

BAB II

PROSEDUR KERJA

2.1. DESKRIPSI PENUGASAN KERJA

2.1.1. *Hardware Engineer*

Pekerjaan:

Pada bagian *hardware engineer* saya mendapatkan *jobdesk* antara lain:

- a. Perancangan *Shield Workshop* Antares
- b. Perancangan *Lora Development Board* LYNX32
- c. Perancangan *GPS Tracker* Vestigium ESP32
- d. *Code Tracing Smart Water Metering*
- e. Perancangan *Smart Water Metering Embedded*
- f. Perancangan *Power Monitoring* Disdukcapil
- g. *Testing Smart PJU*
- h. Perancangan *Flasher USB TYPE-C to TTL CH340C*

Pengalaman/keterampilan yang diperoleh:

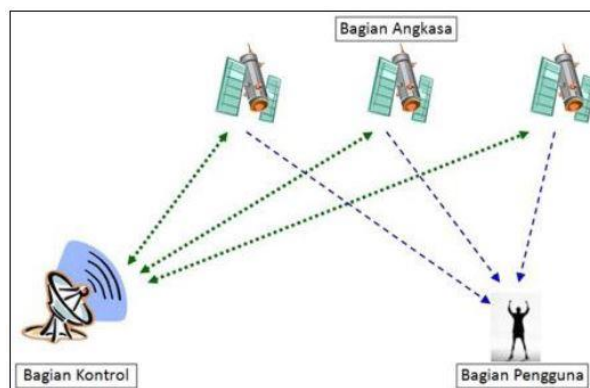
Pengalaman/keterampilan yang penulis peroleh yaitu penulis menjadi paham tugas-tugas seorang *Internet of Things Engineer* pada bagian *Hardware*. Selain itu penulis juga paham bagaimana caranya menyolder komponen-komponen elektronik dengan baik dan benar khususnya komponen-komponen SMD. Penulis juga paham bagaimana caranya untuk merancang *hardware* dengan menggunakan oven. Penulis juga menjadi paham bagaimana caranya merancang *hardware*, *testing hardware* dan juga *troubleshooting hardware* sampai *hardware* benar-benar dapat digunakan. Selain itu penulis juga dapat mengikuti berbagai kegiatan di kantor seperti olahraga dan acara-acara tahunan atau acara bulanan di kantor. Penulis juga mendapatkan banyak ilmu baru yang sebelumnya penulis tidak dapatkan diperkuliahan. Mendapat banyak relasi dari berbagai kampus dari seluruh Indonesia dan bisa berkolaborasi dengan mereka untuk mengerjakan proyek-proyek di kantor Telkom Direktorat Digital Business Bandung.

2.2. TEORI DASAR PENDUKUNG

2.2.1. *Global Positioning System (GPS)*

Global Positioning System (GPS) adalah sistem yang menggunakan sinyal sinkronisasi satelit untuk menentukan lokasi seseorang di permukaan bumi. GPS adalah komponen dari Sistem Satelit Navigasi Global (GNSS), yang menggunakan sinyal dari setidaknya tiga satelit untuk menghitung posisi lintang dan bujur suatu objek. GPS memerlukan setidaknya tiga satelit untuk penentuan posisi dua dimensi (lintang dan bujur) dan empat satelit untuk penentuan posisi tiga dimensi (lintang, bujur, dan ketinggian). GPS merupakan teknologi kunci dan solusi untuk menentukan posisi suatu objek dalam menentukan posisinya. Dalam sistem pelacakan, GPS digunakan untuk memberi pengguna koordinat lokasi mana pun di bumi [3].

Sistem GPS terdiri dari 24 satelit di 6 orbit melingkar mengelilingi bumi. Selalu ada enam satelit dalam jangkauan penerima GPS. Tiga komponen GPS adalah segmen luar angkasa (*space segment*), segmen bumi (*ground segment*), dan segmen pengguna (*users*). Di segmen luar angkasa, terdapat 24 satelit aktif, 6 bidang orbit dengan kemiringan 55° (sudut antara bidang referensi dan bidang yang kemiringannya diukur), periode orbit 12 jam, ketinggian 20.000 kilometer, dan kecepatan perkiraan 4 kilometer per detik [9].



Gambar 2. 1 Skema GPS [9]

Penerima GPS melakukan triangulasi posisi dengan mengukur lama waktu sinyal dikirim dari satelit dan mengalikannya dengan kecepatan cahaya (3×10^8 meter/detik) untuk menentukan jarak yang tepat antara penerima GPS dan setiap satelit. Menggunakan setidaknya tiga sinyal dari satelit yang berbeda, penerima GPS dapat menentukan *latitude* dan *longitude* dari suatu titik tetap. Ideal untuk

navigasi, penggunaan sinyal satelit keempat memungkinkan penerima GPS menghitung ketinggian suatu titik dalam kaitannya dengan permukaan laut rata-rata [10].

Jarak antara dua titik koordinat *latitude* dan *longitude* dapat dihitung melalui persamaan berikut:

1. Radian sudut koordinat = $\frac{\text{nilai latitude}}{\text{nilai longitude}} \times \frac{\pi}{180}$
 2. Nilai cos dari jarak d = $\sin(\text{radian latitude1}) \times \sin(\text{radian latitude2}) + \cos(\text{radian latitude1}) \times \cos(\text{radian latitude2}) \times \cos(\text{radian longitude1} - \text{radian longitude2})$
 3. Radian sudut d = $a \cos(\cos(d))$
 4. Jarak antara dua titik koordinat (r) = jari-jari bumi (6378.137)*sudut (d)
- [10]

Jarak *error* atau selisih antara koordinat dari yang diberikan oleh modul GPS dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Z = \sqrt{(B - A)^2 + (D - C)^2}$$

Jarak *error* = Z x 111.322 kilometer

Keterangan:

Z = nilai derajat

A = nilai *latitude* yang sebenarnya

B = nilai *latitude* dari modul

C = nilai *longitude* yang sebenarnya

D = nilai *longitude* dari modul

1 derajat di *maps* = 111.322 kilometer [11]

2.2.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* IC (*Integrated Circuit*) yang dapat memproses sinyal *input* dan sinyal *output* berdasarkan program yang dimuat ke dalamnya. Sensor memberikan informasi dari lingkungan ke mikrokontroler, dan sinyal keluaran ditujukan ke aktuator, yang dapat mempengaruhi lingkungan. Secara sederhana, mikrokontroler dapat dibandingkan dengan otak suatu perangkat atau produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungannya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer *chip* tunggal yang terdiri dari mikroprosesor, memori, jalur *input/output* (I/O), dan perangkat lainnya. Kecepatan pemrosesan data

mikrokontroler lebih lambat daripada komputer pribadi. Kecepatan mikroprosesor di PC modern telah mencapai *Gigahertz*, sedangkan kecepatan mikrokontroler biasanya berkisar antara 1 hingga 16 *Megahertz*. Secara komparatif, kapasitas RAM dan ROM pada PC dapat mencapai orde *Gigabyte*, sedangkan mikrokontroler hanya mencapai orde *byte* atau *Kilobyte* [12].

Terlepas dari kenyataan bahwa kecepatan pemrosesan data dan kapasitas memori mikrokontroler secara signifikan lebih rendah daripada PC, ukurannya yang kecil membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi. Mikrokontroler sering digunakan dalam sistem sederhana yang tidak memerlukan banyak daya komputasi. Sistem berbasis mikrokontroler juga dikenal sebagai sistem tertanam atau sistem khusus. Sistem tertanam adalah sistem kontrol yang terintegrasi ke dalam produk, sedangkan sistem khusus adalah sistem kontrol yang dirancang untuk tujuan tertentu. Printer, misalnya, adalah sistem tertanam dan unik karena mengandung mikrokontroler sebagai pengontrol yang fungsi tunggalnya adalah menerima dan mencetak data. Mikroprosesor PC sering disebut sebagai mikroprosesor serba guna karena dapat digunakan untuk berbagai tugas. PC dapat menjalankan beberapa jenis perangkat lunak aplikasi yang disimpan pada media yang dapat dipindahkan, sedangkan mikrokontroler hanya memiliki satu perangkat lunak aplikasi [12].

Mikrokontroler digunakan dalam aplikasi berikut antara lain:

- 1) Otomotif: Unit Kontrol Mesin, Air Bag, kontrol bahan bakar, Sistem Pengereman Antilock, sistem *alarm* keselamatan, transmisi otomatis, hiburan, AC, speedometer dan odometer, navigasi, dan suspensi aktif.
- 2) Peralatan rumah dan kantor: sistem *alarm*, *remote control*, mesin cuci, *microwave*, AC, timbangan digital, mesin fotokopi, *printer*, dan *mouse*.
- 3) Pengontrol peralatan industri
- 4) Robotika

Mikrokontroler 8-bit tetap menjadi jenis mikrokontroler yang paling populer dan banyak digunakan. Tujuan dari mikrokontroler 8-bit adalah hanya dapat memproses 8 bit dalam satu waktu, jika data yang diproses melebihi 8 bit, maka akan dipecah menjadi beberapa bagian yang masing-masing berisi 8 bit. Setiap mikrokontroler memiliki metode dan bahasa pemrograman sendiri, sehingga

program yang ditulis untuk satu mikrokontroler tidak dapat dijalankan pada mikrokontroler lainnya [12].

Saat memilih jenis mikrokontroler yang sesuai untuk suatu aplikasi, ada tiga kriteria yang perlu dipertimbangkan:

- 1) Mampu memenuhi kebutuhan secara efektif dan efisien. Kecepatan, pengemasan, konsumsi daya, jumlah RAM dan ROM, jumlah I/O dan timer, dan harga per unit adalah semua faktor yang perlu dipertimbangkan.
- 2) Bahasa pemrograman yang tersedia
- 3) Kemudahan untuk mendapatkannya



Gambar 2. 2 *Chip* Mikrokontroler [12]

2.2.3. LoRa

Dikembangkan oleh Semtech Corporation, LoRa™ adalah merek dagang terdaftar dan modulator yang dipatenkan. CSS (*Chirp-Spread-Spectrum*) memodulasi penyebaran LoRa. LoRa memungkinkan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi energi minimal, mentransmisikan data dengan kecepatan rendah, dan memastikan keamanan data. LoRa dapat digabungkan dengan jaringan publik, pribadi, dan *hybrid* untuk memberikan jangkauan yang lebih luas daripada jaringan seluler [4].



Gambar 2. 3 Logo LoRa™ [4]

Daya pancar maksimum untuk modul LoRa di Eropa dan Amerika Serikat masing-masing adalah 14 dan 21,7 dBm (AS: 433MHz dan 915MHz, UE: 433MHz dan 868MHz). *End-device*, *gateway*, dan *NetServers* membentuk topologi *star-of-stars*, dengan *NetServer* sebagai *root*, *Gateway* pada tingkat awal atau sebagai kontrol dan penerima informasi dari *node*, dan perangkat akhir sebagai sumber informasi atau perangkat yang menerima informasi dari luar sistem [3].

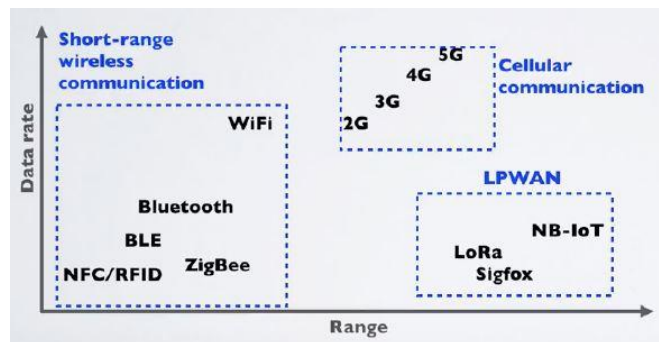
LoRa adalah modulasi nirkabel atau lapisan fisik yang digunakan untuk membuat tautan komunikasi jarak jauh. Banyak sistem nirkabel yang lebih tua menggunakan modulasi *frequency shooting keying* (FSK) sebagai lapisan fisik karena merupakan modulator yang sangat efisien untuk mencapai daya rendah. LoRa didasarkan pada modulasi *chirp-spread-spectrum*, yang mempertahankan karakteristik daya rendah yang sama seperti modulasi FSK sambil secara substansial memperluas jangkauan komunikasi. LoraWan menentukan protokol komunikasi dan arsitektur jaringan dari sistem jaringan lapisan fisik LoRa, yang memungkinkan jalur komunikasi jarak jauh. Protokol dan arsitektur jaringan memiliki pengaruh paling signifikan terhadap masa pakai baterai *end device*, kapasitas jaringan, kualitas layanan, keamanan, dan jumlah aplikasi yang dilayani oleh jaringan. Selama pengembangan sistem, parameter yang disebutkan sebelumnya dapat dipertimbangkan. Dalam aplikasi LoRa, pengguna dapat mengonfigurasi sejumlah parameter, seperti kecepatan *transfer* data, jangkauan, ukuran data, dan konsumsi daya, berdasarkan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Variabel yang perlu dipertimbangkan termasuk *bandwidth* (BW), *spreading factor* (SF), *coding rates* (CR), dan *transmission powers* (TP) [3].

2.2.4. LPWAN (*Low Power Wide Area Network*)

Non-Cellular Low Power Wide Area Network (LPWAN) menjadi teknologi komunikasi radio yang semakin populer karena karakteristiknya sebagai teknologi komunikasi jarak jauh yang lebih murah dengan daya rendah, terutama untuk pengiriman data dalam jumlah kecil. Teknologi LPWAN dirancang untuk menawarkan cakupan yang luas. Hal ini dicapai dengan menggunakan teknik modulasi dan pita frekuensi kurang dari satu *gigahertz* (GHz). Pita Sub-GHz memiliki redaman propagasi yang lebih rendah dan beroperasi dalam rentang

frekuensi yang tidak tercakup oleh sistem komunikasi radio pita lebar tradisional seperti *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Wi-Max*, dan bentuk akses nirkabel pita lebar lainnya.

Ini memiliki manfaat meminimalkan gangguan. Teknologi modulasi LPWAN dirancang untuk mencapai anggaran tautan 150 dB, memungkinkannya menjangkau puluhan kilometer di daerah pedesaan. Mekanisme transmisi data LPWAN juga memungkinkan perangkat pengguna untuk beroperasi dengan konsumsi daya yang rendah dan mengurangi biaya operasional. Ada dua jenis teknologi LPWAN: teknologi berbasis 3GPP dan teknologi *proprietary* atau non-3GPP. Teknologi 3GPP terdiri dari LTEM, EC-GSM, dan NB-IoT. Teknologi SigFox, Ingenu RPMA, Wightless, dan LoRa WAN adalah teknologi non-3GPP [13].



Gambar 2. 4 Klasifikasi LPWAN [14]

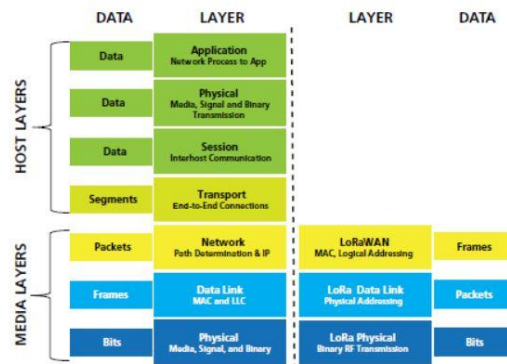
Ada dua jenis area yang paling sesuai untuk perancangan dalam implementasi teknologi LPWAN:

1. *Fixed, Medium to High Density Connections*. Kontrol *smart lighting*, *smart grid*, dan pelacakan GPS yang berfokus pada kota adalah contoh aplikasi di area perkotaan atau di dalam gedung.
2. *Long Life, Battery-powered Applications*. Karena daya tahan baterainya yang lama, teknologi LPWAN lebih cocok untuk penggunaan jarak jauh daripada teknologi *legacy*. *Wide-area water metering*, *gas detectors*, *smart agriculture* dan *battery-powered door locks & access control points* adalah beberapa contohnya [14].

2.2.5. LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*)

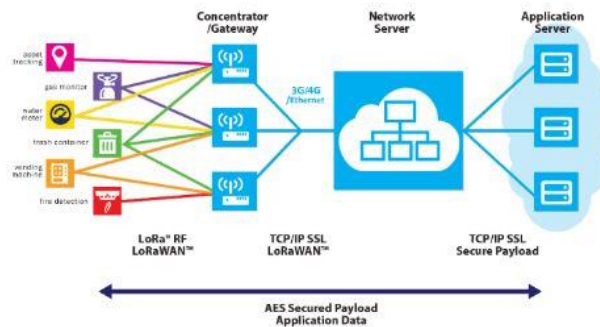
LoRa Alliance menciptakan spesifikasi jaringan *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang disebut dengan LoRaWAN. Sesuai dengan 7 OSI layer, LoRa berada di lapisan fisik (*physical layer*), sedangkan LoRaWAN, yang

mendefinisikan protokol komunikasi jaringan dan arsitektur sistem, ada di lapisan di atasnya [15].



Gambar 2. 5 Model Jaringan 7 OSI Layer [16]

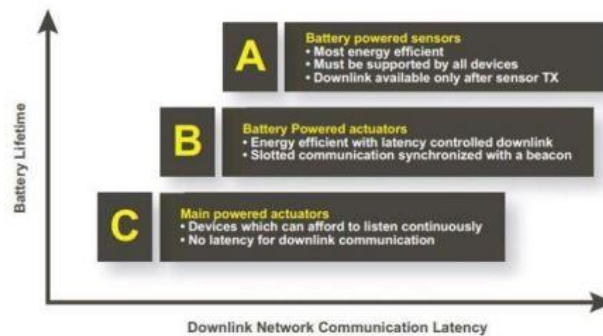
LoRaWAN dibangun di atas topologi *star to star*, yang memungkinkan perangkat beroperasi dengan baterai untuk jangka waktu yang lebih lama daripada topologi jaringan *mesh*.



Gambar 2. 6 Arsitektur LoRaWAN [16]

Dalam arsitektur LoRaWAN, perangkat tidak ditetapkan ke *gateway* tertentu. Dalam jangkauan jaringan LoRa, beberapa *gateway* akan menerima data dari perangkat. Setiap *gateway* akan meneruskan paket yang diterima dari perangkat ke *server* jaringan *cloud* melalui teknologi *backhaul* seperti *ethernet*, *WiFi*, satelit, atau seluler. *Server* jaringan mengelola jaringan dengan memfilter paket yang diterima, melakukan pemeriksaan keamanan, menjadwalkan ACK, dan menyesuaikan kecepatan data adaptif (ADR). Ketika perangkat seluler tidak diperlukan untuk serah terima *gateway*, ini adalah fitur penting untuk aplikasi LoRaWAN seperti pelacakan aset, yang merupakan salah satu target utama IoT. LoRaWAN adalah protokol jaringan yang dikembangkan khusus untuk perangkat LoRa. Dengan kemampuan enkripsi data LoRaWAN, jaringan nirkabel yang aman dapat dibuat. LoRaWAN adalah standar *open source* yang didukung oleh LoRa

Alliance. Selain enkripsi data, LoRaWAN memiliki fitur optimasi *adaptive data rate optimisation* (ADR), *Quality of service* (QoS), dan kemampuan lainnya [16].



Gambar 2. 7 LoRaWAN *Device Classes* [16]

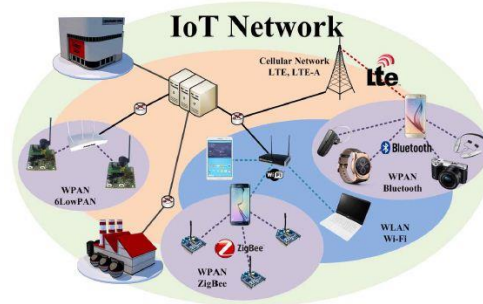
LoRaWAN memiliki *device classes* yang dibagi menjadi tiga yaitu ada *class A*, *class B* dan *class C*. berikut penjelasannya :

- a) *Class A* (*device* komunikasi dua arah). Tipe *device* ini memungkinkan komunikasi dua arah dimana tiap *device* mengirimkan data (*Uplink message*) akan di ikuti dua *Downlink receive window* yang pendek. Slot transmisi di jadwalkan oleh *device* sendiri bisa bersifat periodik atau *event*. *Device class A* memiliki konsumsi daya paling rendah dan cocok untuk di terapkan pada *device* sensor dengan sumber daya baterai.
- b) *Class B* (*device* komunikasi dua arah dengan penjadwalan *receive slot*). *Class B* membuka lebih banyak *receive window* di bandingkan dengan *class A*. Hal ini memungkinkan *device* dapat melakukan *time-synchronization beacon* dari *gateway* dan juga membuat *server* tau kapan *device* dalam posisi *listening*. *Class B* masih tergolong *battery powered device* dengan kemampuan kontrol (aktuator).
- c) *Class C* (*device* komunikasi dua arah dengan *receive slot* maksimal). *Device class C* hampir memiliki slot *receive window* yang terbuka terus menerus dan hanya tertutup saat mengirimkan data. Sehingga *device* tipe ini memakan daya yang lebih besar dan memang di desain untuk *device* aktuator tanpa latensi untuk komunikasi *downlink*-nya [16].

2.2.6. *Internet of Things*

Kevin Ashton memperkenalkan konsep *Internet of Things* untuk pertama kalinya pada tahun 1999. Objek dapat berkomunikasi satu sama lain melalui

jaringan seperti internet. *Internet of Things* (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan objek dengan pengidentifikasi dan alamat IP. Setiap perangkat dapat bertukar informasi tentang dirinya sendiri dan lingkungan yang dirasakannya. IoT juga dapat diartikan sebagai perkembangan teknologi internet yang terkoneksi secara terus menerus yang memperluas konektivitas dan manfaatnya [11].



Gambar 2. 8 Jaringan *Internet of Things* [17]

Internet of Things (IoT) mengacu pada konsep atau skenario di mana suatu objek dapat mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Orang dengan monitor jantung yang ditanamkan, hewan ternak dengan transponder biochip, dan mobil dengan sensor pemantau tekanan ban adalah contoh "*A Things*" di *Internet of Things*. Komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur, listrik, dan minyak dan gas sejauh ini paling erat kaitannya dengan IoT. Sistem cerdas atau "*smart*" sering digunakan untuk menggambarkan produk dengan kemampuan komunikasi M2M [17].

Komunikasi antara perangkat komputer dan objek adalah dasar utama dan awal untuk pengembangan konsep dan realisasi seluruh *Internet of Things*. Protokol untuk komunikasi memungkinkan perangkat, sensor, mesin, dan dunia luar untuk berkomunikasi satu sama lain. Pada lapisan jaringan, protokol komunikasi bertanggung jawab atas *transfer* data melalui teknologi jaringan seperti GSM, 3G, 4G, UMTS, *WiFi*, *ZigBee*, Inframerah, *Z-Wire*, LoRa, dan 6LoWPAN. Dalam hal *transfer* informasi, konsumsi daya, area jangkauan, dan keamanan data, standar IEEE 802.15.4 mengatur karakteristik dan kemampuan berbagai teknologi jaringan [3].

2.2.7. Platform Antares

Antares merupakan *brand* di bawah PT. Telekomunikasi Indonesia yang spesifik bergerak di IoT *platform*. Selain karena *platform* ini berasal dari Indonesia, Antares memberikan beberapa fitur yaitu:

- 1) Aman, seluruh komunikasi ditransmisikan di jalur yang telah dienkripsi. Segalanya diatur agar sangat handal, aman dan tangguh di atas *secure transport layer*.
- 2) Handal, Antares menjamin akan memenej infrastruktur selama 24 jam penuh.
- 3) Beragam perangkat, Antares mendukung berbagai macam perangkat seperti Arduino, ESP8266, Android, Raspberry Pi dan berbagai macam Bahasa pemrograman.
- 4) *Open API*, kita tidak hanya bisa mengontrol aplikasi melalui *dashboard*, namun juga menggunakan API yang disediakan oleh Antares.

Antares menyediakan 3 protokol yang dapat digunakan untuk pengembangan IoT diantaranya adalah HTTP, MQTT dan COAP. Dengan adanya protokol ini bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan pada saat melakukan pengembangan perangkat [18].



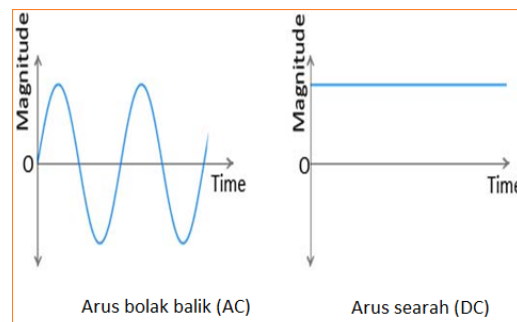
Gambar 2. 9 Platform Antares [18]

2.2.8. Power Supply

Power supply atau Catu daya adalah perangkat yang memasok listrik ke satu atau lebih beban. Catu daya merupakan komponen penting dari elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga listrik, seperti pada baterai. Pada dasarnya, catu daya ini menggunakan desain sirkuit yang sama, yang mencakup transformator, penyearah, dan penghalus tegangan. Istilah ini paling sering digunakan untuk merujuk pada perangkat yang mengubah satu jenis energi listrik ke energi lain,

tetapi juga dapat merujuk ke perangkat yang mengubah jenis energi lain (misalnya, mekanik, kimia, atau solar) menjadi energi listrik.

Secara umum rangkaian catu daya terdiri dari tiga komponen utama: transformator, dioda, dan kapasitor. Agar rangkaian catu daya dapat berfungsi dengan baik, maka harus mencakup komponen pendukung selain komponen utama. Ada dua sumber catu daya: sumber arus bolak-balik (AC) dan sumber arus searah (DC). Sumber tegangan bolak-balik adalah sumber tegangan bolak-balik, sedangkan sumber tegangan searah adalah sumber tegangan searah [19].



Gambar 2. 10 Perbedaan Arus AC Dan Arus DC [19]

Sumber DC yang disearahkan dari sumber AC dengan menggunakan rangkaian penyearah yang dibentuk dari dioda dan pada sumber AC tegangan berayun sewaktu-waktu pada kutub positif atau sewaktu-waktu pada kutub negatif saja. Ada tiga macam rangkaian searah yaitu penyearah setengah gelombang, gelombang penuh dan sistem jembatan.

Sumber DC disearahkan dari sumber AC menggunakan rangkaian penyearah dioda, dan tegangan berayun sewaktu-waktu pada kutub positif atau sewaktu-waktu pada kutub negatif pada sumber AC. Rangkaian searah diklasifikasikan menjadi tiga jenis: penyearah setengah gelombang, penyearah gelombang penuh, dan sistem jembatan.

Beberapa fungsi yang masuk dalam proses pengubahan catu daya AC ke DC adalah sebagai berikut:

- 1) Penurun Tegangan

Komponen utama yang bisa digunakan untuk menurunkan tegangan adalah transformator. Transformator terdiri dari dua buah lilitan yaitu lilitan primer (N_1) dan lilitan sekunder (N_2) yang dililitkan pada suatu inti yang saling terisolasi atau terpisah antara satu dengan yang lain.

Besar tegangan pada lilitan primer dan lilitan sekunder ditentukan oleh jumlah lilitan yang terdapat pada bagian primer dan sekundernya. Dengan demikian transformator digunakan untuk memindahkan daya listrik pada lilitan primer ke lilitan sekundernya tanpa adanya perubahan daya.

2) Penyearah

Penyearah digunakan untuk menyearahkan gelombang bolak-balik (AC) yang berasal dari jaringan jala-jala listrik. Pada modul ini digunakan penyearah gelombang penuh, dan untuk mendapatkannya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan dua buah atau empat dioda jembatan [19].

2.2.9. Pengertian *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada *band* frekuensi saluran yang digunakan. Nilai RSSI semakin dekat dengan 0, maka semakin baik sinyal tersebut. Nilai RSSI dinyatakan dalam dBm dan merupakan nilai negatif, nilai minimum RSSI adalah -120 dBm [20].

1. Rumus menentukan RSSI:

$$\text{RSSI (dBm)} = \text{TX Power (dBm)} + \text{TX Gain (dBi)} - \text{Free Space Path Loss} + \text{RX Gain (dBi)}$$

2. Rumus mencari *Free Space Path Loss*

$$\text{FSPL (dB)} = 20 \log_{10} (d) + 20 \log_{10} (f) + K$$

2.2.10. Pengertian *Signal Noise Ratio* (SNR)

Signal Noise Ratio (SNR) adalah daya sinyal yang diterima oleh *user* dengan kekuatan derau (*noise*). Semakin besar nilai SNR maka semakin besar daya yang diperoleh *user*. Nilai SNR dinyatakan dalam dB [20].

1. Rumus menentukan SNR

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

2.2.11. Pengertian *Packet Loss*

Packet Loss merupakan banyaknya paket yang gagal mencapai tempat tujuan saat pengiriman paket. Jika paket gagal dikirim maka paket tersebut tidak akan dikirim kembali, atau dengan kata lain paket tersebut hilang [20].

1. Rumus menentukan *packet loss*

$$Packet Loss = \frac{Paket\ yang\ dikirim - Paket\ yang\ diterima}{Paket\ yang\ dikirim} \times 100\%$$