

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Siregar dkk., 2017) yang berjudul “Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno”. Didalam penelitian tersebut menggunakan modul Wi-Fi ESP8266 sebagai metode pengiriman data. Hasil dari penelitian tersebut adalah pengukuran dari setiap sensor diproses secara langsung dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada kondisi *real time* serta memonitor secara jarak jauh atau melalui internet.

(Haris dkk., 2019) melakukan penelitian dengan judul ”Sistem Monitoring dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Pada penelitian tersebut menghasilkan sistem monitoring dan klusterisasi secara *real time* dan otomatis yang dapat memantau kinerja panel surya, baterai, dan pemakaian listrik oleh pemakai, serta dapat mengatur baterai dengan memutus pengisian ketika tegangan baterai mencapai batas ambang maksimum dan memutuskan pemakaian ketika tegangan baterai mencapai batas ambang minimum. Pengiriman data hasil pemantauan ke server dilakukan oleh mikrokontroler Arduino melalui sebuah modul Wi-Fi ESP8266 menggunakan protokol komunikasi 802.11b.

(Pambudi, 2017) melakukan penelitian mengenai “Analisa Performansi dan Monitoring Berbasis Web pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Fakultas Teknologi Industri ITS”. Penelitian tersebut menggunakan sistem monitoring berbasis web untuk monitoring kinerja PLTS saat terjadi kerusakan. Dengan

menggunakan sistem pemantauan nirkabel raspberry pi sebagai pengganti zigbee yang dirancang untuk menggantikan penggunaan kabel secara konvensional. Dari hasil analisa monitoring nilai rata-rata *throughput* (kecepatan transfer data efektif) yang didapat adalah sebesar 0,60822047 Kbps. rata-rata nilai delay yang terjadi hanya bernilai 0,469370341 ms dengan packet loss yang didapat kan sebesar 0%.Efisiensi rata-rata PV array didapatkan sebesar 10,78% dan efisiensi sistem PV sebesar 6,77%.

(Syafii dkk., 2017) melakukan penelitian dengan judul "*Real-Time Measurement of Grid Connected Solar Panels Based on Wireless Sensors Network*". Pada penelitian tersebut melakukan pengukuran grid secara *real-time* menghubungkan sistem PV menggunakan jaringan Zigbee. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sensor OPT101, DHT22, ACS712 dan sensor tegangan digunakan untuk mengukur arus dan tegangan keluaran PV. Sistem PV terhubung jaringan 1,25 kWp digunakan untuk menguji sistem pengukuran waktu nyata. Data yang diterima persis sama dengan data penginderaan yang dikirim dari daerah terpencil dengan waktu delay sekitar 3 sampai 4 detik.

(Fachri dkk., 2015) melakukan penelitian mengenai "*Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time*". Penelitian tersebut membuat sistem pemantauan kinerja panel surya yang dirancang dilengkapi dengan sensor pengukur arus dan tegangan yang telah dikalibrasi, sistem akuisisi data yang diintegrasikan ke spreadsheet Excel menggunakan program aplikasi PLX-DAQ dan kartu memori sebagai penyimpan data cadangan. Perancangan sistem berbasis mikrokontroler Arduino Atmega 328P dan dihubungkan ke komputer melalui port serial RS232. Informasi mengenai tegangan dan arus dari

panel surya yang dikumpulkan pada kondisi real time dapat diperoleh langsung melalui spreadsheet Excel tanpa memerlukan program ulang terhadap Arduino.

(Satria & Syafii, 2018) melakukan penelitian mengenai "Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN". Pada penelitian tersebut memaparkan sistem monitoring online dan analisa performansi PLTS pada berbagai kondisi cuaca. Pengujian sistem monitoring diaplikasikan pada PLTS 1,25 kW. Proses pengambilan data hasil monitoring berlangsung secara real time dan ditampilkan dalam bentuk data tabel dan grafik. Selanjutnya data yang terekam menggunakan software Visual Basic.Net di konversi ke dalam Microsoft Excel sehingga dapat dianalisa lebih lanjut. Analisa performansi PLTS terdiri dari proses sinkronisasi, kurva daya dan energi listrik yang dapat dihasilkan oleh PLTS rooftop. Hasil yang disajikan menunjukkan bahwa kinerja sistem PLTS terhubung jaringan PLN sangat tergantung dari kondisi cuaca.

B. Landasan Teori

1. Panel Surya

Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat secara langsung mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sering juga dipakai istilah *photovoltaic* (PV). Sistem *photovoltaic* adalah peralatan yang mengkonversi energi solar menjadi energi listrik. PV terdiri dari beberapa *solar cell*, yang tiap sel terhubung dengan lainnya secara seri atau paralel untuk membentuk deretan PV yang secara umum disebut PV modul (Ramos-Hernanz dkk., 2012).



Gambar 2.1 Panel Surya

Pada dasarnya panel surya terdiri dari sambungan p-n yang memiliki fungsi yang sama dengan dioda. Ketika sinar matahari mengenai permukaan sel surya, energi yang dipancarkan oleh sinar matahari ini kemudian diserap oleh elektron pada sambungan p-n untuk berpindah dari bagian diode p ke n dan setelah itu mengalir ke luar melalui kabel yang sudah terpasang pada panel (Dadan dkk., 2011).

Tabel 2.1 Spesifikasi Panel Surya

| | |
|---|-------------------------|
| Daya Nominal (<i>Rated Power - P_m</i>) | 50W |
| Tegangan <i>Short Circuit</i> (<i>V_{oc}</i>) | 21,6V |
| Arus <i>Short Circuit</i> (<i>I_{sc}</i>) | 2,96A |
| Tegangan <i>Max</i> (<i>Rated Voltage - V_{mp}</i>) | 17,6V |
| Arus <i>Max</i> (<i>Rated Current - I_{mp}</i>) | 2,85A |
| Tegangan Sistem Maksimal (V) | 1000 V |
| Dimensi (Panjang * Lebar * Tinggi) | 835 * 540 * 28mm |
| Tipe Solar Cell | <i>Poly-crystalline</i> |

2. Lead Acid Battery

Baterai *lead acid* salah satu jenis baterai yang sering digunakan untuk penyimpanan energi listrik. Baterai jenis ini sering digunakan karena harga yang lebih murah dibandingkan dengan baterai jenis lain. *Battery lead acid* dapat dikelompokkan menjadi *Liquid Vented* dan *Sealed*. Proses penguapan atau evaporasi pada baterai diatur oleh bagian yang disebut *valve* atau katup, maka dari itu disebut *valve regulated*. Dengan demikian baterai jenis ini tidak memerlukan *maintenance*. Baterai ini cocok untuk sistem *photovoltaic*, karena dapat *discharge* sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama sehingga disebut pula *battery deep cycle* (Keshan dkk., 2016).



Gambar 2.2 Battery Lead Acid

3. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) merupakan kotak kecil yang terdiri dari sirkuit solid *state* PCB yang ditempatkan antara panel surya dan baterai. Alat ini berfungsi untuk mengatur arus DC yang dibebankan ke baterai dan untuk

mengatur arus yang mengalir dari baterai ke beban. Alat ini juga digunakan untuk memastikan tidak terjadi *overcharge* (pembebanan lebih karena baterai penuh), debit penuh, dan tidak ada tegangan lebih pada panel surya. (Thounaojam dkk., 2014).



Gambar 2.3 *Solar Charge Controller*
(Sumber: royalpv.com)

4. LoRa (Long Range)

LoRa singkatan dari *Long Range* merupakan salah satu teknologi *Internet of Things* (IoT) yang dibangun oleh Cycleo lalu diakuisi oleh Semtech pada 2012. LoRa memiliki fitur jangkauan jauh, konsumsi daya yang rendah, kecepatan data rendah, dan transmisi data yang aman dengan berbasis pada modulasi (CSS) *chip spread spectrum* (Liandana, 2019). LoRa bekerja pada frekuensi 433.868 atau 915 MHz ISM Band (tergantung pada regulasi wilayah penempatan) dengan kecepatan transmisi antara 0.25 kbps - 50 kbps (Sanchez-Iborra & Cano, 2016). Perangkat LoRa dengan pita frekuensi 915 MHz tidak akan bisa beroperasi pada frekuensi 433 MHz begitu pula sebaliknya.

Saat ini, regulasi terkait Frekuensi LPWA LoRa Indonesia ditetapkan pada *range* frekuensi 920-923 Mhz, sesuai dengan Peraturan Menteri KOMINFO No. 1 Tahun 2019: Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio Berdasarkan Izin Kelas dan PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019: LPWA *Specification* (KOMINFO, 2019).

5. LoRa Module RFM95

LoRa RFM95 merupakan salah satu dari beberapa seri LoRa Sensor Radio IC. Memiliki berbagai fitur yang dirancang untuk aplikasi seperti komunikasi radio pada perangkat telemetri, terutama fitur RX berdaya rendah dan arus rendah. Pada modul ini, sensitivitas tinggi dikombinasikan dengan penguat RF +20 dBm terintegrasi sehingga mampu menghasilkan daya optimal untuk aplikasi yang membutuhkan jangkauan jauh atau ketahanan terhadap gangguan. LoRa jenis ini juga memberikan keuntungan signifikan pada pemblokiran gangguan frekwensi dan selektivitas melalui teknik modulasi konvensional, kekebalan terhadap interferensi gangguan dan konsumsi energi yang dibutuhkan saat memancar ataupun menerima data (Firdaus, 2018).



Gambar 2.4 LoRa RFM95
(Sumber: www.hoperf.com)

Berikut ini spesifikasi yang terdapat pada LoRa RFM95 berdasarkan datasheet yang dikeluarkan oleh HopeRF (HopeRF, 2018).

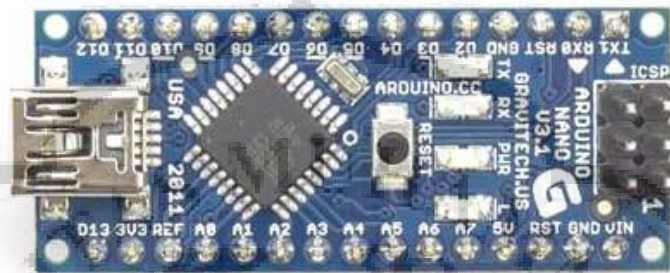
- a) Maksimal link budget 168 dB
- b) RF Output konstan +20 dBm -100 mW
- c) *High efficiency PA* +14 dBm
- d) Bit rate yang dapat diprogram hingga 300 kbps
- e) Sensitivitas tinggi, hingga -148 dBm
- f) Kekebalan pemblokiran yang baik (*Blocking Immunity*)
- g) Arus transmisi pengiriman (RX) yang rendah hingga 10.3 mA dengan resistansi register 200 nA
- h) *Synthesizer* yang terintegrasi dengan resolusi sebesar 61 Hz
- i) Sistem modulasi yang dapat diprogram, mendukung sistem modulasi FSK, GFSK, MSK, GMSK, dan OOK
- j) RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang dinamis hingga 127 dB
- k) Pendeteksi *preamble*

6. Arduino Nano

Menurut (Suari, 2017), Arduino Nano adalah papan pengembangan mikrokontroler yang sangat kecil berdasarkan chip ATmega328P. Arduino ini tidak memiliki colokan listrik DC dan menggunakan konektor mini USB Type B untuk pemrograman.

Arduino Nano memiliki 14 pin input/output digital. Masing-masing dari 14 pin digital Nano dapat digunakan sebagai input atau output dengan fungsi *pinMode*, *digitalWrite*, dan *digitalRead*. Pada masing - masing pin dapat

menyuplai atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal 20-50 kOhm. Arduino Nano bisa disuplai dengan daya melewati koneksi Mini-USB, catu daya 6-20V eksternal (pin 30) atau catu daya 5V eksternal (pin 27). Sumber tegangan tertinggi secara otomatis dipilih sebagai sumber arus.



Gambar 2.5 Arduino Nano
(Sumber: www.mouser.co.id/arduino/)

Spesifikasi yang dimiliki oleh Arduino Nano adalah sebagai berikut:

- a) *Chip* mikrokontroler dengan ATmega328p atau ATmega168.
- b) Tegangan kerja 5 volt.
- c) Tegangan *input* (disarankan) 7-12 volt.
- d) Ada 14 pin I/O digital, 6 di antaranya adalah *output* PWM.
- e) 8 Pin Input Analog.
- f) 40 mA Arus DC per pin I/O.
- g) *Flash Memory* 16 KB (Atmega168) atau 32 KB (Atmega328) 2 KB digunakan oleh *Bootloader*.
- h) 1 *Kbyte* SRAM (Atmega168) atau 2 *Kbyte* 32 KB (Atmega328).
- i) 512 *Byte* EEPROM (Atmega168) atau 1 *Kbyte* (Atmega328).
- j) 16 MHz *Clock Speed*.

k) Ukuran 1.85cm x 4.3cm.

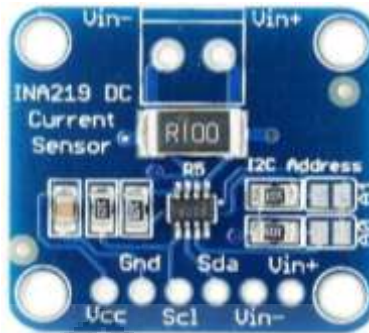
7. NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah *platform opensource* menggunakan bahasa pemrograman Lua yang dikembangkan dan diproduksi oleh Espressif System Co., Ltd. NodeMCU ESP8266 merupakan perangkat Wi-Fi SoC (*System on Chip*) yang menggunakan sistem file SPIFFS (*SPI Flash File System*) dengan berbasis *flash memory modular* (Schwartz, 2016).



Gambar 2.6 NodeMCU ESP8266
(Sumber: www.espressif.com/esp8266)

NodeMCU ESP8266 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE layaknya produk Arduino pada umumnya. Arduino IDE adalah perangkat lunak pengembangan terintegrasi untuk perangkat Arduino yang mengkode mikrokontroler Arduino untuk menghubungkan sensor dan jenis komponen lainnya dan menggunakan fitur *library* untuk melakukan operasi di domain lokal dan global (Pasha, 2016).



Gambar 2.8 INA219
(Sumber: www.adafruit.com)

Spesifikasi yang dimiliki oleh INA219 adalah sebagai berikut:

- a) Mengukur tegangan 0-26 V
- b) Mengukur arus hingga 3,2 A dengan resolusi 0,8 mA
- c) Dilengkapi dengan resistor 0,1 ohm 1% 2 W
- d) Mempunyai 16 alamat yang dapat diprogram
- e) Akurasi tinggi, maksimum 0,5%
- f) Pilihan untuk penyaringan gangguan
- g) Memiliki register untuk kalibrasi
- h) Dilengkapi dengan komunikasi I2C

9. Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah jaringan infrastruktur global yang dinamis dengan kemampuan konfigurasi berdasarkan standar protokol komunikasi. Ini memiliki sistem identitas, atribut fisik, fitur canggih, dan antarmuka cerdas, dan terhubung dan terintegrasi dengan jaringan informasi. Sederhananya, *Internet of Things* dapat menyatukan dunia maya, teknologi informasi, dan objek dunia nyata. *Internet of Things* bekerja dengan mengambil data dari pembacaan sensor

objek dunia nyata dan mengirimkannya ke server. Sensor yang dapat terhubung ke jaringan internal seperti tegangan dan arus, atau sensor lain yang menyerupai indera manusia seperti cahaya, gerakan, tekanan, dan suara, dan sensor lainnya. Dalam sistem IoT, objek yang terhubung ke sensor dapat bereaksi terhadap perintah server melalui kontroler.

Konsep IoT terdiri dari tiga elemen utama yaitu: koneksi internet, objek fisik atau material yang terintegrasi ke dalam modul sensor, dan pusat data di server yang menyimpan data atau informasi dari suatu aplikasi. Objek yang terhubung ke jaringan internet akan menghimpun data dan mengumpulkan serta memprosesnya. Setelah diproses, dianalisis oleh lembaga pemerintah, afiliasi, dan lembaga lain dan digunakan untuk kepentingan masing-masing. (Setiadi & Muhaemin, 2018).

10. ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform IoT yang memungkinkan untuk mengumpulkan dan menyimpan data di cloud dan mengembangkan aplikasi IoT. Data dari sensor dapat dikirim ke ThingSpeak menggunakan Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black dan perangkat keras lainnya (Pasha, 2016). Untuk menggunakan platform ThingSpeak, langkah pertama pengguna harus membuat akun dan membuat channel untuk akun tersebut. Platform ThingSpeak menyediakan API key yang dikonfigurasi dalam program mikrokontroler untuk menjalankan fungsi pengiriman data dari sensor ke ThingSpeak (Daryl Ning, 2017).

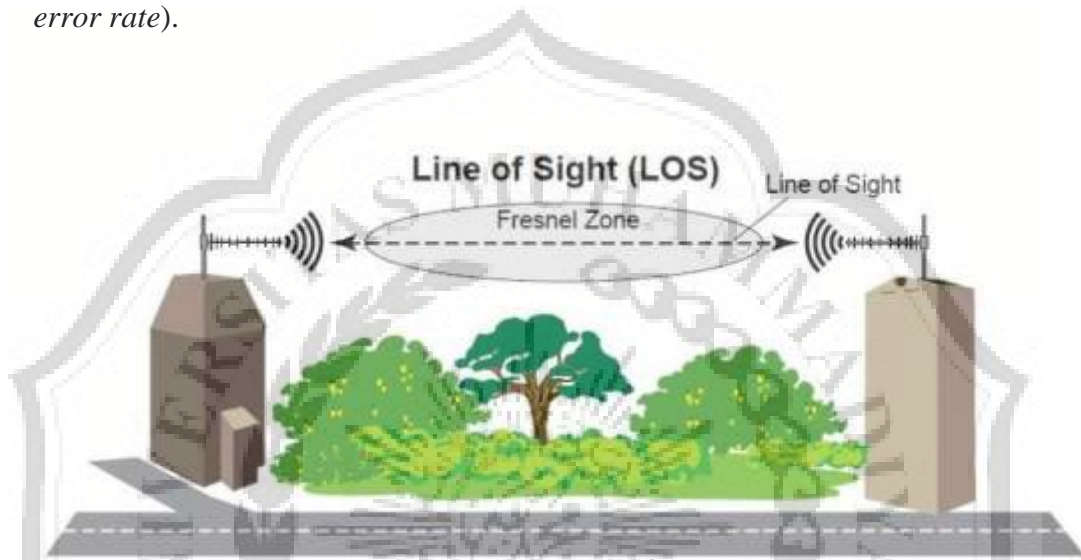
11. Wireless Communication

Komunikasi nirkabel, atau biasa disebut dengan wireless, adalah transfer informasi atau daya antara dua atau lebih titik yang tidak terhubung oleh sinyal listrik. Teknologi nirkabel pada umumnya memanfaatkan gelombang radio. Gelombang radio yang digunakan untuk berkomunikasi, jaraknya bisa pendek, misalnya hanya beberapa meter pada komunikasi bluetooth atau bisa mencapai jutaan kilometer untuk komunikasi ruang angkasa. Walaupun pada umumnya menggunakan gelombang radio elektromagnetik, teknologi nirkabel juga dapat menggunakan media transmisi lain, seperti cahaya, medan magnet, atau listrik sampai dengan gelombang suara. Komunikasi wireless memungkinkan banyak layanan komunikasi menjadi memungkinkan untuk dilakukan, seperti komunikasi jarak jauh, yang tidak mungkin atau tidak praktis untuk diimplementasikan dengan menggunakan kabel.

12. Line Of Sight (LOS)

Line Of Sight (LOS) adalah teknologi transmisi sinyal antara dua perangkat terminal yang saling berhubungan tanpa hambatan (dapat dilihat) sehingga sinyal dari pemancar dapat diarahkan langsung ke penerima dan diterima. Sistem LOS biasanya digunakan dalam sistem transmisi gelombang mikro, yaitu sistem nirkabel yang membawa informasi melalui kapasitas saluran yang cukup besar. Sebelum sinyal ditransmisikan, biasanya diubah menjadi frekuensi tinggi dengan proses modulasi. Dalam proses transmisi sinyal, faktor-

faktor yang mempengaruhi perambatan sinyal sistem LOS ini adalah redaman, refleksi, refraksi atmosfer, fading, dan difraksi sepanjang permukaan bumi. Sistem modulasi pada sistem radio gelombang mikro ini dilakukan dengan mengubah sinyal informasi menjadi sinyal RF dengan memperhatikan parameter BER (*bit error rate*).

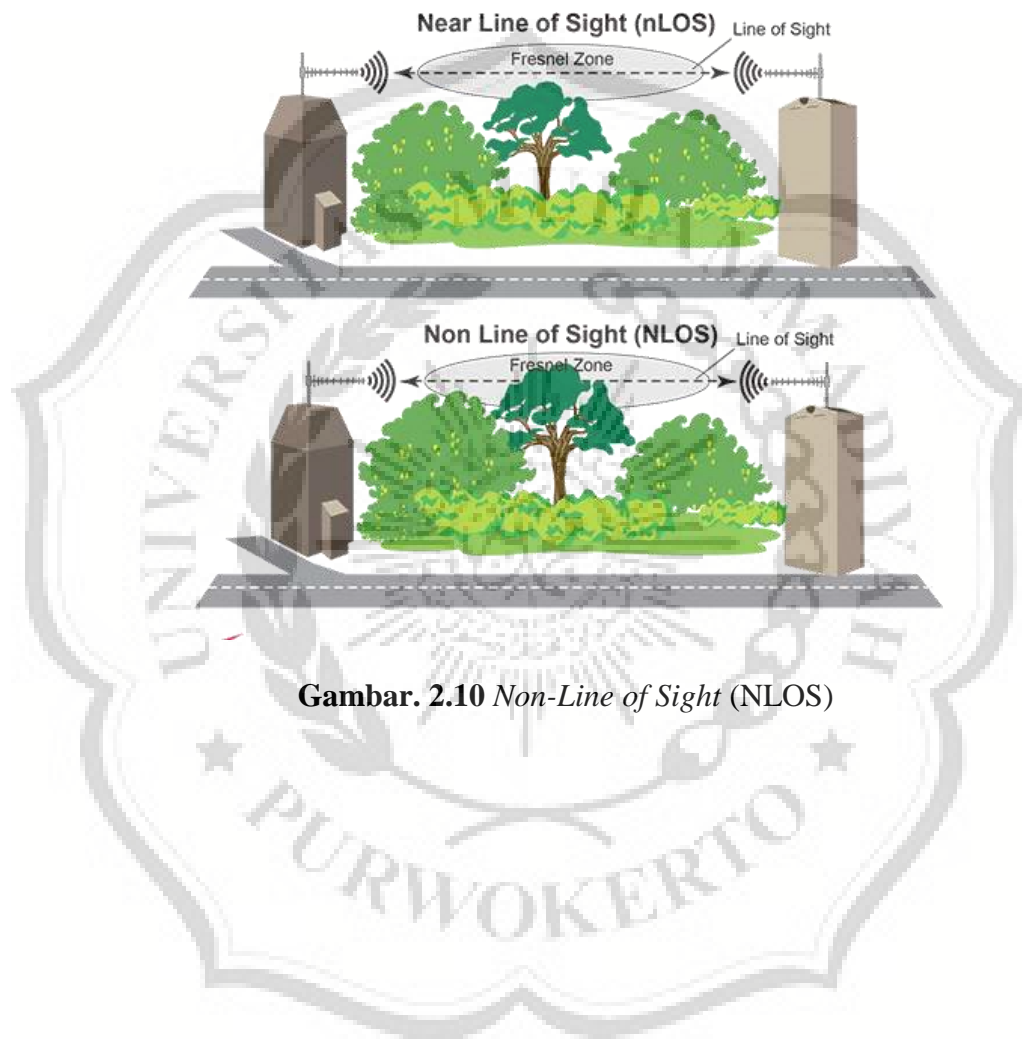


Gambar 2.9 *Line Of Sight (LOS)*

13. Non-Line Of Sight (NLOS)

Non-Line Of Sight (NLOS) adalah transmisi radio melalui jalur yang sebagian terhalangi, biasanya melalui objek fisik zona Fresnel terdalam. Sebagian besar transmisi nirkabel bergantung pada kondisi *Line of Sight (LOS)* antara pemancar dan penerima. Hambatan yang biasanya menyebabkan kondisi NLOS biasanya adalah bangunan, pepohonan, perbukitan, dan pegunungan. Beberapa dari hambatan ini mencerminkan frekuensi radio tertentu, sementara jenis hambatan lainnya hanya menyerap atau mendistorsi sinyal. Namun, kedua kasus membatasi atau mengurangi sebagian besar kualitas transmisi nirkabel, terutama

transmisi daya rendah. NLOS menurunkan efektivitas daya yang diterima. Pada kondisi LOS biasanya dapat diatasi dengan menggunakan antenna yang lebih baik, tetapi pada kondisi NLOS biasanya membutuhkan jalur alternatif atau dengan menggunakan propagasi multipath.



Gambar. 2.10 *Non-Line of Sight (NLOS)*