

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Gelombang elektromagnetik

Salah satu kajian mengenai gelombang adalah pembagian gelombang berdasarkan medium perambatannya yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik memerlukan medium untuk perambatannya sedangkan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium untuk perambatannya. Contoh gelombang mekanik adalah gelombang bunyi. Gelombang elektromagnetik terbagi ke dalam delapan spektrum yaitu gelombang televisi, gelombang radio, gelombang mikro, cahaya, sinar inframerah, sinar x, sinar ultraviolet dan sinar gamma. Gelombang elektromagnetik dimanfaatkan untuk pengembangan besar – besaran di bidang teknologi terutama dalam lingkup telekomunikasi terutama dalam komunikasi radio. Seperti telah dibahas sebelumnya gelombang mikro digunakan untuk mengirimkan suatu informasi dari satu tempat ke tempat lain tanpa gangguan.

2.2 Sistem Komunikasi Radio

Sistem komunikasi radio merupakan suatu sistem komunikasi yang menggunakan udara sebagai media komunikasinya. Di sistem komunikasi radio dibutuhkan pemancar dan penerima. Pemancar adalah sumber sinyal radio yang dipancarkan melalui antena yang ada di sisi sumber informasi. Sinyal radio berfrekuensi tinggi dapat dihasilkan oleh alat yang bernama osilator. Osilator ialah rangkaian elektronika yang menghasilkan 900.000 gelombang per detik. Selain itu frekuensi tinggi yang dipancarkan oleh pemancar memiliki fungsi sebagai pembawa informasi, sinyal pembawa ini digunakan agar sinyal informasi dapat mencapai jarak jangkauan yang jauh, frekuensi pembawa dinamakan radio frekuensi atau RF^[1]. Frekuensi yang membawa sinyal informasi ialah sebuah frekuensi rendah yang dinamakan audio. Supaya AF dapat dibawa oleh RF, maka AF harus ditumpangkan pada RF, dan proses penumpang tersebut disebut Modulasi.

2.3 Propagasi Gelombang pada Sistem Komunikasi radio

Pengiriman sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain dapat dilakukan melalui beberapa media, baik media fisik yang berupa kabel (wire) ataupun non-fisik atau lebih dikenal wireless. Penggunaan media transmisi wireless mempunyai beberapa keuntungan terutama dari segi teknis, cepat dalam instalasinya dan lebih murah dari segi ekonomi. Terutama digunakan untuk media komunikasi jarak jauh, akan lebih efisien apabila menggunakan udara bebas sebagai media transmisinya. Hal ini dapat terjadi karena adanya gelombang radio yang dipancarkan oleh antena sebagai matching device antara sistem pemancar dan udara dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik^[1]. Gelombang ini merambat melalui udara dari antena pemancar ke antena penerima yang jaraknya mencapai puluhan bahkan ratusan kilometer.

2.3.1. Propagasi Troposfir

Propagas Troposfir bisa juga dikategorikan sebagai kasus dari propagasi gelombang langit. Gelombang tidak diarahkan ke ionosfir, tetapi diarahkan ke troposfir. Batas troposfir berkisar 6,5 mil sampai 11 Km dari permukaan bumi. Frekuensi yang bisa dipakai sekitar 35 MHz sampai dengan 10 GHz dengan jarak jangkauan hingga 400 Km. Pada proses penghantaran sinyal, kedua antena diarahkan ke lapisan troposfir kemudian terjadilah penghamburan energi yang dipancarkan dikarenakan sebagian besar energi yang merambat lurus ruang angkasa. Frekuensi yang paling banyak digunakan di rentang 0,9 2 sampai 5 GHz^[2]. Meskipun demikian, gelombang yang diterima hanyalah satu per seribu bahkan sampai satu dari sejuta gelombang yang dipancarkan. Karena itu dibutuhkan daya pancar yang sangat besar, dan penerima yang harus sangat sensitive. Selain itu, proses hamburan mengalami dua macam fading antara lain:

- Fading yang disebabkan oleh transmisi dengan banyak lintasan dengan rasio kemunculan beberapa kali dalam satu menit.
- Fading yang disebabkan oleh perubahan atmosfer yang menyebabkan perubahan kuat gelombang yang diterima.

Meskipun banyak terjadi fading pada lapisan troposfir, penggunaan sistem propagasi radio tumbuh pesat sejak pemakaian pertama pada tahun 1955. Karena sistem ini memberikan jarak jangkauan yang cukup jauh dan handal di daerah seperti padang pasir, pegunungan ataupun digunakan untuk komunikasi antar pulau. Jaringan ini banyak digunakan pada komunikasi data, suara dalam komersial dan militer.

2.3.2 Propagasi Ground Wave

Ground Wave ialah gelombang radio yang berpropagasi di sepanjang permukaan bumi^[2]. Gelombang ini lebih dikenal dengan gelombang permukaan (surface wave). Untuk berkomunikasi menggunakan media gelombang tanah, maka gelombang harus terpolarisasi dulu secara vertical, karena bumi akan menghubungkan – singkatkan medan listriknya bila terpolarisasi horisontal. Perubahan kadar air memiliki pengaruh besar terhadap gelombang tanah. Redaman Ground Wave berbanding lurus terhadap impedansi permukaan tanah. Impedansi ini merupakan fungsi dari frekuensi dan konduktivitas. Jika Bumi mempunyai konduktivitas tinggi, maka redaman akan berkurang. Oleh karena itu, propagasi ground wave di atas air, terutama permukaan air laut jauh lebih baik bila dibandingkan pada permukaan tanah kering semisal gurun pasir. Redaman pada tanah akan meningkat secara cepat dengan besarnya frekuensi yang dipancarkan. Karena itu, ground wave kurang efektif pada frekuensi di atas 2 Mhz. Akan tetapi ground wave sangat handal bagi suatu hubungan komunikasi. Penerimaan ground wave sangat tahan terhadap perubahan harian ataupun musiman, seperti yang terjadi pada gelombang langit. Propagasi ground wave biasanya digunakan untuk berkomunikasi di lautan. Untuk meminimalkan redaman di laut, biasanya menggunakan frekuensi yang sangat rendah untuk saling berkomunikasi yaitu antara 30 hingga 300Hz.

2.3.3. Propagasi Gelombang Mikro

Sistem komunikasi gelombang mikro bekerja pada frekuensi UHF 300 MHz -30 GHz (pada umumnya 1-3 GHz) yang mempunyai panjang gelombang dalam ruang bebas antara 1 cm- 1 m^[3]. Sinyal gelombang mikro dipancarkan melalui lintasan lurus dari satu titik ke titik yang lain, dikenal dengan lintasan garis pandang atau Line of sight (LOS)^[3]. Stasiun yang digunakan, baik stasiun pemancar, penerima, maupun relai ditempatkan pada lokasi yang tinggi pada menara agar transmisi dapat mencakup daerah LOS yang maksimum sehingga diperoleh suatu lintasan gelombang yang bersifat langsung (direct signal path). Propagasi LOS gelombang mikro menggunakan gelombang radio, yang merupakan gelombang elektromagnetik. Komunikasi gelombang mikro dapat digunakan untuk komunikasi satelit maupun komunikasi teresterial yang merambat melalui atmosfer sangat mempengaruhi energi dan berkas gelombangnya. Daya keluaran pemancar berkisar 1 watt, karena digunakan antena dengan daya pancar dan pengarahannya yang sangat tajam dan terarah.

Beberapa peralatan yang diperlukan untuk menyediakan satu saluran dari sebuah sistem gelombang mikro terdiri dari dua stasiun pemancar, beberapa stasiun pengulang, dan stasiun penerima. Pada stasiun pemancar dengan masukan – masukan terdiri dari beberapa ratusan bahkan ribuan saluran telpon dimultiplex didalam jalur bandpas pada alokasi frekuensi 4Ghz. Sinyal ini diperkuat dengan suatu antena terarah ke sebuah stasiun pengulang yang berjarak kira – kira 45-55 Km. Pada stasiun pengulang sinyal diterima pada sebuah antena yang diarahkan ke stasiun pemancar lalu dikonversikan menjadi Intermedian Frekuensi lalu diperkuat dan dikonversi kearah atas sebagai frekuensi baru untuk kemudian dipancarkan kembali ke arah stasiun penerima. Setiap jalur transmisi sistem gelombang mikro menggunakan frekuensi yang berbeda, sehingga energi yang dipancarkan kembali dari suatu stasiun pengulang tidak diumpan balik ke penerimanya sendiri. Pada stasiun penerima sinyal dirubah menjadi IF dan selanjutnya didemodulasikan untuk mendapatkan kembali sinyal asli. Sinyal ini kemudian

didemultifleks untuk mendapatkan kembali sinyal masing – masing sinyal saluran telepon. Stasiun pemancar ataupun penerima menggunakan dua buah antenna, yang berfungsi satu untuk penerima dan satu untuk memancarkan. Sistem ini mungkin memiliki beberapa pemancar dan penerima, tetapi semua menggunakan antenna yang sama. Stasiun pengulang dilengkapi dengan dua antenna yang diarahkan ke masing – masing arah, sehingga semuanya diperlukan empat buah antenna. Untuk stasiun pengulang biasanya ditempatkan pada tempat yang tinggi seperti diatas gedung atau bukit. Menara yang kokoh memberikan ketinggian tambahan untuk membuat jarak antar stasiun maksimum. Keuntungan menggunakan gelombang mikro dibandingkan gelombang lain :

- Sangat mudah membuat antena yang mempunyai arah yang tajam dan penguatan yang tinggi, sehingga dengan memakai daya pancar yang rendah dapat menghasilkan S/N yang baik sehingga dapat menghindari interferensi radio.
- Dapat digunakan untuk menyalurkan informasi dengan band Frekuensi lebar tanpa memperlebar spesifik band.
- Karakteristik propagasi LOS stabil dengan demikian didapat kualitas sircuit dengan kualitas tinggi.
- Tidak terpengaruh oleh gemerisik luar dalam band frekuensi gelombang mikro.

2.4 Line Of Sight Microwave

Line of sight propagation merupakan lintasan gelombang radio yang mengikuti garis pandang, akan tetapi mempunyai keterbatasan. Oleh karena itu ketinggian antena dan kelengkungan permukaan bumi merupakan faktor yang membatasi propagasi ini. Jarak jangkauannya sangat terbatas , kira – kira 30 – 50 mil per link, tergantung dari topologi permukaan bumi di daerah tersebut. Nyatanya Jarak jangkauannya mencapai $\frac{4}{3}$ dari line of sight (untuk $K=4/3$), dikarenakan adanya faktor pembiasan oleh atmosfer bumi^[4].

Propagasi line of sight, disebut dengan propagasi gelombang langsung, karena gelombang yang terpancar dikirim langsung ke antena penerima tidak

merambat di atas permukaan bumi. Selain itu, gelombang jenis ini disebut juga dengan gelombang ruang, karena dapat menembus lapisan ionosfir dan berpropagasi di ruang angkasa. Pada saat ini Propagasi Line of sight banyak digunakan pada bidang telekomunikasi, dikarenakan dapat menyediakan kanal informasi yang lebih besar dengan ketahanan lebih tinggi dari fenomena perubahan alam. Band Frekuensi yang dipakai pada propagasi ini sangat lebar, meliputi band VHF,UHF,SHF dan EHF, yang dikenal dengan band microwave.

2.5 Frekuensi Gelombang Mikro

Band frekuensi gelombang mikro yang digunakan :

Alokasi frekuensi gelombang mikro					
Tahun 1970		USA		IEEE	
Band	f (GHZ)	Band	f (GHZ)	Band	f (GHZ)
L	1,12 - 2,7	A	0,1 - 0,250	HF	0,003-0,030
S	2,6 - 3,95	B	0,25 - 0,50	VHF	0,030-0,300
G	3,95 - 5,85	C	0,50 - 1,0	UHF	0,300-1,00
C	4,9 - 7,05	D	1,00 - 2,00	L	1,00-2,00
J	5,85 - 8,2	E	2,00 - 3,00	S	2,00 - 4,00
H	7,05 - 10,0	F	3,00 - 4,00	C	4,00-8,00
X	8,2 - 12,4	G	4,00 - 6,00	X	8,00-12,00
M	10,0 - 15,0	H	6,00 - 8,00	Ku	12,0-18,0
P	12,4 - 18,0	I	8,00 - 10,0	K	18,0-27,0
N	15,0 - 22,0	J	10,0 - 20,0	Ka	27,0-40,0
K	22,0 - 26,5	K	20,00 - 40,00	Mm	40,0-300
R	26,5 - 40	L	40,0 - 60,0	Sub mm	>300
		M	60,0 - 100,0		

Tabel 2.5 Alokasi frekuensi gelombang mikro

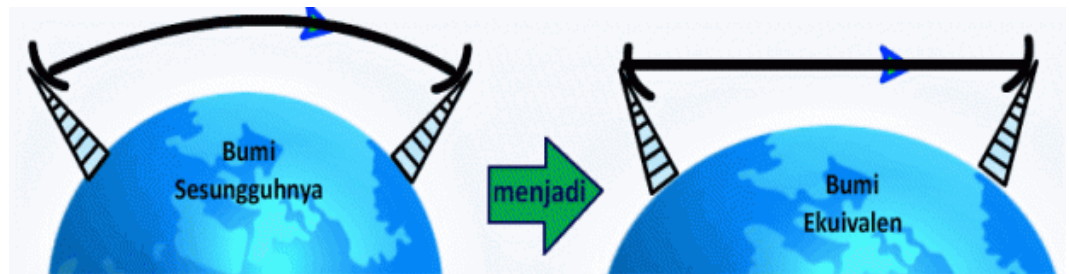
2.6 Pengaruh atmosfer terhadap propagasi gelombang mikro

Dalam komunikasi radio atmosfer digunakan sebagai media untuk mengirimkan gelombang mikro dari antena pemancar ke antena penerima.

Atmosfer terbentuk dari H_2O , O_2 , H_2 . Karena udara terdiri dari komponen – komponen yang tidak seragam maka akan menyebabkan berbagai macam gangguan seperti dutching, refraksi dan redaman pada sinyal yang dikirim.

- Dutching terjadi karena adanya anomali perubahan suhu atau kelembaban atmosfer terhadap ketinggian atmosfer dari permukaan bumi ^[5].
- Refraksi merupakan pantulan gelombang radio yang diakibatkan adanya perubahan karakteristik atmosfer terhadap ketinggian atmosfer yang berakibat melengkungnya lintasan propagasi gelombang mikro ke bumi. Hubungan antara kelengkungan bumi dan kelengkungan lintasan propagasi karena pengaruh refraksi dinyatakan dengan faktor K, untuk atmosfer standar nilai K adalah $4/3$ ^[5].
- Absorption merupakan kandungan atmosfer seperti gas yang berada di udara, uap air dan hujan dapat mempengaruhi propagasi gelombang radio terutama pada komunikasi radio dengan frekuensi tinggi diatas 10GHz ^[5].

2.7 Faktor K dan Profil Lintasan



Gambar 2.7 radius efektif bumi

Pada atmosfer bumi terjadi pembiasan gelombang sekitar 18 Km dari permukaan bumi karena pengaruh refraksi oleh atmosfer yang paling bawah ^[5]. Keadaan ini, tergantung pada kondisi atmosfer pada suatu daerah itu. Karena adanya indeks refraksi yang berbeda – beda ini, maka akan diperkirakan kelengkungan lintasan propagasi di atas permukaan bumi. Akibatnya, jika dilihat propagasi gelombang langsung atau LOS, maka radius bumi seakan – akan berbeda dengan radius bumi sesungguhnya. Dalam penggambarannya ditunjukkan pada gambar 2.3 radius bumi dibuat ekuivalen, dengan tujuan agar lintasan propagasi gelombang mikro dapat

digambarkan secara lurus. Perbandingan yang menyatakan antara radius efektif bumi dan radius bumi yang sesungguhnya disebut dengan faktor K atau disebut dengan faktor kelengkungan.

$$\text{Dinyatakan :} \quad K = \frac{ae}{a}$$

ae = radius ekuivalen bumi

a = radius bumi sesungguhnya

Pada kondisi atmosfer normal, dalam perhitungan radius ekuivalen bumi biasanya digunakan $K = 4/3$. Bila kita menggunakan $K = 4/3$ dengan mengalihkan radius bumi yang sesungguhnya dengan harga K tersebut, maka saat memetakan lintasan propagasi gelombang, akan mendapatkan modifikasi kurvatur bumi sedemikian rupa sehingga lintasan radio dapat digambarkan secara garis lurus.

2.8. Pathloss

Pathloss adalah suatu software simulasi yang digunakan untuk mengukur suatu loss yang disebabkan oleh kontur bumi, cuaca, rugi ruang bebas dll, agar tidak mengganggu pancaran dua buah antenna yang saling terhubung. Nilai pathloss menampilkan level sinyal yang mengalami pelemahan dikarenakan oleh propagasi ruang bebas seperti refleksi, difraksi dan scattering. Dalam memperhitungkan link budget, ukuran cell ataupun perencanaan frekuensi pathloss sangat penting untuk digunakan. Selain itu faktor – faktor yang mempengaruhi nilai level daya dan pathloss adalah jarak pengukuran antara Tx dan Rx, jenis area pengukuran, serta tinggi antenanya.

- Link Budget

Link Budget adalah sebuah metode untuk menghitung semua parameter dalam transmisi sinyal, mulai dari losses dan gain dari Tx sampai Rx melalui media transmisi. Link merupakan sebuah parameter dalam perencanaan suatu jaringan yang memakai berbagai macam media transmisi. Link Budget ini dihitung berdasarkan jarak antara Transmitter dan Receiver. Selain itu Link Budget juga dihitung karena adanya penghalang antara Tx ke Rx misal pepohonan, gedung – gedung

atau bahkan perbukitan. Manfaat dari link budget adalah untuk menjaga keseimbangan antara gain dan loss agar bisa mendapat SNR yang diinginkan di receiver.

- Rugi – Rugi pada Lintasan
Rugi – rugi pada lintasan ialah redaman yang terjadi karena disebabkan oleh proses pengiriman signal dari Tx sampai diterima di Rx. Rugi - rugi tersebut antara lain:
 - Rugi – Rugi Saluran merupakan besarnya redaman yang terdapat pada sepanjang saluran yang digunakan. Rata – rata rugi saluran sebesar 1dB.
 - Rugi – Rugi Redaman Hujan merupakan redaman yang mempunyai pengaruh besar terhadap propagasi dari suatu gelombang pada frekuensi di atas 1 GHz.
 - Redaman ruang bebas merupakan hilangnya daya yang dipancarkan pada ruang bebas saat pemancaran sehingga tidak semua daya dapat diterima oleh antenna receiver.
 - Fresnel Zone



Gambar 2.8 Fresnel Zone pada Transmisi Microwave

Fresnel zone merupakan suatu lintasan transmisi gelombang mikro yang digambarkan berbentuk elips seperti gambar diatas yang menunjukkan interferensi gelombang RF jika terdapat blocking. Seperti kita ketahui bahwa beberapa gelombang mikro yang dipancarkan akan merambat langsung ke antenna penerima dan ada beberapa gelombang yang melebar pada saat meninggalkan antenna. Akibatnya jalur yang dilalui menjadi lebih panjang, hal ini menimbulkan perbedaan fasa antara sinyal langsung dan yang melebar. Pada saat perbedaan satu panjang gelombang, maka akan terjadi interferensi konstruktif. Melihat kondisi ini maka kita akan melihat adanya daerah lingkaran di sekitar

garis lurus antara Tx dan Rx yang akan mempengaruhi sinyal yang diterima di Rx. Pada saat perancangan link microwave hal yang pertama patut diperhatikan zona fresnel. Daerah ini harus sebisa mungkin bebas dari halangan aatau free of sight obstruction, karena bila tidak, akan menambah redaman lintasan atau memutuskan komunikasi antar link.

- Tower Height Calculation

Tower Height Calculation merupakan perhitungan untuk membangun suatu tower agar terhindar dari berbagai loss.

- Saluran Transmisi

Saluran transmisi digunakan sebagai media untuk mengirimkan energi elektromagnetik dari satu hop ke hop berikutnya. Saluran transmisi ada yang berupa coaxial, fiber optik, wave guide dan lain – lain. Pada umumnya saluran transmisi juga bersifat meredam dan mempunyai kontanta redaman atau loss yang memiliki satuan dalam dBm. Nilai redaman saluran transmisi dapat dicari dengan:

$$L_f = al$$

Dimana: L_f = Loss feeder / saluran transmisi

a = Konstanta redaman (dB/m)

l = Panjang saluran transmisi / feeder(m)

- Free space Loss

FSL adalah suatu nilai yang menunjukkan redaman pada jalur transmisi. Redaman ini timbul dikarenakan penggunaan udara sebagai media pemandu, jarak jalur transmisi dan penggunaan radio. Besar FSL ini dapat dihitung dengan rumus:

$$FSL(\text{dB}) = 92,45 + 20 \log D(\text{km}) + 20 \log f(\text{GHz})$$

Dengan: FSL = Free space loss (dB)

F = Frekuensi yang digunakan (GHz)

D = Jarak antara antena pemancar dan penerima (Km)

- EIRP

Evective Isotropic Recaived Power (EIRP) menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antenna pemancar. Nilai ini dipengaruhi oleh level keluaran pemancar, redaman pada feeder dan gain antenna. Secara matematis, nilai ini dapa ditulis:

$$\text{EIRP (dBw)} = \text{Ptx(dBw)} + \text{Gtx (db)} - \text{Lftx (dB)}$$

Dengan $\text{Ptx}_{\text{out}} = \text{Daya keluaran transmitter (dBw)}$

$\text{G}_{\text{tx}} = \text{gain antenna (dB)}$

$\text{L}_{\text{ftx}} = \text{rugi - rugi jalur (dB)}$

- Antena Gain

Antena gain merupakan perbedaan antara daya keluar dari pemancar dan daya minimum penerima. Sinyal informasi yang dipancarkan dari stasiun pemancar sampai stasiun penerima melalui media transmisi udara berupa gelombang elektromagnetik. Antena di stasiun pemancar dan stasiun penerima diasumsikan berupa antenna model isotropic sebagai antenna referensinya.

- Recaived Signal Level

RSL adalah level daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Nilai RSL ini sangat dipengaruhi oleh redaman jalur dan gain antenna penerima. Dengan ini nilai RSL dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{RSL} = \text{P}_{\text{TX}} + \text{G}_{\text{TX}} + \text{G}_{\text{RX}} - \text{L}_{\text{fTX}} - \text{L}_{\text{fRX}} - \text{FSL}$$

Dengan

$\text{P}_{\text{TX}} = \text{Daya pancar pengirim (dBm)}$

$\text{P}_{\text{RX}} = \text{RSL} = \text{daya terima di penerima (dBm)}$

$\text{G}_{\text{TX}} = \text{penguatan antenna pengirim (dBi)}$

$\text{G}_{\text{RX}} = \text{penguatan antenna penerima (dBi)}$

$\text{L}_{\text{fTX}} = \text{penguatan antenna penerima (dBi)}$

$\text{L}_{\text{fRX}} = \text{redaman kabel di penerima (dBi)}$

- Fade Margin

Fade Margin merupakan gangguan yang terjadi akibat adanya gelombang pantul dan gelombang langsung yang sekaligus diterima

oleh antenna receiver sehingga menyebabkan sinyal yang diterima akan naik turun atau sinyal mengalami fading. Kedua gelombang tersebut mungkin diterima dengan fase yang berbeda, sehingga menyebabkan efek saling menghilangkan. Mungkin Fading jenis ini sering dijumpai pada komunikasi antar pulau yang melewati daerah berair dimana propagasi gelombang bisa mencapai tempat yang jauh.

- Annual Availability

Annual Availability merupakan kemampuan system untuk memberikan pelayanan dengan standart yang diinginkan. Availability yang harus dicapai oleh system tergantung pada standart link yang dicapai:

- High Grade Link : Long haul ($\leq 25000\text{Km}$), misal pada hubungan nasional, hubungan internasional dan high bit rate(multimedia).
- Medium Grade Link : antara local exchange pada national network ($\leq 1250\text{Km}$), misal pada hubungan interlokal.
- Local Grade Link: antara pelanggan dengan lokal exchange, bit rate $\leq 2\text{ Mbps}$, misal pada hubungan lokal.

Pada beberapa availability yang wajib dicapai oleh masing - masing link diatas, bisa dilihat pada rekomendasi ITU-R. Dari link availability ini kemudian diturunkan availability untuk 1 hop. Dalam mencari availability di system point to point normalnya disekitar angka: 99,990 – 100,00. Ada beberapa penyebab unavailability (outgoing time).

- Kegagalan perangkat
- Fading
- Pemeliharaan dan Kesalahan Manusia
- Bencana alam, kebakaran dll