

SISTEM LMDS, LAYANAN BROADBAND WIRELESS PADA FREKUENSI 28–31 GHz.

Uke Kurniawan Usman

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Telkom

Jln. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot, Bandung 40257

E-mail: uku@stttelkom.ac.id

ABSTRAKSI

Dalam era informasi sekarang ini, kebutuhan pelanggan akan layanan komunikasi semakin meningkat, terutama pada komunikasi data untuk berbagai aplikasi internet. Hal ini juga didukung oleh perkembangan pasar yang menunjukkan bahwa permintaan pelayanan tersebut cukup menjanjikan. Akan tetapi keinginan para pelanggan untuk dapat mengakses layanan tersebut dimanapun mereka berada belum dapat dipenuhi. Hal ini disebabkan terbatasnya kemampuan nirkabel (wireless). Terutama semakin sempitnya spektrum frekuensi pada daerah 2 GHz untuk menyediakan alokasi lebar pita yang sesuai dengan layanan tersebut.

Kata kunci: LMDS, cell, optimize.

1. PENDAHULUAN

Sistem LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) merupakan salah satu pendekatan teknologi wireless untuk menyediakan layanan broadband dengan frekuensi operasi antara 28 GHz hingga 31 GHz. Pemanfaatan lebar pita frekuensi sedikitnya sebesar 1 GHz membuat sistem LMDS mampu membawa informasi suara, video, dan data berkecepatan tinggi baik satu arah maupun dua arah dalam kapasitas yang besar pada cakupan sel kecil berdiameter 3 km hingga 5 km yang *line of sight*, baik secara *point to point* maupun *point to multipoint*.

2. GAMBARAN UMUM SISTEM LMDS

LMDS merupakan sistem komunikasi point to multipoint berbasis sel yang beroperasi pada rentang 27 GHz sampai 31 GHz atau bergantung lisensi di suatu negara dengan bandwidth yang tersedia sebesar 1GHz hingga 3 GHz. LMDS dapat menyediakan layanan suara, data, internet, dan video secara bidirectional. Sebagai akibat dari propagasi sinyal pada frekuensi tersebut maka sistem LMDS menggunakan arsitektur konfigurasi sel dengan memakai teknologi digital dan frekuensi reuse. Pengiriman sinyal gelombang milimeter serta alokasi spektrum yang besar dari sistem LMDS dapat menyediakan layanan pita lebar, data rate yang tinggi pada radius sel yang kecil berdiameter 1 km sampai 5 km yang *line of sight*, baik secara *point to multipoint* atau *point to point*.

Hal ini dapat dijelaskan dari kata-kata yang membangun:

- *Local*, Jarak tempuh sinyalnya terbatas kira-kira 1 s.d. 5 km yang disebabkan karakteristik propagasi sinyal pada frekuensi tinggi mengalami banyak redaman, akibatnya sangat rentan terhadap kondisi lingkungan, terutama akibat hujan. Jarak tempuh yang terbatas tersebut dapat juga disebabkan penggunaan gelombang milimeter dengan daya yang kecil.
- *Multipoint*, menunjukkan bahwa sinyal dikirim

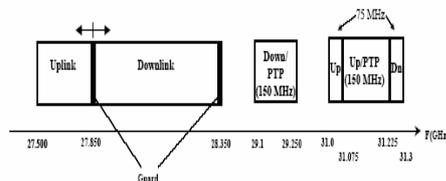
secara point to multipoint atau secara broadcast pada arah downlink dan secara point to multipoint pada arah uplink sehingga dapat dipergunakan untuk komunikasi secara bidirectional dan bersamaan.

- *Distribution*, sistem ini akan mendistribusikan semua jenis layanan yang dimiliki operator kepada pelanggan secara simultan, seperti layanan *voice*, data, *image*, internet, dan video baik secara analog maupun digital.
- *Service*, menunjukkan bahwa jenis-jenis layanan yang ditawarkan melalui jaringan LMDS sepenuhnya tergantung pada operator sistem. Lebar pita yang diberikan secara tidak terbatas sehingga mampu memberikan berbagai layanan.

a. Alokasi Frekuensi

Alokasi frekuensi LMDS termasuk belum baku dan seragam di berbagai negara. Federal Communication Commission (FCC), sebuah badan di Amerika Serikat mengusulkan pemakaian Ka-band frekuensi 28-31 GHz untuk penggelaran layanan LMDS

Acuan yang digunakan adalah spektrum frekuensi yang digunakan oleh sistem LMDS di Amerika Serikat yaitu sistem LMDS dengan frekuensi downlink 28 GHz dan frekuensi uplink 29 GHz. Range frekuensi yang digunakan adalah antara 27,5 GHz sampai 28,35 GHz dan 29,10 GHz sampai 29,25 GHz dengan bandwidth sebesar 1 GHz, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum Frekuensi Sistem LMDS

b. Jenis Layanan yang Disediakan

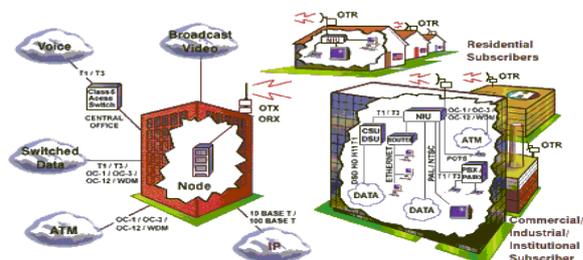
Besarnya alokasi spektrum yang digunakan memungkinkan sistem LMDS untuk mendukung layanan-layanan broadband. Jenis layanan yang disediakan oleh sistem LMDS dapat dibagi sebagai berikut.

- a. Layanan Data Berkecepatan Tinggi.
 - *Peer to peer (Symetric) services*
Umumnya pada jaringan tersendiri yang serupa dengan *leased line*. Kecepatannya bisa E1, E3, OC-1, dan OC-3 (dari 2 Mbps sampai 155 Mbps). Layanan yang simetris contohnya adalah sel ATM dan frame relay untuk akses internet berkecepatan tinggi.
 - *Client/server (asymetric) services*
Jaringan bisa terbentuk sendiri atau umum. Kecepatan data *downstream* biasanya 15 Mbps sampai 55 Mbps, sedangkan kecepatan *upstream* dari 64 Kbps sampai 44 Mbps.
- b. Layanan suara atau telepon.
- c. Kecepatan dari layanan telepon adalah pada ISDN, E1, dan E3.
- d. Layanan video.
- e. Video on demand.
- f. Interaktif video, seperti video conference.
- g. Broadcast video, yang dapat disediakan dalam bentuk analog (PAL) maupun digital (MPEG).

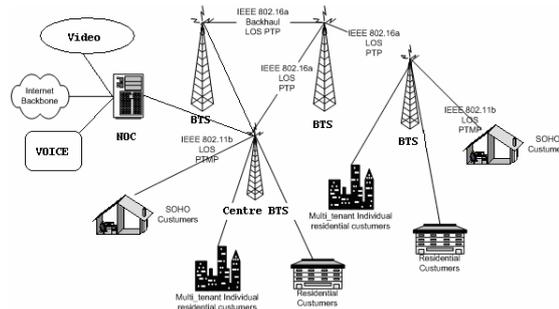
c. Standardisasi Sistem LMDS

LMDS merupakan sistem yang netral terhadap berbagai jenis protokol dan dapat mendukung seluruh jenis standar transmisi seperti ATM untuk suara dan data, TCP/IP untuk akses internet dan MPEG-2 untuk video. Sesuai perkembangan, sistem LMDS menuntut adanya standardisasi penggunaan LMDS. Standardisasi dilakukan oleh forum ATM, DAVIS, DVB, ETSI, dan ITU. Metode –metode yang digunakan berdasarkan standardisasi, sebagian besar menggunakan sel ATM sebagai mekanisme pengiriman utamanya.

d. Arsitektur Sistem LMDS



Gambar 2. Arsitektur Sistem LMDS



Gambar 3. Konfigurasi Jaringan Sistem LMDS.

Arsitektur sistem LMDS secara garis besar terdiri dari empat bagian dasar yang membentuk sistem LMDS tersebut seperti terlihat pada Gambar 2 & 3 diatas, yaitu:

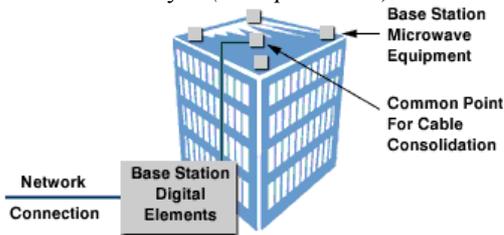
- a. *Network Operation Center (NOC)*
NOC merupakan perangkat manajemen sistem yang mengatur sejumlah jaringan pelanggan. Beberapa NOC dapat saling interkoneksi.
- b. *Infrastruktur berbasis serat optik (Fiber-based Infrastructure)*
Infrastruktur berbasis serat optik terdiri atas saluran SONET OC-12, OC-3, serta OC-1, peralatan central office (CO), sistem switching ATM dan IP, dan interkoneksi dengan internet dan PSTN (*Public Switched Telephone Network*).
- c. *Base station*
Base station adalah tempat dimana terjadi konversi sinyal data dari infrastruktur serat optik ke infrastruktur *wireless*. Perangkat pada base station terdiri dari *interface* (antar muka) jaringan untuk terminasi jaringan serat optik, fungsi modulasi dan demodulasi, serta perangkat pengirim dan penerima gelombang mikro. *Local Switching* dapat juga ditempatkan pada *base station* sehingga pelanggan yang berada dalam sel yang sama dapat berkomunikasi tanpa harus melalui infrastruktur serat optik.
- d. *Customer Premise Equipment (CPE)*
Customer Premise Equipment (CPE), disebut juga perangkat terminal pelanggan, bentuknya bervariasi tergantung penjualnya.

e. Pilihan Konfigurasi Sistem LMDS

Operator sistem LMDS memberikan layanan dan strategi bisnis yang berbeda dan ini menyebabkan konfigurasi sistem yang dipilih juga akan berbeda diantara para operator sistem. Terdapat 2 buah konfigurasi sistem LMDS yang paling umum dipakai adalah sebagai berikut.

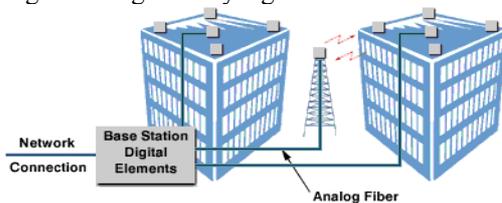
1. *Co-sited base station*, seperti terlihat pada Gambar 4, dimana *indoor digital equipment* terhubung ke infrastruktur jaringan dan *outdoor mounte microwave equipment* ditempatkan di atap bangunan pada lokasi yang sama. Arsitektur ini umumnya disertai dengan perencanaan frekuensi radio RF). Perencanaan

RF ini menggunakan sistem gelombang mikro bersektor banyak (*multiple sector*).



Gambar 4. Co-Sited Base Station

2. *Analog fiber*, seperti terlihat pada Gambar 5., alternatif lainnya menggunakan jaringan serat optik analog yang menghubungkan antar IDU (*Indoor Data Unit*) dengan ODU (*Outdoor Data Unit*). Jaringan serat optik analog tersebut di atas menghubungkan antara unit *base station* dalam ruangan dengan beberapa sistem pengirim dan penerima gelombang mikro. Dengan pendekatan arsitektur ini maka ada penggabungan perangkat digital yang memberikan keunggulan antara lain pengurangan biaya dan meningkatkan penyebaran aplikasi digital pada daerah cakupan yang luas. Kelebihan lain adalah pengurangan jumlah sektorisasi pada tiap lokasi karena semakin banyaknya perangkat gelombang mikro yang disebar.



Gambar 5. Analog Fiber Architecture

3. PARAMETER PERENCANAAN LMDS

3.1 Menentukan Prediksi Pelanggan

Trafik awal tahun diperkirakan berdasarkan jumlah calon pelanggan daftar tunggu baru (PSB) dari Kandatel Bandung dengan harapan bahwa beberapa dari calon pelanggan tersebut dapat dilayani oleh sistem LMDS. Memperkirakan trafik untuk beberapa tahun ke depan untuk jenis layanan tertentu dengan persamaan 1 berikut ini:

$$E_p = E_s (1 + F_p)^n \quad (1)$$

Keterangan:

E_p : estimasi pelanggan

E_s : estimasi pelanggan saat ini

F_p : faktor pertumbuhan rata-rata

n : jumlah tahun estimasi

diasumsikan bahwa faktor pertumbuhan rata-rata 0,3 dan estimasi waktu adalah untuk 5 tahun ke depan.

3.2 Menentukan Link Budget

Sistem LMDS memiliki *bandwidth* sebesar 1 GHz sehingga akan menyebabkan *loss propagasi* yang besar. Untuk mengatasi hal tersebut maka

diupayakan radius sel hanya beberapa kilometer saja sehingga akan terjadi kondisi *Line of Sight* (LOS) antara *base station* dan antenna pelanggan.

Parameter atau nilai besaran yang digunakan dalam perhitungan *link budget* dapat dilihat pada Tabel 1. adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter Link Budget

No	Parameter Teknis	CPE	BTS
1	Daya pancar maksimum	20 dBm	31,76 dBm
2	Frekuensi	29 GHz	28 GHz
3	Gain antenna	36 dBi	18 dBi
4	Tinggi antenna	3 m	40 m
5	Noise Figure	7 dB	7 dB
6	Fading Margin	5 dB	5 dB
6	Redaman kabel	0,22 dB/m	0,22 dB/m

3.3 Redaman

Untuk frekuensi di atas 10 GHz, rugi-rugi yang berpengaruh bukan hanya diakibatkan oleh *free space loss*, namun juga dipengaruhi oleh rugi-rugi akibat hujan dan atmosfer. Bahkan pada beberapa frekuensi tertentu terjadi serapan gas (*Gaseous absorption*) yang sangat besar terhadap sinyal yang menyebabkan frekuensi tersebut tidak dapat digunakan.

3.3.1 Redaman Hujan

Pada frekuensi LMDS yang masalah utama adalah redaman akibat hujan. Perhitungan redaman hujan ditentukan oleh informasi tentang curah hujan yang paa daerah tersebut, seluruh perhitungan terhadap curah hujan dilakukan dengan menggunakan satuan milimeter per jam (mm/hr).

Hujan lebat dapat mengakibatkan kerusakan yang serius terhadap sinyal untuk propagasi dengan frekuensi LMDS, namun biasanya daerah cakupan hujan terbatas dan tidak seluruh daerah yang terkena hujan memiliki curah hujan yang rata atau sama.

Curah hujan ini dapat dimodelkan dengan menggunakan nilai faktor reduksi (r) yang akan menentukan panjang jejak efektif (L_{eff}) yang terkena hujan seperti persamaan 2 berikut ini:

$$R = \frac{1}{1 + (0.045 * L)} \quad (2)$$

$$L_{eff} = L * r$$

dimana L merupakan jarak jejak yang sebenarnya.

Salah satu model pengukuran redaman hujan yang paling diterima adalah menggunakan persamaan empiris (persamaan 3) sebagai berikut:

$$A = a * R^b \text{ (dB/km)} \quad (3)$$

Parameter a dan b merupakan fungsi dari frekuensi, temperatur hujan, dan polarisasi. Jenis polarisasi yang digunakan adalah polarisasi vertikal dan horizontal. Nilai a dan b yang tertera hanya berlaku untuk curah hujan dengan prosentase hujan 0,01%. LMDS ini akan menggunakan nilai

availability 99 % sehingga memiliki unavailability 1%. Persamaan 4 yang dipakai adalah:

$$A_p = A_{0,01} \times (0,12P^{-(0,546+0,0743\text{Log}P)}) \text{ (dB)} \quad (4)$$

dimana P merupakan nilai unavailability.

Dimana wilayah Indonesia terletak di daerah hujan P, nilai curah hujan yang dikeluarkan CCIR adalah R = 145 mm/hr.

3.3.2 Redaman Ruang Bebas (Free Space Loss)

Redaman ruang bebas (L_{FS}) merupakan besar redaman selama melewati udara dimana pengaruh dari difraksi, refraksi, refleksi, absorpsi, maupun blocking dianggap tidak ada. Redaman ruang bebas secara matematis dapat dihitung dengan rumus persamaan 5:

$$L_{fs} = \frac{P_t}{P_r} \quad (5)$$

Besarnya rapat daya F pada tempat-tempat yang berjarak d dari antena isotropis dengan daya pemancar P_t dapat menggunakan persamaan 6 berikut ini:

$$F = \frac{P_t}{4\pi d^2} \quad (6)$$

Jika luas tangkap (aperture) antena isotropis adalah $\frac{\lambda^2}{4\pi}$, dimana λ adalah panjang gelombang sinyal, maka besarnya daya yang ditangkap oleh antena penerima menjadi persamaan 7. adalah:

$$P_r = F \frac{\lambda^2}{4\pi} = \frac{P_t \lambda^2}{4\pi d^2 \cdot 4\pi} = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (7)$$

Jadi redaman ruang bebas menjadi persamaan 8 berikut ini:

$$L_{fs} = \frac{P_t}{P_r} = \frac{P_t}{P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^{-2} \quad (8)$$

Karena $\lambda = c/f$ dengan c adalah cepat rambat gelombang cahaya di ruang hampa sebesar 3×10^8 m/dt, maka besarnya redaman ruang bebas menjadi:

$$\begin{aligned} L_{fs} &= 10 \log \frac{4\pi d \cdot f}{\lambda \cdot c} \\ &= 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log d + 20 \log f \\ &= 32,5 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{Mhz} \\ L_{fs} &= 92,4 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{GHz} \end{aligned} \quad (9)$$

dimana:

d_{km} = radius sel dalam kilometer
 f_{GHz} = frekuensi dalam gigahertz
 f_{Mhz} = frekuensi dalam megahertz

3.4 Kualitas Transmisi

Ukuran dari kualitas layanan pada sisi penerima untuk sistem digital adalah BER (Bit Error Rate). BER menunjukkan perbandingan kesalahan bit dengan keseluruhan bit pada penerima. Jika BER tidak memenuhi standar minimum maka kualitas yang diterima akan sangat tidak baik. Berikut pada Tabel 2. terlihat spesifikasi teknis sistem LMDS.

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Sistem LMDS

Teknik Duplex	FDD
Teknik Akses Jamak	FDMA/TDMA
Modulasi	QPSK
Availability	99%
BER	10^{-6}

Untuk menentukan E_b/N_0 dapat dihitung dengan menggunakan grafik yang menghubungkan antara BER yang disyaratkan dengan jenis modulasi yang digunakan. Kualitas suara akan sebanding dengan harga E_b/N_0 . Peningkatan E_b/N_0 akan meningkatkan suara dan data dengan menggunakan persamaan 10 sebagai berikut:

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{CODING} = \left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{NONCODING} - \text{Coding ain} + \text{IM} \quad (10)$$

dimana IM adalah Implementation Margin.

Jika digunakan BER adalah 10^{-7} dan modulasi QPSK maka $\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{NONCODING}$.

Standar yang biasa digunakan untuk mengukur performansi suatu sistem komunikasi adalah carrier to noise yang diterima (C/N). Nilai ini menggambarkan perbandingan antara daya sinyal yang diinginkan terhadap daya noise yang tidak diinginkan. Jika (C/N) terlalu kecil, penerima tidak akan dapat mendeteksi sinyal yang dipancarkan yang berarti noise melebihi daya sinyal. Persamaan yang dipakai adalah:

$$\frac{C}{N} = \left(\frac{E_b}{N_0} \right) + (10 \times \log \left(\frac{m}{1+\alpha} \right)) \quad (11)$$

dimana:

$\frac{C}{N}$ = Nilai perbandingan antara tingkatan sinyal yang diterima dengan derau yang diterima
m = Level modulasi yang digunakan
 α = roll of factor

3.5 Daya Pancar (Power Transmit)

Daya pancar dapat dihitung dengan rumus:

$$P_T = \frac{C}{N} - G_T - G_R - 204 + L_{TX} + L_{RX} + L_{FS} + L_{hujan} + NF + 10 \log BW + FM \quad (12)$$

dimana:

P_T = Daya pancar

L_{TX} = Redaman saluran pada pemancar

L_{RX} = Redaman saluran pada penerima

L_{FS} = Redaman lintasan (redaman ruang bebas)

L_{hujan} = Redaman hujan

G_T = Gain pada pemancar

G_R = Gain pada penerima

$\frac{C}{N}$ = Nilai perbandingan antara sinyal yang

diterima dengan *noise* yang diterima.

FM = Fading Margin

3.6 RSL (Receive Signal Level)

RSL merupakan besar daya di titik ujung penerima. Level terima minimum secara umum adalah sebagai berikut:

$$RSL_{MIN} = \frac{Eb}{No} + 10 \log R - 204 + NF \quad (13)$$

sedangkan RSL dari sistem adalah sebagai berikut:

$$RSL_{RANCANG} = P_T + G_T + G_R - L_{FS} - L_{hujan} - L_{TX} - L_{RX} \quad (14)$$

dimana NF merupakan *Noise Figure*

Penerima radio mempunyai kepekaan (*threshold*) terhadap level terima. Jika RSL dari sistem lebih kecil daripada nilai RSL minimum ($P_{THRESHOLD}$), maka harus dilakukan rekonfigurasi dengan cara menyesuaikan besar *path loss* dengan besar RSL minimum dari sistem.

3.7 EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power)

EIRP merupakan besaran yang menyatakan kekuatan daya pancar dari suatu antena di bumi. Atau dengan kata lain EIRP merupakan perkalian antara daya RF dengan gain suatu antena. EIRP dapat dihitung dengan persamaan 15 berikut:

$$EIRP_{Rancang} = RSL + L_{path} - G_{RX} + (L_{KT} + L_{CT}) \quad (15)$$

dimana:

EIRP = Daya pancar (dBW)

G_{RX} = Gain antena (dB)

L_{path} = Redaman lintasan

L_{KT} = Redaman feeder transmitter (kabel)

L_{CT} = Redaman branching transmitter (konektor).

4. KONSEP SEL WIRELESS LMDS

Sel adalah istilah untuk menunjuk daerah cakupan sinyal. Idealnya sel akan berbentuk lingkaran, tetapi faktanya belum tentu. Hal ini akan bergantung kondisi propagasi pada lingkungan cakupannya.

Dalam perencanaan perhitungan luas cakupan, daerah overlap disekeliling lingkaran dihilangkan dan diganti dengan garis lurus ditengah-tengah antara perpotongannya, sehingga dalam pemodelannya bentuk sel yang digunakan adalah hexagonal. Pada Tabel 3. terlihat persamaan untuk mencari luas sel.

Tabel 3. Persamaan Luas Sel

Tipe sel	Luas sel
Lingkaran	πR^2
Hexagonal	$2,598R^2$

4.1 Sektorisasi

Sektorisasi adalah pengarahannya daya pancar antena BTS pada arah tertentu. Pengarahannya antena tergantung pada kebutuhan. Sektorisasi dilakukan berdasarkan kepadatan trafik. Sektorisasi ini umumnya akan menentukan model arsitektur sel dalam sistem *wireless*. Macam-macam konfigurasi sel berdasarkan sektorisasi *antena base station* :

Teknik sektorisasi ini dapat mengurangi masalah interferensi *co-channel* dan meningkatkan kapasitas sistem. Masalah interferensi *co-channel* dapat dikurangi dengan penggunaan antena *unidirectional* untuk menggantikan antena *omnidirectional*, dimana tiap-tiap antena *unidirectional* ini meradiasikan dayanya terutama pada suatu sektor tertentu saja. Sehingga sebuah sektor menerima dan memancarkan daya interferensi dari dan ke sebagian sel *co-channel*-nya. Hal ini berarti bahwa jumlah penginterferensi pada rantai *co-channel*-nya berkurang. Pengurangan interferensi *co-channel* ini memungkinkan adanya pengurangan jumlah sel dalam satu cluster dan meningkatkan frekuensi *reuse*-nya. Sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan kapasitas sistem *wireless* secara keseluruhan. Semakin banyak sektor dalam sel berarti mengurangi area cakupan suatu antena *base station* tertentu dan meningkatkan *cost* baik dari segi perangkat maupun operasionalnya.

4.2 Frekuensi Reuse

Suatu hal terpenting yang dapat secara substansial mengubah kecepatan transmisi dan penggunaan *bandwidth* adalah frekuensi *reuse*. Dengan adanya teknik frekuensi *reuse* ini maka sistem dapat menggunakan kembali (*re-use*) band frekuensi yang sama dari satu sel ke sel yang lain. Salah satu bentuk penerapan frekuensi *reuse* dalam sistem LMDS dapat dengan menggunakan suatu pola selular hexagonal.

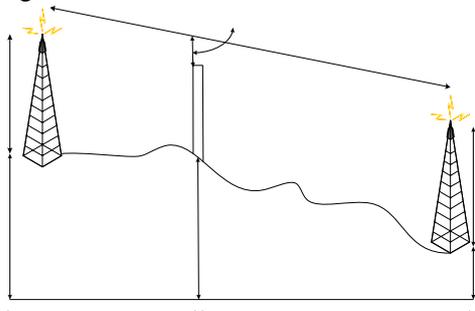
Cluster (K) adalah sekumpulan sel yang terdiri dari beberapa sel yang memiliki frekuensi yang berbeda. *Cluster size* yaitu jumlah sel dalam 1 cluster. Beberapa cluster dapat disusun secara berulang menjadi sekelompok *cluster* dalam suatu sistem.

4.3 Site Planning

Site planning adalah merencanakan jalur sistem komunikasi secara keseluruhan dari pemancar sampai penerima dengan membagi link radio dan merencanakan jumlah serta letak tiap-tiap repeater yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan dimana link akan dibangun. Menentukan letak menara antena pada setiap hop

dengan memperhitungkan data *path profile* untuk setiap hop.

Dalam menentukan tinggi menara agar sistem *line of sight* (LOS), yang harus dilakukan adalah mengenai faktor kelengkungan bumi (k), dimana biasanya yang dipakai $k = \frac{4}{3}$ serta harus mengikuti kaedah LOS.



Gambar 6. Site Planning

Tinggi koreksi antenna dapat menggunakan persamaan 16 & 17 berikut ini:

$$h_{\text{corrected}} = \frac{0,079xd_1xd_2}{k} \quad (16)$$

$$\text{jari-jari freshnel } F = 17,3 \sqrt{\frac{nxd_1xd_2}{fxd}} \quad (17)$$

dimana $clearance = h_{\text{obstacle}} + h_{\text{corrected}}$ maka tinggi *obstacle* maksimum agar sistem LOS, maka $h_3 = h_{\text{obstacle}} + clearance$.

5. PENUTUP

Dari uraian dan pembahasan diatas, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Jenis layana yang disediakan oleh Sistem LMDS meliputi: Layanan Data Berkecepatan Tinggi. Layanan suara atau telepon, Kecepatan dari layanan telepon adalah pada ISDN, E1, dan E3, Layanan video, Video on demand, Interaktif video, seperti video conference, Broadcast video.
- Penerima radio pada sistem LMDS mempunyai kepekaan (*threshold*) terhadap level terima (RSL).
- Terdapar 2 buah konfigurasi sistem LMDS yang paling umum dipakai yaitu: *Co-sited base station dan Analog fiber*.
- Untuk mengatasi *loss propagation* pada sistem LMDS maka diupayakan radius sel hanya beberapa kilometer saja sehingga akan terjadi kondisi *Line of Sight* (LOS) antara *base station* dan antenna pelanggan.
- Hujan lebat dapat mengakibatkan kerusakan yang serius terhadap sinyal untuk propagasi dengan frekuensi LMDS terutama pada sistem wireless sehingga dapat mengganggu sistem komunikasi point to multi point.

DAFTAR PUSTAKA

- Freeman, Roger L. "Telecommunication Transmission Handbook". John Wiley. New York. 1998.
- Garg, Vijay K. "Wireless Network Evolution". Prentice Hall. New Jersey. 2002.
- Yang, Samuel C. "CDMA RF System Engineering". Artech House. 1998.
- Rappaport, Theodore S. "Wireless Communications". Prentice Hall. New Jersey. 1996.
- Motorola. "CDMA/CDMA2000 1X RF Planning Guide". Motorola Inc. Desember 1998.
- Mobile Communication Laboratory. "Modul Short Course RF Planning CDMA 2000 1x". STT Telkom. Desember 2003.

Riwayat Hidup Penulis:

Uke Kurniawan Usman, Dosen PNS Kopertis Wilayah IV dpk di STT Telkom sejak tahun 1994. Menyelesaikan Program Magister Teknik Telekomunikasi pada Universitas Indonesia pada tahun 1998. Membina mata kuliah Dasar Telekomunikasi, Sistem Komunikasi Bergerak, Manajemen Jaringan Telekomunikasi pada jurusan Teknik Elektro STT Telkom Bandung.

