

BAB II

TEKNOLOGI WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

2.1 Mengenal WLAN.

Wireless Local Area Network yang biasa disingkat dengan WLAN merupakan teknologi alternatif dan relatif murah untuk diimplementasikan di Indonesia. Kondisi ini terjadi karena mahalnya infrastruktur kabel telepon. Yang menjadi pertimbangan dari teknologi WLAN ini adalah perangkat yang bekerja di frekuensi 2.4GHz atau yang disebut sebagai pita frekuensi *ISM* (Industrial, Scientific and Medical). Fungsi utama dari *Wireless* LAN adalah untuk menjangkau wilayah LAN yang sulit dicapai dengan kabel tembaga biasa (Copper wire), juga untuk menjangkau pengguna bergerak (mobile-Users).

2.1.1 Topologi *Wireless* Network

a. AD Hoc

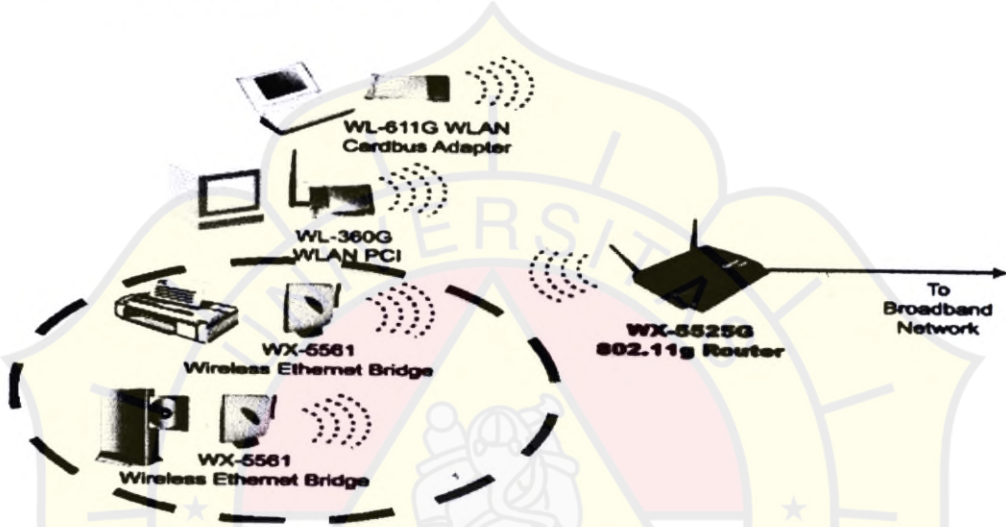
Merupakan jaringan sederhana dimana komunikasi terjadi antara 2 perangkat atau lebih pada cakupan pada area tertentu tanpa harus memerlukan sebuah *Access Point* atau Server.



Gambar 2.1 Model AD Hoc

b. Client / Server (Point To Multipoint)

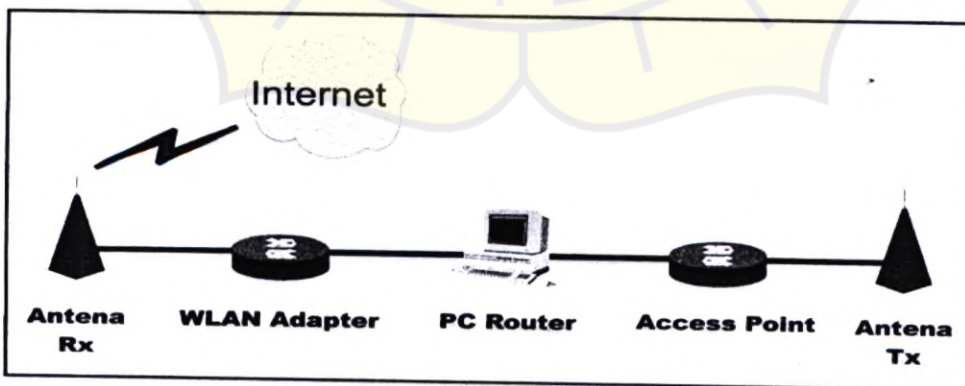
Menggunakan *Access Point* sebagai pengatur alokasi waktu transmisi untuk semua perangkat jaringan dan megijinkan perangkat jaringan mobile melakukan proses roaming dari sel ke sel.



Gambar 2.2 Model Client/Server

2.1.2 Perangkat Wireless Local Area Network

Ada beberapa komponen utama dalam membangun jaringan WLAN seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.3 Arsitektur Wireless Local Area Network

1 Access Point

Merupakan Perangkat yang menjadi sentral koneksi dari ISP ke klien, atau dari kantor cabang ke kantor pusat jika jaringannya adalah milik sebuah perusahaan. *Access Point* ini berfungsi mengkonversikan sinyal digital menjadi sinyal frekuensi radio (RF) yang akan disalurkan melalui kabel, atau disalurkan ke perangkat WLAN yang lain dengan dikonversikan ulang menjadi sinyal frekuensi radio.

Komponen logic dari *Access Point* adalah **ESSID** (Extended Service Set Identification) yang merupakan standard dari IEEE 802.111. Dalam segi keamanan IEEE mengeluarkan standarisasi *Wireless Encryption Protocol* (WWEP), aplikasi yang sudah ada di dalam setiap PCMCIA Card yang berfungsi meng-encrypt data sebelum ditransfer ke sinyal RF, dan meng-encrypt kembali data dari sinyal RF.

2 Router

Merupakan suatu hardware dan software untuk membuat rute suatu jaringan sehingga terjadi komunikasi antar perangkat. Router ini merupakan komponen yang penting dalam suatu jaringan telekomunikasi. Dari sisi hardware router ini bisa berupa PC biasa atau alat yang hanya berfungsi sebagai router misalnya Routerboard, sedangkan di sisi software yang digunakan adalah Cisco, Mikrotik, Linux, dll.

3 Wireless LAN Adapter

Merupakan device yang dipasang di *Access Point* atau Mobile/Desktop PC, device yang dikembangkan secara massal adalah dalam bentuk PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) card:

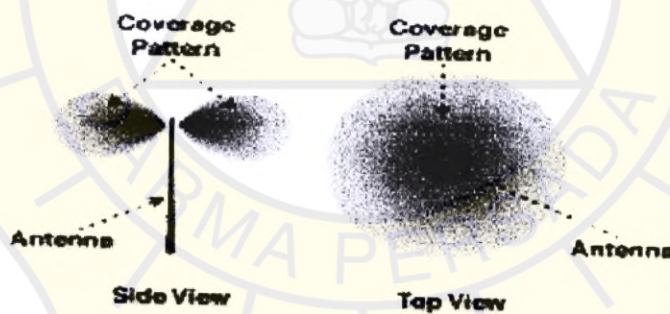
4 Antena

Antena RF merupakan suatu alat yang digunakan untuk merubah sinyal frekuensi yang tinggi dalam suatu saluran transmisi (kabel atau waveguide) ke dalam gelombang propagasi di udara. Berikut ini adalah kategori umum dari antenna RF :

- Omni-directional
- Directional

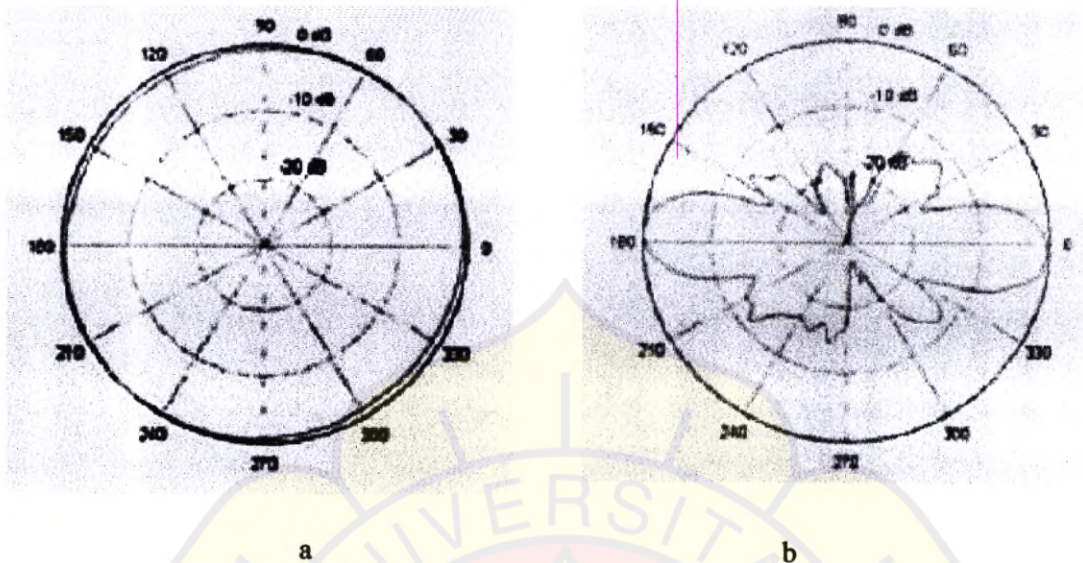
a. Antena Omni-directional

Antena *Omnidirectional* pada umumnya mempunyai pola radiasi 360 derajat apabila pola radiasinya dilihat pada bidang medan magnet (H). Gain antenna *Omnidirectional* antara 3 dBi sampai 12 dBi. Antena tersebut menggunakan sambungan *Point to Multi Point (P2MP)*.



Gambar 2.4 Pola Radiasi Antena *Omnidirectional*

Gambar 2.4 merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antenna *omnidirectional*, apabila dalam koordinat polar atau grafik pola radiasi seperti gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Bentuk pola radiasi gelombang antenna *Omnidirectional*

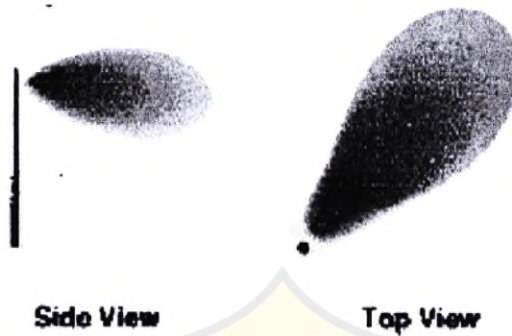
(a) Pola radiasi bidang medan magnet (H)

(b) Pola radiasi bidang medan listrik (E)

Sectoral antenna hampir sama dengan antenna omni dimana digunakan untuk komunikasi *Point to Multipoint* (P2MP). Daerah cakupan hanya berkisar antara 45 sampai 180 derajat dan memiliki gain yang lebih besar dari omni yaitu berkisar antara 10 sampai 19 dBi. Dalam komunikasi P2MP antenna sectoral mampu melayani jarak hingga 6 sampai 8 Km.

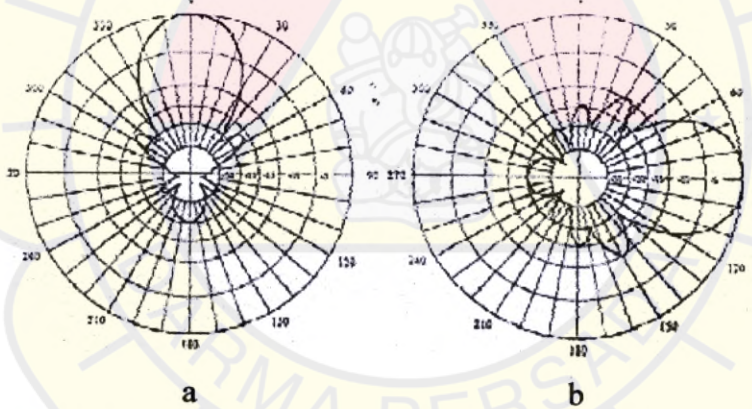
b. Antena Directional

Antena *Directional* biasanya digunakan oleh client, dikarenakan antenna ini mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh daripada antenna lainnya. Ada beberapa macam antenna *Directional* antara lain: Yagi, plat panel, parabola, tin can antenna, parabolic reflektor dan lain-lainnya. Pola radiasi antenna ini digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.6 Pola Radiasi Antena *Directional*

Gambar 2.6 merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena *Directional*, apabila dalam koordinat polar atau grafik pola radiasi seperti gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Bentuk pola radiasi gelombang antena *Directional*

- (a) Pola radiasi bidang medan magnet (H)
- (b) Pola radiasi bidang medan listrik (E)

5 Kabel

Banyak kabel *coaxial* yang bisa digunakan, salah satu contohnya adalah kabel heliak $\frac{1}{2}$ LDF, dimana kabel Heliax $\frac{1}{2}$ memiliki *loss* yang kecil sekitar 0,123dB/m dan harganya tidak terlalu mahal dan disamping itu pula kabel tersebut gampang

didapat di Indonesia, disamping kabel Heliac dibutuhkan pula konektornya, yaitu memakai konektor Andrew. Disamping pemilihan kabel heliac dibutuhkan pula kabel pigtail yang menghubungkan *Access Point* ke kabel Heliac, jenisnya ada beberapa macam tergantung dari jenis konektor Andrew yang dipakai pada sisi kabel Heliac . gambar dibawah ini merupakan bentuk fisik dari kabel Heliac



Andrew Corporation Heliac

Gambar 2.8 Bentuk fisik dari kabel Heliac

2.2 Standar IEEE 802.11

Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) melakukan diskusi, riset dan pengembangan terhadap perangkat jaringan yang kemudian menjadi standarisasi untuk dijadikan sebagai perangkat jaringan, adapun standarisasinya seperti terlihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1 Standar IEEE 802.11

Standar	Topik
802.1	LAN/MAN Management and Media Access Control Bridges
802.2	Logical Link Control (LLC)
802.3	CSMA/CD (Standar untuk Ethernet Coaxial atau UTP)
802.4	Token Bus
802.5	Token Ring
802.6	Distributed Queue Dual Bus (DQDB) MAN

802.7	Broadband LAN
802.8	Fiber Optic LAN & MAN (standar FDDI)
802.9	Integrated Services LAN Interfaces (Standar ISDN)
802.10	LAN/MAN security (untuk VPN)
802.11	<i>Wireless</i> LAN (<i>WiFi</i>)
802.12	Demand Priority Access Method
802.15	<i>Wireless</i> PAN (Personal Area Network) untuk IrDA dan Bluetooth
802.16	Broadband <i>Wireless</i> Access (Standar untuk <i>WiMAX</i>)

Standar IEEE 802.11 mengkhususkan pengembangan teknologi lapisan fisik dan link WLAN (Lapisan 1 dan 2 OSI). Ada 6 standar yang dipakai yaitu :

- 802.11a, 5Ghz dengan teknologi **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex) yang mendukung transfer data hingga 54 Mbps
- 802.11b *DSSS* pada lapisan fisik dengan transfer data 5.5 sampai 11Mbps.
- 802.11e, pengembangan aplikasi LAN dengan Quality of Service (QoS), keamanan dan autentifikasi untuk aplikasi seperti suara, steaming media dan konferensi video.
- 802.11f, rekomendasi praktis untuk Multi-Vendor *Access Point* Interoperability melalui *Inter-Access Point* Protocol Access Distribution Sistem Support.
- 802.11g, standard untuk penggunaan *DSSS* dengan transfer 20Mbps dan OFDM 54Mbps. Standard ini backward-compatible dengan 802.11b dan bias dikembangkan sampai lebih dari 20Mbps.
- 802.11h, Mendefinisikan pengaturan spektrum 5 Ghz yang digunakan di Eropa dan Asia Pasifik

- 802.11j, Menyediakan keamanan yang lebih baik. Penentuan alamat untuk mengantisipasi kelemahan keamanan pada protokol autentifikasi dan enkripsi
- 802.11h, Penambahan pengalamatan pada channel 4,9 hingga 5 Ghz untuk standar
- 802.11a di jepang

Tabel 2.2 Perbandingan standar IEEE 802.11

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Frequency	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Data Rate(s)	1, 2 Mbps	5, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 15, 24, 36, 48, 54 Mbps
Modulation	FHSS, DSSS	OFDM	DSSS	OFDM
Effective Data Throughput	1.2 Mbps	32 Mbps	5 Mbps	32 Mbps
Advertised Range	300 feet	225 feet	300 feet	300 feet
Encryption Available?	Yes	Yes	Yes	Yes
Encryption Type	40-bit RC4	40-bit, 104-bit RC4	40-bit, 104-bit RC4	40-bit, 104-bit RC4
Provides Authentication?	No	No	No	No
Network Support	Ethernet (IEEE 802.3)	Ethernet (IEEE 802.3)	Ethernet (IEEE 802.3)	Ethernet (IEEE 802.3)

2.2.1 Standar IEEE 802.11b

Meskipun standar 802.11 telah sukses mengizinkan *DSSS* sebaik sistem *FHSS*, teknologi telah membuat perkembangan standar. Segera setelah persetujuan dan pengimplementasian dari 802.11, *Wireless LAN DSSS* sedang mengubah kecepatan data hingga 11 Mbps. Tetapi, tanpa standar untuk memandu penggunaan

dari beberapa peralatan akan dapat menjadi permasalahan dengan interoperabilitas dan implementasi. Banyak pabrik yang mengatasi kebanyakan permasalahan implementasi, jadi tugas IEEE adalah relatif mudah yaitu menciptakan suatu standard mengikuti penggunaan umum dari *Wireless LAN* pada market/pasar. Hal tersebut bukanlah sesuatu yang luar biasa untuk standard yang mengikuti teknologi dengan cara ini, terutama sekali ketika teknologi meningkat dengan cepat. IEEE 802.11b, dikenal sebagai " High-Rate" dan Wi-Fi™, menetapkan sistem rangkaian direct (*DSSS*) yang beroperasi pada 1, 2, 5.5 dan 11 Mbps.

Kecepatan data dari alat 802.11b adalah hasil dalam menggunakan suatu teknik pengkodean yang berbeda. Meskipun demikian sistem ini masih suatu sistem rangkaian direct/langsung, caranya *Chip* dikodekan (CCK dibanding Barker Kode) bersama dengan cara informasi yang dimodulasi (QPSK pada 2, 5.5,& 11 Mbps dan BPSK pada 1 Mbps) mengijinkan suatu jumlah data yang lebih besar untuk ditransfer dalam batasan waktu yang sama. Produk. Produk 802.11b beroperasi hanya dalam band 2.4 GHZ *ISM* antara 2.400 dan 2.483 MHz.

Hal lain yang perlu diperhitungkan baik-baik juga adalah penggunaan frekuensi supaya tidak saling mengganggu satu dengan lainnya. Pada band 2.4 GHz yang dialokasikan untuk komunikasi data *Wireless LAN* adalah antara 2.4-2.485 GHz. Band tersebut di bagi dalam sebelas (14) kanal seperti tampak pada tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Alokasi kanal WLAN IEEE 802.11b frekuensi 2,4 GHz

Kanal	Frekuensi tengah	Kanal	Frekuensi tengah
1	2412 MHz	8	2447 MHz
2	2417 MHz	9	2452 MHz
3	2422 MHz	10	2457 MHz
4	2427 MHz	11	2462 MHz
5	2432 MHz	12	2467 MHz
6	2437 MHz	13	2472 MHz
7	2442 MHz	14	2484 MHz

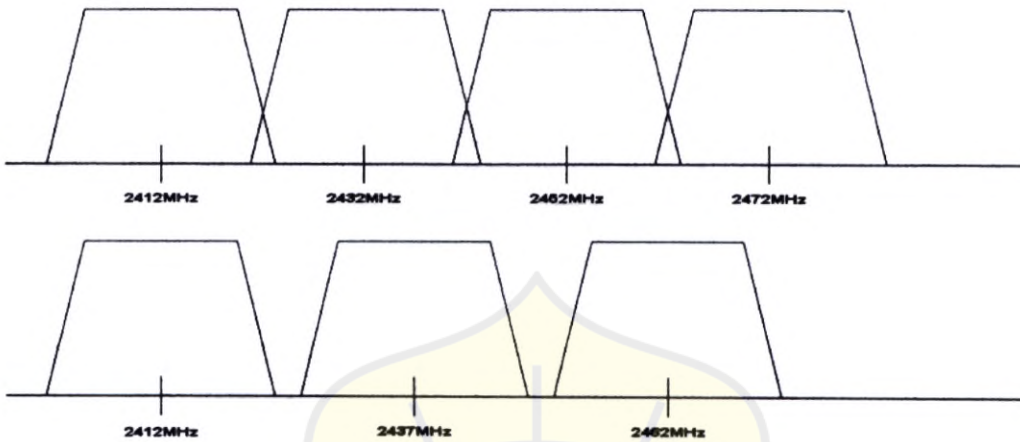
Jika diperhatikan baik-baik maka terlihat bahwa jarak frekuensi tengah antar kanal hanyalah 5MHz, padahal lebar total bandwidth sebuah pemancar Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) yang digunakan dalam *Wireless LAN* adalah 22MHz, oleh karena itu pada kanal di atas sebetulnya sinyal yang dipancarkan antar kanal akan saling meng-interferensi satu sama lain – atau istilah lebih halusnya sinyal antar kanal akan saling overlap.

Pada band 2.4GHz hanya ada maksimum tiga (3) kanal saja yang sinyal-nya tidak saling overlap yaitu:

Kanal 1 2.412 GHz

Kanal 6 2.437 GHz

Kanal 11 2.462 GHz



Gambar 2.9 Tiga set kanal yang tidak saling overlap (kanal 1, 6, 11)

2.3 Teknik Modulasi dan Pengkodean pada WLAN

Teknik modulasi yang digunakan oleh standar IEEE 802.11 adalah *Differential Binary Phase Shift Keying* (DBPSK) untuk kecepatan 1 Mbps dan *Differential Quadrature Phase Shift Keying* (DQPSK) untuk kecepatan 2 Mbps, sedangkan pada standar IEEE 802.11b ditambahkan teknik modulasi *Complementary Code Keying* (CCK) untuk kecepatan 5.5 Mbps dan 11 Mbps, dengan pilihan penggunaan modulasi *Packet Binary Convolution Coding* (PBCC) dimungkinkan untuk peningkatan performa. Agar kompatibel dengan generasi 802.11 yang lama, 802.11b dapat menurunkan kecepatan transfer ke 5.5 Mbps, 2 Mbps atau 1 Mbps secara otomatis yang disesuaikan dengan kondisi jarak, interferensi, derau, kekuatan sinyal atau jika berkomunikasi dengan *adapter* 802.11.

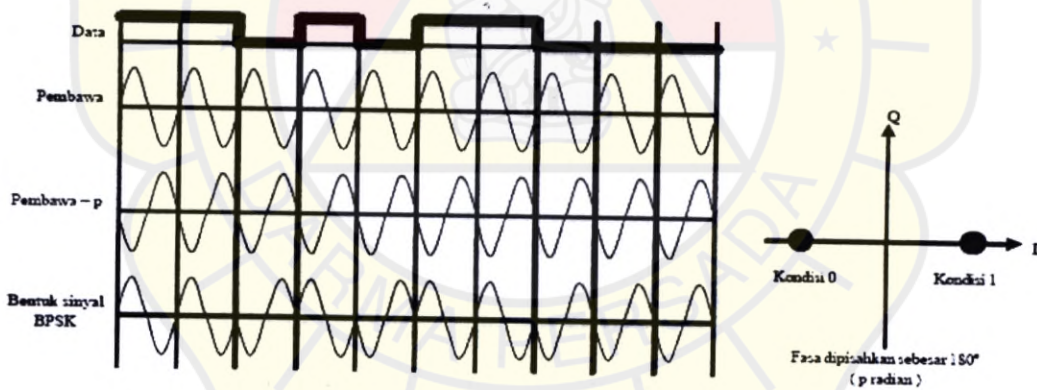
Deretan bit-bit *11 Chip Barker sequence* yang digunakan untuk modulasi 1 Mbps dan 2 Mbps adalah: +1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1 *Chip* yang ada

paling kiri harus menjadi keluaran terlebih dahulu, *Chip* yang pertama tersebut harus disejajarkan pada awal mula transmisi, panjang simbol harus tepat 11 *Chip*.

2.3.1 Differential Binary Phase Shift Keying (DBPSK)

Disebut *Binary PSK* karena hanya ada dua keadaan biner. Disini data "1" diwakili oleh polaritas positif ($+90^\circ$) dan data "0" diwakili oleh polaritas negatif (-90°), sehingga kedua polaritas ini memiliki perbedaan fasa sebesar 180° . Digambarkan pada Gambar 2.10.

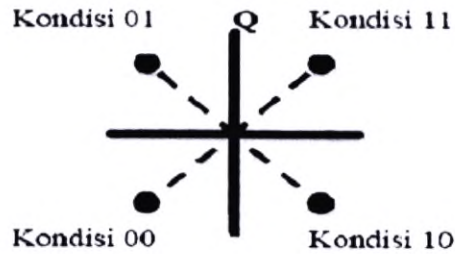
Secara teoritis, perpindahan dari "1" ke "0" dan sebaliknya menghasilkan perubahan fasa yang tajam sehingga lebar pita menjadi tak terhingga, namun pada prakteknya tidaklah demikian karena akan terjadi penghalusan pada saat transmisi.



Gambar 2.10 DBPSK

2.3.2 Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK)

Disebut *Quadrature PSK* karena memiliki empat keadaan biner. *DQPSK* sanggup memberikan dua bit informasi sekaligus karena pergeseran fasa yang diberikan adalah empat buah, yaitu $+135^\circ$, $+45^\circ$, -45° , -135° , terlihat Gambar 2.10. Jadi setiap data mengandung dua bit informasi.



Fasa pembawa :
 $\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4$
 Memiliki efisiensi 2x lipat dari BPSK

Gambar 2.11 DQPSK

2.3.3 Complementary Code Keying (CCK)

CCK tetap menggunakan *Chip* dengan kecepatan 11 MChips/s, namun panjang deretan bit yang digunakan hanyalah 8 bit, kedelapan bit tersebut membentuk sebuah simbol, dan dengan kecepatan simbol sebesar 1375 Msymbols/s membuat transmisi data 11 Mbps cukup untuk dilewatkan pada lebar pita yang hanya cukup untuk melewati 2 Mbps dengan menggunakan modulasi QPSK. Sedangkan untuk kecepatan transmisi 5.5 Mbps hanya digunakan panjang deretan 4 bit saja. Ini penting untuk memaksimalkan transfer data pada jaringan *Wireless LAN* dan merupakan salah satu alasan mengapa digunakan teknik modulasi CCK.

Kedelapan bit tersebut berguna untuk mengkodekan parameter parameter fasa menurut table dibawah ini:

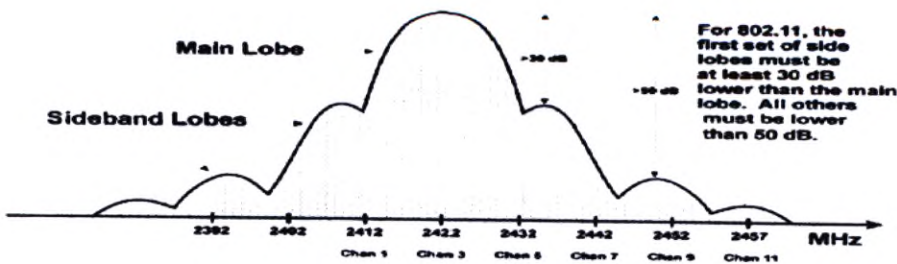
Tabel 2.4 Parameter fasa

Dbit	Parameter Fasa
(d1,d0)	F1
(d3,d2)	F2
(d5,d4)	F3
(d7,d6)	F4

2.3.4 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Dikenal juga sebagai Direct Sequence Code Division Multiple Access (DS-CDMA), DSSS merupakan salah satu cara untuk menyebarkan modulasi sinyal digital di udara. Rentetan informasi dikirim dengan membagi sekecil mungkin sinyal, lalu ditumpangkan pada kanal frekwensi yang ada di dalam spektrum tertentu.

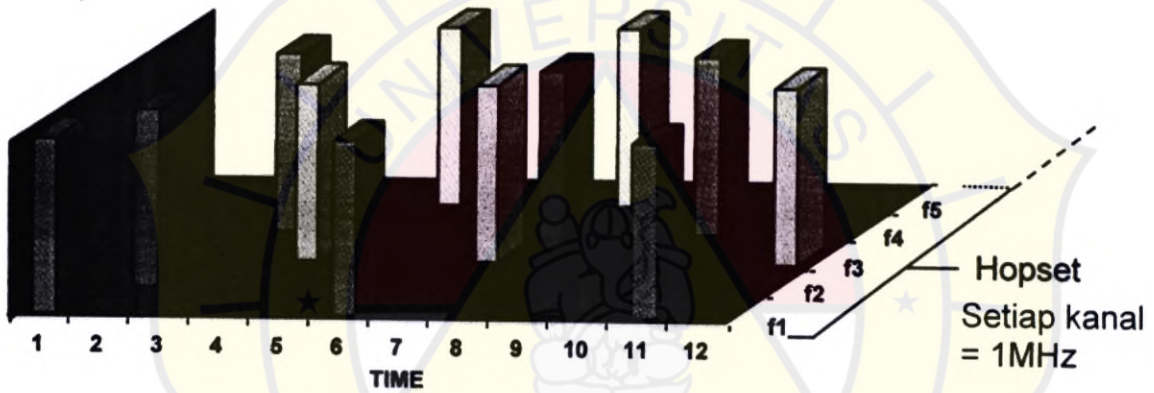
Pada saat dipancarkan, data di kombinasi dengan rentetan bit data yang lebih tinggi (disebut *Chipping code*) untuk kemudian datanya dibagi menurut rasio tertentu. Transmitter dan Receiver harus di sinkronisasi dengan kode acak yang sama. *Chipping code* membantu sinyal lebih tahan terhadap interference dan juga memungkinkan data aslinya bisa di perbaiki jika ternyata rusak selama pengiriman.



Gambar 2.12 Direct Sequence Spread Spectrum

2.3.5 Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Dikenal juga sebagai Frequency Hopping Code Division Multiple Access (FH-CDMA), radio *FHSS* dipancarkan dengan meloncat-loncat diantara frekwensi yang sudah tersedia dan mengikuti satu alogaritma tertentu, baik secara acak atau tertentu. Transmitter di sinkronisasi dengan Receiver, sehingga tetap berada di frekwensi tengah-nya.



Gambar 2.13 Frequency Hopping Spread Spectrum

Coding Dan Modulation 802.11 & 802.11b

Tabel 2.5 Penggunaan Coding dan Modulasi pada standar IEEE 802.11 & 802.11b

	Spreading Code	Modulation Technology	Data Rate
2.4 GHz DSSS	Barker Code	DBPSK	1 Mbps
	Barker Code	DQPSK	2 Mbps
	CCK	DQPSK	5.5 Mbps
	CCK	DQPSK	11 Mbps
2.4 GHz FHSS	Barker Code	2GFSK	1 Mbps
	Barker Code	4GFSK	2 Mbps

2.4 Sistem Line Of Sight

Pada propagasi ini gelombang menjalar dalam garis lurus, transmitter dan receiver berada dalam jarak pandang dan menggunakan daya pemancar yang *relative* kecil dengan jarak link sekitar 1 - 100 Km. Propagasi *Line Of Sight* menggunakan *Ultra High Frequency* (UHF) 1 Ghz atau lebih. Pada frekuensi ini gelombang elektromagnetik memiliki sifat pantulan gelombang cahaya, karena itu perlu adanya sistem *Line Of Sight* agar komunikasi dapat berjalan..

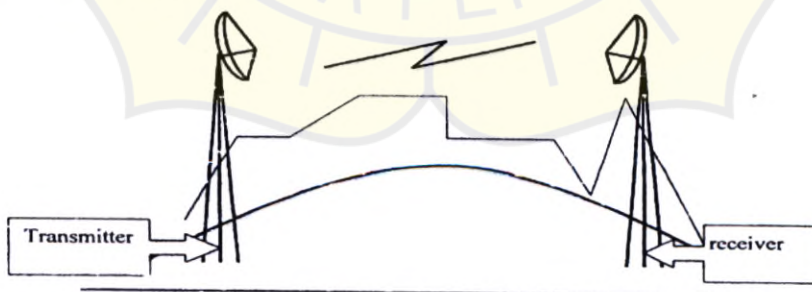
Ada dua jenis *Line Of Sight* yaitu :

1. Optical Line Of Sight

Kondisi antara pemancar dan penerima dapat terlihat secara langsung tanpa ada halangan yang dapat menutupi lintasan gelombang.

2. Radio Line Of Sight

Kondisi antara pemancar dan penerima dapat menerima gelombang dengan baik yang dikirim dari pemancar tanpa adanya proses Refleksi, Refraksi dan Difraksi gelombang.



Gambar 2.14 Sistem Line Of Sight

2.5 Kalkulasi Link

Kalkulasi *link* adalah analisis perhitungan panjangnya suatu lintasan (*link*). Yang dimaksud disini adalah untuk menetapkan parameter-parameter operasi yang digunakan dalam sistem. Dalam Kalkulasi Link ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu antara ISP (Pemancar) dengan Server (Penerima) yang menjadi *Backbone* atau jalur utama dan antara Server (Pemancar) dengan Client yang disebut sebagai Access Point.

Dalam kalkulasi link dari ISP ke Server RT/RW-net parameter yang digunakan adalah *Fresnel Zone*, Gain Antena, *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP), *Free Space Loss* (Rugi Ruang Bebas), *Isotropic Receive Level* (IRL), *Receive Signal Level* (RSL), *Noise Figure*, E_b/N_0 , *Carrier to Noise*, *Fade Margin*. Sedangkan dalam kalkulasi link dari pemancar RT/RW-net ke client parameter yang digunakan sama seperti pada kalkulasi link dari ISP ke Server RT/RW-net namun ditambah dengan *Path Loss* karena antara pemancar dan client tidak berada pada satu garis lurus (Non line Of Sight).

2.5.1 Fresnel Zone

Daerah *fresnel* atau lebih sering disebut *Fresnel Zone* adalah daerah berbentuk circular memanjang antara Tx dan Rx yang dianggap aman untuk komunikasi *Line Of Sight*, besarnya sangat ditentukan oleh jarak dan frekuensi pancar yang digunakan. Daerah *Fresnel 1* adalah tempat kedudukan dimana titik-titik yang

mempunyai selisih jarak tetap, dari dua buah lokasi yang tepat pula, yaitu kelipatan dari setengah panjang gelombang radio yang dioperasikan.

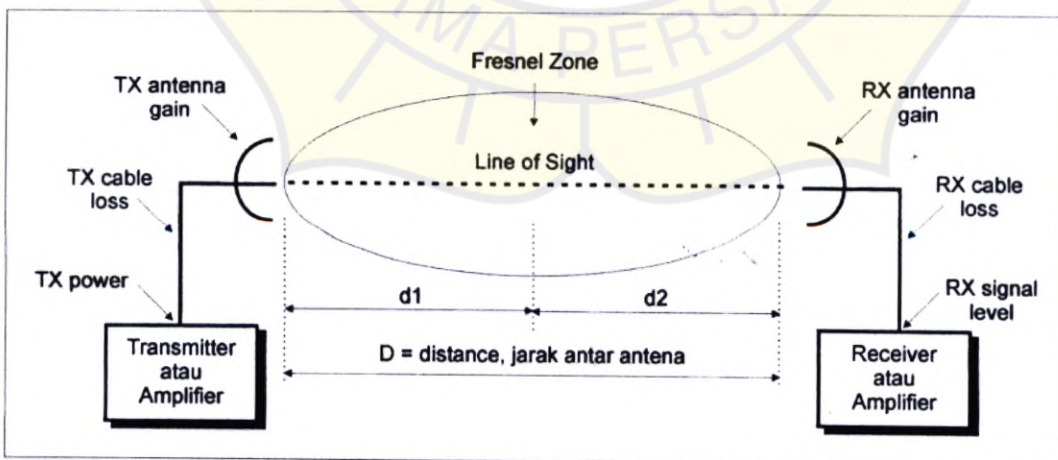
Fresnel Zone 1 ini memegang peranan yang sangat penting dalam pentransmisikan energi gelombang mikro, dimana bentuk *Fresnel Zone* 1 ini berupa ellipsoid.

Jari-jari Daerah *Fresnel* 1, di notasikan dengan (F), pada titik sembarang antara dua titik pemancar dan titik penerima. Dimana:

$$F = 17,3 \sqrt{\frac{(d_1 \times d_2)}{(f_{(Ghz)} \times D_{(KM)})}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- f = Frekuensi kerja. (GHz)
- d₁ = Jarak dari penghalang kepemancar terdekat (Km)
- d₂ = Jarak dari penghalang kepenerima terdekat (Km)
- D = Jarak total dari pemancar kepenerima (Km)



Gambar 2.15 Jari-jari *Fresnel*

Untuk memperoleh Line of Sight yang baik, minimal 60 % dari dari *Fresnel Zone* yang pertama ditambah 3 meter harus bebas dari berbagai hambatan. Sebagai gambaran, *clearance* yang dibutuhkan untuk beberapa jarak antara pemancar dengan penerima dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Clearance zone

Jarak (KM)	Clearance minimal (m)
1	3.3
3	6.0
4	7.0
5	7.5
6	8.3
7	9.0

2.5.2 Gain Antena

Gain antena adalah parameter pokok dalam teknik radio link. *Gain* biasanya ditunjukkan dalam bentuk *decibel* (dB) dan merupakan penggambaran dari konsentrasi dari power radiasi dalam memberikan arah. *Gain* antena terletak pada setiap sisi antena. Pada antena *isotropic* ditunjukkan dalam bentuk dB. Sebuah antena *isotropic*, secara teoritis merupakan antena dengan penguat 1 (dB). Dengan kata lain, adalah sebuah antena yang beradiasi kesegala arah.

Untuk antenna *parabolic* tipe *reflector*, gain merupakan fungsi dari diameter parabola (d) dan frekuensi (f). Secara teoritis, *gain* antenna (G) ditunjukkan oleh persamaan :

$$G_{(dB)} = 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log d_{(m)} + 17,8 \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana :
- G = Gain antenna (dB)
 - f = frekuensi (GHz)
 - d = diameter antenna (m)
 - 17,8 = konstanta

2.5.3 Free Space Loss (Rugi Ruang Bebas)

Free space loss didefinisikan sebagai *loss* yang terjadi oleh sebuah gelombang elektromagnetik yang dipropagasikan dalam suatu garis lurus melalui sebuah *vacuum* dengan tidak ada penyerapan atau refleksi energi dari objek terdekat. Ekspresi untuk *free space loss* diberikan sebagai berikut :

$$FSL = \left[\frac{4\pi D}{\lambda} \right]^2 = \left[\frac{4\pi f D}{c} \right]^2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Dalam decibel, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$FSL_{(dB)} = 20 \log \frac{4\pi D}{c} = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D$$

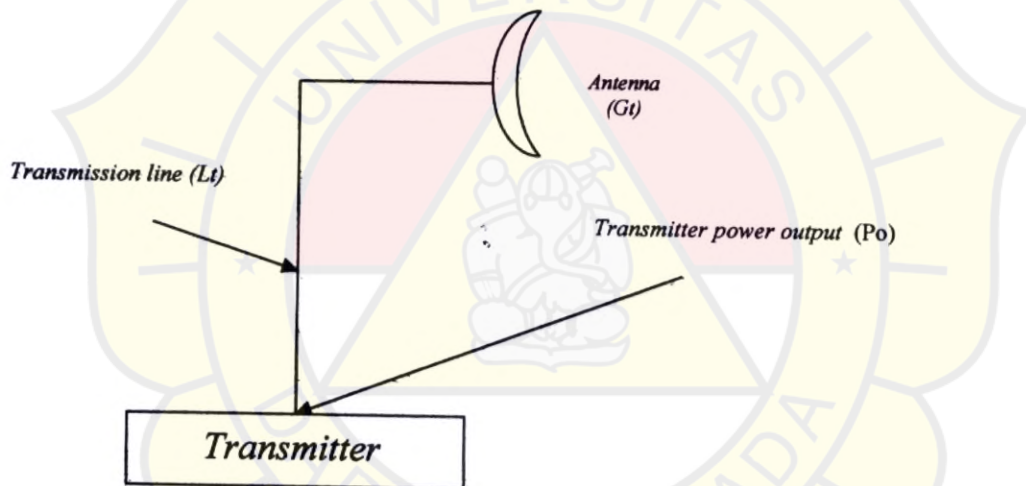
$$FSL_{(dB)} = 92,4 + 20 \log f_{(GHz)} + 20 \log D_{(KM)} \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- FSL = free space loss (dB)
 - D = jarak (Km)
 - F = frekuensi (GHz)

- λ = panjang gelombang (m)
- c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

2.5.4 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power adalah menghitung penjumlahan dalam satuan *decibel* : *output power* pemancar (dalam dBm atau dBW), redaman saluran transmisi dalam dB (bernilai negative karena merupakan redaman) dan *gain* antena dalam dB.



Gambar 2.16 Element EIRP

Secara rumus dapat ditulis sebagai berikut :

$$EIRP_{(dBW)} = P_t + G_t(dBi) - L_t(dB) \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dimana : P_0 = *output power RF transmitter* (dBW)
- G_t = *Gain antena pemancar* (dB)
- L_t = *redaman saluran transmisi* (dB)

$$EIRP_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + FSL_{(dB)} \dots\dots\dots(2.6)$$

2.5.5 Isotropic Receive Level (IRL)

Isotropic Receive Level adalah batasan RF *power level* pada antenna penerima. Dapat juga dikatakan sebagai power yang diukur pada sebuah *isotropic* antenna penerima. Perhitungan secara grafik ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

Secara rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$IRL_{(dBW)} = EIRP_{(dBW)} - FSL_{(dB)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : FSL = Rugi ruang bebas (dB)

$$EIRP = P_o + G_t - L_t$$

$$IRL_{(dBW)} = RSL_{(dBW)} - G_{rx} (dB) + L_{rx}(dB) \dots\dots\dots(2.8)$$

2.5.6 Receive Signal Level (RSL)

Receive Signal Level (RSL) adalah *power level* yang memasuki tingkatan pertama aktif pada sistem penerimaan. Besarnya *level* penerimaan adalah besarnya daya yang dipancarkan distasiun pemancar dikurangi dengan saluran disisi pemancar ditambah dengan perolehan pada antenna disisi pemancar kemudian dikurangi dengan rugi-rugi propagasi lalu ditambah perolehan pada sisi penerima, yang dapat dirumuskan:

$$RSL_{(dBW)} = IRL_{(dBW)} + G_r (dB) - L_r (dB) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : G_r = Gain antenna penerima (dB)

L_r = Redamaan antenna untuk menerima sinyal (dBW)

$$RSL_{(dBW)} = E_b/N_o + 10 \log (\text{Bitrate}) - 204 + NF \dots\dots\dots(2.10)$$

2.5.7 Receiver Thermal Noise Level

Thermal noise level sebuah penerima adalah fungsi *noise figure* penerima dan *bandwidth*-nya. Untuk sistem radio analog, *thermal noise level* penerima dihitung dengan menggunakan *bandwidth intermediate Frekuensi* (IF). Untuk sistem digital, noise level hanya 1 Hz bandwidth dengan menggunakan notasi *No*, *noise level* dalam *bandwidth* 1 Hz.

Noise adalah sebuah *device self generates* yang diberikan oleh *noise figure* (dB) atau nilai temperatur noise. Setiap perangkat, meskipun merupakan perangkat pasif, diatas nilai nol menghasilkan *thermal noise*. Kita megetahui bahwa *power noise level* dalam bandwidth 1 Hz dari suatu perangkat penerima yang baik adalah bernilai nol. Maka : $P_n = -228,6 \text{ dBW/Hz}$;

Dimana P_n adalah noise power level. Nilai ini banyak dikenal orang sebagai konstanta *Boltzmann's* dalam dBW.

Kita dapat menghitung *thermal noise level* dari perangkat penerima pada temperatur ruang dengan menggunakan rumusan :

$$P_n : -228,6 \text{ dBW/Hz} + 10 \log 290^\circ \text{ K}$$

$$P_n : -204 \text{ dBW/Hz}$$

Nilai 290° Kelvin adalah nilai temperatur ruangan atau besarnya sekitar 17° C atau 68° F .

• *Noise figure* memberitahukan kepada kita berapa besar noise yang harus ditambahkan ke sebuah sinyal selagi melalui sebuah perangkat. *Noise Figure* (dB) adalah perbedaan dalam perbandingan sinyal terhadap *noise* antara *input* ke perangkat dan *output* ke perangkat yang sama.

Kita dapat mengkonversikan *noise figure* terhadap *noise temperatur* dalam kelvin dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$NF_{dB} = 10 \log (1 + T_e/290) \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana : T_e adalah efektif *noise* temperatur sebuah perangkat.

Thermal noise power level dari sebuah perangkat yang beroperasi pada temperatur ruang adalah :

$$P_n = -204 \text{ dBW/Hz} + N_{fdB} + 10 \log (\text{IF Bandwidth Hz}) \dots \dots \dots (2.12)$$

2.5.8 Fade Margin (FM)

Pada perambatan gelombang radio akan terjadi pemantulan oleh permukaan bumi, sehingga pada penerima akan menerima dua gelombang yang berbeda yaitu gelombang langsung dan gelombang pantul yang jarak tempuh dan waktu perambatan yang berbeda sehingga menimbulkan level daya yang diterima berbeda pada ujung penerima. Perbedaan level daya terima untuk daya pancar yang tetap inilah disebut *fading*.

$$FM_{(dB)} = RSL_{(dBW)} - P_{TH(dBm)} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana: P_{TH} = level daya threshold penerima (dBm)

Untuk menentukan *Fade Margin*, tanpa melakukan tes secara langsung terhadap jalur, sulit dalam perencanaan sistem radio. Oleh karena itu diadakan suatu pendekatan dalam menentukan *Fade Margin* yang disebut *Fading Reyleigh*.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya fenomena *fading* adalah pembiasan, pantulan, difraksi, hamburan dan redaman gelombang radio. Jenis umum yang terjadi pada frekuensi dibawah 10 GHz adalah *Multipath Fading*.

2.5.9 Eb /No

Dalam sistem digital kita menggunakan Eb/No yang berarti perbandingan energi per bit noise spectral density. Kita dapat menghubungkan Eb/No terhadap bit error rate (BER) yang diberikan pada tipe modulasi.

Eb adalah energi per bit. Andaikan RSL 1 Watt dan menerima 1.000 bit per detik maka besarnya energi yang dihasilkan dalam 1 bit adalah 1 mW. Kita bagi 1 Watt dengan 1.000 bit per detik. Dalam radio yang bekerja lebih melakukannya pada divisi logaritma karena kita bekerja dalam desibel. Eb dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$Eb = RSL (dBW) - 10 \log (\text{Bit rate bps}) \dots\dots\dots(2.14)$$

sedang No dapat dihitung dengan menggunakan rumusan :

$$No = -204 + NF \dots\dots\dots(2.15)$$

sekarang kita dapat memberikan rumusan untuk Eb/No :

$$Eb/No = RSL_{dBW} - 10 \log (\text{Bit rate}_{bps}) - 10 \log \frac{K}{0,001} + 10 \log T \dots\dots\dots(2.16)$$

$$E_b/N_o = (RSL - 10 \log 11 \times 10^6) - (10 \log \frac{1.3803 \times 10^{-23}}{0,001} + 10 \log 290)$$

2.5.10 Carrier To Noise (C/N)

Carrier-To-Noise (C/N) merupakan parameter terpenting yang harus dipertimbangkan untuk mengetahui kinerja dari sebuah sistem komunikasi gelombang mikro (*microwave*). C/N adalah perbandingan lebar pita “carrier” dengan *wideband noise power* (penerima dari *noise wideband*). C/N dapat ditentukan pada RF atau titik IF diterima. C/N dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$C/N_{dB} = RSL_{(dBW)} - N_{(dBW)} \dots \dots \dots (2.17)$$