

BAB II

DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Selain NB-IoT, terdapat teknologi lain yang termasuk kedalam teknologi *Wide Area Network* (WAN) yang dapat digunakan untuk menghubungkan antar sensor di area *indoor* seperti WiFi dan *Zigbee*, namun NB-IoT memiliki kemampuan penetrasi yang kuat, dapat mengakses data dalam jumlah besar konsumsi daya yang rendah. Pernyataan ini di dukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Hang Ji Lie, Chang Miao and Jian fang Dong yang berjudul “*Indoor Environment Remote Monitoring System Based on NB-IOT*”. Penelitian lain juga menyatakan jika NB-IoT memiliki cakupan yang dalam, walaupun dengan *bandwidth* yang kecil. Penelitian ini menganalisis SNR dengan pemanfaatan *bandwidth* yang dilakukan ketika daya transmisi dibatasi atau tidak. Dari hasil menyatakan bahwa pengurangan *bandwidth* akan menjaga pemanfaatan *bandwidth* dan hasil cakupan yang dihasilkan akan sesuai SNR yang diperlukan[4].

Penggunaan propagasi *Cost 231 Multiwall* dianggap sesuai untuk digunakan dalam simulasi jaringan *indoor* seperti pada penelitian yang membahas tentang perencanaan penempatan antena pemancar *wireless indoor* berdasarkan daya terima dengan menggunakan propagasi *cost 231 multiwall* yang dilakukan di ruangan dengan dua lantai yang merupakan ruang komputer dengan 5 antena pemancar (Tx) dan 20 antena penerima (Rx) didapatkan posisi terbaik berada ditengan masing-masing ruangan dan penerima yang mendapatkan sinyal terbaik berjumlah 14 antena penerima[5]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Muntaqo Alfin Amanaf, Eka Setia Nugraha, dan Danny Kurnianto yang berjudul “Analisis Simulasi Model *COST-231 Multiwall Pathloss Indoor* Berbasis *Wireless Sensor Network* pada Aplikasi Absensi Mahasiswa dengan Tag RFID Menggunakan RPS 5.4 (*Radiowave Propagation Simulator*)”. Penelitian tersebut menganalisis sebaran daya terima RSSI dengan model propagasi *indoor path loss COST 231 Multiwall* dalam mengatasi masalah jaringan berbasis kabel terutama dalam aplikasi absensi mahasiswa dengan Tag RFID

menggunakan *Wireless Sensor Network*. Simulasi yang juga menggunakan aplikasi *Radiowave Propagation Simulator (RPS)* untuk memodelkan kondisi *indoor* gedung sesuai dengan kondisi sebenarnya. Simulasi menggunakan 3 *node router* dan 8 *end node* dari Wifi RFID *reader* dengan protokol komunikasi WLAN IEEE 802.11.n pada frekuensi 2,4 GHz. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata dan standar deviasi RSSI pada kondisi terimplementasi dari *router node* dan *end node* adalah -46,94 dBm dan 10,79 secara berturut-turut dan diperoleh radius jangkauan *end node* 8 m dan radius jangkauan *router node* 20 m. Hal ini menunjukkan sebaran daya terima RSSI pada sisi *end node* maupun *router node* dapat saling menjangkau sehingga dalam sistem komunikasi WSN dalam pengiriman data absensi mahasiswa dapat berjalan dengan baik.

2.2 *Narrowband Internet of Things (NB-IoT)*

NB-IoT merupakan sebuah protokol M2M ringan berdasarkan protokol UDP dengan mekanisme *retransmission*. Hal ini terutama ditargetkan pada aplikasi IoT dalam spektrum pita yang sempit yang disebut *Narrow Band Internet of Things (NB-IoT)*. *Low-power wide-area (LPWA) Internet of Things (IoT)* adalah sebuah teknologi baru yang dapat digunakan secara luas di seluruh dunia. NB-IoT banyak digunakan di lingkungan dengan persyaratan daya rendah dan cakupan yang luas, seperti *smart factory, smart city, smart building, smart traffic ligh* dan skenario aplikasi lainnya. NB-IoT memiliki karakteristik antara lain: cakupan luas, konektivitas yang luas dan kecepatan, biaya rendah, konsumsi daya rendah dan arsitektur baik.

NB-IoT memiliki empat fitur-fitur utama[6]:

1. *Coverage*: Dalam *Band* frekuensi yang sama, NB-IoT memiliki keuntungan sebesar 20 dB dengan menggunakan teknologi yang sudah ada (LTE), yang setara dengan kemampuan untuk meningkatkan cakupan wilayah hingga 100 kali lipat.
2. *Konektivitas*: Mudah memenuhi kebutuhan jaringan dengan banyak perangkat dan kemampuan untuk mendukung koneksi besar-besaran, NB-IoT dapat mendukung koneksi 100.000 dalam satu sektor.

3. Konsumsi daya rendah: Fokus pada volume data kecil, waktu siaga modul terminal NB-IoT dapat bertahan mencapai 10 tahun.
4. Biaya rendah: modul terhubung satu.

2.3 Range Frekuensi NB-IoT

3GPP telah mendefinisikan satu set pita frekuensi yang dapat digunakan oleh NB-IoT. 3GPP TS 36,101 dari *release* 13 menyediakan daftar pita frekuensi dengan *Band*: 1, 2, 3, 5, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 26, 28, 66 dan *release* 14 menambahkan pita frekuensi dengan *Band*: 11, 25, 31 dan 70. Kemudian, 3GPP *release* 15 menambahkan pita frekuensi lebih lanjut dengan *Band*: 4, 14, 71, 72, 73, 74 dan 85. Sistem NB-IoT beroperasi dalam *mode half* dupleks HD-FDD.

Sejauh ini, berbagai set pita frekuensi telah digunakan oleh anggota forum NB-IoT. Di bawah ini adalah beberapa pita frekuensi yang didukung di berbagai wilayah:

1. Amerika Utara: *Band* 4, *Band* 12, *Band* 66, *Band* 71, *Band* 26.
2. Asia Pasifik: *Band* 1, *Band* 3, *Band* 5, *Band* 8, *Band* 18, *Band* 20, *Band* 26 dan *Band* 28;
3. Eropa: *Band* 3, *Band* 8 dan *Band* 20;
4. Amerika Latin: *Band* 2, *Band* 3, *Band* 5 dan *Band* 28;
5. Persemakmuran negara independen: *Band* 3, *Band* 8 dan *Band* 20;
6. Sub-Sahara Afrika: *Band* 3 dan *Band* 8;
7. Timur Tengah dan Afrika Utara: *Band* 8 dan *Band* 20;

Setelah melihat tumpang tindih minimum pita frekuensi untuk masing-masing negara, minimal sepuluh *band*: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12, 20, 26 dan 28 yang diperlukan untuk cakupan di semua negara yang anggota forum NB-IoT yang telah diusulkan.

Tabel 2.1 3GPP Release 13 NB-IoT Frequency Band Detail[7]

NB Band	Uplink (UL) Operating Band BS Receiver/ UE Transmit	Downlink (DL) Operating Band BS Receiver/ UE Transmit	Duplex Mode
<i>Band</i> 1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	HD-FDD
<i>Band</i> 2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	HD-FDD

<i>Band 3</i>	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	HD-FDD
<i>Band 5</i>	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	HD-FDD
<i>Band 8</i>	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	HD-FDD
<i>Band 12</i>	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	HD-FDD
<i>Band 13</i>	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	HD-FDD
<i>Band 17</i>	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	HD-FDD
<i>Band 18</i>	815 MHz – 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	HD-FDD
<i>Band 19</i>	830 MHz – 845 MHz	875 MHz – 890 MHz	HD-FDD
<i>Band 20</i>	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	HD-FDD
<i>Band 26</i>	814 MHz – 849 MHz	859 MHz – 894 MHz	HD-FDD
<i>Band 28</i>	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	HD-FDD
<i>Band 66</i>	1710 MHz – 1780 MHz	2110 MHz – 2200 MHz	HD-FDD

Tabel 2.2 3GPP Release 14 NB-IoT Frequency Band Detail[7]

NB Band	<i>Uplink (UL) Operating Band</i> BS Receiver/ UE Transmit	<i>Downlink (DL) Operating Band</i> BS Receiver/ UE Transmit	Duplex Mode
<i>Band 11</i>	1427,9 MHz – 1447,9 MHz	1475,9 MHz – 1495,9 MHz	HD-FDD
<i>Band 25</i>	1850 MHz – 1915 MHz	1930 MHz – 1995 MHz	HD-FDD
<i>Band 31</i>	452,5 MHz – 457,5 MHz	462,5 MHz – 467,5 MHz	HD-FDD
<i>Band 70</i>	1695 MHz – 1710 MHz	1995 MHz – 2020 MHz	HD-FDD

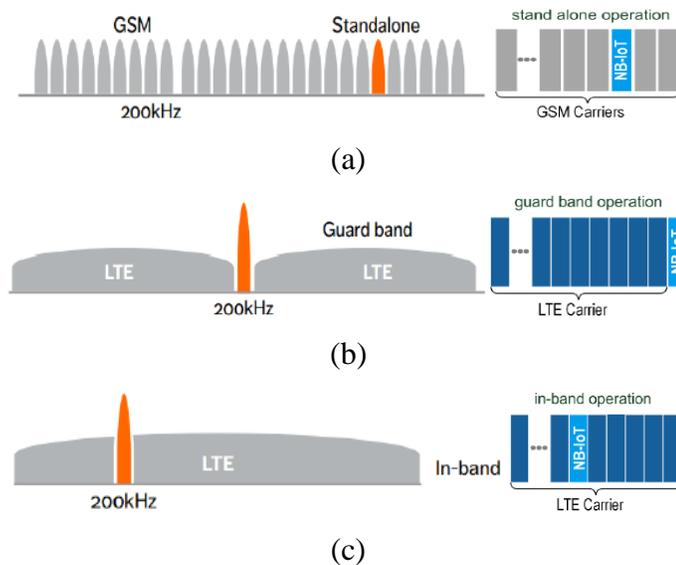
Tabel 2.3 3GPP Release 15 NB-IoT Frequency Band Detail[7]

NB Band	<i>Uplink (UL) Operating Band</i> BS Receiver/ UE Transmit	<i>Downlink (DL) Operating Band</i> BS Receiver/ UE Transmit	Duplex Mode
<i>Band 1</i>	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	HD-FDD
<i>Band 2</i>	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	HD-FDD
<i>Band 3</i>	663 MHz – 689 MHz	617 MHz – 783 MHz	HD-FDD
<i>Band 5</i>	451 MHz – 456 MHz	461 MHz – 466 MHz	HD-FDD
<i>Band 8</i>	450 MHz – 455 MHz	461 MHz – 465 MHz	HD-FDD
<i>Band 12</i>	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz	HD-FDD
<i>Band 13</i>	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	HD-FDD

Menurut peraturan menteri komunikasi dan informatika republik indonesia tahun 2018 tentang persyaratan teknis alat dan/atau perangkat telekomunikasi *low power wide area*, bahwa untuk teknologi NB-IoT di Indonesia beroperasi di pita frekuensi *Band 1* di 2.100 MHz, *Band 3* yaitu 1.800 MHz, *Band 5* dengan 800 MHz, *Band 8* dengan 900 MHz juga *Band 31* di 450 MHz dan *Band 40* di 2.300 MHz.

2.4 Spektrum NB-IoT

NB-IoT Dirancang dengan sejumlah pilihan penggunaan spektrum GSM, WCDMA atau LTE untuk mencapai spektrum yang efisiensi. Spektrum ini merupakan spektrum yang sudah berlisensi (*licensed spectrum*) dan dapat digunakan dalam tiga mode operasi, tergantung pada pita yang menggunakan: (i) *Guard-Band*, (II) *in-Band* dan (III) *stand alone*[8].



Gambar 2.1 (a) Stand-alone Operation, (b) GuardBand Operation dan (c) In-Band Operation[8]

Pada jaringan GSM menyediakan satu kanal GSM sebesar 200 KHz untuk NB-IoT yang disebut *Stand-alone Operation* yang berdampingan dengan kanal utama. Sedangkan pada jaringan LTE mengalokasikan salah satu fisik *Physical Resource Block* (PRB) sebesar 180 kHz untuk NB-IoT, terdapat dua jenis kanal yakni *Guard-Band Operation* dan *In-Band Operation*. Dalam *Guard-Band Operation*, NB-IoT

menggunakan *carrier block* yang tidak digunakan pada sinyal *guard-Band* sinyal *carrier* LTE. Sedangkan pada *In-Band Operation*, NB-IoT menggunakan *resource block* pada sinyal *carrier* LTE utama (bukan *guard-band*).

Terlepas dari mode operasi, NB-IoT memerlukan *bandwidth minimum* 180 kHz untuk *downlink* dan *uplink*, yaitu satu *Physical Resource Block* (PRB) dibagi menjadi 12 *subcarrier* yang masing-masing sebesar 15 kHz. Satu *frame* memiliki panjang 10 MS dan terdiri dari 10 *slot* yang masing-masing sebesar 1 MS. *Subframes* dibagi menjadi dua slot 0,5 MS, masing-masing terdiri dari 7 *Orthogonal Frequency Division Multiplexed* (OFDM) simbol dan awalan siklik normal (CP) yang digunakan dalam semua *subframe*. Unit transmisi terkecil adalah *Resource Element* (RE) dan terdiri dari satu simbol OFDM dan satu *subcarrier*. Untuk mempertahankan interoperabilitas dengan LTE dalam *mode in-Band*, wilayah kontrol terdiri dari dua atau tiga simbol OFDM pertama, di setiap *subframe* dialokasikan ke kontrol *downlink* fisik saluran (PDCCH) dari LTE. Ukuran wilayah kontrol ditandai di *narrow band* informasi blok sistem 1 (SIB1-NB) dan untuk *Guard-Band* dan *mode stand alone* sama dengan 0. Dalam modulasi *uplink Quadrature Phase Shift keying* (QPSK) atau *Binary Phase Shift keying* (BPSK) dapat digunakan, sedangkan di *downlink* hanya QPSK yang diperbolehkan.

Tabel 2.4 3GPP Release[7]

Parameter	NB-IoT
<i>Downlink Peak Rate</i>	300 Kbps to 200 Kbps
<i>Uplink Peak Rate</i>	144 Kbps
<i>Number of Antennas</i>	1
<i>Duplex Mode</i>	Half
<i>UE Receive Bandwidth</i>	200 KHz
<i>UE Transmit Power (dBm)</i>	23
<i>UL Modulation</i>	P12 BPSK, P14 QPSK
<i>DL Modulation</i>	QPSK
<i>Number of DL Antennas</i>	1
<i>Power Class</i>	Class 3 and 5 *14 dBm

NB-IoT menyediakan peningkatan cakupan sebanyak 20 dBm dibandingkan dengan generasi LTE sebelumnya dengan tujuan untuk perangkat di lokasi yang sulit dijangkau oleh sinyal. NB-IoT memiliki rugi-rugi *coupling* maksimum (MCL) lebih

tinggi dari LTE hingga 20 dB dan menghasilkan MCL mencapai 164 dB untuk melayani perangkat dengan cakupan yang dalam seperti *basement*. Terdapat pembaharuan pada lapisan protokol LTE untuk mencapai keuntungan yang signifikan. Sebuah teknik yang dipilih untuk meningkatkan jumlah retransmisi yang mencapai 128 pengulangan untuk *uplink* dan 2048 untuk *downlink*. Pengulangan ini digabungkan dengan sisi *receiver* untuk meningkatkan *Signal-to-noise Rasio* (SNR). Seiring dengan pengulangan transmisi yang sama beberapa kali, teknik lain telah digunakan untuk memperpanjang cakupan seperti lintas *subframe* estimasi saluran dan frekuensi *hopping*. Pilihan tingkat cakupan tergantung pada kondisi saluran. Tingkat cakupan ekstrem sesuai dengan tingkat daya yang diterima rendah, dan tingkat cakupan normal sesuai dengan tingkat yang diterima daya tinggi. Setiap kelas cakupan yang dipilih menentukan parameter transmisi termasuk jumlah pengulangan.

2.5 Arsitektur FOG Computing NB-IoT[9]



Gambar 2.2 FOG Computing NB-IoT[9]

FOG Computing diperkenalkan oleh CISCO, merupakan jenis komputasi yang dapat digunakan untuk penyimpanan, komunikasi dan *server* aplikasi terdistribusi. FOG Computing ini lebih berdekatan dengan perangkat *edge* yang dapat disebut sebagai komputasi *cloud*. Model komputasi FOG terdiri dari *cloud network* atau sensor yang terhubung ke internet. Lapisan pada FOG network adalah lapisan menengah yang dapat mendukung aplikasi dengan jumlah banyak. Konsep dari FOG computing membutuhkan dukungan mobilitas dan penyebaran dalam hal pengiriman dengan pemberitahuan lokasi. FOG node adalah versi kecil dari *cloud server*, tetapi menggunakan komponen yang sama seperti dalam hal jaringan dan penyimpanan. FOG node beroperasi lebih cepat dan lebih reaktif terhadap lokasi aplikasi. Ide arsitektur komputasi FOG yakni untuk mendistribusikan pengolahan data dan prosedur operasi atas berbagai perangkat yang terhubung melalui internet ke komputasi *cloud*. Fitur unik

dari komputasi FOG adalah keamanan dan privasi. Fitur lain dari FOG *computing* yakni dalam pendistribusian komputasi, yang memungkinkan berbagai aplikasi untuk bekerja dengan sadar. FOG *node* merupakan pilihan yang lebih baik dari pada *public cloud server* jika digunakan pada area sempit.

Komponen pada FOG *Computing* yakni sensor, sensor merasakan data dari atmosfer atau tempat. Misalnya sensor suhu, indera suhu dari kamar, melalui *Gateway* IoT. Mereka akan mengendus berbagai macam informasi mulai dari lokasi, cuaca/kondisi lingkungan, mesin yang bekerja, tubuh manusia, data pemeliharaan mesin untuk kebutuhan kesehatan kendaraan. Kedua yakni *Gateway* IoT yang menghubungkan ke internet agar perangkat dapat saling terhubung. *Gateway* bertindak sebagai pembawa antara jaringan internal *node* sensor dengan internet eksternal atau *World Wide Web*. Mereka melakukan ini dengan mengumpulkan data dari *node sensor* dan mengirimkannya ke internet. Ketiga yakni *Cloud Server*, data yang ditransmisikan melalui *gateway* disimpan & diproses dengan aman di dalam *cloud server* yaitu di pusat data menggunakan analitik data. Keempat ada *Remote monitoring* yang membantu pengguna akhir untuk mengontrol & memonitor perangkat mereka (mulai dari ruang termostat untuk mesin kendaraan) dari lokasi terpencil. *Remote monitoring* akan mengirim informasi data ke perangkat yang telah dihubungkan dengan *gateway* dengan informasi yang ditampilkan dapat berupa grafik, *bar* maupun diagram.

2.6 RADIO KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI)

2.6.1 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan indikator seberapa besar kuat sinyal yang di terima oleh *user* di titik tertentu. Daya terima bisa dianggap berasal dari pemancar yang memiliki arah pancar ke segala arah (*omnidirectional*). Pada tabel 2.5 menunjukkan *range* kategori RSSI dari teknologi NB-IoT.

Tabel 2.5 Kategori RSSI NB-IoT[10]

Nilai (dBm)	Keterangan
>(-60)	Sangat Bagus
(-60) s.d (-80)	Bagus
(-80) s.d (-95)	Normal
(-95) s.d (-110)	Buruk
<=(-110)	Tidak terhubung

2.6.2 Signal to Noise Ratio (SINR)

SINR merupakan perbandingan kekuatan sinyal dengan interferensi. Nilai SINR merupakan hasil dari persamaan berikut.

$$SINR = \frac{S}{I+N} \dots\dots\dots [10](2.1)$$

Dimana

S = Mengindikasikan daya dari sinyal yang diinginkan.

I = Mengindikasikan daya dari sinyal interferensi.

N= Mengindikasikan *noise background* yang berkaitan dengan perhitungan *bandwidth* dan koefisien *noise* yang diterima.

Tabel 2.6 Kategori SINR[10]

Nilai (dB)	Keterangan
>=(20)	Sangat Bagus
(13) s.d (20)	Bagus
(0) s.d (13)	Normal
<=(0)	Buruk

SINR pada 2G dikenal dengan *RxQual* dan pada 3G dikenal dengan *Ec/No*. tabel diatas merupakan *range* dari kategori kualitas SINR pada teknologi 4G.

2.7 Perancangan Jaringan Indoor

Rekomendasi dari 3GPP untuk menggunakan *bandwidth* yang kecil seperti 200 kHz untuk aplikasi IoT agar mendapatkan cakupan yang luas. Dengan memperkecil nilai *bandwidth* mencapai 200 kHz untuk NB-IoT dapat memperbaiki pada nilai *Maximum Coupling Loss* (MCL) atau *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL)[11].

Tabel 2.7 Link Budget NB-IoT[11]

No	Parameter	NB-IoT	
		<i>Downlink</i>	<i>Uplink</i>
A	Tx Power (dBm)	43	23
B	Thermal Noise Density (dBm/Hz)	-174	-174
C	Receiver Noise Figure (dB)	5	3
D	Interference Margin (dB)	3	3
E	Occupied Channel Bandwidth (Hz)	180.000	
F	Effective Noise Power (dBm) $B+C+D+10*\log(E)$	-113,45	-115,45
G	Required SINR (dB)	-10	-10
H	Rx Sensitivity (dBm) $F+G$	-123,55	-125,45
I	MCL atau MAPL (dB) $H+A$	166,45	148,45

2.8 Model Propagasi Cost 231 Multiwall

Model propagasi radio yang merupakan model empiris dan didasarkan pada pengukuran yang dilakukan oleh Okumura di daerah Tokyo. Pengukuran yang dibuat disusun dalam grafik dan pendekatan dilakukan oleh Hata untuk merumuskan pathloss yang sekarang disebut model *Cost 231 Hata Model* atau *cost 231 Multiwall*. Model ini memiliki syarat ketentuan antara lain[12]:

Tabel 2.8 Syarat Ketentuan Model Propagasi COST 231 Multiwall[12]

Parameter	Notasi	Spesifikasi
Range Frekuensi	f	150 MHz - 1500 MHz
Ketinggian Antena Pemancar	hB	30 - 200 meter
Ketinggian Antena Penerima	Hm	1 - 10 meter
Jarak Pemancar-Penerima	D	20 kilometer

Selain syarat pada tabel, model propagasi *cost 231 multiwall* juga dapat dilakukan jika tidak ada oenghalang antara pemancar-penerima dan *profil terrain* tidak berubah secara mendadak. Model propagasi dalam ruangan menggabungkan komponen *loss* secara linier, sebanding dengan jumlah dinding, ditambah bentuk kompleks dari jumlah lantai, menghasilkan nilai rugi-rugi yang berbanding lurus seiring penambahan jumlah lantai.

$$L_T = L_{FSL} + L_C + \sum_{i=1}^m L_{wi} n_{wi} + L_f n_f^{\frac{nf+2}{nf+1}-b} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- L_{FSL} = *loss free space* antara *transceiver* dan *receiver*
- L_C = *constant loss* (37 dB)
- L_{wi} = *Wall type loss* $i = 1, 2, \dots\dots$
- L_{W1} = *LLight Wall*
- L_{W2} = *LHeavy Wall*
- L_f = *Loss per Floor*
- b = *empirical parameter* (0,46)
- m = *number of wall type*
- n_f = *number of floors crossed by the path*
- n_{wi} = *number of wall crossed by the direct path*

Dimana *loss* L_f berada antara pemancar dan penerima, n_{wi} adalah jumlah dinding yang dilalui pemancar, W adalah jenis dinding, L_{W1} adalah *loss* penetrasi dinding, n_f adalah jumlah lantai yang dilalui pemancar, b dan L_C konstanta secara empiris berasal dan L_f per-lantai. Beberapa disarankan nilai adalah L_w $\frac{1}{4}$ 1:9 dB (900 MHz), 3.4 dB (1800 MHz) untuk dinding tipis, 6.9 dB (1800 MHz) untuk dinding tebal, L_f $\frac{1}{4}$ 14:8dB (900 MHz), 18.3 dB (1800 MHz) dan b $\frac{1}{4}$ 0:46 *Loss* lantai.

Tabel 2.9 Redaman pada Setiap Material[5]

Material	Redaman (dB)
<i>Glass</i>	0,8
<i>Wood</i>	2,8
<i>Brick</i>	3,5
<i>Metal</i>	6
<i>Metal door in brick wall</i>	12,4
<i>Plasterboard Wall</i>	4
<i>Bullet Proof Glass</i>	10
<i>Window</i>	2
<i>Wood Door</i>	4
<i>Cubical Wall</i>	18
<i>Steel Fire Door</i>	13
<i>Stucco</i>	14,8
<i>Cinder Block</i>	7
<i>Human Body</i>	0,24/feet

<i>Free Space</i>	0,15/feet
<i>Tree Dry Wall</i>	4
<i>Glass with Metal Frame</i>	6
<i>Steel Rollup Door</i>	11
<i>Marbie</i>	6
<i>Plexiglass</i>	0,94
<i>Plywood</i>	1,9

2.9 Terminal NB-IoT Seri F2910[13]



Gambar 2.3 Terminal NB-IoT[14]

F2910 seri NB-IoT terminal merupakan perangkat IoT yang menyediakan transfer data pada jaringan NB-IoT mengadopsi bertenaga tinggi industri 32 bit CPU dan tertanam *real time* sistem operasi. Mendukung RS232 dan RS485 *port* yang dapat dengan mudah dan transparan menghubungkan satu perangkat ke jaringan NB-IoT, memungkinkan untuk terhubung ke serial yang ada perangkat dengan hanya konfigurasi dasar dan memiliki konsumsi daya rendah. Terminal ini telah kompatibel dengan 5 saluran I/O digital, ADC, masukan pulsa *counter* dan fungsi *output* gelombang pulsa.

Jenis terminal ini telah banyak digunakan di bidang M2M, seperti pembacaan meteran nirkabel, *Smart City*, *Smart Grid*, transportasi cerdas, proteksi kebakaran, pelacakan aset, Mobile, logistik, Otomasi industri, medis digital, militer, pertanian, kehutanan, air, batubara, petrokimia dan bidang transmisi data lainnya.

Spesifikasi NB-IoT

Item	Content
F2910-E Embedded NB-IoT Terminal	
Standar dan <i>Band</i>	B5: 850MHz B8: 900MHz B20: 800MHz
<i>Bandwidth</i>	100bps~100Kbps
TX power	23±1dBm
RX sensitivity	<-129dBm

Sistem Hardware

Item	Content
CPU	Industrial 32 bits CPU
FLASH	512KB (Extendable)
SRAM	256KB(Extendable)

Tipe Interface

Item	Content
Serial	1 RS232 port and 1 RS485(orRS422) port, 15KV ESD protection Data bits: 5, 6, 7, 8 Stop bits: 1, 1.5, 2 Parity: none, even, odd, space, mark Baud rate: 110~230400 bps
Indikator	“Power”, “ACT”, "Online”
Antena	Standard SMA female interface, 50 ohm, lighting protection (optional)
SIM/UIM	Standard user card interface, support 1.8V/3V SIM/UIM card, 15KV ESD protection
Daya	Terminal block interface, reverse-voltage and overvoltage protection

Informasi lain

Model No.	Deskripsi
F2910-B5	850MHz, <i>Band5</i> , Facing China and South Korea; Support the China Telecom.
F2910-B8	900MHz, <i>Band8</i> , Facing China Europe and South Korea; Support the China Mobile and Unicom.
F2910-B20	800MHz, <i>Band20</i> , Facing Europe.

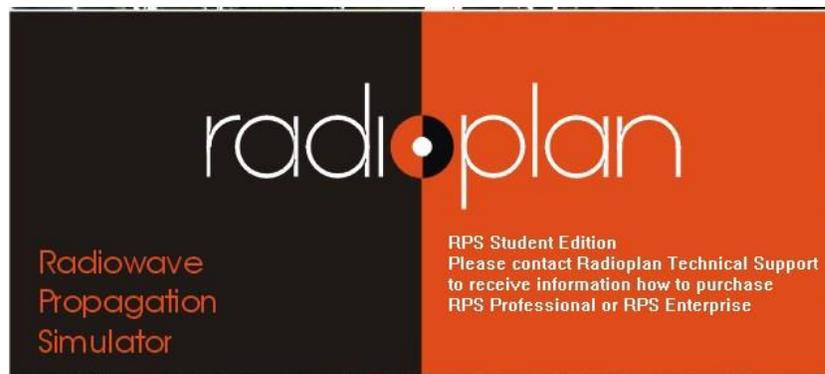


Gambar 2.4 Delock NB-IoT 900 MHz Antena SMA[14]

Spesifikasi Antena

<i>Frequency range</i>	900 MHz
<i>Antenna gain</i>	3 dBi
<i>Impedance</i>	50 Ω
<i>Operating temperature</i>	-20 °C ~ 65 °C
<i>Polarisation</i>	vertical
<i>VSWR</i>	1.5
<i>Efficiency</i>	50.86 %

2.10 Radiowave Propagation Simulator 5.4



Gambar 2.5 Tampilan Aplikasi Radiowave Propagation Simulator 5.4

Radiowave Propagation Simulator 5.4 merupakan *software* yang digunakan untuk perencanaan kinerja sistem untuk menganalisis propagasi gelombang radio atau prediksi *coverage area*. Aplikasi ini memiliki 2 pengaturan propagasi, yakni: *Cost 231 Multiwall* yang digunakan pada *area indoor* dan *Cost 231 Walfisch Okegami* yang digunakan pada *area outdoor*. Pada aplikasi ini dapat digunakan untuk menggambar wilayah maupun gedung secara 2 Dimensi dan 3 Dimensi.

2.10.1 Versi *Radiowave Propagation Simulator 5.4*

1. RPS *Enterprise* yang digunakan untuk organisasi yang lebih besar misalnya untuk operator jaringan, penyedia layanan, atau produsen sistem dengan persyaratan kinerja yang tinggi RPS *Enterprise* merupakan sistem perencanaan yang sangat efisien untuk berbagai teknologi nirkabel yang memungkinkan integrasi yang mudah dengan cara antar muka COM.
2. RPS *Professional* merupakan versi yang digunakan untuk organisasi yang lebih kecil misalnya operator lokal, konsultan, dan akademis. RPS *Professional* mencakup fungsi yang sama untuk perencanaan jaringan radio, namun simulasi ini tidak dipararelkan dan sistem perencanaan dukungan integrasi.
3. RPS *Student Version* merupakan versi yang digunakan untuk pembelajaran di area universitas ataupun yang lain, dalam versi ini banyak fitur yang kurang, dan hanya bisa untuk melakukan simulasi sederhana.

2.10.2 Karakteristik *Radiowave Propagation Simulator 5.4*

Dibawah ini merupakan penjelasan mengenai beberapa karakteristik aplikasi *radiowave propagation simulator 5.4*

1. *State-of-the-art graphical interface* (GUI) mempunyai tampilan yang bagus dan pengoperasian yang mudah.
2. Dapat menampilkan bentuk 3D bangunan dan mempunyai fungsi algoritma propagasi empiris.
3. Dapat menampilkan jejak / garis sinyal dari antenna yang dapat kita lihat untuk menentukan *coverage* antenna tersebut
4. Mendukung format file yang dapat di *import* dan *ekspor* ke aplikasi pendukung untuk konfigurasi jaringan dan yang lain