

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Michael Paul Smart Simbolon pada tahun 2021, menerapkan sistem pencatat kehadiran portabel yang menggunakan *Smart Card*, sensor *RFID Reader*, dan sensor *Fingerprint* untuk dapat menghasilkan sistem kehadiran ini dengan baik digunakan catu daya sebagai sumber dari daya digunakan panel surya 10WP, SCC (*Solar Charge Controller*), dan baterai 12 VDC. Dari pengujian yang dilakukan pada sistem pencatat kehadiran portabel ini didapatkan proses transmisi penerimaan data yang cukup baik dengan jangkauan jarak maksimal hingga 450 meter yang dilakukan di dalam ruangan [9].

Penelitian Asma Yanziah pada tahun 2020, implementasi pengukuran parameter RSSI dan *packet loss* pada area urban dalam jangkauan jarak LoRa, selanjutnya dilakukan pengujian dalam keadaan *free space* dan *efek shadowing*. Untuk mendapatkan hasil jangkauan area urban yang maksimum didapatkan dari jarak jangkauan 2 km. Akan tetapi pada penelitian ini terdapat kekurangan dalam pengukuran jarak jangkauan LoRa yang seharusnya bisa sampai dengan jarak 1-5 km. Oleh karena itu penelitian ini dijadikan dasar penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menganalisis jarak jangkauan LoRa mencapai lebih dari 2 km, dan penelitian tersebut dapat dipantau dengan jarak yang lebih luas [11].

Penelitian Eko Didik Widiyanto pada tahun 2019, implementasi pemantauan sistem LoRa yang simple dengan objek multisensor, selanjutnya dilakukan pengukuran *QoS* antara *gateway* dan *client* agar sistem SLP (*Simple LoRa Protocol*) ini dapat memproses transaksi data secara mandiri. Akan tetapi pada penelitian ini terdapat ketidakpastian bahwasannya pada pengujian *throughput* semakin bertambahnya *client* maka nilai yang dihasilkan akan semakin turun hal tersebut dikarenakan SLP bersifat sinkronus, dan sedangkan LoRaWAN bersifat asinkronus yang menerapkan batasan maksimal pengiriman data *client*. Oleh karena itu ini dijadikan dasar agar tetap menggunakan sistem protokol *default* dari LoRa tersebut agar hasil perhitungan yang diharapkan dapat tercapai [3].

Penelitian Muhammad Ziki Elfirman pada tahun 2018, menganalisis pemantauan lahan gambut dengan WSN dilakukan pada jarak jauh, selanjutnya untuk membuat pemantauan tersebut digunakan sensor suhu DHT11 dan kelembaban tanah yang diterapkan di luar ruangan kemudian ditampilkan pada *server web* menggunakan *firebase*. Dari pengujian penelitian tersebut didapatkan hasil pemantauan suhu dan kelembaban tanah yang dihasilkan hampir akurat yang dibandingkan dengan alat ukur dari pabrik dan dilakukan transfer data pada jarak 50 meter untuk menyimpan data sensor yang dipantau secara realtime [16].

Penelitian Arvid Prasetya Cahya pada tahun 2016, merancang sistem komunikasi data dengan menggunakan *wireless sensor network* pada Jembatan bentang-panjang Surabaya Madura sehingga data pada sensor dapat diakses secara nirkabel, selanjutnya data tersebut disimpan dalam *datalogger* untuk melakukan pengawasan secara *real-time* melalui server web. Akan tetapi pada penelitian ini terdapat saran bahwasannya pada node koordinator dapat ditambahkan beberapa algoritma untuk penjadwalan dalam penerimaan paket data dari *node* koordinator untuk mengurangi *delay* antrian pada saat penerimaan paket data. Oleh karena itu penelitian ini dijadikan dasar penelitian untuk menggunakan metode *waiting protocol* yang dapat mengirim atau menunggu paket secara bergantian [2].

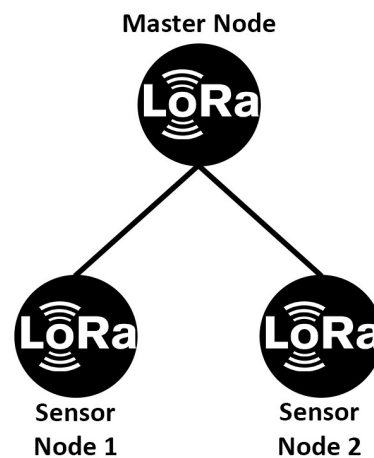
2.2 DASAR TEORI

2.2.1 *Wireless Sensor Network* (WSN)

Wireless Sensor Network merupakan suatu jaringan nirkabel berfungsi sebagai penghubung antar node. WSN umumnya terdiri dari node-node yang tersebar pada suatu lokasi tertentu. WSN dapat digunakan untuk pengumpulan data serta dapat mengetahui sistem lingkungan yang berada di lokasi WSN. Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) terdiri dari sejumlah node sensor khusus dengan penginderaan dan kemampuan komputerisasi, yang dapat merasakan dan memonitor parameter fisik dan mengirimkan data yang dikumpulkan ke lokasi pusat menggunakan teknologi komunikasi nirkabel [10].

WSN memiliki tujuan utama yaitu mengumpulkan informasi mengenai sebuah area yang sulit dijangkau. Tujuan tersebut dapat dipenuhi jika terdapat arsitektur WSN. Arsitektur WSN terdiri dari beberapa *node* sensor yang dapat

saling berkomunikasi satu sama lain. Komunikasi antar *node* dapat melakukan pertukaran data dimana setiap *node* sensor saling terhubung satu sama lain secara *Ad Hoc* dan mendukung komunikasi *Multi Hop*. *Ad Hoc* merupakan suatu fungsi dimana sebuah node sensor dapat melakukan komunikasi satu sama lain secara langsung tanpa ada perantara infrastruktur jaringan lain seperti router atau akses point, karena pada node sensor dapat berperan sebagai router atau perangkat perantara (*Intermediate*). Sedangkan *Multi Hop* merupakan fungsi dimana sebuah node dan master node saling berkomunikasi yang kemudian hasil komunikasi tersebut diteruskan ke area yang lebih umum yang dapat dipantau kapanpun dan dimanapun. Berikut bentuk ilustrasi dari tiga buah node sensor yang saling terhubung satu sama lain [1]. Pada gambar 2.1 arsitektur WSN yang saling terhubung ini menjelaskan bahwa salah satu topologi dari rangkaian wsn yang akan diteliti yaitu sensor node 1 terhubung dengan master node, sensor node 2 terhubung dengan master node tetapi sensor *node* 1 tidak saling terhubung dengan sensor *node* 2.



Gambar 2.1 Arsitektur WSN yang saling terhubung

Gambar 2.1 arsitektur WSN merupakan gambar dari topologi sederhana yang saling terhubung antara 2 *node* sensor dengan 1 *master node*. Dalam penelitian juga menggunakan topologi tersebut untuk dijadikan penelitian, dimana topologi ini merupakan salah satu topologi *point-to-point* yaitu topologi yang saling terhubung antara *sensor node* dan *master node*.

WSN dapat diketahui dengan pengujian menggunakan kondisi *Line of sight* (LoS) dan *Non line of sight* (NLoS) sebagai perbandingan keadaan lingkungan pada saat pengujian. LoS merupakan suatu cara untuk mengirimkan

sebuah sinyal atau komunikasi daya yang saling terhubung tanpa adanya penghalang apapun, sehingga sinyal dari pengirim dapat langsung tersampaikan oleh penerima. Secara umum, LoS merupakan sinyal yang ditransmisikan dari pengirim ke penerima akan lebih kuat karena tidak adanya penghalang sinyal. Sedangkan *Non-line of sight*, sinyal yang dikirimkan dengan adanya halangan. Sehingga kekuatan sinyal pada NLoS tidak sekuat sinyal pada LoS [23].

2.2.2 Internet Of Things (IoT)

IoT merupakan suatu kemampuan yang dimiliki objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer, jadi secara definisi IoT komunikasi yang bisa bergerak dengan sendirinya tanpa bantuan *user* (manusia). Hadirnya teknologi *Internet of Things* (IoT) potensial dimanfaatkan untuk solusi pemantauan tersebut. IoT teknologi yang dirancang untuk benda-benda yang berada di sekitar terhubung dengan jaringan internet [10].

IoT didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor *implant* jantung, hewan peternakan dengan *transponder biochip*, sebuah mobil yang telah dilengkapi *built-in* sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan dan gas [12].



Gambar 2.2 Arsitektur IoT [8].

Proses kerja dari IoT dengan memanfaatkan pemrograman setiap perintah akan menghasilkan suatu interaksi yang terjadi antara mesin dengan mesin dan terhubung otomatis tidak ada campur tangan seseorang. Pemrograman yang diperintah seperti mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Penggunaan sensor secara

real time mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data [21].

Teknologi IoT ini proses kerja sebuah sistem dapat dilakukan dengan jarak jangkauan yang semakin luas, proses pengolahan data dan analisis data terhadap sebuah sistem juga semakin bagus. Teknologi IoT ini benar-benar mendukung kerja sistem sebagai suatu kesatuan meliputi komponen dalam hal memudahkan proses aliran informasi data. memiliki tiga bagian penting, yaitu mekanik, *hardware* (elektronik) dan algoritma kontrol [20].

2.2.3 *Waiting Protocol*

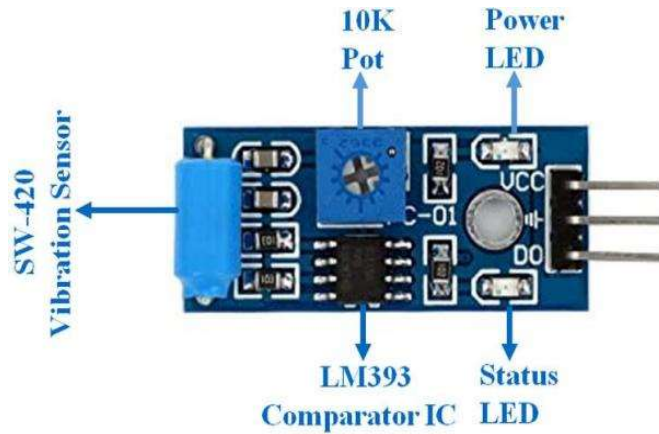
Waiting protocol atau antrian merupakan pemberian waktu dengan mempertahankan proses penerimaan di *node* penerima pemancar tidak akan mengirimkan paket berikutnya sampai menerima umpan balik dari penerima atau *timer* habis. Protokol menunggu berbeda dari protokol komunikasi satu arah. Dalam komunikasi satu arah yang sederhana, pemancar tidak pernah menunggu umpan balik dari penerima dan terus mengirim paket setelah selesai mengirim paket sebelumnya.

Kondisi waktu tunggu yang diterapkan pada beberapa kondisi dengan menguji beberapa parameter yang digunakan antara lain nilai rata-rata *Packet Loss* dan *Packet Reception Ratio* (PRR) untuk menganalisis kinerja perangkat akhir LoRa. Setiap percobaan dilakukan dengan beberapa kondisi yang dilakukan selama beberapa menit dengan beberapa *payload* data yang dianalisa untuk setiap lokasi percobaan sehingga dapat diperoleh perbandingan untuk kinerja komunikasi protokol menunggu.

2.2.4 Sensor Getar SW-420

SW-420 sensor adalah pendeteksi getaran yang bereaksi terhadap getaran dari berbagai sudut. Pada kondisi statis atau tanpa getaran, komponen elektronika berfungsi seperti saklar yang berada pada kondisi menutup (*normally closed*) dan bersifat kondiktif, sebaliknya pada terguncang (terpapar getaran) saklar akan membuka atau menutup dengan kecepatan pengalihan (*switching frequency*) proporsional dengan kekerapan guncangan. Pengalihan bergantian secara cepat ini

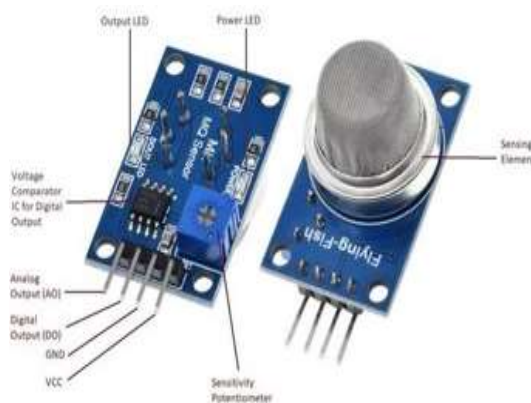
mirip seperti cara kerja PWM (*pulse width modulation*) yang merupakan sinyal *pseduo-analog* berupa tingkat tegangan yang kemudian dibandingkan oleh *sirkuit* terpadu LM393 (*Voltage Comparator IC*) dengan besar nilai ambang batas (*threshod*) tegangan pembanding diatur oleh sebuah *resistor* eksternal [7] .



Gambar 2.3 Gambar Fisik Sensor SW-420

2.2.5 Sensor Gas MQ-2

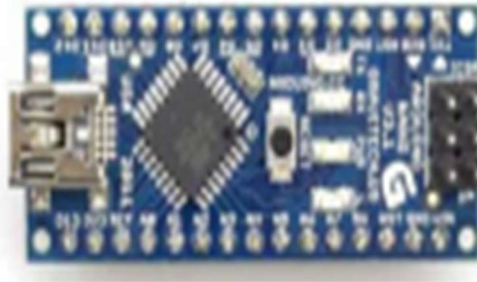
Sensor MQ-2 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output membaca sebagai tegangan *analog*. Sensor ini biasa digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas baik di rumah maupun di industri. Gas yang dapat dideteksi yaitu Gas LPG, *i-butane*, *propane*, *methane*, *alcohol*, *Hydrogen*, *smoke*. Sensor ini dapat mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar diudara serta asap serta keluarannya berupa tegangan *analog*. Sensor dapat mengukur konsentrasi gas mudah terbakar dari 300 sampai 10.000 sensor ppm. Dapat beroperasi pada suhu dari -20°C sampai 50°C dan mengkonsumsi arus kurang dari 150 mA pada 5V.



Gambar 2.4 Gambar Fisik Sensor MQ-2[16].

2.2.6 Arduino Nano

Arduino nano merupakan kit elektronik elektronika *open source* yang didalamnya terdapat beberapa komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan atmel. Arduino nano memiliki 8 pin input analog dan 14 pin *input/output* digital. Arduino memiliki 16 MHz, koneksi USB mini tipe B, *header ICSP* dan tombol reset. Bahasa yang digunakan untuk memprogram Arduino ini yaitu Bahasa pemrograman C.



Gambar 2.5 Gambar Fisik Arduino Nano [17].

2.2.7 NodeMCU ESP8266

Nodemcu adalah sebuah *platform* IoT yang bersifat *opensource*. Terdiri dari perangkat keras berupa *System On Chip* ESP8266 dari ESP8266 buatan *Espressif System*, juga firmware yang digunakan, yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting Lua*. Dalam board ini NodeMCU dan ESP8266 langsung diletakkan dalam satu tempat sehingga kita tidak perlu membelinya terpisah ataupun merangkainya lagi, ESP8266 dirancang agar Wi-Fi terintegrasi secara langsung, sehingga ESP8266 tidak memerlukan modul WiFi [4].



Gambar 2.6 Gambar Fisik NodeMCU ESP8266 [4].

2.2.8 Long Range Access (LoRa)

LoRa merupakan sebuah sistem komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang memiliki kemampuan transmisi jarak jauh, didukung pengembangannya oleh IBM, Semtech, Actility, dll, yang tergabung dalam LoRa Alliance [3]. Spektrum penyebaran LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), secara tradisional CSS digunakan untuk militer dan komunikasi yang memerlukan keamanan. LoRa memiliki jangkauan jauh, konsumsi daya yang rendah, kecepatan data rendah, dan transmisi data yang aman. LoRa dapat digunakan untuk jaringan publik, *private*, atau *hybrid* sehingga dapat mencapai jangkauan yang lebih besar daripada jaringan seluler [5].

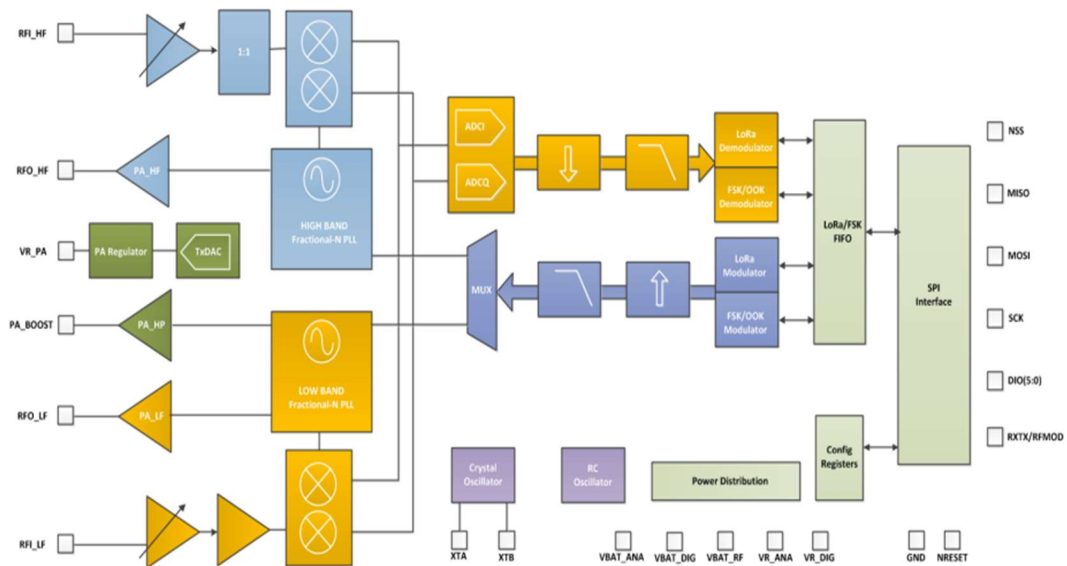
Teknologi LoRa dapat dengan mudah diintegrasikan dengan jaringan yang ada dan dapat diaplikasikan untuk *Internet of Things* (IoT) berbiaya rendah yang dioperasikan dengan baterai. LoRa dapat diterapkan untuk berbagai bidang seperti: pertanian, *smarthome*, industri, transportasi, hingga bidang kesehatan [5]. Ada beberapa teknologi komunikasi jaringan yang sering digunakan antara lain yaitu *Bluetooth*, RFID, WiFi, dan *ZigBee*. Pada tabel berikut perbandingan teknologi komunikasi nirkabel.

Tabel 2.1 Perbandingan Teknologi Komunikasi Nirkabel [23]

No	Teknologi	Jarak	Max. Rate	Konsumsi Daya
1.	<i>Bluetooth</i>	10 m	2 MBps	Low
2.	WiFi	0-60 m	54 MBps	High
3.	RFID	0-100 m	10 KBps	Low
4.	<i>ZigBee</i>	0-1500 m	250 KBps	Low
5.	LoRa	0-15 km	600 KBps	Low

Tabel 2.1 merupakan perbandingan teknologi komunikasi nirkabel dengan menggunakan LoRa jangkauan yang dicapai sangat luas berbeda dengan teknologi pada komunikasi nirkabel lainnya diaman jangkauannya sangat pendek. Akan tetapi dengan jangkauan yang semakin luas memiliki transfer data yang sangat kecil dengan *max rate* 600 KB/s dimana data yang dikirim tidak terlalu besar agar tidak mengakibatkan paket loss yang sangat besar dan data yang dikirim gagal untuk dikirim. Namun, LoRa juga memberikan keuntungan signifikan dalam pemblokiran dan selektivitas dibandingkan teknik modulasi konvensional,

memecahkan kompromi desain tradisional antara jangkauan, kekebalan interferensi, dan konsumsi energi. Seperti pada gambar 2.7 yang merupakan rangkaian dari sistem elektronika LoRa SX1278 yang menggambarkan gerbang logika untuk mencapai sistem output.

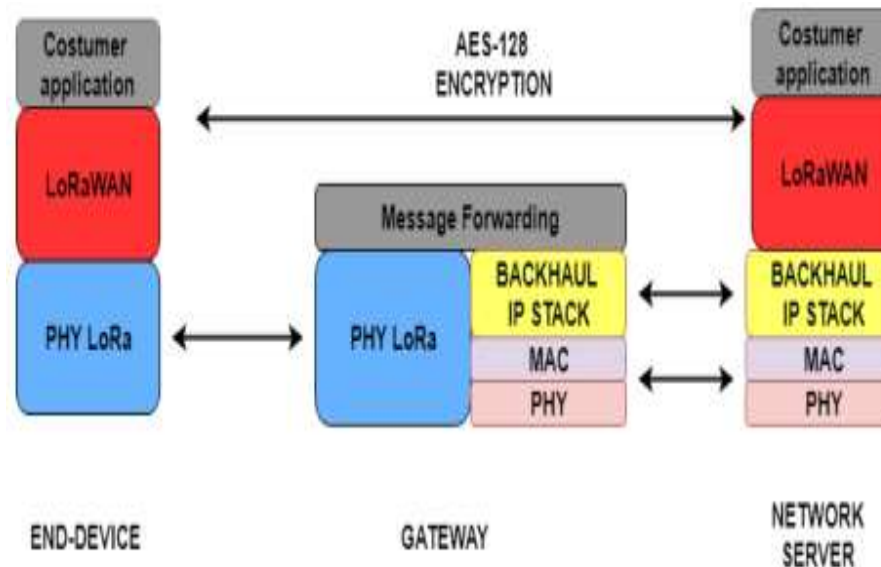


Gambar 2.7 Diagram Blok Semtech SX1278 [22]

2.2.9 Arsitektur LoRa

Sistem arsitektur LoRa terdapat, *end-device* berfungsi sebagai *interface* penyedia informasi data yang dikirim dari sensor atau aktuator kepada *physical layer* dan menuju *gateway*, kemudian *NetServer* berfungsi sebagai media pengontrol seluruh jaringan dalam pemrosesan dan pengamanan data yang dienkripsi oleh AES-128 [15], *end-device* terhubung melalui komunikasi LoRa *single-hop* ke satu atau banyak gateway yang pada gilirannya akan terhubung ke *NetServer* melalui teknologi internet standar. Gateway menyampaikan pesan antara perangkat *end device* dan *NetServer* sesuai dengan arsitektur yang ditunjukkan pada gambar 2.8. Semua *gateway* yang berhasil memecahkan kode pesan yang dikirim oleh perangkat *end device* akan meneruskan data informasi ke *NetServer* dengan menambahkan beberapa informasi kualitas penerimaan. *NetServer* kemudian memproses kembali ke perangkat *end device* dengan memilih satu *gateway* tersebut, LoRa memiliki jarak jangkauan yang cukup jauh dibanding dengan teknologi komunikasi yang lain dan mempunyai konsumsi daya

yang rendah. Akan tetapi pada teknologi LoRa memiliki kekurangan yaitu nilai *maximum rate* masih jauh dibanding dengan teknologi WiFi. sesuai dengan beberapa kriteria misalkan konektivitas frekuensi radio terbaik [19].



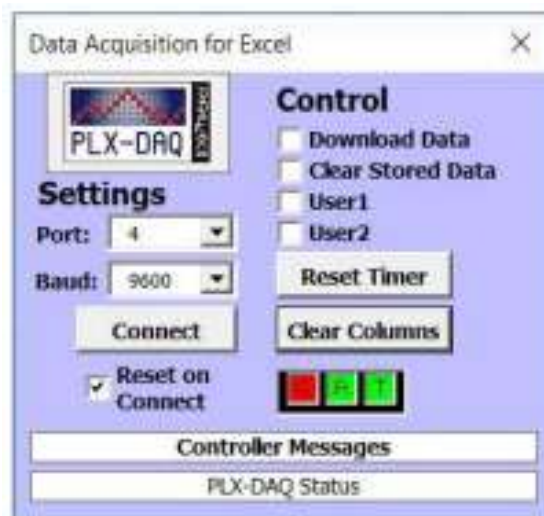
Gambar 2.8 Arsitektur LoRa [15].

Gambar 2.8 yaitu arsitektur LoRa terdapat LoRa *end device* yang dimiliki oleh LoRa *physical layer* yang dimana komunikasi radio LoRa didasarkan pada skema modulasi eksklusif, yang merupakan turunan dari *chirp spread spectrum* (CSS). CSS merupakan teknik *spread spectrum* yang menggunakan pita frekuensi linear untuk memodulasi chirp kedalam bentuk kode informasi yang memungkinkan sinkronisasi waktu dan frekuensi yang lebih sederhana dan lebih akurat, tanpa memerlukan komponen mahal untuk menghasilkan waktu yang stabil di node LORA. Teknologi ini mendukung laju data variabel sehingga memberikan kemungkinan nilai *throughput* pada cakupan jarak yang luas, ketahanan atau konsumsi energi yang rendah dengan menjaga *bandwidth* konstan. *Chip* atau modul LoRa di desain untuk frekuensi 169 MHz, 433 MHz, dan 915 MHz di USA, tapi di Eropa bekerja pada frekuensi 868 MHz dan di Asia bekerja pada frekuensi 433 MHz sesuai dengan kondisi dan kebijakan peraturan penggunaan frekuensi pada negara tersebut. Pada modulasi LoRa ditentukan oleh tiga parameter yaitu *bandwidth*, di eropa menggunakan 125 KHz atau 250 KHz, yang kedua yaitu *spreading factor* (SF) yang menentukan panjang dari *chirp*, dan ketiga yaitu parameter CR yang menentukan nilai dari kode FEC. Kemudian

arsitektur LoRa terdapat *network server* yang merupakan fitur dari LoRa MAC adalah *Adaptive Data Rate*, yang memungkinkan *NetServer* untuk menyesuaikan tingkat transmisi *end device* dengan mengubah indeks SF, untuk menemukan kondisi terbaik antara efisiensi energi dan ketahanan. LoRa MAC dirancang untuk menyamakan protokol IEEE 802.15.4 MAC yang bertujuan untuk menyederhanakan akomodasi, diatas LoRa MAC dari protokol utama yang sekarang berjalan yaitu MAC IEEE 802.15.4 [22].

2.2.10 Software PLX-DAQ

Parallax data *capture tool* untuk microsoft excel menangkap hingga 26 saluran data dari mikrokontroler paralaks dan memasukkan angka ke dalam kolom saat mereka tiba. PLX-DAQ menyediakan analisis *spreadsheet* yang mudah dari data yang dikumpulkan di lapangan, analisis sensor laboratorium, dan pemantauan instrumen waktu nyata.

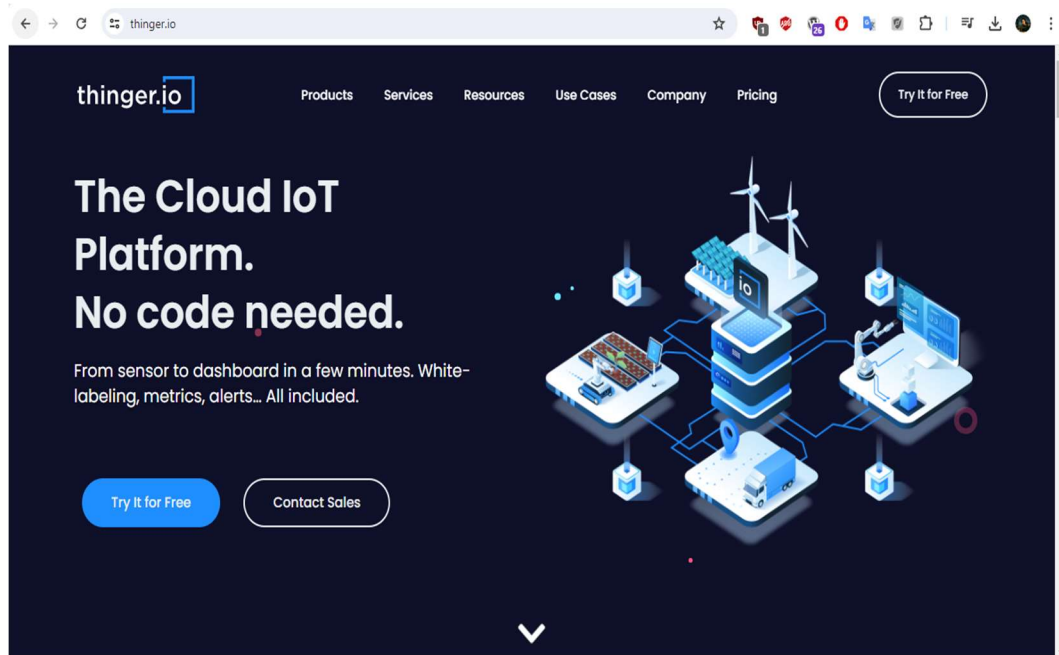


Gambar 2.9 Software PLX-DAQ

Gambar 2.9 *software* PLX-DAQ merupakan salah satu *software* untuk mengkonfigurasi lora SX1278 Ra-02 kemudian *software* tersebut akan menerima sebuah pembacaan dari sensor getar SW-420 yang akan menyimpan data tersebut ke dalam *Microsoft excel*. Kemudian data tersebut yang sudah disimpan ke dalam *software* PLX-DAQ ini dan tersimpan ke dalam *Microsoft excel* dapat di analisis kondisi dari getaran gedung yang yang akan diteliti.

2.2.11 Thinger.IO

Thinger.io adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang menyediakan fitur *cloud* untuk menghubungkan berbagai perangkat yang terkoneksi dengan internet untuk menerima data dari i.o agar bisa tersampaikan ke pengguna. Thinger.io juga dapat memvisualisasikan hasil pembacaan sensor dalam bentuk nilai atau grafik [8].



Gambar 2.10 Halaman Utama Thinger.IO

Pada langkah awal ini untuk menggunakan Thinger.IO hal yang pertama harus diketahui ialah *login* terlebih dahulu dengan mendaftarkan akun kita menggunakan alamat *gmail* setelah itu kita akan diarahkan kedalam sebuah laman yang digunakan untuk mengatur saat akan menampilkan data kedalam sebuah *web* yang digunakan untuk pemantauan gedung.

Selesai membuat akun *thinger.io* langkah selanjutnya ialah menentukan *widget* atau fitur untuk kebutuhan pemantauan yang diinginkan, setelah itu nantinya data akan ditampilkan kedalam sebuah *web* yang berisikan data yang akan kita *monitoring*, data yang dapat dilihat kedalam *web* ada berbagai macam versi *browser* yang mendukung *website* tersebut berjalan dengan sempurna.

2.2.12 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan teknologi untuk mengukur kekuatan sinyal indikator yang diterima oleh alat *wireless*. RSSI merupakan parameter daya yang diterima oleh alat *wireless* yang dikirim oleh *receiver*, RSSI juga bisa disebut power sinyal yang diterima dalam rentang frekuensi tertentu termasuk *noise* dan interferensi sering juga disebut dengan *signal level*. Pengukuran kekuatan sinyal ini disebut dengan *decibel miliwat* atau disebut dengan dBm. Persamaan (2.1) untuk menghitung RSSI dari pengukuran kekuatan sinyal yang didapatkan, dimana A merupakan kekuatan sinyal pada penerima dengan jarak 1 m, n adalah indeks *path loss*, sedangkan d adalah jarak.

$$\text{RSSI} = A - 10n \log d \quad (2.1)$$

Kemudian jika sudah mendapatkan RSSI yang telah didapatkan dari pemantauan dan perhitungan maka dapat diketahui error persen seperti pada persamaan (2.2) dari perbandingan kekuatan sinyal yang telah dilakukan.

$$\text{Error Persen (\%)} = \frac{\text{nilai perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{nilai perhitungan}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Tabel 2.2 Rentang nilai RSSI (*signal level*)

RSSI	<i>Signal Strength</i>
-30 dBm to <-60 dBm	<i>Excellent</i>
-60 dBm to <-90 dBm	<i>Very Good</i>
-90 dBm to <-105 dBm	<i>Good</i>
-105 dBm to <-115 dBm	<i>Fair</i>
-115 dBm to <-120 dBm	<i>Poor</i>

Tabel 2.2 merupakan tabel rentang sinyal RSSI yang dapat ditentukan dari pengukuran kekuatan sinyal antara *master node* dengan *node* sensor. Jika dapat diketahui sinyal lebih dari -70 dBm maka sinyal tersebut termasuk kedalam sinyal dengan kategori sempurna yang artinya sinyal tersebut dapat dijangkau oleh *master node*, sedangkan sinyal diketahui dengan nilai kurang dari -110 dBm maka sinyal tersebut tidak dijangkau oleh *master node* hal ini disebabkan oleh jarak

antara *master node* dan *node* sensor terlalu jauh atau terhalang oleh *noise* seperti gedung ataupun pohon.

2.2.13 Packet Loss

Packet loss merupakan suatu parameter dimana suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang atau banyaknya jumlah 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 akan hilang. Pada pengujian ini penulis menggunakan media transmisi LoRa sebagai media untuk mentransmisikan data sisi *receiver*, ada kemungkinan kegagalan dengan berbagai halangan pada proses pengiriman data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan, atau juga radiasi dari lingkungan sekitar. Untuk mengetahui *packet* yang hilang dapat diketahui dengan persamaan (2.3) yaitu seberapa besar *bit* paket yang diterima oleh *master node* dengan membandingkan dengan besar *bit* paket yang dikirim oleh *node* sensor, kemudian dapat diketahui nilai *packet loss* tersebut dengan satuan persen.

$$Packet\ loss = \frac{paket\ dikirim - pake\ diterima}{paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (2.3)$$

2.2.12 Packet Reception Ratio (PRR)

Packet reception ratio (PRR) merupakan parameter yang menunjukkan presentasi dimana keberhasilan sebuah paket yang dilihat perbandingan paket yang dikirim pada protokol komunikasi dengan melakukan analisis setiap *node*. Untuk mengetahui seberapa besar PRR yang didapat hal ini dilihat pada persamaan (2.4) dimana total semua paket penerima atau *master node* yang dibandingkan dengan total semua paket pengirim atau *node* sensor, kemudian dapat diketahui nilai PRR tersebut dengan satuan persen.

$$Packet\ Reception\ Ratio\ (PRR) = \frac{\sum paket\ RX}{\sum paket\ TX} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.2.13 *Time of Arrival (ToA)*

Time of Arrival (ToA) merupakan parameter yang menunjukkan waktu transmisi antara *node* dan *master node*. Sistem menggunakan waktu kedatangan ToA dengan kata lain parameter ini menghitung waktu lamanya perjalanan sinyal dari *node* ke *master node*. Untuk mengetahui seberapa besar nilai ToA yang didapat hal ini dapat dilihat pada persamaan (2.5) dengan melakukan nya pada saat pengambilan data dimana waktu yang diterima oleh *master node* dibandingkan dengan waktu yang dikirim oleh *node* sensor, kemudian dapat diketahui nilai ToA tersebut dengan satuan ms (*milisecond*) [14].

$$ToA = waktu\ terima - waktu\ kirim \quad (2.5)$$