengimplementasikan s*mart grid* dalam semua aspeknya akan memberikan keuntungan yang lebih besar karena unit terdistribusi dan terintegrasi meningkat, efisiensi meningkat, biaya operasional menurun, serta keandalan meningkat melalui optimalisasi jaringan listrik.

2.3 Gardu Listrik

Gardu distribusi tenaga listrik yang paling dikenal sebagai gardu listrik adalah suatu bangunan berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V) [6].



Gambar 2.10 Sistem Jaringan Gardu Listrik

Gardu Listrik dapat di klasifikasikan menjadi dua hal, diantaranya sebagai berikut:

1. Menurut Lokasi dan Fungsi

   Merurut lokasinya di dalam sistem tenaga listrik, fungsi dan tegangannya (tinggi,menengah atau rendah) maka gardu listrik dapat dibagi:

   a. Gardu Induk

      Gardu Induk adalah gardu listrik yang mendapatkan daya dari satuan transmisi atau sub-transmisi suatu sistem tenaga listrik untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota dan sebagainya) melalui saluran distribusi primer.

   b. Gardu Distribusi

      Gardu Distribusi adalah gardu listrik yang mendapatkan daya dari saluran distribusi primer yang menyalurkan tenaga listrik ke pemakai dengan tegangan rendah.

2. Menurut Penempatan Peralatannya

   Menurut penempatannya, gardu listrik dapat dibagi:

a. Gardu Induk Pemasangan Dalam.

   Gardu Induk dimana semua peralatannya *(switchgear*, isolator dansebagainya) di pasang di dalam gedung/ruangan tertutup.

b. Gardu Induk Pemasangan Luar.

   Gardu Induk dimana semua peralatannya (*switchgear*, isolator dan sebagainya) di tempatkan di udara terbuka.

2.4 General Packet Radio Service (GPRS)

General Packet Radio Service (GPRS) merupakan teknologi *overlay* yang disisipkan di atas jaringan GSM untuk menangani komunikasi data. GPRS adalah sebuah teknologi *non-voice* (bukan suara) yang memungkinkan informasi dikirim dan diterima melalui jaringan telepon selular. Dengan kata lain, penggunaan *handset* GPRS untuk komunikasi data tetap berlangsung di atas jaringan GSM, dengan GSM menangani komunikasi suara serta transfer data ditangani oleh GPRS. Teknologi ini melengkapi teknologi yang sudah ada sekarang yaitu *Circuit Switched Data* dan *Short Message Service* (SMS).

GPRS termasuk dalam kelas 2.5G yang merupakan standar komunikasi data di jaringan GSM dengan kecepatan mencapai 115 kbps. Dengan adanya GPRS, jaringan GSM bisa memisah paket data kecepatan tinggi dengan suara. Selain itu, pengguna GPRS juga dapat langsung terkoneksi dengan Internet.

Saat ini GPRS menggunakan teknologi *packet switching* yang memungkinkan semua pengguna dalam sebuah *sel* dapat berbagi dengan yang lainnya. Dengan kata lain para pengguna menggunakan spektrum radio hanya ketika mentransmisikan data. Efisiensi penggunaan spektrum radio pada akhirnya akan menghasilkan kinerja yang baik dengan biaya yang lebih rendah.

Sistem transmisi data pada GPRS menggunakan transmisi data ke dalam paket-paket sehingga membuat penggunaan spektrum radio yang tersedia menjadi lebih efisien. Selain itu GPRS juga mendukung jangkauan *bandwidth* yang luas, sehingga sangat cocok untuk mengirim dan menerima data yang ukurannya kecil seperti *e-mail* atau web, serta data berkapasitas besar[7].

2.4.1 Protokol Komunikasi

GPRS memiliki beberapa protokol komunikasi yang mendukung terjadinya komunikasi pada jaringan. Beberapa diantaranya dijelaskan sebagai berikut.

1. *Transmission Control Protocol*

   Transmission Control Protocol (TCP) merupakan sebuah protokol komunikasi berbasis *connection-oriented* dan *end-to-end* yang andal serta dirancang untuk mendukung komunikasi *multi-network*. TCP menyediakan komunikasi antar *host* pada jaringan yang berbeda tetapi saling terhubung. Protokol ini beroperasi pada spektrum yang luas dari sebuah sistem komunikasi, mulai dari koneksi *packet-switched* atau jaringan *circuit-switched*.

   TCP berkaitan erat dengan Internet *protocol* (IP) dikarenakan IP menyediakan cara untuk TCP agar dapat mengirim dan menerima informasi. Selain itu, IP juga berperan dalam pengalamatan sumber dan tujuan komunikasi TCP, serta berkaitan dengan fragmentasi segmen TCP yang diperlukan untuk pengiriman melalui beberapa jaringan dengan *gateway* yang saling terhubung[8].

2. *Internet Protocol*

   Internet *protocol* (IP) merupakan sebuah protokol komunikasi pada jaringan komputer (terdapat pada *network layer* dalam OSI *reference model*) yang memungkinkan *host* satu dengan yang lain melakukan proses tukar-menukar data di dalam jaringan Internet. Protokol ini bertugas mengatur transmisi blok data (*datagram*) dari sumber data menuju tujuannya, dimana sumber data dan tujuannya merupakan *host* yang telah teridentifikasi dengan pengalamatan yang tetap.

   Internet *protocol* memiliki 2 fungsi dasar yaitu pengalamatan dan fragmentasi. Pengalamatan digunakan untuk mengidentifikasi sebuah *device* di dalam jaringan Internet. Sedangkan fragmentasi merupakan teknik pengiriman data dengan memecah data tersebut ke dalam paket-paket kecil sebelum ditransmisikan [9].

3. *User Datagram Protocol*

   User Datagram Protocol (UDP) merupakan protokol komunikasi yang bersifat *connectionless* serta tidak andal (*unreliable*). Protokol ini memberikan tata cara komunikasi untuk mengirim pesan kepada *host* lain dengan mekanisme protokol yang minim. Selain itu, protokol ini juga tidak dapat menjamin pengiriman dan perlindungan informasi karena protokol ini tidak menyediakan mekanisme *flow-control*.

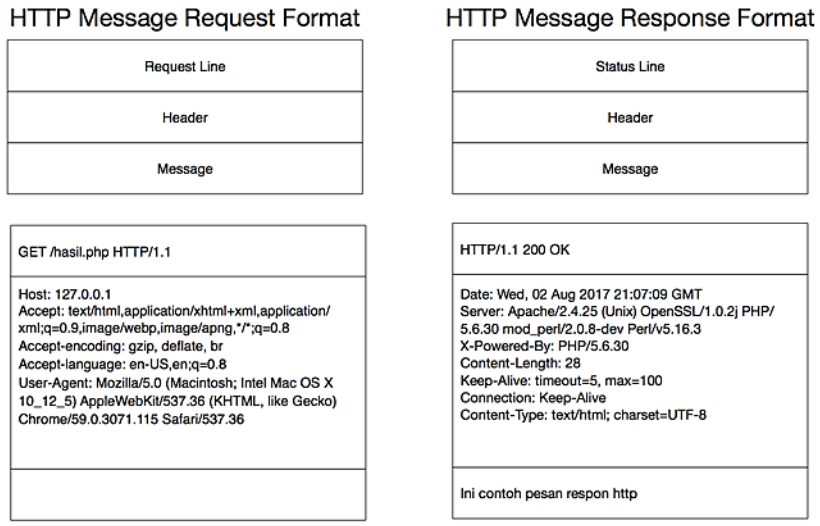
   Pesan pada UDP akan dikirimkan sebagai *datagram* tanpa adanya nomor urut atau pesan *acknowledgment*. Protokol lapisan aplikasi yang berjalan di atas UDP harus melakukan pemulihan terhadap pesan-pesan yang hilang selama transmisi. Umumnya, protokol yang berjalan di atas UDP mengimplementasikan layanan keandalan mereka masing-masing, atau mengirim pesan secara periodik atau dengan menggunakan waktu yang telah terdefinisi[10].

4. *Hypertext Transfer Protocol*

   Hypertext Transfer Protocol (HTTP) adalah sebuah protokol jaringan pada lapisan aplikasi yang digunakan untuk sistem informasi terdistribusi, kolaboratif, dan menggunakan hipermedia. Protokol ini mengizinkan sebuah pengiriman pesan dengan format MIME (*Multipurpose Internet Mail Extension*), berisikan elemen-elemen informasi mengenai data yang dikirimkan dan data yang diubah pada *request*/response. Penggunaannya banyak pada pengambilan sumber daya yang saling terhubung dengan tautan, yang disebut dengan dokumen hiperteks, yang kemudian membentuk *World Wide Web*.

   Protokol HTTP adalah protokol yang menganut *request/response*. *User* mengirimkan sebuah *request* (permintaan) ke dalam *server* dalam bentuk *request method* (metode permintaan), URI (*Uniform Resurce Identifier*), dan versi protokol. Dalam HTTP, selain berguna sebagai jembatan komunikasi antara beberapa perangkat, HTTP dapat digunakan untuk melakukan penerimaan data dan pembaruan data melalui URI dengan menggunakan *request methods*, yaitu *GET method* dan *POST method*. Kedua metode tersebut merupakan layanan untuk berkomunikasi yang telah diberikan oleh

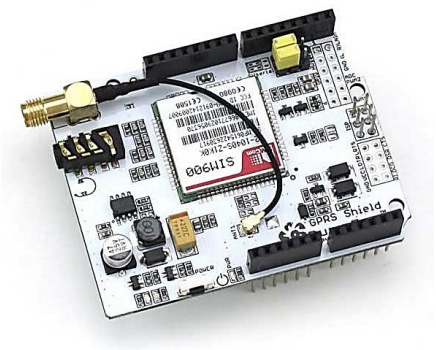
HTTP[11]. Berikut ini merupakan format HTTP *Response* dan HTTP *Request*.



Gambar 2.11 Format HTTP *Response* dan HTTP *Request*.

2.4.2 SIMCOM SIM900A

SIMCOM SIM900A merupakan sebuah modul *dual-band* GSM-GPRS berbentuk SMT terbuat dari sebuah prosesor canggih ARM926EJ-S, sehingga ukurannya kecil dan merupakan solusi yang efektif sebagai modul komunikasi. SIM900A sudah menerapkan antarmuka standar industri dalam menyediakan fitur komunikasi GSM-GPRS yang mendukung frekuensi 900/1900 MHz. Pada sistem akan akan dirancang, digunakan SIM900A sebagai modul komunikasi GPRS[12]. Pada Gambar 2.10 merupakan modul GSM-GPRS SIM900A.



Gambar 2.12 Modul GSM-GPRS SIM900A

2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer yang mempunyai CPU (mikroprosesor), dengan dilengkapi sejumlah ROM, RAM, *timer*/*counter*, port *input*/*output*, serta ADC dalam sebuah chip tunggal yang sifatnya tetap. Mikrokontroler sangat cocok untuk aplikasi-aplikasi kontrol. Dengan merujuk pada *general purpose microprocessor*, maka mikrokontroler juga adalah sebuah *general purpose device*, tetapi hanya difungsikan untuk membaca data, melakukan kalkulasi terbatas pada data dan mengendalikan lingkungannya berdasarkan kalkulasi tersebut. Fungsi utama mikrokontroler adalah untuk mengontrol operasi sebuah mesin menggunakan program yang tetap dan tersimpan dalam ROM serta tidak berubah sepanjang umur sistem tersebut[13].

2.5.1 Arduino

Arduino adalah sebuah perangkat *prototype* elektronik berbasis mikrokontroler yang mudah digunakan dan bersifat *oper-souce* baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya[14]. Terdapat beberapa kelebihan dari sebuah *board* Arduino yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Tidak memerlukan perangkat *chip programmer* karena di dalamnya telah memiliki bootloader yang menangani program yang di-*upload* dari komputer.
2. Menggunakan Bahasa pemrograman yang cukup mudah yaitu bahasa C, dan memiliki *library* yang cukup lengkap.
3. Menggunakan jalur USB untuk komunikasi serial maupun untuk *upload* program.

Arduino yang digunakan pada sistem ini merupakan Arduino Mega2560 Rev3 berbasis mikrokontroler AVR ATmega2560 dengan tegangan kerja 5 V_{DC}. *Board* ini memiliki 54 digital pin *input*/*output* dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 *input* analog, 16 MHz asilator Kristal, koneksi USB, konektor listrik DC, dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Arduino Mega2560 menggunakan kabel USB untuk menghubungkan ke komputer sebagai media yang akan melewatkan data menuju mikrikontroler. Selain itu, sumber tegangan Arduino Mega2560 didapat dari adaptor AC-DC atau dapat juga menggunakan baterai serta USB yang

tersambung melalui komputer[15]. Berikut ini merupakan bentuk fisik dari Arduino Mega2560.



Gambar 2.13 Arduino Mega2560

2.5.2 Bahasa Pemrograman Mikrokontroler

Pada saat ini ada beberapa bahasa pemrograman yang banyak diterapkan, tergantung dari jenis mikrokontroler yang digunakan. Bahasa pemrograman tersebut seperti Bahasa C, *Phyton*, BASCOM, Lua, *Basic Stamp*, dan *Assembler*. Bahasa pemrograman biasanya dipilih berdasarkan kebutuhan dan keahlian perancang sistem. Untuk bahasa pemrograman pada Arduino, digunakan bahasa pemrograman standar pada Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yaitu dengan struktur bahasa C.

2.6 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Agar dapat mengetahui posisi seseorang di permukaan bumi, maka diperlukan alat yang diberi nama GPS *reciever* yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit GPS. Satelit-satelit ini mengorbit pada ketinggian sekitar 12.000 mil dari permukaan bumi. Posisi ini sangat ideal karena satelit dapat menjangkau area yang lebih luas. Satelit-satelit ini akan selalu berada posisi yang bisa menjangkau semua area di atas permukaan bumi sehingga dapat meminimalkan terjadinya *blank spot* (area yang tidak terjangkau oleh satelit)[16].

2.6.1 Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya telah diketahui) sekaligus. Untuk menentukan koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setikdaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap sinyalnya dengan baik. Secara *default* posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi ke global datum yaitu *World Geodetic System* 1984 atau disingkat WGS'84[17].

Secara garis besar penentuan posisi dengan GPS dibagi menjadi 2 metode yaitu:

1. Metode absolut atau dikenal juga sebagai *point positioning*, yang menentukan posisi hanya berdasarkan pada 1 penerima (*receiver*) saja. Ketelitian posisi dalam beberapa meter (tidak berketelitian tinggi) dan umumnya hanya diperuntukkan bagi keperluan navigasi[17].
2. Metode relatif atau sering disebut sebagai *differential positioning*, yang menentukan posisi dengan menggunakan lebih dari 1 penerima. Satu GPS dipasang pada lokasi tertentu dimuka bumi dan secara terus menerus menerima sinyal dari satelit dalam jangka waktu tertentu dijadikan sebagai referensi bagi yang lainnya. Metode ini menghasilkan posisi berketelitian tingggi (umumnya kurang dari 1 meter) dan diaplikasikan untuk keperluan survei ataupun pemetaan yang memerlukan tingkat ketelitian tinggi[17].

2.6.2 GPS Receiver

GPS *reciever* merupakan gabungan dari beberapa *integrated circuit* (IC) sehingga murah dan teknologinya mudah untuk digunakan. GPS dapat digunakan untuk berbagai kepentingan navigasi. Secara teoritis, GPS bekerja dengan cara mengumpulkan data dari satelit, masing-masing satelit akan memberikan informasi jarak antara lokasi satelit tersebut dengan sebuah titik di bumi (GPS *receiver).* Dari proses pengambilan lokasi-lokasi tersebut akan diperoleh koordinat-koordinat yang disebut *waypoint* (garis lintang dan bujur pada peta). Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Pada prakteknya, setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 *channel* satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah

menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi[16].

GPS *reciever* yang digunakan pada sistem ini adalah Holux GR-89. Perangkat ini memiliki tingkat akurasi posisi kurang dari 7 meter. Selain itu, perangkat ini juga telah mendukung protokol data NMEA-0183 v2.2, SiRF *Binary Code,* navigasi secara *real time*, kosumsi daya yang rendah, serta mampu menerima 20 sinyal satelit sekaligus[17].

.



Gambar 2.14 Holux Gr-89 GPS *Receiver*

2.7 Sensor

Sensor adalah perangkat yang berfungsi mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik, sehingga keluarannya dapat diolah dengan rangkaian listrik lainnya ataupun menggunakan sistem digital[19]. Berdasarkan variabel yang diindranya, sensor terbagi atas sensor fisika dan sensor kimia.

Sensor fisika merupakan sensor yang mengindra suatu besaran berdasarkan hukum-hukum fisika, seperti sensor cahaya, suhu, dan suara. Sedangkan sensor kimia merupakan sensor yang mendeteksi jumlah zat kimia dengan mengubah besaran kimia menjadi besaran listrik, misalnya sensor pH. Sensor yang digunakan untuk membangun sistem ini terdiri dari sensor ZMPT101B, Sensor ACS712, dan Sensor DHT22.

2.7.1 Sensor Tegangan Listrik ZMPT101B

Sensor ZMPT101B adalah sebuah modul sensor tegangan listrik yang terbuat dari rangkaian transformator tegangan listrik ZMPT101B. Modul ini didesain dengan tingkat akurasi dan konsistensi pengukuran yang baik, serta dapat mengukur tegangan sampai dengan $250V_{AC}$. Selain itu, modul sensor ini juga mudah

digunakan karena dapat dirangkaiakan dengan berbagai jenis mikrokontroler serta memiliki potensiometer untuk mengatur keluarannya[20]. Pada Gambar 2.13 merupakan bentuk fisik dari modul sensor ZMPT101B.



Gambar 2.15 Modul Sensor ZMPT101B

Karena data keluaran dari sensor tegangan ini tidak benar-benar linear, sensor ini perlu dikalibrasi menggunakan persamaan regresi linear sederhana. Berikut persamaan regresi linear untuk mendapatkan nilai tegangan yang linear.

$$y = a + bx \tag{2.1}$$

Dengan menyatakan tegangan yang terukur pada voltmeter sebagai *x*, dan data ADC (*Analog to Digital Converter*) yang terbaca pada unit mikrokontroler sebagai *y*, maka dihasilkan persamaan untuk mencari nilai *a* dan *b* sebagai berikut.

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{2.2}$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \tag{2.3}$$

Setelah mendapatkan nilai *a* dan *b*, selanjutkan akan dicari nilai tegangan (*x*) yang linear, maka persamaan (1) diubah menjadi:

$$x = (y - a)/b \tag{2.4}$$

Setelah mendapatkan hasil pengukuran tegangan, kita dapat mencari nilai galat (*error*) pengukuran menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_{Absolute} = \left|X_{terukur} - X_{sebenarnya}\right| \quad (2.5)$$

$$E_{Relative} = \frac{E_{Absolute}}{X_{sebenarnya}} \quad (2.6)$$

$$Percent\ of\ Error = E_{Relative} \times 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan:

$E_{Absolute}$: *Error Absolute*

$E_{Relative}$: *Error Relative*

$X_{terukur}$: Nilai yang terukur pada perangkat

$X_{sebenarnya}$: Nilai yang terukur pada voltmeter

2.7.2 Sensor Arus Listrik ACS712

Sensor ACS712 merupakan modul sensor pengukur arus listrik DC atau AC yang bekerja dengan memanfaatkan efek *hall*. Efek *hall* adalah fenomena fisika dimana aliran listrik atau elektron dalam pelat konduktor berbelok karena terpengaruh oleh paparan medan magnet yang kemudian dikonversi menjadi tegangan linier dengan perubahan arus[19].

Sensor ACS712 memiliki tegangan kerja $5V_{DC}$ dan memiliki keluaran dari 0 sampai dengan 5 V yang terbagi menjadi 2 bagian. Untuk membaca arus listrik AC yang negatif, keluaran sensor ini dimulai dari 2,5 V sampai 0 V. Sedangkang untuk membaca arus listrik AC yang positif, keluaran sensor ini dimulai dari 2,5V sampai dengan 5V. Selain itu, sensor ACS712 memiliki tingkat kepresisian yang sangat tinggi, mudah digunakan, harganya yang terjangkau, serta mampu mengukur arus listrik sampai dengan 30 Ampere[20]. Pada Gambar 2.14 merupakan bentuk fisik dari sensor ACS712.



Gambar 2.16 Modul Sensor ACS712

Untuk mendapatkan nilai pengukuran arus listrik menggunakan sensor ACS712 maka perlu dilakukan kalibrasi menggunakan persamaan untuk mencari nilai arus listrik efektif (I_{RMS}) Berikut ini adalah persamaan untuk mencari nilai arus listrik efektif.

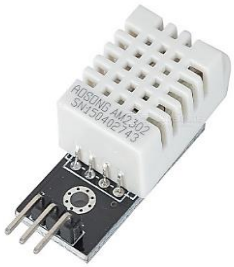
$$I_{RMS} = \frac{I_P}{\sqrt{2}} \tag{2.8}$$

$$I_{RMS} = 0.707106 \times |I_P| \tag{2.9}$$

Nilai 0.707106 didapatkan dari perhitungan integral arus listrik AC yang memiliki sifat gelombang sinusoidal. Dengan mengetahui arus puncak (I_P) maka kita dapat mengetahui nilai arus efektifnya (I_{RMS}) menggunakan persamaan.

2.7.3 Sensor Suhu DHT22

Sensor DHT22 atau disebut juga AM2302 adalah sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembaban disekitarnya. Sensor ini memiliki kelebihan seperti keandalan, konsistensi pengukuran yang baik, dan tingkat kepresisian yang tinggi. Hal ini disebabkan karena DHT22 memiliki internal sensor kelembaban kapasitif dan sebuah elemen NTC (*Negative Temperature Coeffisien*) yang terhubung dengan mikrokontroler 8 bit performa tinggi sehingga hasil dan kualitas pengukurannya sangat baik, respon waktu yang cepat, sarta memiliki daya tahan terhadap interferensi[21]. Berikut ini merupakan bentuk fisik dari sensor DHT22.



Gambar 2.17 Sensor DHT22 (AM2302)