

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Wireless LAN*

Wireless Local Area Network (WLAN) adalah LAN yang menggunakan transmisi radio, bukan menggunakan kabel atau serat optik. WLAN memungkinkan transfer data berkecepatan tinggi tanpa kawat/kabel. Teknologi ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1999 dan dapat mendukung berbagai aplikasi seperti *e-mail*, transfer data, *audio/video conferencing*, dan lain-lain. IEEE 802.11 – 1999 adalah dasar dari pengembangan selanjutnya dari WLAN. Distandarisasi oleh IEEE 802.11, yang merupakan anggota dari IEEE 802 *LAN/MAN Standards Committee* (LMSC). Dimulai pada tahun 1991 untuk menstandarisasi teknologi jaringan data yang berbasis *Radio Frequency* (RF) 1 Mb/s dan kemudian selesai pada 1999 dengan diperkenalkannya standar WLAN 802.11 yang pertama dan terus mendorong untuk perkembangan teknologi WLAN di seluruh dunia.^[1]

1. *Standarisasi Wireless LAN*

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

- a. 802.11a, 5Ghz dengan teknologi *Othogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)*
- b. 802.11b, DSSS pada lapisan fisik dengan transfer data 5,5 sampai 11 Mbps.
- c. 802.11d, standar kebutuhan fisik (*channel, hopping, pattern, MIB snmp*)
- d. 802.11e, pengembangan aplikasi LAN dengan *Quality of Service (QoS)*, keamanan dan autentifikasi untuk aplikasi seperti suara, streaming media dan konferensi video.
- e. 802.11f, rekomendasi praktis untuk *Multi-Vendor Access Point Interoperability* melalui *Inter-Access Point Protocol Access Distribution system Support*.
- f. 802.11g, standar untuk penggunaan DSSS dengan transfer 20 Mbps dan OFDM 54Mbps. Standar ini *backward-compatible* dengan 802.11b dan bisa dikembangkan sampai lebih dari 20Mbps.

2. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) adalah pembuat kunci yang baku untuk kebanyakan berbagai hal berhubungan dengan teknologi informasi di Amerika Serikat. IEEE menciptakan standarnya di dalam hukum yang diciptakan oleh FCC.

a. IEEE 802.11

802.11 adalah sebuah standar yang digunakan dalam jaringan *Wireless* / jaringan nirkabel dan diimplementasikan di seluruh peralatan *Wireless* yang ada. 802.11 dikeluarkan oleh IEEE sebagai standar komunikasi untuk bertukar data di udara / nirkabel.^[1]

IEEE mendefinisikan standar agar sesuai dengan peraturan FCC. FCC tidak hanya mengatur frekuensi yang dapat digunakan tanpa lisensi tetapi juga level daya dimana WLAN dapat beroperasi, teknologi transmisi yang dapat digunakan, dan lokasi dimana peralatan WLAN tertentu dapat diimplementasikan.

Pada tahun 1986, FCC menyetujui penggunaan *spread spectrum* di pasar komersial menggunakan apa yang disebut pita frekuensi *Industry, Scientific, and Medical (ISM)/ ISM Band*. Peletakkan data pada sinyal RF diperlukan adanya teknik modulasi. Modulasi adalah teknik penambahan data ke sinyal *carrier* / pembawa. Yang sering dipakai dan sudah familiar adalah *Frequency Modulation (FM)* atau *Amplitude Modulation (AM)*.

Semakin banyak informasi yang di letakkan pada sinyal pembawa, spektrum frekuensi yang digunakan semakin banyak, atau dengan kata lain *bandwidth*. Kata *bandwidth* dalam *Wireless Networking* bisa berarti dua hal yang berbeda. *bandwidth* dapat berarti data *rate* atau dapat berarti lebar pita dari kanal radio (RF).

Pada kanal radio *non-license* yang digunakan pada WLAN untuk transmisi data ada pada Frekuensi 900 Mhz, 2,4 Ghz, dan 5 Ghz. Hal ini dikontrol oleh FCC. Di Indonesia frekuensi 2,4 Ghz tidak memerlukan Izin, kecuali frekuensi 5 Ghz dimana banyak digunakan oleh ISP karena ketahanannya terhadap interferensi.^[5]

b. 802.11b

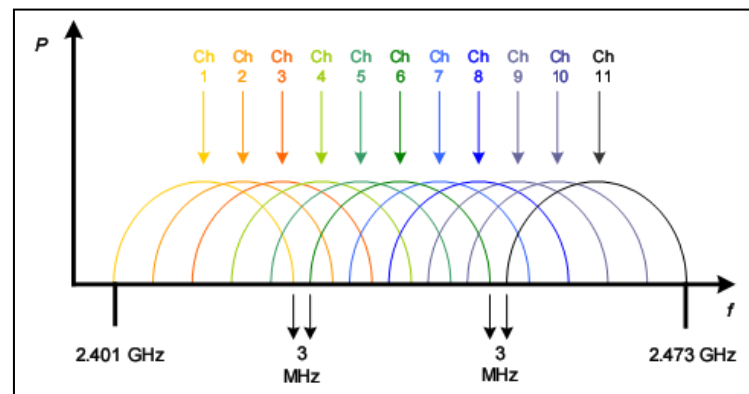
IEEE 802.11b merupakan pengembangan dari standar IEEE 802.11 yang asli, yang bertujuan untuk meningkatkan kecepatan hingga 5.5 Mb/s atau 11 Mb/s tetapi tetap menggunakan frekuensi 2.45 GHz. Dikenal juga dengan IEEE 802.11 HR. Pada prakteknya, kecepatan maksimum yang dapat diraih oleh standar IEEE 802.11b mencapai 5,9 Mb/s pada protokol TCP, dan 7,1 Mb/s pada protokol UDP. Metode transmisi yang digunakannya adalah DSSS.^[5]

i. 802.11b FREQUENCY

Frekuensi 2.4Ghz mungkin frekuensi yang paling banyak digunakan dalam WLAN. 2.4Ghz digunakan oleh 802.11, 802.11b, 802.11g, dan 802.11n standar IEEE. Frekuensi 2.4Ghz yang dapat digunakan oleh WLAN dibagi bagi menjadi kanal yang berkisar dari 2,4000 sampai 2,4835 Ghz. Di US memiliki 11 kanal, dan setiap kanal mempunyai lebar pita 22 Mhz. Beberapa kanal *overlap* / tumpang tindih dengan yang lainnya dan menyebabkan interferensi. Karena alasan ini, kanal 1,

6, dan 11 adalah kanal yang sering digunakan karena kanal ini tidak saling tumpang tindih.^[5]

Pada frekuensi 2.4Ghz modulasi yang digunakan adalah modulasi *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS). Kecepatan transmisi datanya adalah 1 Mbps, 2 Mbps, 5,5 Mbps, dan 11 Mbps.

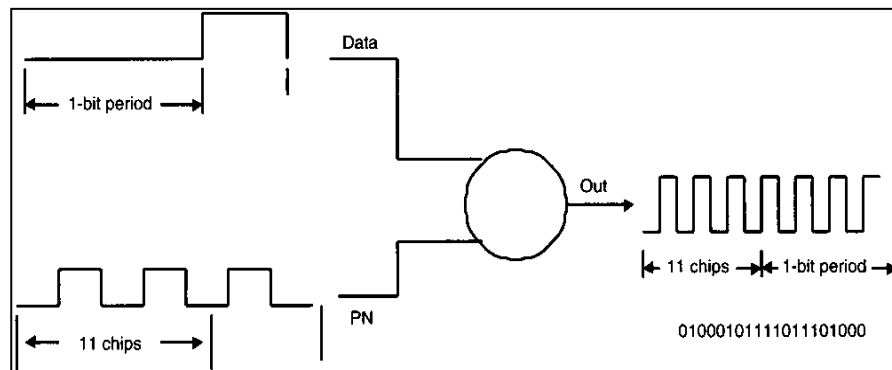


Gambar 1. Alokasi *channel* DSSS dan *spectral relationship*

Sedangkan Frekuensi 5 Ghz digunakan oleh standar 802.11a dan standar 802.11n draft yang baru. Standar 802.11a memiliki kecepatan transmisi data berkisar antara 6 Mbps sampai 54 Mbps.^[1] Peralatan 802.11a tidak dapat ditemukan di pasar setelah 2001, oleh karena itu penetrasi pasar untuk peralatan standar 802.11a tidak sebanyak peralatan standar 802.11b. Frekuensi 5Ghz juga dibagi-bagi menjadi beberapa kanal, setiap kanal selebar 20 Mhz. Total kanal yang *non-overlap* adalah 23 kanal pada frekuensi 5Ghz.

ii. 802.11b MODULATION

Gambar 2 di bawah ini menjelaskan bagaimana data dimodulasikan dengan urutan PN untuk transmisi nirkabel.



Gambar 2. Modulasi digital data dengan PN *sequence*

DSSS bekerja dengan membawa aliran data nol dan satu dan memodulasikannya dengan *second pattern-the chipping sequence*. Urutan tersebut juga disebut sebagai *barker code*, yang terdapat 11 urutan bit (10110111000). Pemotongan dan penyebaran kode digunakan untuk menghasilkan pola bit yang akan ditransmisikan, dan menghasilkan sinyal yang nampak sebagai *wideband noise* ke penerima yang diharapkan. Satu keuntungan menggunakan kode penyebar adalah jika sekalipun satu atau lebih bit dalam *chip* hilang selama transmisi, teknik statistik yang tertanam dalam radio dapat memperbaiki data asli tanpa membutuhkan transmisi ulang. Perbandingan antara data dan lebar kode penyebar disebut sebagai *processing gain*. Kode data 16 kali lebih lebar dari kode penyebar dan meningkat jumlah pola –pola yang mungkin ke 64.000 (2^{16}), mengurangi peluang pecah transmisi.

Teknik pensinyalan DSSS membagi *band* 2,4GHz ke dalam empat belas kanal 22 MHz, yang 11 kanal tumpang-tindih sebagian dan sisanya 3 tidak tumpang-tindih. Data dikirim melalui satu dari kanal 22 MHz tersebut tanpa *hopping* ke kanal lain, menyebabkan *noise* pada kanal yang diberikan. Untuk mengurangi jumlah pengiriman ulang dan *noise*, pemotongan (*chipping*) digunakan untuk mengubah masing-masing *chip* kombinasi dengan menyebarkan sinyal melalui kanal 22 MHz, menyediakan pengecekan *error* dan fungsi koreksi untuk memperbaiki data. DSSS digunakan pada LAN antar bangunan, seperti sifatnya yang cepat dan jangkauan jauh. Pada penerima, *matched filter correlator* digunakan untuk membuang *PN sequence* dan memperbaiki aliran data asli. Pada *data rate* 11 Mbps, penerima DSSS menggunakan kode PN yang berbeda dan *bank correlator* untuk memulihkan aliran data yang dikirim. Metode modulasi kecepatan tinggi disebut *Complimentary Code Keying* (CCK). *PN sequence* menyebarkan *bandwidth* yang dikirim dari sinyal yang dihasilkan dan mengurangi daya puncak. Sisa total daya tidak berubah. Ketika menerima, sinyal dihubungkan dengan *PN sequence* untuk menolak interferensi *narrowband* dan memulihkan data biner aslinya. Tanpa melihat *data rate* 1, 2, 5,5 atau 11 Mbps, *bandwidth* kanal kira-kira 20 Mbps untuk sistem DSSS.^[5]

B. Antena dan Kabel

Antena tidak hanya untuk menambah penguatan pada sambungan *wireless*, antena juga mampu meningkatkan arah penangkapan sinyal dan menolak *noise* yang ada disekitar lintasan^[12]. Antena juga berfungsi untuk memindahkan energi gelombang elektromagnetik dari media kabel ke udara atau sebaliknya dari udara ke media kabel.

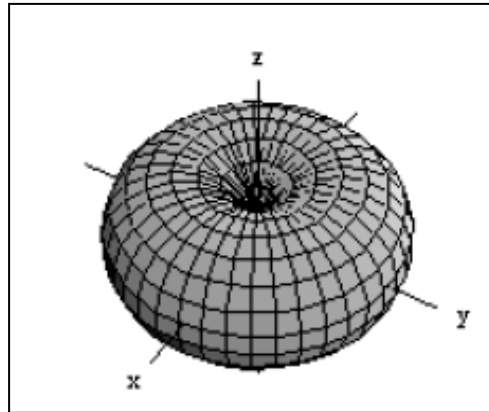
1. Antena RF

Antena RF adalah peralatan yang digunakan untuk mengkonversikan sinyal frekuensi tinggi (RF) pada garis transmisi (kabel atau *waveguide*) ke gelombang siaran di udara. Medan elektrik dipancarkan dari antena yang disebut *beams* atau *lobes*.

a. Antena *Omni-Directional (Dipole)*

Antena *wireless* LAN yang paling umum adalah antena *dipole*. Antena *dipole* merupakan peralatan standar pada kebanyakan *access point* dengan desain yang sederhana. *Dipole* adalah antena *omni-directional*, hal ini dikarenakan energi akan dipancarkan secara bersamaan pada semua arah sekitar porosnya. Antena *directional* memusatkan energinya dalam bentuk kerucut, dikenal dengan "*beam*". *Dipole* mempunyai elemen pemancaran hanya 1 inchi panjangnya yang melakukan fungsi yang sama dengan antena "*rabbit ears*" pada seperangkat televisi. Antena *dipole* yang digunakan dengan *wireless* LAN lebih kecil, karena frekuensi *wireless* LAN dalam 2,4

GHz *spectrum microwave* sebagai ganti dari 100 Mhz *spectrum TV*. Bila frekuensinya meninggi, *wavelength* dan antenanya menjadi kecil.

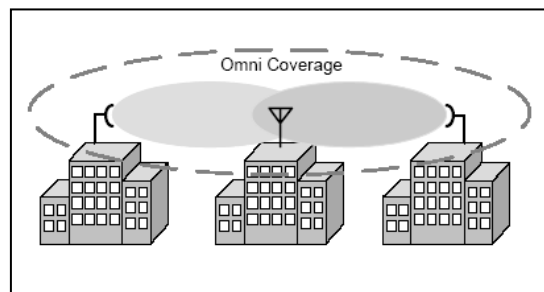


Gambar 3. Energi Radiasi *Dipole*

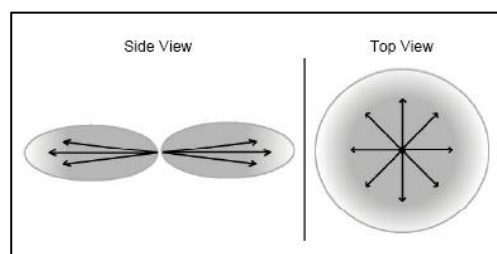
Gambar 3 menunjukkan bahwa energi radiasi *dipole* dipusatkan pada daerah yang tampak seperti sebuah donat, dengan *dipole* secara *vertical* melalui “lubang” dari “donat”. Sinyal dari antenna *omni-directional* memancar dalam 360 derajat horizontal *beam*. Antena yang memiliki arah pancaran pada semua arah secara bersamaan (membentuk sebuah bulatan), ini disebut radiator *isotropic*. Matahari adalah contoh yang bagus dari radiator *isotropic*. Kita tidak bisa membuat *isotropic* radiator, yang mana secara teori merujuk pada antenna, meski demikian, prakteknya antenna semua mempunyai beberapa tipe *gain over* dari *isotropic* radiator.

Antena *omni-directional* digunakan ketika melingkupi semua arah sekitar poros horizontal dari antenna dibutuhkan. Antena *omni-directional* sangat efektif dimana jangkauan besar dibutuhkan di sekitar titik pusat. Sebagai contohnya, menempatkan antenna *omni-directional* di tangan-tengah sebuah

ruangan terbuka dan besar akan melengkapi lingkupan yang bagus. Antena *omni-directional* umumnya digunakan untuk desain *point-to-multipoint* dengan bentuk bintang (Lihat gambar 4). Penggunaan di luar ruangan, antena *omni-directional* harus diletakkan di atas dari struktur (misalnya bangunan) pada pertengahan lingkup area. Contohnya, pada sebuah kampus, antena bisa saja ditempatkan di pusat kampus untuk lingkup area yang terbesar. Ketika digunakan di dalam ruangan, antena harus ditempatkan di tengah bangunan atau lingkup area yang diinginkan, dekat dengan langit-langit, untuk jangkauan yang optimum. Antena *omni-directional* memancarkan jangkauan area yang besar pada pola lingkaran dan cocok untuk *warehouse* atau *tradeshouse* dimana lingkupnya biasanya dari satu sudut bangunan ke sudut bangunan lain.



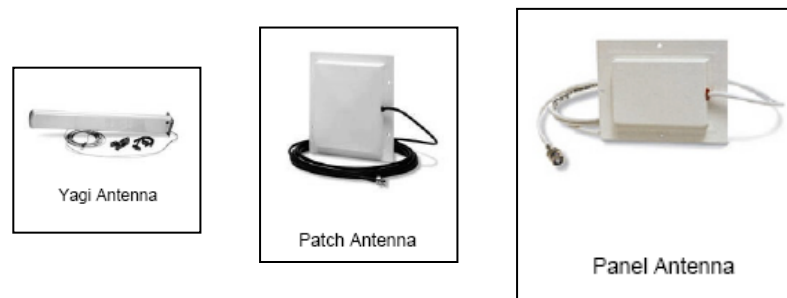
Gambar 4. Sambungan *point-to-multipoint*



Gambar 5. Lingkup Area antena *Omni-directional*

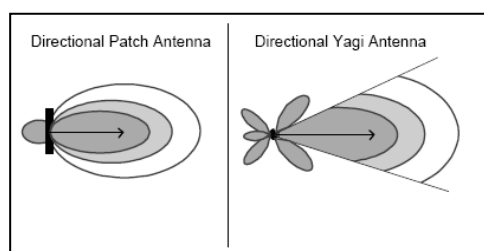
b. Antena *Semi-directional*

Antena *semi-directional* terdiri dari bermacam-macam bentuk dan jenis. Beberapa tipe antena *semi-directional* yang sering digunakan bersama *wireless* LAN adalah antena *Patch*, Panel dan Yagi (dibaca “YAH-gee”). Semua antena tersebut umumnya berbentuk datar dan dirancang untuk dinding gunung. Tiap tipe mempunyai karakteristik jangkauan yang berbeda. Gambar 6 menunjukkan beberapa contoh dari antena *semi-directional*.



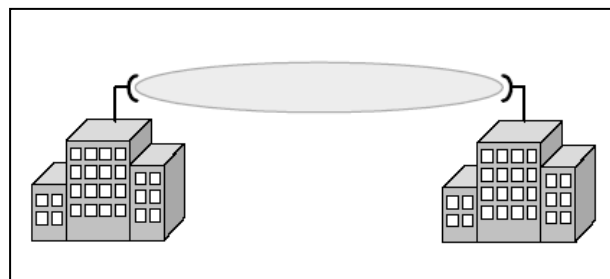
Gambar 6. Contoh Antena *semi-directional*

Antena tersebut merubah energi dari pemancar lebih ke satu arah khusus daripada ke arah yang sama., pola lingkaran yang umum dengan antena *omnidirectional*. Antena *semi-directional* sering memancarkan pada bentuk *hemispherical* atau pola lingkup silinder seperti bisa dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Jangkauan Antena *Semi-directional*

Antena *semi-directional* idealnya cocok untuk jembatan dengan jarak pendek atau rata-rata. Sebagai contoh, dua bangunan kantor yang berseberangan jalan satu sama lain dan perlu membagi koneksi jaringan akan menjadi skenario yang bagus untuk mengimplementasikan antena *semi-directional*. Pada ruang tertutup yang luas, bila pemancar harus diletakkan di sudut atau pada bagian belakang bangunan, koridor, atau ruangan besar, antena *semi-directional* akan menjadi pilihan yang baik untuk menyediakan jangkauan yang tepat. Gambar 8 menggambarkan hubungan antara dua bangunan yang menggunakan antena *semi-directional*.



Gambar 8. Hubungan point-to-multipoint menggunakan antena *semi-directional*

c. Antena *Highly-directional*

Antena *highly-directional* memancarkan sinyal sinyal terbatas dari tipe antena apapun dan mempunyai gain terbesar dari ketiga group antena. Antena *highly-directional* secara khusus berbentuk cekung, peralatan berbentuk piringan, seperti bisa dilihat pada gambar 9 dan 10. Antena ini cocok untuk jarak jauh, hubungan *wireless poin-to-point*. Beberapa model ditujukan pada *parabolic dishes* karena mereka menyerupai piringan satelit

kecil. Yang lainnya disebut antena *grid* karena desain mereka yang bolong untuk pengisian angin.



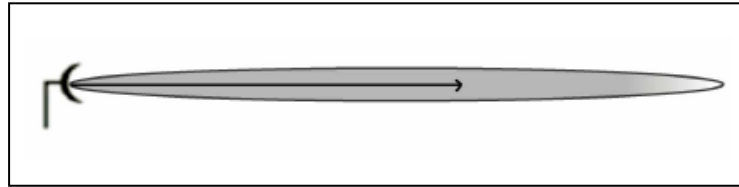
Gambar 9. Contoh Antena *Highly-Directional* Berbentuk Parabola



Gambar 10. Contoh Antena *Highly-Directional* Berbentuk Grid

Antena *high-gain* tidak mempunyai jangkauan area yang peralatan klien bisa digunakan. Antena ini digunakan untuk hubungan komunikasi *point to-point* dan bisa memancarkan pada jarak hingga 25mil (42km).^[12] Kemampuan antena *highly-directional* adalah bisa menghubungkan dua bangunan yang terpisah beberapa mil satu sama lain dan tidak punya hambatan jarak penglihatan diantara mereka. Antena ini juga bisa ditujukan secara langsung satu sama lain melalui bangunan dengan tujuan untuk

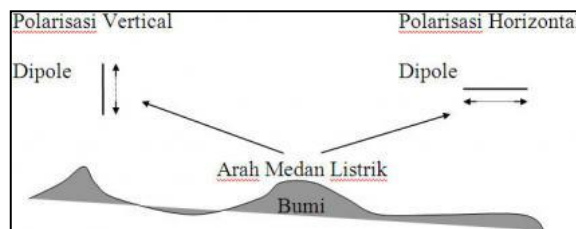
“meledak” melalui sebuah hambatan. Susunan ini bisa digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan sambungan jaringan ke tempat yang tidak bisa dilewati kabel dan dimana jaringan *wireless* normal tidak bisa bekerja.



Gambar 11. Pola Radiasi Antena *Highly-Directional*

2. Polarisasi

Gelombang radio sebenarnya terdiri dari dua bagian, satu elektrik dan satunya lagi magnetik. Dua bagian ini tersusun secara vertikal satu sama lain. Gabungan dari dua bagian ini disebut dengan bagian *electro-magnetic*. Polarisasi adalah arah getaran komponen listrik (E) gelombang elektromagnetik yang bersangkutan terhadap bumi. Dataran yang parallel dengan elemen antenna merupakan “dataran-E” sementara dataran yang secara vertikal dengan elemen antenna adalah “dataran-H”.^[12]



Gambar 12. Polarisasi Antena

3. *Directivity* dan *Gain*

Directivity adalah kemampuan antena untuk memusatkan energi di arah yang tertentu sewaktu memancarkan, atau untuk menerima energi dari arah yang tertentu sewaktu menerima. Jika sebuah sambungan nirkabel menggunakan lokasi tetap untuk kedua sisi, maka sangat memungkinkan untuk menggunakan antena *directivity* untuk memusatkan sorotan radiasi di arah yang diinginkan. Pada aplikasi *mobile* yang bisa berpindah-pindah di mana *transceiver* tidak tetap, mungkin mustahil untuk meramalkan di mana *transceiver* akan berada, dan oleh sebab itu antena secara ideal sebaiknya menyebar secara sebaik-baiknya ke segala arah. Antena *Omnidirectional* dipakai dalam aplikasi ini.

Gain (Penguatan) bukanlah kuantitas yang bisa didefinisikan dalam bentuk fisik seperti *Watt* atau *Ohm*, tetapi *Gain* adalah rasio yang tidak berdimensi. *Gain* diberikan sesuai dengan rujukan kepada antena standar. Dua antena yang biasanya digunakan sebagai rujukan adalah antena *isotropic* dan antena *dipole* setengah gelombang. Antena *Isotropic* memancar sama baiknya ke segala arah. Antena *isotropic* yang sesungguhnya tidak pernah ada, tetapi antena ini menyediakan pola antena teoretis yang berguna dan sederhana yang dapat dibandingkan yang dengan antena sesungguhnya. Antena yang sesungguhnya akan memancarkan lebih banyak energi di beberapa arah daripada yang lainnya. Antena tidak bisa menciptakan energi, total data yang di pancarkan adalah sama dengan antena *isotropic*. Energi tambahan apapun

yang terpancar dalam arah yang dipilih akan diimbangi oleh pengurangan energi yang sama atau kurang di arah yang lain.^[4]

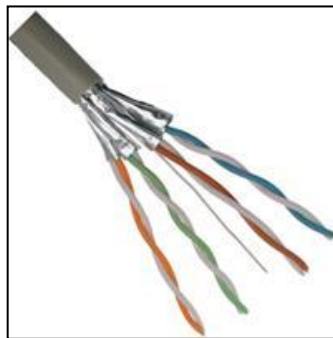
Gain sebuah antena pada sebuah arah adalah banyaknya energi yang dipancarkan dalam arah itu sebanding dengan energi yang diradiasikan oleh antena *isotropic* dalam arah yang sama ketika didorong dengan daya masukan yang sama. Biasanya kita hanya tertarik pada gain maksimum, yang merupakan gain dalam arah dimana antena memancarkan sebagian besar dayanya. *Gain* antena sebanyak 3 dB dibandingkan dengan antena *isotropic* akan ditulis sebagai 3 dBi. Sebuah *dipole* separuh-gelombang yang beresonansi akan menjadi standar yang berguna untuk dibandingkan dengan antena lain di satu frekuensi atau di lebar pita frekuensi yang sangat sempit.

4. *Beamwidth*

Beamwidth adalah (Kelebaran arah pancaran) atau Sudut pancar maksimum (satuan *degree*/derajat) dengan polarisasi vertikal atau horizontal. *Gain* antena makin tinggi, kemampuan antena dalam memfokuskan gelombang elektromagnetis akan makin sempit dan fokus ke objeknya. Antenna yang besar akan membangkitkan *gain* (kemampuan memancarkan radiasi) yang besar dan sudut pancar yang sempit seperti ujung pensil di sisi lain arah antenna harus tepat kepada objek yang di tuju untuk lebih jelasnya antenna berukuran kecil akan memancarkan sudut pancar (*Beam*) yang lebar dan juga *gain* (kemampuan memancarkan radiasi) yang lebih kecil.^[12]

5. *Shielded Twisted Pair (STP)*

Perbedaan antara UTP dan STP terletak pada *shield* atau bungkusnya. Pada kabel STP di dalamnya terdapat satu lapisan pelindung/pembungkus tambahan untuk tiap pasangan kabel (*twisted pair*) internalnya sehingga melindungi data yang ditransmisikan dari interferensi atau gangguan.^[14]



Gambar 13. Kabel *Twisted Pair*

Pembungkusnya dapat memberikan proteksi yang lebih baik terhadap interferensi EMI. Kabel STP digunakan untuk jaringan data, biasanya digunakan pada jaringan Token-Ring IBM.

Pemberian kategori 1/2/3/4/5/6 merupakan kategori spesifikasi untuk masing-masing kabel tembaga dan juga untuk *jack*. Masing-masing merupakan seri revisi atas kualitas kabel, kualitas pembungkusan kabel (isolator) dan juga untuk kualitas “belitan” (*twist*) masing-masing pasang kabel.

Selain itu juga, untuk menentukan besaran frekuensi yang bisa lewat pada sarana kabel tersebut, dan juga kualitas isolator sehingga bisa mengurangi efek induksi antar kabel (*noise* bisa ditekan sedemikian rupa). Perlu

diperhatikan juga, spesifikasi antara CAT5 dan CAT5 *enchanced* mempunyai standar industri yang sama, namun pada CAT5e sudah dilengkapi dengan isolator untuk mengurangi efek induksi atau *electromagnetic interference*.^[14]

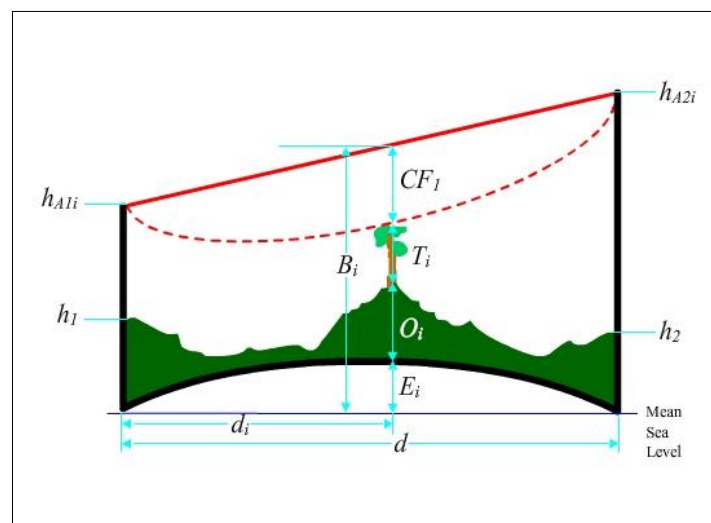
Tabel 1. Kategori *Twisted Pair*^[14]

Cable	Type	Feature
Type CAT 1	UTP	Analog (biasanya digunakan di perangkat telepon pada umumnya dan pada jalur ISDN- <i>integrated service digital networks</i> . Juga untuk menghubungkan modem dengan line telepon)
Type CAT 2	UTP -	Up to 1 Mbits (sering digunakan pada topologi <i>token ring</i>)
Type CAT 3	UTP/STP	16 Mbits data transfer(Sering digunakan pada topologi <i>token ring</i> atau 10BaseT)
Type CAT 4	UTP, STP	20 Mbits data transfer(biasanya digunakan pada topologi <i>token ring</i>)
Type CAT 5	UTP, STP - up to 100 MHz	100 Mbits data transfer /22 db
Type CAT 5Enhanced	UTP, STP - up to 100 MHz	1 Gigabit <i>Ethernet up to 100 meters-4copper pairs</i> (kedua jenis CAT5 sering digunakan pada topologi <i>token ring</i> 16Mbps, <i>Ethernet</i> 10Mbps atau pada <i>Fast Ethernet</i> 100Mbps)
Type CAT 6	Up to 155 MHz or 250 MHz	2.5 Gigabit <i>Ethernet up to 100 meters</i> or 10 Gbit/s up to 25 meters-20,2 db (<i>Gigabit Ethernet</i>)
Type CAT 7	Up to 200 MHz or 700 MHz	Giga-Ethernet/20.8 db (<i>Gigabit Ethernet</i>)

C. *Line Of Sight (LOS)*

Microwave radiolink atau sistem transmisi radio gelombang mikro adalah suatu sistem transmisi dengan menggunakan gelombang radio di atas frekuensi 1 GHz. Suatu sistem transmisi radio gelombang mikro dapat berupa sebuah *hop* atau sebuah *backbone* yang berupa *multiple hop* dengan jarak sampai ratusan atau ribuan kilometer. Secara garis besar tujuan dari sistem komunikasi radio

gelombang mikro adalah untuk mentransmisikan informasi dari satu tempat ke tempat lain tanpa gangguan. Ketinggian antenna diperlukan pada transmisi *microwave* untuk memenuhi syarat *line-of-sight*. Tinggi minimum saluran radio harus diperhitungkan terhadap rata-rata ketinggian permukaan laut (*mean sea level*), hal ini dikarenakan tinggi minimum saluran tersebut sangat dipengaruhi oleh tinggi penghalang dan kontur permukaan bumi yang dilaluinya..



Gambar 14. Menentukan tinggi minimum saluran transmisi *microwave*.^[3]

Ketinggian minimal berkas saluran radio B_i , di setiap titik pada jarak d_i di sepanjang saluran transmisi *microwave*, diperoleh dari hasil penjumlahan ketinggian tonjolan permukaan bumi E_i , ketinggian penghalang O_i , ketinggian vegetasi pepohonan T_i , dan radius *fresnel zone* F_1 yang dikalikan dengan *clearance factor* C .

$$B_i = E_i(k) + (O_i + T_i) + C \cdot F_1$$

$$B_i = (4/51) \cdot (d - d_i) \cdot d_i / k + (O_i + T_i) + 17.32 [d_i (d - d_i) / (d \cdot f)]^{1/2} \quad (1)$$

Dimana :

d = jarak lintasan sinyal antara dua stasiun (km)

d_i = jarak antara stasiun pertama terhadap penghalang (km)

k = faktor kelengkungan bumi

T_i = tinggi penghalang (m)

f = frekuensi radio (GHz)

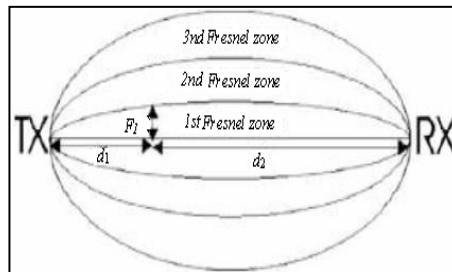
O_i = Tinggi permukaan (m)

Sesuai dengan namanya, propagasi LOS mempunyai keterbatasan pada jarak pandang penglihatan. Jadi ketinggian antenna dan kelengkungan permukaan bumi merupakan faktor pembatas. Kita akan mengalami kesulitan jika kita harus menghitung jarak antara stasiun pemancar dan penerima dengan hanya melihat dari lintasan asli yang melengkung karena pembiasan oleh atmosfer bagian bawah lebih rapat dibanding atmosfer bagian atas. Oleh karena itu, kebanyakan desain adalah bagaimana mempermudah dua kondisi di atas hanya menjadi satu garis lurus dan tentu saja ada kompensasi untuk itu karena dengan menggunakan metode ini, maka jari-jari bumi menjadi lebih panjang dari sesungguhnya. Dari hal tersebut dibuatlah faktor K untuk menandakan kompensasi tersebut. Faktor K yang banyak digunakan adalah $4/3$.

Propagasi LOS disebut dengan propagasi gelombang langsung (*direct wave*), karena gelombang yang terpancar dari antenna pemancar langsung berpropagasi menuju antenna penerima dan tidak merambat di atas permukaan tanah. Gelombang jenis ini juga disebut sebagai gelombang ruang (*space wave*), karena dapat menembus lapisan ionosfer dan berpropagasi di ruang angkasa.

Fresnel zone atau daerah *Fresnel* merupakan parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lintasan gelombang radio antara pemancar

dan penerima agar berada dalam kondisi LOS. Daerah *Fresnel* adalah tempat kedudukan titik sinyal langsung yang berbentuk elips dalam lintasan propagasi gelombang radio di mana daerah tersebut dibatasi oleh sinyal tak langsung yang mempunyai beda panjang lintasan dengan sinyal langsung sebesar kelipatan $\frac{1}{2}\lambda$ atau 2 kali $\frac{1}{2}\lambda$. Jika sinyal langsung dan tak langsung berbeda panjang lintasan sebesar $\frac{1}{2}\lambda$, maka kedua sinyal tersebut akan berbeda fasa 180° , artinya kedua sinyal tersebut akan saling melemahkan. Daerah *Fresnel* dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Daerah *Fresnel*^[2]

Daerah *Fresnel* pertama merupakan daerah yang mempunyai *fading multipath* terbesar sehingga untuk daerah *Fresnel* pertama dijaga agar tidak dihalangi oleh *obstacle*. Rumus matematis untuk menghitung daerah *Fresnel* adalah :

$$Fn = 17.3 \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot D}} \quad (2)$$

di mana:

- Fn = jari-jari *Fresnel* (m)
- n = daerah *Fresnel* ke n
- d_1 = jarak ujung lintasan pemancar ke penghalang (km)
- d_2 = jarak ujung lintasan penerima ke penghalang (km)
- f = frekuensi (Ghz)
- D = $d_1 + d_2$ (km)

Pada analisa daerah *Fresnel*, jari-jari dihitung pada kondisi bumi datar, oleh sebab itu untuk analisa bumi bulat (kondisi nyata) perlu ditambahkan perhitungan faktor koreksi terhadap kelengkungan bumi pada titik *obstacle*. Faktor koreksi dapat dituliskan sebagai berikut:^[3]

$$h_{correction} = \frac{0.079d_1d_2}{K} \quad (3)$$

di mana:

$h_{correction}$ = perbedaan tinggi permukaan bumi pada kurva permukaan datar dan kurva permukaan bumi melengkung pada titik *obstacle*.

Lintasan sinyal yang ditransmisikan dalam sistem LOS harus mempunyai daerah bebas hambatan minimum $0,6 \times F1$, belum termasuk koreksi terhadap kelengkungan bumi.

D. Perencanaan LOS *Microwave Radiolink*

Prosedur yang harus dilakukan dalam perencanaan LOS *microwave radio link*, di antaranya:

1. Perencanaan Awal dan Penentuan Lokasi

Kondisi nyata lapangan perlu diketahui pada perencanaan awal dalam perancangan LOS *microwave radio link*. Jarak antara pemancar dan penerima yang direncanakan, digunakan untuk mengetahui kebutuhan perangkat dan penentuan lokasi stasiun *relay* yang tepat. Kondisi topologi daerah perlu diketahui, apakah berbukit-bukit, datar, atau memiliki kemiringan terhadap

permukaan bumi. Perlu diketahui bagaimana kondisi kerapatan dan ketinggian bangunan, serta kepadatan pemukiman penduduk untuk mengetahui daerah tersebut termasuk kualifikasi *urban*, *suburban*, atau *rural*.

Secara umum klasifikasi area adalah sebagai berikut :

a. Daerah terbuka (*Open Land*)

Daerah belum berkembang atau hanya sebagian kecil dari daerah sudah berkembang dengan populasi penduduk masih sedikit.

b. Daerah terbuka industri (*Industrialized Open Land*)

Daerah yang sudah berkembang atau daerah pertanian skala besar dengan industri yang terbatas.

c. Daerah pedesaan (*Suburban Area*)

Gabungan antara daerah pemukiman penduduk dengan sejumlah kecil industri.

d. Kota kecil sampai menengah (*Small to Medium City*)

Populasi pemukiman penduduk cukup rapat dengan jumlah bangunan tinggi yang juga cukup banyak.

Alokasi stasiun *relay* dibagi menjadi beberapa daerah sesuai dengan kondisi daerah perencanaan. Pembagian daerah stasiun *relay* menjadi daerah *rural*, *urban* atau *sub urban* adalah dikarenakan dalam alokasi stasiun *relay* ini juga diperhitungkan berapa ketinggian dari bangunan yang ada pada daerah tersebut serta penyebaran penduduknya.

Pengalokasian stasiun *relay* harus dilakukan pertimbangan-pertimbangan di mana letak dari stasiun *relay* tersebut, apakah stasiun *relay* dibangun pada daerah yang mudah dijangkau dengan kendaraan, sehingga mempermudah pembangunan serta operasional atau perawatan di kemudian hari.

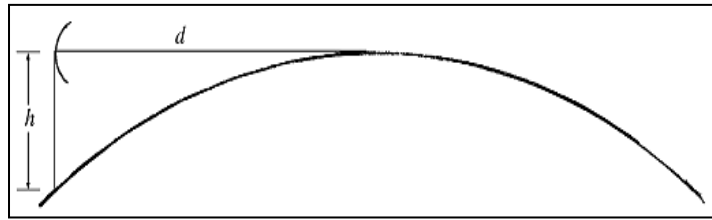
Semakin jauh jarak antara stasiun *relay* yang kita bangun, maka sinyal yang diterima pada *receiver* semakin lemah. Hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan *repeater* untuk memperkuat sinyal sehingga dapat diterima pada *receiver* dengan baik. Karena kuat sinyal dipengaruhi oleh jarak, maka pada pembangunan stasiun *relay* LOS jarak antara dua stasiun dibatasi kira-kira sejauh 45 mil ^[2]. Selain jarak, faktor biaya mengenai ketinggian pembangunan *tower* antena juga dapat menjadi alasan untuk melakukan penambahan *repeater*. Ketinggian tower antena untuk pembangunan stasiun *relay* dibatasi tidak boleh lebih dari 300 kaki ^[2]. Pada perkiraan dengan menganggap permukaan bumi datar dengan faktor kelengkungan bumi $K = 4/3$, untuk menghitung ketinggian tower antena ini dapat dituliskan dengan persamaan 4 di bawah ini:

$$d = 2.9\sqrt{2h} \quad (4)$$

di mana:

d = jarak titik antena ke permukaan horizon bumi (km)

h = tinggi *tower* antena (m)



Gambar 16. Parameter-parameter dalam perhitungan ketinggian tower antena (permukaan bumi diasumsikan datar) ^[3]

Peta Topografi diperlukan untuk mempermudah dalam penentuan lokasi stasiun *relay* yang akan kita bangun. Peta topografi yang dianjurkan untuk perencanaan ini adalah yang memiliki skala kecil seperti 1:250000 atau 1:100000. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang akurat mengenai lokasi yang akan kita bangun. Penamaan stasiun *relay* dilakukan sesuai dengan nama-nama daerah lokasi dari stasiun *relay* itu berada, hal ini bertujuan agar mempermudah dalam pencarian lokasi dari stasiun *relay* tersebut pada peta. ^[2]

2. Penggambaran pada *Path Profile*

Path profile adalah sebuah kertas grafik yang menggambarkan suatu jalur *radiolink* di antara dua stasiun. Dari *path profile*, kita dapat memperoleh ketinggian *tower* antena yang disesuaikan dengan tinggi penghalang-penghalang yang berada di antara jalur *radiolink* sehingga jalur *radiolink* yang kita bangun benar-benar memenuhi kriteria LOS.

Proses penggambaran pada *path profile* ada tiga metode yang umum digunakan, yaitu:

a. *Fully Linear Method*

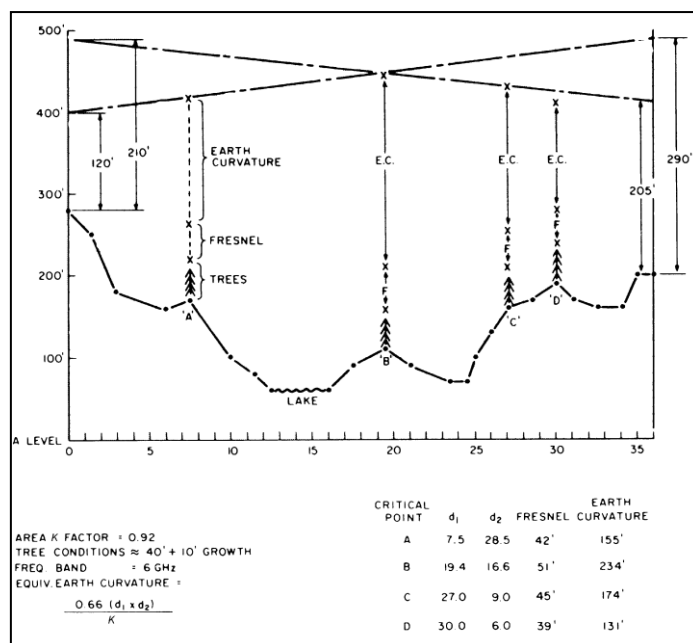
Fully Linear Method penggambaran dilakukan pada kertas grafik linier, di mana garis lurus digambar dari lokasi pemancar ke lokasi penerima. Garis lurus juga digambarkan dari stasiun penerima ke stasiun pemancar. Sebagai contoh, berikut merupakan sebuah database *path profile*:

Tabel 2. *Path profile database*^[2]

Obstacle	d_1 (mi)	d_2 (mi)	0.6 Fresnel (ft)	EC (ft) ^b	Vegetation	Total Height Extended (ft)
A	7.5	28.5	43	152	50	245
B	19.4	16.6	53	233	50	336
C	27.0	9.0	46	176	50	272
D	30.0	6.0	39	130	50	219

^aFrequency band: 6 GHz; *K*-factor 0.92; $D = d_1 + d_2 = 36$ mi; vegetation: tree conditions 40 ft plus 10 ft growth.
^bEC = earth curvature or earth bulge.

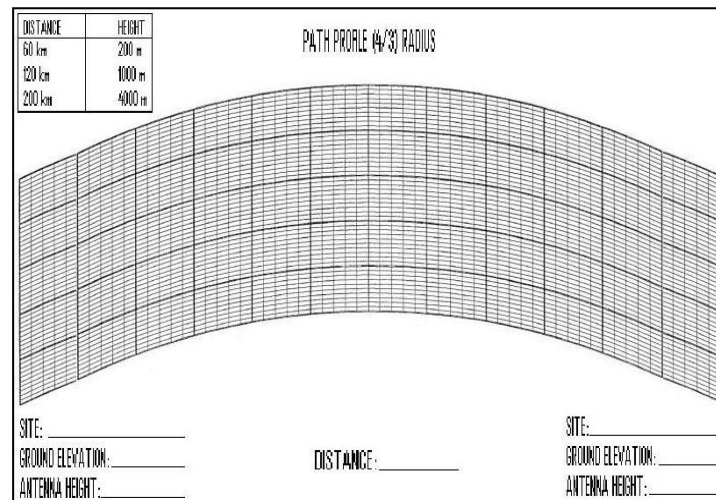
Berdasarkan tabel tersebut *path profile* dengan menggunakan metode 1 dapat digambarkan seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Ilustrasi *path profile* menggunakan metode 1.^[2]

b. *4/3 Earth Method*

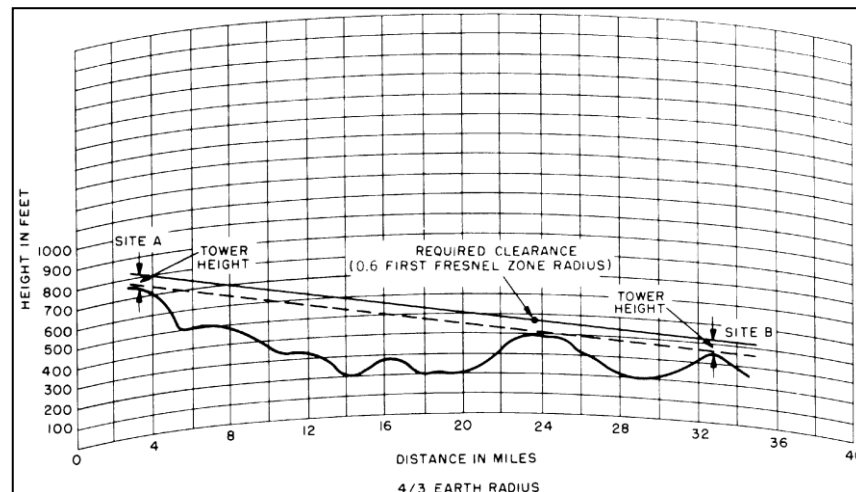
Penggambaran lokasi dengan metode ini akan memerlukan *4/3 earth graph paper*, dimana nilai sebenarnya dari penghalang dapat digunakan. Dengan metode ini faktor kelengkungan permukaan bumi, K adalah $4/3$. Contoh penggunaan metode ini diperlihatkan pada gambar 18.



Gambar 18. Path profile dengan faktor kelengkungan bumi $4/3$.^[2]

c. *Curvature Method*

Curvature Method digambarkan dengan menggunakan kertas grafis linier (pada gambar 19). Tinggi penghalang yang sebenarnya digunakan dan dihitung dari garis referensi rata-rata permukaan laut atau *mean sea level* (MSL) dan garis kurva digambarkan dari pemancar ke penerima begitu pula sebaliknya. Garis kurva memiliki kelengkungan sebesar KR , di mana K adalah K -faktor yang digunakan dan R adalah geometri radius bumi atau 6370 km dengan mengasumsikan bumi berbentuk lingkaran sempurna.



Gambar 19. Ilustrasi *path profile* menggunakan metode 2.^[2]

3. Peninjauan Lintasan

Propagasi adalah proses perambatan gelombang radio di udara, berawal saat sinyal radio dipancarkan di titik pengirim dan berakhir saat sinyal radio tersebut ditangkap di titik penerima. Dalam perjalanannya, sinyal radio mengalami perlakuan-perlakuan (gangguan-gangguan) yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang dilaluinya, yaitu interferensi, *fading*, *delay*, redaman, dan derau. Gangguan-gangguan tersebut dapat mengurangi kualitas sinyal radio, yang pada akhirnya mengurangi kualitas sinyal informasi.

Gelombang radio merambat di udara dalam bentuk gelombang elektromagnetik melalui zat perantara yang dinamakan “*ether*”. Gelombang-gelombang itu bergerak dari sumbernya dalam semua arah, baik naik-turun maupun dalam arah mendatar. Benda-benda seperti kayu, rumah (bangunan) dan sebagainya yang dilalui gelombang elektromagnetik dapat merubah

jalannya gelombang tersebut, akan tetapi tidak dapat menghentikannya sama sekali.

Gelombang radio, gelombang televisi, dan gelombang-gelombang lainnya seperti gelombang untuk cahaya, sinar X, panas dan sebagainya adalah merupakan bentuk tenaga radiasi. Gelombang-gelombang ini mempunyai batas-batas frekuensi tersendiri dan merupakan gelombang elektromagnetik. Batas seluruh frekuensi gelombang-gelombang elektromagnetik ini dinamakan “spektrum elektromagnetik”. Spektrum elektromagnetik ini meliputi daerah batas gelombang dari frekuensi yang rendah sampai frekuensi yang sangat tinggi. Pembagian spektrum elektromagnetik ditunjukkan pada tabel 3.^[3]

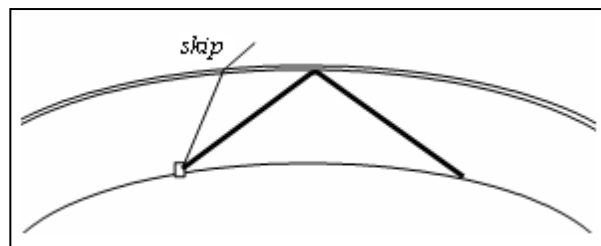
Tabel 3. Pembagian spektrum elektromagnetik^[3]

Jenis	Range Frekuensi	Panjang Gelombang
<i>Very Low</i> Frekuensi (VLF)	3-30 kHz	10-100 km
<i>Low</i> Frekuensi (LF)	30-300 kHz	1-10 km
<i>Medium</i> Frekuensi (MF)	300 kHz – 3 MHz	100 m - 1 km
<i>High</i> Frekuensi (HF)	3-30 MHz	10-100 m
<i>Very High</i> Frekuensi (VHF)	30-300 MHz	1-10 m
<i>Ultra High</i> Frekuensi (UHF)	300 MHz – 3 GHz	10 cm – 1 m
<i>Super High</i> Frekuensi (SHF)	3-30 GHz	1-10 cm
<i>Extremely High</i> Frekuensi (EHF)	30-300 GHz	1 mm – 1 cm

Gelombang radio pada *range* MF dan HF dapat dipantulkan oleh *ionosphere*, dimana gelombang yang dipancarkan ke udara dapat kembali lagi ke bumi di tempat yang cukup jauh. Gelombang yang sebelumnya telah dipantulkan dapat dipantulkan kembali ke angkasa oleh bumi dan oleh *ionosphere*

dipantulkan kembali ke bumi. Pantulan bolak-balik ini mampu mencapai jarak yang sangat jauh.^[3]

Pantulan yang hanya sekali bolak-balik dinamakan *single hop* dan yang berkali-kali dinamakan *multiple hop*. Tentu saja dalam perjalanannya gelombang radio akan mengalami pengurangan kekuatan dan efisiensi setiap kali terjadi pantulan sehingga pancaran dengan *multiple hop* akan lebih lemah daripada *single hop*. Bentuk pantulan *single hop* diperlihatkan pada gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20. *Single hop*^[3]

Istilah *skip* pada gambar di atas dapat diterjemahkan sebagai menghilang, artinya gelombang radio yang dipancarkan tidak terpantul kembali ke bumi tetapi menghilang ke angkasa luar. Gelombang radio pada *band* tinggi yang dipancarkan ke udara dengan sudut yang besar tidak dipantulkan lagi ke bumi dan menghilang ke angkasa.^[3]

a. Hubungan Frekuensi dan Pantulan

Makin tinggi frekuensi gelombang radio, maka makin sulit dipantulkan oleh *ionosphere*. Gelombang yang cukup rendah misalnya pada *band* 160 meter, gelombang yang dipancarkan hampir tegak lurus ke atas dan dapat

dipantulkan balik ke bumi. Sudut pantul yang hampir tegak lurus tersebut, memiliki jarak capai kembali ke bumi relatif sangat dekat (untuk *single hop*).

Jarak yang jauh akan dicapai dengan menggunakan *multiple hop* dan menyebabkan kekuatannya menjadi lemah sehingga untuk mencapai jarak yang cukup jauh pada band tersebut atau band-band rendah yang lain diperlukan daya pancar yang relatif lebih besar.

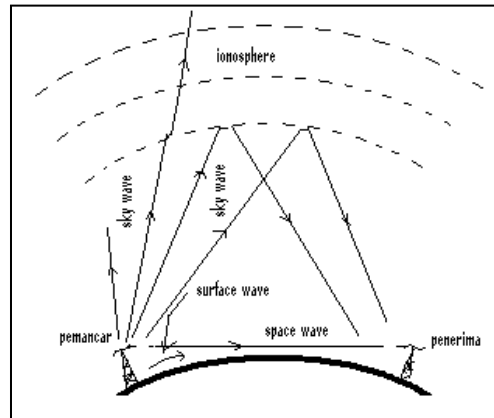
Makin tinggi frekuensi gelombang radio, sudut pantul yang terjadi pada *ionosphere* semakin kecil sehingga dengan sudut pantul yang kecil tersebut, jarak tempuh pantulannya ke bumi makin jauh. Sudut pancaran yang efektif untuk setiap *band* frekuensi diperoleh dengan penentuan jenis antena yang tepat. Setiap jenis antena cenderung mempunyai pola radiasi yang berbeda dan dengan berbagai pola radiasi tersebut, kita dapat memperoleh jenis antena yang tepat untuk *band-band* tertentu. Dengan sifat gelombang MF dan HF seperti yang telah diuraikan di atas, maka untuk keperluan komunikasi jarak jauh kita cenderung menggunakan frekuensi tinggi karena gelombang radio pada frekuensi tinggi dapat mencapai jarak yang jauh dengan hanya mengharapkan bantuan dari benda-benda alam yang ada di sekeliling bumi atau dikatakan secara *terrestrial*.

b. Jenis-jenis Gelombang Elektromagnetik

Gelombang radio dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara akan bergerak (merambat) dari antenna pemancar dalam semua arah, dengan antenna pemancar sebagai pusatnya (pusat pancaran). Gelombang elektromagnetik ada tiga macam, yaitu:

1. *Sky wave* (gelombang langit)
2. *Surface wave* (gelombang permukaan)
3. *Space wave* (gelombang ruang)

Gelombang langit adalah bagian dari gelombang radio yang bergerak menuju ruang angkasa (langit) seperti ditunjukkan pada gambar 21 di bawah. Biasanya gelombang langit ini tidak dikembalikan ke bumi, akan tetapi pada keadaan tertentu gelombang angkasa dikembalikan ke bumi oleh *ionosphere*.



Gambar 21. Gelombang elektromagnetik yang dipancarkan ke udara^[3]

Ionosphere merupakan lapisan partikel-partikel gas yang bermuatan listrik sekeliling bumi, yang meluas dari 60 sampai 250 mil di atas permukaan

bumi. *Ionosphere* yang meliputi bumi kita ini dapat terdiri atas beberapa lapisan antara lain yang disebut lapisan D, E dan lapisan F. Lapisan D adalah lapisan yang paling rendah sedangkan E adalah lapisan di atasnya dan disusul dengan lapisan F yang merupakan lapisan teratas. Tinggi lapisan F adalah 280 kilometer sedangkan lapisan E sekitar 100 kilometer di atas permukaan bumi.

Pada siang hari lapisan F terbelah menjadi dua yaitu F1 dan F2 masing-masing mempunyai ketinggian sekitar 225 kilometer dan 320 kilometer. Sedangkan pada malam hari, kedua lapisan tersebut bergabung lagi menjadi satu lapisan F tunggal kembali. Lapisan F inilah yang mempunyai arti penting dalam pancaran gelombang radio terestrial, di mana komunikasi jarak jauh bersandar kepada kondisi lapisan ini.

Kesempurnaan pemantulan yang dilakukan oleh lapisan *ionosphere* yang terionisasi secara sempurna merupakan lapisan masif dan mempunyai daya pantul cukup baik pada gelombang radio. Kondisi propagasi pada malam hari dalam keadaan normal sehari-hari pada umumnya cenderung lebih baik daripada siang hari. Hal ini disebabkan karena pada siang hari terjadi lapisan *ionosphere* tambahan (lapisan D) yang terionisasi kurang sempurna dan menyerap gelombang radio terutama pada *band* 160 dan 80 meter.

Sebenarnya propagasi gelombang radio tidak hanya melalui gelombang langit tetapi juga dapat melalui *ground wave* (gelombang darat). Gelombang darat ini terdiri dari gelombang permukaan dan gelombang ruang seperti terlihat pada gambar 21 di atas. Gelombang permukaan

merambat relatif dekat dengan permukaan bumi, contohnya pada band frekuensi LF ke bawah. Gelombang ruang merupakan *resultant* dari gelombang langsung dan gelombang pantul yang merambat relatif jauh dari permukaan bumi, contohnya pada frekuensi radio di atas 1GHz yang juga dikenal sebagai gelombang mikro (*microwave*).

4. Peninjauan Lokasi

Peninjauan lokasi diperlukan untuk mengevaluasi desain yang sudah dibuat kemudian dicocokkan dengan kondisi *real* di lapangan. Beberapa hal yang diperlukan dan harus dipertimbangkan untuk melakukan peninjauan lokasi adalah^[3]:

- a. Letak lokasi stasiun pemancar, stasiun-stasiun *repeater* (bila ada), stasiun penerima, termasuk bangunan, dan menara antenna (*antenna tower*) nya serta penjelasan mengenai lokasi seperti: jenis tanah, struktur, syarat pelaksanaan, dan sebagainya.
- b. *Survey* tentang *Electromagnetic Interference* (EMI). *Survey* ini adalah untuk mendapatkan data tentang gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh stasiun-stasiun lain di sekitar lokasi. Parameter yang di ukur adalah *Effective Isotropically Radiated Power* (EIRP), kuat medannya, *bandwidth*, dan emisi *spurious*-nya. Sehingga nantinya dapat dipastikan, bahwa stasiun baru yang akan dibangun nanti tidak akan mengganggu stasiun yang sudah ada. EIRP dapat dihitung dengan menjumlahkan unit-unit desibel yaitu : daya keluaran pemancar /

transmitter power output (dalam dBm atau dBW), rugi-rugi saluran transmisi (saluran transmisi sebelum memasuki antena pemancar) / *transmission line losses* (dalam dB, nilainya negatif karena merupakan rugi-rugi), dan gain antena dalam dBi. dBi adalah referensi decibel untuk sebuah antena isotropis. Rumus yang digunakan untuk mencari EIRP adalah :

$$EIRP = \text{Transmitter output (dBm)} - \text{Transmitter line loss (dB)} + \text{Antenna gain (dBi)} \quad (5)$$

- c. Ketersediaan sumber (catu daya) dekat dengan lokasi juga perlu dipertimbangkan. Sehingga bisa dipertimbangkan apakah catu daya menggunakan PLN, genset, baterai dan berapa besar daya yang dibutuhkan.
- d. Pengetahuan tentang data geografi dan seismografi, untuk mengetahui tentang musim dan cuaca di sekitar lokasi.
- e. Peraturan daerah. Misalnya, bila lokasi stasiun yang akan dibangun berada dekat bandara maka ketinggian antena dan jarak antar stasiun harus dipertimbangkan.
- f. Pelaksanaan lapangan. Perlu dipertimbangkan dan diusahakan juga jika daerah yang akan dibangun mudah dijangkau dengan kendaraan. Sehingga memudahkan pembangunan serta operasional/perawatan di kemudian hari. Untuk itu diperlukan data mengenai kondisi jalan

(beraspal, masih jalan tanah, dan sebagainya). Jika belum ada jalan, maka perlu dibuat jalan baru.

E. Link Budget

Pada perencanaan LOS *microwave radiolink*, perhitungan *link budget* atau *path analysis* mengambil peranan penting agar hasil rancangan dapat mencapai hasil yang optimum dan efisien baik dari segi kehandalan teknis maupun biaya. Perhitungan *link budget* merupakan perhitungan *loss* dan *gain* pada sebuah sistem dengan parameter yang sesuai dengan sistem tersebut. Parameter-parameter tersebut antara lain frekuensi operasi, daya pancar, *receiver sensitivity*, dan *losses*. Di dalam perhitungan *link budget* kita juga dapat mengetahui level daya terima (*Received Signal Level*) yang diterima oleh penerima, hal ini akan menentukan *availability* dari sistem yang kita rancang dan besarnya harus sesuai dengan kualitas yang kita inginkan. Jika pada perencanaan awal, kualitas yang diinginkan belum tercapai, maka rekonfigurasi dapat dilakukan sampai tercapai suatu sistem yang efisien dan optimal.

Terdapat dua *tujuan* utama dalam perencanaan LOS *microwave radiolink*, yaitu:

1. Mendapatkan nilai *gain* dan *loss* sistem secara detail dan menyeluruh serta tepat dari lintasan *radiolink*.
2. Mendapatkan nilai *loss* yang diizinkan dalam jaringan.

Tujuan diatas dapat tercapai dengan mengetahui parameter-parameter dan komponen *link budget*. Parameter-parameter tersebut dibagi menjadi beberapa kategori antara lain:

1. Parameter yang berhubungan dengan propagasi

i. *Free Space Loss*

Free space loss adalah redaman karena pengaruh penyebaran yang bergantung pada fungsi frekuensi dan jarak. Penerimaan sinyal yang kecil lebih banyak disebabkan oleh *free space loss*. Hal ini tidak tergantung lingkungan, akan tetapi hanya tergantung pada jarak dan frekuensi yang digunakan.^[3] Semakin panjang jarak yang yang ditempuh dan semakin besar frekuensi yang digunakan maka semakin besar *loss* yang akan terjadi disepanjang lintasan. *free space loss* dapat dirumuskan dalam dB dengan :

$$FSL = 92,4 + 20 \log f_{(\text{GHz})} + 20 \log d_{(\text{km})} \quad (6)$$

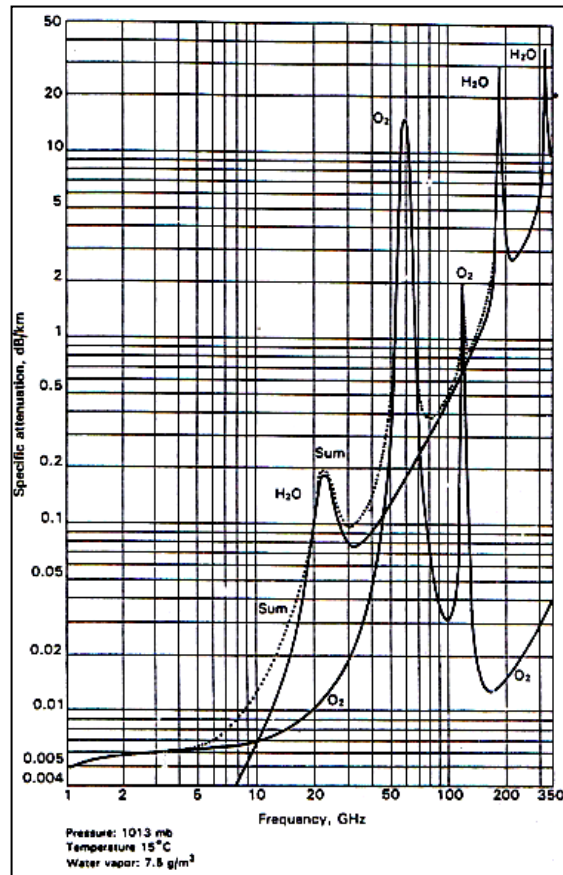
dimana:

FSL = *free space loss* (dB)
 f_{GHz} = *frekuensi* (GHz)
 d_{km} = *panjang lintasan radiolink* (Km)

ii. *Atmospheric absorption loss*

Atmospheric absorption loss adalah *loss* yang disebabkan oleh penyerapan yang terjadi di dalam lapisan atmosfer seperti uap air, oksigen, kabut, dan lain-lain. Nilai rugi-rugi atmosfer tersebut diperoleh

berdasarkan rekomendasi CCIR pada kurva yang ditunjukkan pada gambar 22.



Gambar 22. Kurva *atmospheric absorption loss*

iii. *Received input level Pr (dBW or dBm)*

Received input level adalah level daya yang diterima pada input penerima. Pr diperoleh dari total *gain* dari perangkat yang digunakan dikurangi total *loss* disepanjang lintasan.

$$P_r = P_t + G_t + G_r + FSL - A_{atm} \quad (7)$$

Transmitter power adalah daya yang keluar dari pemancar sebelum masuk ke saluran pencatu. *Tx power* dari radio transmisi memiliki dampak pada jangkauan hubungan. *Tx* yang semakin tinggi akan menyebabkan sinyal dikirimkan hingga jarak yang lebih jauh, menghasilkan jangkauan yang lebih luas. Sebaliknya menurunkan *output power* akan mengurangi jangkauan.

2. *Fading Margin*

Fading secara definitif adalah penurunan dan fluktuasi daya di penerima yang menyebabkan sinyal yang diterima terlalu buruk untuk dilakukan pemrosesan sinyal selanjutnya. Umumnya *fading* disebabkan oleh pengaruh mekanisme propagasi terhadap gelombang radio, berupa refleksi, refraksi, difraksi, hamburan, atenuasi, dan *ducting*. Dengan kata lain *fading* diakibatkan oleh kondisi geometri dan meteorologi lingkungan sistem tersebut.

Fading terdiri dari :

- i. *Fading* cepat (*athmosferic multipath fading*) yaitu *fading* berfluktuasi dengan cepat, dianalisis secara stokastik dan memberikan suatu model kanal yang berubah setiap waktu. *Fading* cepat terdistribusi secara *Rayleigh* (*Rayleigh fading*) atau *Rice* (*Rician fading*).
- ii. *Fading* lambat (*shadowing*) yaitu *fading* berfluktuasi dengan lambat, dianalisis secara stokastik dikaitkan dengan *pathloss* dan memberikan suatu model kanal yang berubah terhadap waktu yang terdistribusi secara *lognormal* (*lognormal fading*).

Masalah *fading* ini dapat dikurangi dengan cara memberikan *fading margin*, sehingga diharapkan sinyal yang diterima selalu lebih besar dari ambang (*threshold*).

Fading margin secara definitif adalah kenaikan daya pancar yang harus dilakukan agar penerimaan lebih dari atau sama dengan level penerimaan minimum (*threshold*) yang diizinkan. Penerimaan yang dimaksud adalah penerimaan pada *receiver* sebagai kasus yang terburuk sehingga *fading margin* sesungguhnya akan menaikkan reliabilitas sinyal pada *receiver* menjadi di atas 50%.

Pemberian *fading margin* tergantung dari berapa persen ketersediaan (*availability*) *coverage* yang ingin dicapai, bisa 80%, 90%, dan seterusnya. Semakin besar persentase *availability*, maka diperlukan *fading margin* yang semakin besar. Akan tetapi, dalam perencanaan suatu sistem digital radio link gelombang mikro ada ketentuan yang harus dipatuhi agar suatu sistem memiliki performa yang baik yaitu *fading margin* yang diberikan harus menghasilkan BER yang lebih kecil dari 10^{-6} (untuk sinyal informasi data) dan 10^{-3} (untuk sinyal informasi suara). Untuk dapat memenuhi kriteria ini ada beberapa perhitungan yang harus dilakukan oleh seorang *engineer* yaitu:

- i. *Gross value of fade margin*, yaitu perbedaan antara level daya yang diterima dengan level *threshold* dari *receiver* yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$FM_a = P_r - RX_a \quad (8)$$

$$FM_b = P_r - RX_b \quad (9)$$

di mana:

FM_a = gross value of fade margin untuk BER 10^{-3} (dBm)

FM_b = gross value of fade margin untuk BER 10^{-6} (dBm)

RX_a = level daya yang diterima untuk BER 10^{-3} (dBm)

RX_b = daya yang diterima untuk BER 10^{-6} (dBm)

P_r = level daya pancar (dBm)

ii. *Multipath fading probability* adalah probabilitas terjadinya *fading*

lintasan jamak. Nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan

berikut:

$$P_o = KQ \cdot f^b \cdot d^c \quad (10)$$

di mana:

P_o = *multipath fading probability* (%)

$KQ = 1.4 \cdot 10^{-8}$ (merupakan ketetapan yang telah direkomendasikan oleh CCIR untuk daerah yang beriklim sedang dan termasuk daerah bergelombang)

$b = 1.0$

$c = 3.5$

f = frekuensi kerja (GHz)

d = panjang lintasan (km)

iii. *Probability of reaching threshold* adalah probabilitas *fading* yang

diterima pada penerima mencapai level ambang penerimaan *receiver*

yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut^[3]:

$$P_a = 10^{-FM_a/10} \quad (11)$$

$$P_b = 10^{-FM_b/10} \quad (12)$$

di mana:

P_a = *Probability of reaching threshold* untuk BER 10^{-3}

P_b = *Probability of reaching threshold* untuk BER 10^{-6}

FM_a = gross value of fade margin untuk BER 10^{-3} (dBm)

FM_b = gross value of fade margin untuk BER 10^{-6} (dBm)

iv. Probabilitas BER lebih besar dari 10^{-3} adalah probabilitas sistem *radiolink* memiliki BER lebih dari 10^{-3} yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut^[3]:

$$\text{Probability of BER} > 10^{-3} = P_o \cdot P_a \quad (13)$$

di mana:

$P_o = \text{multipath fading probability}$

$P_a = \text{Probability of reaching threshold}$ untuk BER 10^{-3}

v. Probabilitas BER lebih besar dari 10^{-6} adalah probabilitas sistem *radiolink* memiliki BER lebih dari 10^{-6} yang nilainya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut^[3]:

$$\text{Probability of BER} > 10^{-6} = P_o \cdot P_b \quad (14)$$

di mana:

$P_o = \text{multipath fading probability}$

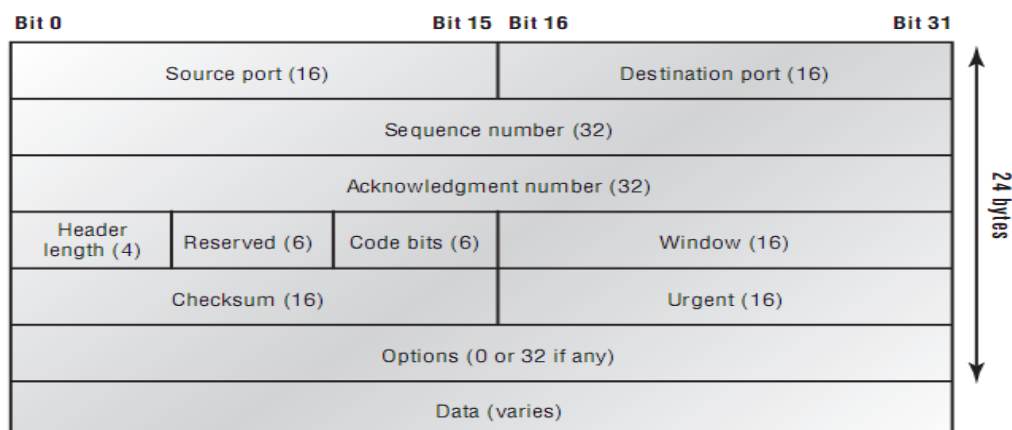
$P_b = \text{Probability of reaching threshold}$ untuk BER 10^{-6}

F. Transmission Control Protocol (TCP)

TCP menggunakan blok informasi yang besar dari aplikasi dan memecahnya ke dalam segmen. TCP menomori dan mengurutkan setiap segmen supaya pada lokasi tujuan, TCP bisa mengurutkannya kembali. Setelah segmen ini dikirim, TCP (pada *host* pengirim) menunggu tanda *acknowledgement* dari penerima yang berada pada ujung sesi sirkuit virtual, mentransfer ulang yang tidak mendapatkan umpan balik *acknowledge*. Sebelum *host* pengirim mengirim segmen menuju model dibawahnya, protokol TCP pengirim menghubungi protokol TCP penerima

dan membuat sebuah koneksi. Koneksi yang dibuat ini dikenal dengan nama *Virtual Circuit*. Jenis komunikasi ini disebut *connection-oriented*. Pada saat terjadi inisial *handshake* (awal proses jabat tangan), kedua layer TCP membuat persetujuan tentang jumlah informasi yang dikirim sebelum TCP penerima mengirim balik tanda *acknowledgement*. Dengan demikian, jalur yang telah dibuat dalam proses komunikasi dapat diandalkan dan terjamin ^[16].

TCP adalah *full-duplex*, *connection-oriented*, *reliable* dan protokol yang akurat, tapi semua kondisi ini ditambah dengan pengecekan kesalahan sehingga menyebabkan *delay*. Pada gambar 23 dibawah ini memperlihatkan format segmen dan *field-field* yang berbeda dalam *header* TCP.



Gambar 23. Segmen Protokol TCP

Panjang *header* TCP adalah 20 *byte* atau sampai 24 *byte* dengan pilihan.

Penjelasan segmen yang mengandung *field-field* ini adalah sebagai berikut ^[16]:

Source port: Nomor port dari aplikasi yang mengirimkan data.

Destination port: Nomor port dari aplikasi yang meminta pada *host* tujuan.

Sequence number: Menyusun data kembali dengan urutan yang benar atau mengirim kembali data yang hilang atau rusak, prosesnya disebut *sequencing*.

Acknowledgement number: Mendefinisikan *octet* TCP yang diharapkan selanjutnya.

Offset: penomoran 32-bit di *header* TCP. Mengidentifikasi di mana data dimulai. Ukuran panjang *header* TCP (termasuk *options*) menggunakan penomoran integral 32 bit.

Reserved: selalu berisi angka nol

Code bit: fungsi kontrol yang digunakan untuk *set-up* dan memutuskan *session*.

Window: Ukuran *window* dari pengirim yang akan diterima dalam format oktet.

Checksum: *Cyclic Redudancy Check* (CRC), karena TCP tidak mempercayai layer dibawahnya dan memeriksa semuanya. CRC memeriksa *field header* dan data.

Urgent Pointer: *Field* di anggap sah hanya jika *Urgent pointer* dalam kondisi bit diset. Jika sudah demikian, nilai ini mengidentifikasi *offset* dari *sequence number* saat ini dalam format oktet, dimana segmen pertama dari data dimulai.

Option: Bisa merupakan angka 0 atau kelipatan 32 bit, jika ada. Maksudnya adalah tidak ada keharusan *option* harus ada (ukuran option 0). Namun jika terdapat *option* yang tidak menyebabkan *field option* menjadi berjumlah kelipatan 32 bit, maka penambahan bit 0 harus digunakan untuk memastikan bahwa ukuran data paling sedikit 32-bit.

Data: Diserahkan ke protocol TCP pada *layer transport*, disertai dengan *header* dari *upper layer*.

G. Protokol TCP/IP

Protokol merupakan sekumpulan aturan yang mengatur dua atau lebih mesin dalam suatu jaringan dalam melakukan interaksi pertukaran format data. Protokol

memiliki suatu fungsi yang spesifik satu sama lain pada sebuah hubungan telekomunikasi. TCP/IP merupakan sekumpulan protokol yang dikembangkan untuk memungkinkan komputer-komputer agar dapat saling membagi sumber daya yang dimiliki masing-masing melalui media jaringan.

Protokol-protokol TCP/IP dikembangkan sebagai bagian dari riset yang dikembangkan oleh *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)*. Pertama kalinya TCP/IP dikembangkan untuk komunikasi antar jaringan yang terdapat pada DARPA. Selanjutnya, TCP/IP dimasukkan pada distribusi *software* UNIX. Sekarang TCP/IP telah digunakan sebagai standar komunikasi *internetwork* dan telah menjadi protokol transport bagi internet, sehingga memungkinkan jutaan komputer berkomunikasi secara global.

TCP/IP memungkinkan komunikasi di antara sekumpulan interkoneksi jaringan dan dapat diterapkan pada jaringan LAN ataupun WAN. Tidak seperti namanya, TCP/IP tidaklah hanya memuat protokol di *layer* 3 dan 4 dari OSI *layer* (seperti IP dan TCP), tetapi juga memuat protokol-protokol aplikasi lainnya seperti *e-mail*, *remote login*, *ftp*, *http*, dan sebagainya.^[16]

TCP/IP dapat diterima oleh masyarakat dunia karena memiliki karakteristik sebagai berikut:

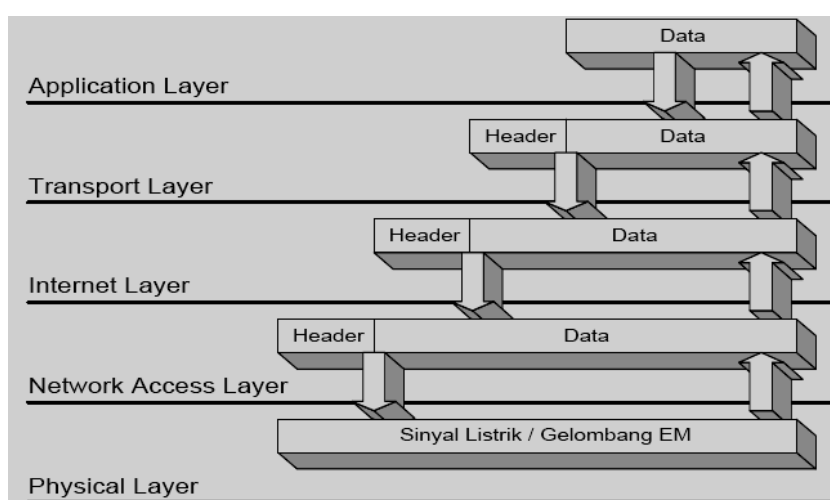
1. Protokol TCP/IP dikembangkan menggunakan standar protokol yang terbuka.
2. Standar protokol TCP/IP dalam bentuk *Request For Comment (RFC)* yang dapat diambil oleh siapapun tanpa biaya.
3. TCP/IP dikembangkan dengan tidak tergantung pada sistem operasi atau perangkat keras tertentu.

4. Pengembangan TCP/IP dilakukan dengan konsensus dan tidak tergantung pada vendor tertentu.
5. TCP/IP independen terhadap perangkat keras jaringan dan dapat dijalankan pada jaringan *Ethernet*, *Token Ring*, jalur telepon *dial-up*, jaringan X.25, dan praktis jenis media transmisi apapun.
6. TCP/IP memiliki fasilitas *routing* yang memungkinkan sehingga dapat diterapkan pada *internetwork*.
7. TCP/IP memiliki banyak jenis layanan.

Berikut adalah cara kerja dari TCP/IP :

Layer-layer dan protokol yang terdapat dalam arsitektur jaringan TCP/IP menggambarkan fungsi-fungsi dalam komunikasi antara dua buah komputer. Setiap lapisan menerima data dari lapisan di atas atau di bawahnya, kemudian memproses data tersebut sesuai fungsi protokol yang dimilikinya dan meneruskannya ke lapisan berikutnya. Ketika dua komputer berkomunikasi, terjadi aliran data antara pengirim dan penerima melalui lapisan-lapisan di atas. Pada pengirim, aliran data adalah dari atas ke bawah. Data dari *user* maupun suatu aplikasi dikirimkan ke lapisan *transport* dalam bentuk paket-paket dengan panjang tertentu. Protokol menambahkan sejumlah bit pada setiap paket sebagai header yang berisi informasi mengenai urutan segmentasi untuk menjaga integritas data dan bit-bit pariti untuk deteksi dan koreksi kesalahan. Dari lapisan *transport*, data yang telah diberi *header* tersebut diteruskan ke Lapisan *Network / Internet*. Pada lapisan ini terjadi penambahan *header* oleh protokol yang berisi informasi alamat tujuan, alamat pengirim dan informasi lain yang dibutuhkan

untuk melakukan *routing*. Kemudian terjadi pengarahannya *routing* data, yakni ke *network* dan *interface* yang mana data akan dikirimkan, jika terdapat lebih dari satu *interface* pada *host*. Pada lapisan ini juga dapat terjadi segmentasi data, karena panjang paket yang akan dikirimkan harus disesuaikan dengan kondisi media komunikasi pada *network* yang akan dilalui. Proses komunikasi data di atas dapat dijelaskan seperti pada gambar 24 berikut ini :



Gambar 24 . Proses Komunikasi Data Antar Layer

Selanjutnya data menuju *Network Access Layer* (*Data Link*) dimana data akan diolah menjadi frame-frame, menambahkan informasi keandalan dan *address* pada level *link*. Protokol pada lapisan ini menyiapkan data dalam bentuk yang paling sesuai untuk dikirimkan melalui media komunikasi tertentu. Terakhir data akan sampai pada *physical layer* yang akan mengirimkan data dalam bentuk besaran-besaran listrik/fisik seperti tegangan, arus, gelombang radio maupun cahaya, sesuai media yang digunakan. Di bagian penerima, proses pengolahan data mirip seperti di atas hanya dalam urutan yang berlawanan (dari bawah ke

atas). Sinyal yang diterima pada *physical layer* akan diubah dalam ke dalam data. Protokol akan memeriksa integritasnya dan jika tidak ditemukan *error t header* yang ditambahkan akan dilepas. Selanjutnya data diteruskan ke lapisan *network*. Pada lapisan ini, *address* tujuan dari paket data yang diterima akan diperiksa. Jika *address* tujuan merupakan *address host* yang bersangkutan, maka *header* lapisan *network* akan dicopot dan data akan diteruskan ke lapisan yang di atasnya. Namun jika tidak, data akan di *forward* ke *network* tujuannya, sesuai dengan informasi routing yang dimiliki. Pada lapisan Transport, kebenaran data akan diperiksa kembali, menggunakan informasi *header* yang dikirimkan oleh pengirim. Jika tidak ada kesalahan, paket-paket data yang diterima akan disusun kembali sesuai urutannya pada saat akan dikirim dan diteruskan ke lapisan aplikasi pada penerima.

Proses yang dilakukan tiap lapisan tersebut dikenal dengan istilah enkapsulasi data. Enkapsulasi ini sifatnya transparan. Maksudnya, suatu lapisan tidak perlu mengetahui ada berapa lapisan yang ada di atasnya maupun di bawahnya. Masing-masing hanya mengerjakan tugasnya. Pada pengirim, tugas ini adalah menerima data dari lapisan di atasnya, mengolah data tersebut sesuai dengan fungsi protokol, menambahkan *header* protokol dan meneruskan ke lapisan di bawahnya. Pada penerima, tugas ini adalah menerima data dari lapisan di bawahnya, mengolah data sesuai fungsi protokol, mencopot *header* protokol tersebut dan meneruskan ke lapisan di atasnya.

H. *Quality of Service (QoS)*

QoS merupakan kependekan dari *Quality of Service*. Dalam buku *Quality of Service* yang ditulis oleh Paul Ferguson, didefinisikan bahwa QoS adalah suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. QoS biasanya digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut performansi yang telah dispesifikasikan dan biasanya diasosiasikan dengan suatu servis. Pada jaringan berbasis IP, IP QoS mengacu pada performansi dari paket-paket IP yang lewat melalui satu atau lebih jaringan.

QoS didesain untuk membantu *end user* menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa dia mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan.

QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda. QoS merupakan suatu tantangan yang cukup besar dalam jaringan berbasis IP dan internet secara keseluruhan. Tujuan dari QoS adalah untuk memuaskan kebutuhan-kebutuhan layanan yang berbeda, yang menggunakan infrastruktur yang sama. QoS menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut-atribut layanan jaringan yang disediakan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Komponen-komponen dari QoS adalah:

1. *Jitter*

Jitter merupakan variasi *delay* antar paket yang terjadi pada jaringan IP. Besarnya nilai *jitter* akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*collision*) yang ada dalam jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya *congestion* dengan demikian nilai *jitter*-nya akan semakin besar. Semakin besar nilai *jitter* akan mengakibatkan nilai QoS akan semakin turun. Nilai QoS jaringan yang baik diperoleh dengan menjaga seminimum mungkin nilai *jitter*.

2. *Delay*

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *One Way Delay* (OWD) adalah waktu yang dibutuhkan oleh satu paket dari tempat sumber ke tujuan. Waktu dari sumber ke tujuan kembali lagi ke sumber disebut *Round Trip Time* (RTT). Tundaan atau *delay* ini dapat dipengaruhi oleh jarak (misalnya akibat penggunaan *wireless LAN*), kongesti (yang memperpanjang antrian), dan waktu olah yang lama (misalnya proses baca-tulis oleh *proxy server*). Semakin kecil *delay* yang dihasilkan berarti semakin baik kualitas dari jaringan yang telah dibangun tersebut^[10].

3. *Throughput*

Throughput adalah kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam *bit per second (bps)*. Penggunaan saluran secara bersama-sama akan mengurangi nilai *throughput*.

4. *Paket Loss*

Paket Loss (Packet Loss) didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. Kegagalan paket tersebut mencapai tujuan, dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan, diantaranya yaitu^[10]:

- a. Terjadinya *overload* trafik didalam jaringan
- b. Kemacetan (*congestion*) dalam jaringan
- c. *Error* yang terjadi pada media fisik
- d. Kegagalan yang terjadi pada sisi penerima antara lain bisa disebabkan karena *overflow* yang terjadi pada *buffer*.