

STUDI PERENCANAAN CELL SITE UNTUK JARINGAN WIRELESS SELULER GSM DI WILAYAH GENDAYAKAN KABUPATEN BEKASI JAWA BARAT

Yendi Esye¹, Ardi Aji Nur Fadillah²

¹Dosen Teknik Elektro Universitas Darma Persada

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada

Abstrak

Berdasarkan data menggunakan software Netact oleh Planner RNP (Radio Network Planning) berupa plot coverage Before yang menjelaskan untuk wilayah Gendayakan memiliki tingkat receiver signal level -95 dBm belum memenuhi standart dari PT. Telkomsel Tbk yaitu -80 dBm untuk itu wilayah Gendayakan perlu dibangun BTS baru.

Langkah awal dalam perencanaan pembangunan sebuah Cell site adalah penentuan letak lokasi BTS dan menentukan arah Link Transmisi antenna microwave dengan menggunakan perangkat pendukung. Setelah lokasi BTS telah diperoleh maka selanjutnya menentukan jarak maksimum dari BTS ke MS dengan menggunakan bantuan software. Yang terakhir adalah penentuan daya yang dibutuhkan BTS dengan menggunakan Link Budget untuk Link Tansmisi Microwave dan Coverage area.

Site tersebut dinamakan Site Gendayakan tinggi antenna microwave 35 meter dengan link transmisi pada Site Sukatani Ckr sebagai Hub (penghubung transmisi microwave link) koordinat $06^{\circ} 09'55.07''$ LS dan $107^{\circ} 10'38.33''$ BT, Untuk tinggi tower existing 52 m, tinggi antenna microwave 30 meter. Berdasarkan hasil perhitungan Fade margin Penurunan daya transmisi antara BTS Sukatani ke BTS Gendayakan sudah memenuhi syarat terhadap nilai Receiver threshold level data (BER 10^{-6}) -89 dBm karena memiliki besarnya daya yang dicadangkan sebesar 54,01 dB (down link) dan 54.4 dB (up link) Dan untuk diketahui penurunan daya terhadap nilai Receiver threshold level voice (BER 10^{-3}) -92 dBm adalah 57,01 dB (down link) dan 57.4 dB (up link).

Kata Kunci : *plot, coverage area, link budget, microwave, fade margin, threshold, up link, down link*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Sebagai salah satu penyedia komunikasi seluler berbasis GSM(*Global System For Mobile Comumunications*) PT. TELKOMSEL Tbk terus berusaha meningkatkan jangkauan dan mutu layanan untuk memuaskan pelanggan. Maka pada daerah-daerah tertentu masih terdapat *blank spot* atau kualitas penerimaan sinyal kurang dari standart yang ditetapkan oleh PT. TELKOMSEL yaitu regulasi daya penerima *signal level receiver* -80dBm.

Berdasarkan peraturan Pemerintah Peraturan Menteri Kominfo No. 2/PER/M.KOMINFO/3/2008 yaitu Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi. Berdasarkan memorandum peraturan Pemerintah ini untuk daerah Jabodetabek sudah tidak boleh lagi mendirikan menara telekomunikasi maka pada studi perencanaan ini akan direncanakan pembangunan BTS dilakukan *sharing* pada menara operator PT. Indosat, Tbk dengan tinggi menara 52 meter yaitu di daerah

Kabupaten Bekasi Jl.Raya Gendayakan,Rt.01/01, Ds.Sukakarsa, Kec. Sukakarya
Dalam perencanaan pembangunan baru perlu diperhitungkan daerah cakupan yang dilayani, lokasi BTS, dan daya pancar BTS.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana meningkatkan kualitas tingkat *reciver signal level* untuk wilayah Gendayakan -95 dBm yang belum memenuhi standart dari PT. Telkomsel Tbk yaitu -80 dBm

1.3. Tujuan Penulisan

Analisa studi perencanaan *Cell Site* di jl.Raya Gendayakan,Rt.01/01, Ds.Sukakarsa, Kec. Sukakarya. 17645 Kabupaten Bekasi kordinat 06° 08' 18.30" LS dan 107° 11' 33.48"BT. Untuk pengembangan area cakupan jaringan Seluler PT. Telkomsel dengan berbasis teknologi GSM 900 MHz.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Pembangunan *Base Station Transceiver (BTS)* dengan *coverage area* melalui 3 antena sektoral di wilayah Gendayakan.
2. Akses *link wicrowave* di frekuensi 22,011MHz (*down link*) – 23,019MHz (*up link*) antara *site* Sukatani Sebagai Hub dengan *site* Gendayakan dan pada BTS Gendayakan dengan MS di frekuensi 904.2MHz (*up link*) dan 949.2MHz (*down link*)
3. Analisa *Link Budget*.

2. SISTEM KOMUNIKASI BERGERAK

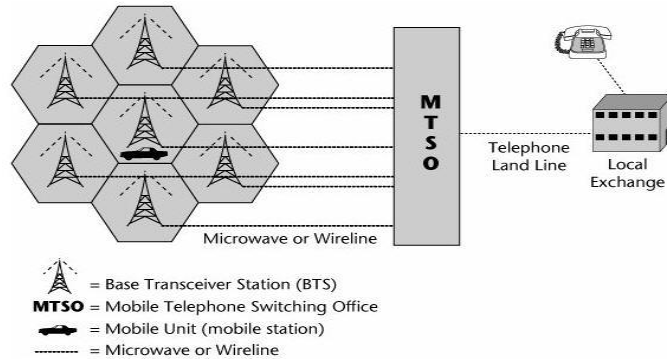
2.1. Pendahuluan Pengertian Sistem Komunikasi Seluler

Menurut ketentuan yang dikeluarkan FCC (*Federal Communication Commission*), system seluler didefinisikan sebagai sistem komunikasi *mobile* untuk daratan dengan kapasitas yang tinggi dimana spektrum dibagi dalam kanal-kanal yang dipisahkan dan menggunakan kelompok-kelompok sel (*Cluster*) yang mencakup suatu daerah layanan geografik, kanal-kanal diskrit dapat digunakan kembali pada sel yang berbeda pada suatu daerah layanan lain. Berdasarkan definisi tersebut maka sistem komunikasi seluler terdiri dari 3 konsep dasar yaitu :

1. Kapasitas yang tinggi
2. Sel
3. Pengulangan Frekuensi (*frequency reuse*)

Dengan *frequency reuse* memungkinkan penggunaan kembali frekuensi yang sudah digunakan pada sel lain. Pengulangan frekuensi tidak boleh digunakan pada jarak berdekatan untuk mencegah terjadinya interferensi *co-channel*. Dengan pengulangan frekuensi ini sistem seluler tidak pernah kehabisan kanal untuk melayani publik.

Sistem seluler pada dasarnya terbagi atas 3 bagian penting ,yaitu *Mobile unit*, *Cell* dan *Mobile Telephone Switching Office* (*MTSO*). Ketiga bagian tersebut terdapat pada gambar 2.1. dibawah ini :



Gambar 2.1 Perangkat sistem seluler

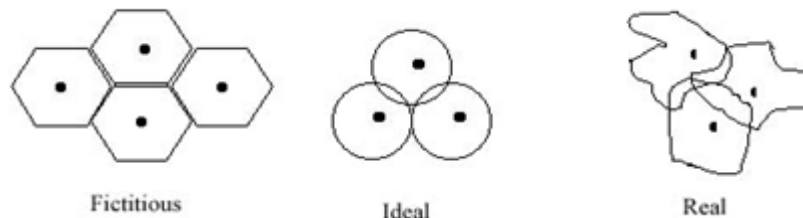
2.2. Konsep Sistem Telepone Seluler

Sistem seluler adalah suatu sistem telepon bergerak dimana membagi daerah operasinya menjadi beberapa daerah kecil yang disebut sel. Didalam sistem seluler tersebut dilayani oleh seperangkat radio yang terdiri dari pemancar, penerima dan antena. Dalam sistem telepon seluler terdapat beberapa konsep, antara lain : sel, *frequency reuse* dan *handoff* .

2.2.1. Sel

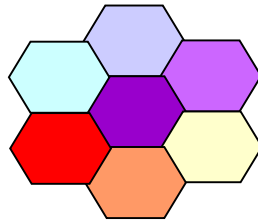
Sel didefinisikan sebagai daerah individual yang ditangani oleh suatu site, yang masing-masing menempatkan sekelompok kanal-kanal diskrit pada spektrum yang digunakan. Secara teori bentuk sel berbentuk lingkaran, tetapi kenyataannya bentuk sel tidak ada yang ideal karena besarnya ukuran sel dalam satu area cakupan dipengaruhi beberapa faktor seperti :

- Kapasitas trafik pada daerah cakupan.
- Topologi daerah cakupan dengan memperhatikan halangan seperti gunung, bukit dan bangunan.
- Tinggi dan tempat kedudukan antena untuk mencapai cakupan yang maksimum (karakteristik antena).
- Daya pancar dan sensitivitas penerima baik pada unit bergerak maupun stasiun tempat kedudukan sel (nilai *threshold* untuk *handoff* dan *release* panggilan).



Gambar 2.2 coverage sel secara teori, ideal, dan kenyataannya

Sel-sel saling berhubungan membentuk susunan sel-sel yang saling berkaitan satu sama lain sehingga tidak ada celah kosong. Kumpulan sel-sel dalam satu kelompok tertentu dinamakan *cluster* seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.3 Kelompok sel (Cluster)

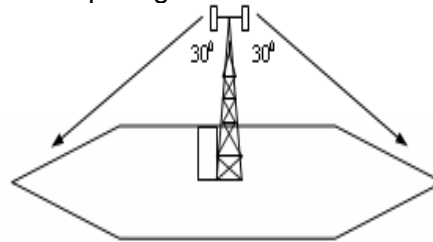
Terdapat banyak sel, dimana dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu :

1. Sel berdasarkan arah pancaran sinyal

Pada jenis sel berdasarkan arah pancaran sinyal terdapat 2 macam tipe sel dimana hal ini berdasarkan dari jenis antena yang digunakan, yaitu :

a. Sel Omnidirectinal

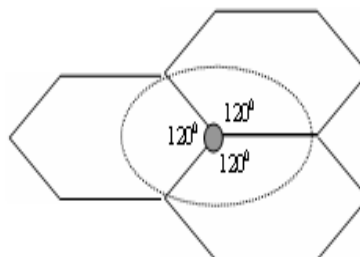
Untuk sel Omnidirectinal pada proses pancaran sinyalnya menggunakan jenis antena Omnidirectinal dimana antena ini memancarkan radiasi sama ke semua arah. Maka untuk mampu mencakup semua area maka antena harus diletakkan ditengah – tengah sel, bentuk dari sel Omnidirectinal seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Sel Omnidirectinal

b. Sektor sel

Pada tipe sektor sel, antena yang digunakan adalah jenis antena direct yaitu antena yang memancarkan radiasi ke arah tertentu. Setiap antena meliputi sektor dari sel dengan membentuk sudut tertentu, misalnya 120° maka diperlukan tiga antena untuk mencakup 360° , dengan pembagian sektor sel pertama dengan sudut $0^\circ - 120^\circ$, sektor sel kedua dengan sudut $120^\circ - 240^\circ$ dan sektor sel ketiga dengan sudut $240^\circ - 360^\circ$. Bentuk sel sektor yang terbagi menjadi 3 sektor berbentuk seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Sektor Sel

2. Sel berdasarkan luas pancaraannya

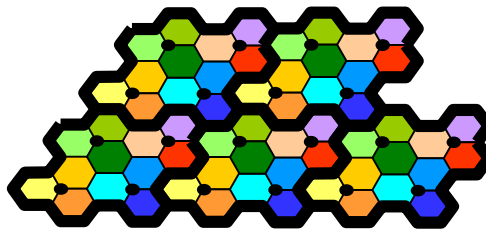
Jenis sel berdasarkan luas luas pancarnya terbagi menjadi :

- a. Sel Makro, untuk sel ini luas jangkauan wilayahnya dapat mencapai 34 km. Sel makro bisa disebut juga *umbrella cell*.

- b. Sel Mikro, untuk sel ini luas jangkauan wilayahnya sekitar 500 m dan sel ini biasanya disebut juga *infil cell*.

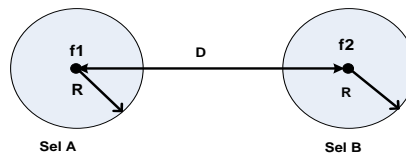
2.2.2 Pengulangan Frekuensi (*Frequency Reuse*)

Konsep pengulangan frekuensi adalah merupakan proses pemakaian kembali frekuensi yang telah digunakan pada daerah tertentu pada daerah lain. Hal ini terjadi untuk efisiensi spektrum frekuensi yang ada, karena terbatasnya jumlah kanal frekuensi yang ada. Pada konsep *frequency reuse*, suatu kanal frekuensi tertentu dapat melayani beberapa panggilan pada waktu yang bersamaan. Maka dapat dikatakan penggunaan spektrum frekuensi yang efisien dapat dicapai.



Gambar 2.6 Frekuensi Reuse

Pada gambar 2.7. dapat dilihat penggunaan ulang kanal frekuensi, pada sel a yang menggunakan kanal radio f_1 mempunyai radius R dapat digunakan ulang pada sel yang berbeda dengan jangkauan yang sama pada jarak D dari sel yang sebelumnya.



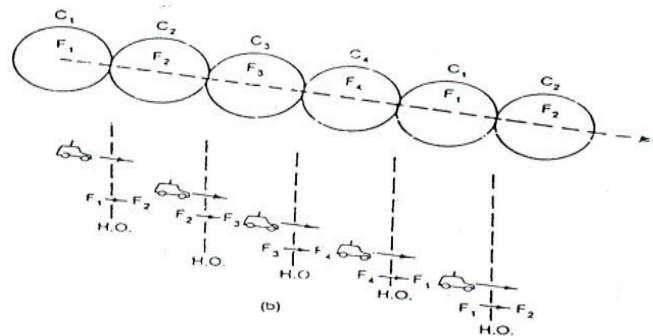
Gambar 2.7 Konsep Frekuensi Reuse

2.2.3 Proses Pengalihan (*Handoff*)

Handoff diperlukan di dalam dua keadaan yaitu apabila *base station* menerima sinyal yang lemah dari *mobile station*, dua keadaan yang dimaksud adalah :

1. Pada saat *mobile station* berada diperbatasan sel
2. Pada saat *mobile station* sedang berada pada daerah yang sangat lemah sinyalnya dalam sel.

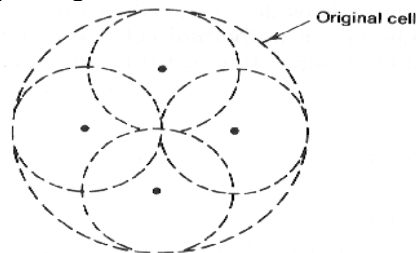
Terlihat pada gambar 2.8, saat *mobile station* bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain atau dari satu sel ke sel yang lain, maka *mobile station* akan dilayani oleh dua buah sel yaitu sel C1 dan C2, jika *mobile* semakin menjauhi C1 dan semakin mendekati C2, maka sinyal dari sel pertama akan melemah dan sinyal dari sel kedua akan semakin menguat. Pada saat terjadi pemindahan sel, komunikasi yang dilakukan *mobile station* mengalami penurunan level sinyal dan pengidentifikasian dalam kanal frekuensi dilakukan dari F_1 ke F_2 . *mobile station* akan mendeteksi secara otomatis sel yang melayaninya. Jika terjadi proses *handoff* dari C1 key C2, *mobile station* dapat mendeteksi secara otomatis dan C2 dapat melayani *mobile station* tersebut.



gambar 2.8. proses *handoff*

2.2.4 Pembelahan Sel (*Cell Splitting*)

Jika suatu waktu sel mengalami peningkatan kepadatan trafik dan kanal frekuensi yang dialokasikan pada sel tersebut tidak dapat menampung lagi panggilan yang ada maka perlu dilakukan pembelahan sel dimana sel tersebut dibelah menjadi lebih kecil dari sebelumnya, seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Pembelahan Sel

Dengan adanya pembelahan sel maka :

$$\text{Radius sel baru} = \frac{\text{Radius sel lama}}{2} \quad (2.1)$$

Dari persamaan 2.1. dapat dibuat suatu persamaan:

$$\text{Area sel baru} = \frac{\text{Area sel lama}}{4} \quad (2.2)$$

Di samping jarak radius sel yang menjadi kecil, maka besar daya yang dipancarkan oleh BTS pada sel yang baru juga akan lebih kecil. Jadi dengan adanya proses pembelahan sel ini maka akan dapat menambah kapasitas kanal yang dilayani pada suatu sistem telepon bergerak seluler.

2.3. Cakupan Sel (*Coverage*)

Cakupan radio aktual sebuah sel dinamakan sebagai *foot print* dan ditentukan dari pengukuran medan atau model propagasi. Meskipun pada kenyataannya *foot print* berbentuk tidak beraturan sebuah bentuk geometris yang teratur dibutuhkan untuk disain sistem radio. Bentuk lingkaran tidak mungkin diambil sebagai model cakupan sel karena bisa saja terdapat kekosongan cakupan atau bahkan terdapat *over lap* antara cakupan sel.

Bentuk segi enam juga mendekati bentuk lingkaran sehingga dipilih bentuk segi enam sebagai model cakupan sel. Berdasarkan nilai radius sel maksimal yang didapat dengan menghitung redaman propagasi (*path loss*), maka dapat ditentukan luas area cakupan *site* dengan menggunakan rumus :

A. Untuk antena Omni

$$L = 2,6 \times d^2 \quad (2.3)$$

B. Untuk antena Sektoral

$$L = 1,95 \times d^2 \quad (2.4)$$

Dimana :

L = Luas area cakupan *site heksagonal* (Km²)
d = Jarak terjauh dari pusat ke tepi segi enam (Km²)

Karena satu *site* terdiri dari tiga sektor maka dapat ditentukan luas cakupan tiap sel (*Lsel*) untuk antena sektoral dengan menggunakan rumus :

$$L_{sel} = \frac{L_{sel}}{3} \quad (2.5)$$

3. STUDI PERENCANAAN JARINGAN WIRELESS SELULER

Wireless merupakan jaringan tanpa kabel yang menggunakan udara sebagai media transmisinya untuk menghantarkan gelombang elektromagnetik.

3.1. Dasar Perencanaan

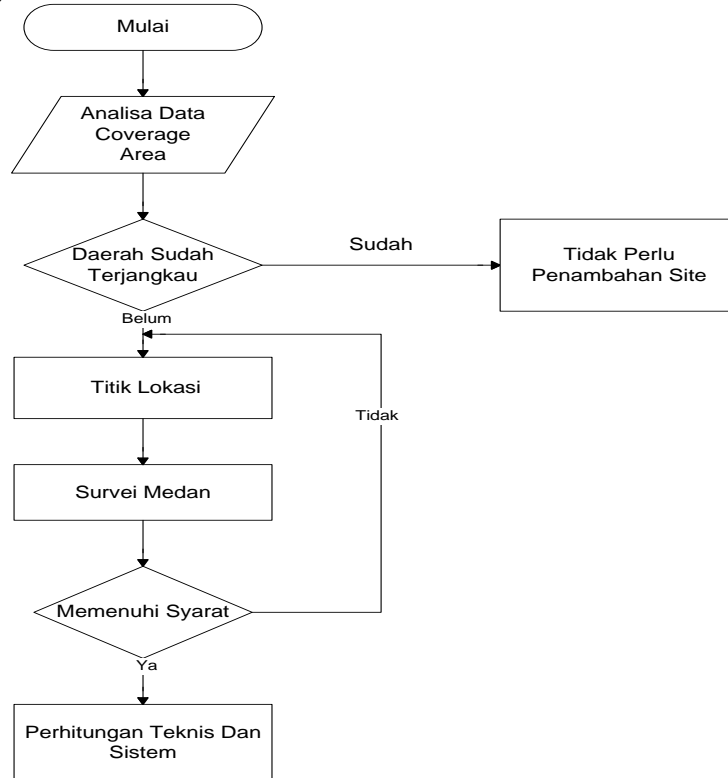
Pada studi perencanaan ini akan direncanakan pembangunan BTS dilakukan *sharing* pada menara operator PT. Indosat, Tbk dengan tinggi menara 52 meter yaitu di daerah Kabupaten Bekasi jl.Raya Gendayakan,Rt.01/01, Ds.Sukakarsa, Kec. Sukakarya dan site Telkomsel ini dinamakan site Gendayakan dengan koordinat 06° 08' 18.30" LS dan 107° 11' 33.48" BT.

Site Gendayakan ini adalah desa berkembang di daerah kabupaten Bekasi, untuk potensi pengguna telepon selulernya berkembang pesat dimana jalan raya utamanya adalah jalur transportasi untuk perjalanan ke kota cikarang, Perindustrian Kerawang , dan Kota bekasi yang sering dilalui oleh kendaraan selain itu terdapat kantor-kantor Pemerintahan yang membutuhkan sarana komunikasi *mobile* untuk menunjang kegiatan dalam berkomunikasi lebih efektif dan perkembangan perekonomian yang dilakukan.

Proses perencanaan selanjutnya memperhitungkan wilayah cakupan atau *coverage area* untuk perambatan propagasi gelombang radio *end-loss* yaitu daya yang akan diterima oleh MS (mobile station) dan *loss* yaitu daya yang akan dipancarkan oleh perangkat BTS. BTS pada perencanaan di site Gendayakan menggunakan Produk Nokia yaitu *Ultrasite Outdoor* , antenna microwave menggunakan *flexi hopper*, antenna sektoral menggunakan produk *kathrein* dan Kabel *feeder* menggunakan produk *Andrew*.

3.1.1. Langkah – Langkah Perencanaan Cell Site

Untuk merencanakan *RNP (Radio network Planning)* perlu diperhatikan beberapa hal yang menyangkut kepentingan pembangunan system jaringan GSM tersebut. tahapan – tahapannya yaitu di bawah ini :



Gambar 3.1. Flow Chart Proses Perencanaan Cell Site

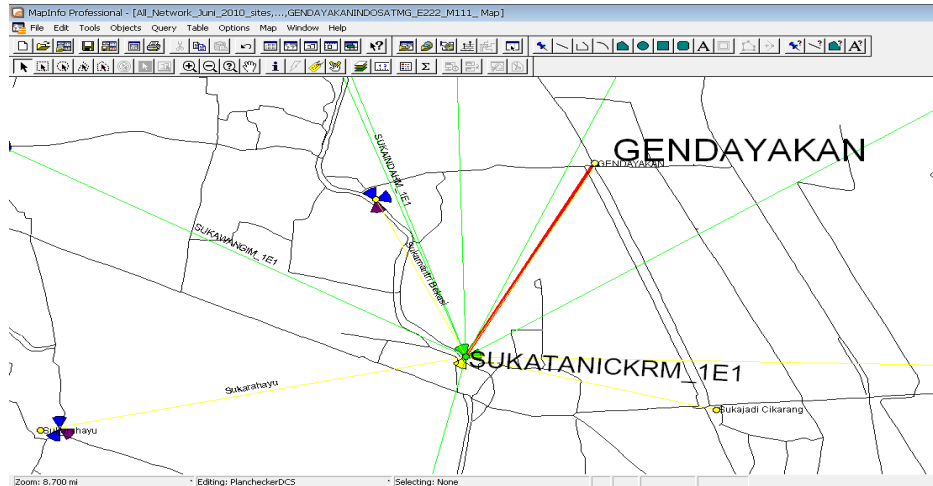
4. ANALISIS LINK BUDGET TRANSMISI JARINGAN SELULER PADA PERENCANAAN CELL SITE

Perhitungan-perhitungan Analisis *link budget* adalah transmisi microwave yang menghubungkan lokasi *Near and* sebagai kandidat *new link* yaitu Site Gendayakan dengan lokasi *Far and* yaitu Site Sukatani Ckr sebagai Hub (penghubung transmisi *microwave link*) Sedangkan untuk analisis *coverage area* memperhitungkan luas cakupan *coverage area* BTS terhadap daerah Gendayakan melalui 3 antena sektoral. Kalkulasi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas penerimaan radio apakah sistem yang di rancang telah memenuhi standart yang diharapkan.

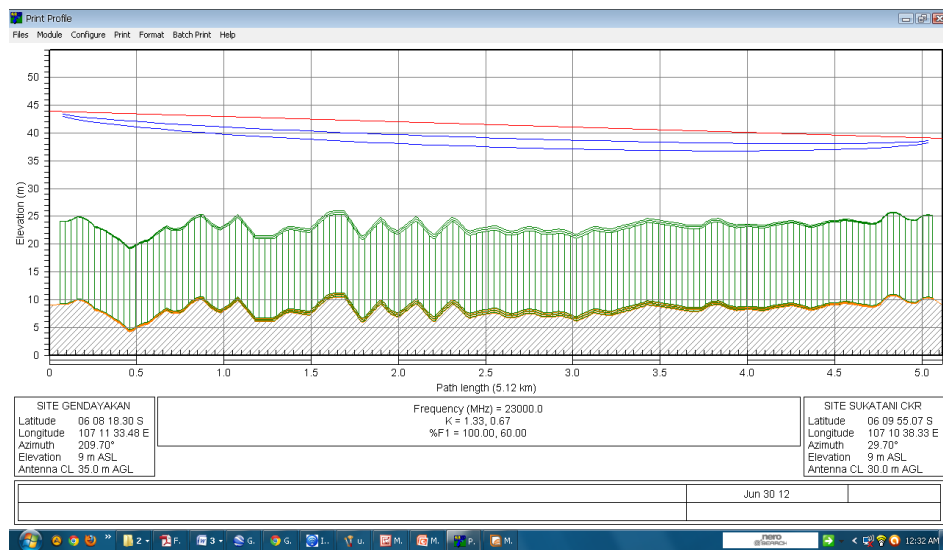
4.1. Transmisi Microwave

Disini akan di bahas tentang analisa kalkulasi *linknya* sedangkan untuk daerah *Frezene/ zone* sudah *clearance*. Analisanya adalah memperhitungkan parameter-parameter seperti penerimaan daya pada *receiver* untuk lintasan *down link* dan *up link* link terhadap Gain Antena , EIRP, FSL , IRL, RSL, dan FM. Analisa transmisi *link* microwave disini yang sudah direncanakan yaitu lokasi *Near and* sebagai kandidat *new link* yaitu Site Gendayakan dengan koordinat LS/Latitude 06°08'18.30 dan BT/Longitude 107°11'33.48, tinggi tower *colo sharing existing* Indosat 52 m , tinggi antenna 35 m

dengan elevasi 9 meter dpl (diatas permukaan laut). Sedangkan *site Far and* yaitu Site Sukatani Ckr sebagai Hub (penghubung transmisi *microwave link*) dengan koordinat LS / *Latitude* 06°09'55.07 dan BT / *Longitude* 107°10'38.33 , tinggi tower *existing* 52 m, tinggi antenna 30 m dengan elevasi 9 meter dpl (diatas permukaan laut) yang dapat dilihat pada jaringan *link* dan *path profile* di bawah ini .



Gambar 4.1 Jaringan *link* transmisi *microwave* Site Gendayakan



Gambar 4.2 *Path Profile* *Microwave Link*

Pada gambar 4.2 memperlihatkan perambatan propagasi gelombang radio pada antenna *microwave* site Gendayakan yang terpisah sejauh 5,12 km dengan site Sukatani Ckr dinyatakan LOS (*Line Of sight*) adapun *obstacle* berupa pemukiman rumah dan tinggi pepohonan sepanjang jarak antara 2 titik tidak mempengaruhi terhadap propagasi gelombang. Seperti bisa terlihat (pada lampiran C) untuk alokasi frekuensi 22,011 GHz (*down link*) dan 23, 019 GHz (*up link*) yang digunakan untuk frekuensi transmisi *microwave*. Pengguna alokasi frekuensi berpengaruh terhadap nilai *gain antenna* parabol yang memiliki diameter 0,6 meter.

Besarnya *gain antenna* parabol diperoleh melalui persamaan 2-6 sebagai berikut :

$$G = 20 \log f \text{ (GHz)} + 20 \log d \text{ (m)} + 17,8$$

- maka untuk *down link*

$$G = 20 \log (22,011 \text{ GHz}) + 20 \log (0.6 \text{ m}) + 17,8 = 40,22 \text{ dB}$$

Jadi *Gain Antena* untuk *down link* sebesar 40,22 dB

- dan untuk *Up link*

$$G = 20 \log (23,019 \text{ GHz}) + 20 \log (0,6 \text{ m}) + 17,8 = 40,61 \text{ dB}$$

Jadi *Gain Antena* untuk *up link* sebesar 40,61 dB

Sistem Perangkat *Transceiver* pada BTS memiliki nilai spesifikasi *Receiver threshold level* adalah - 89 dBm dengan *Bit Rate* 2 x 2 Mbps (2 x 2,048 = 4,096)

4..2. Analisa Coverage Area

Titik lokasi pembangunan BTS PT. Telkomsel adalah jl.Raya Gendayakan, Rt.01/01,Ds.Sukakarsa, Kec. Sukakarya. Kabupaten Bekasi kordinat 06° 08' 18.30" LS dan 107° 11' 33.48"BT dengan berbasis teknologi GSM(*Global System For Mobile ComUNICATIONS*) 900 MHz . *Site* Gendayakan memiliki tingkat *reciver signal level* adalah $-95.0 \leq x < -85.0$ berdasarkan data yang didapat menggunakan *software Netact* menjelaskan belum memenuhi *standart level disain* dari operator PT. Telkomsel ,Tbk yaitu *Receiver signal level* -80 dBm. Maka perhitungan system yaitu Menghitung daya pancar BTS terhadap *mobile station* (*forward Link Budget*) atau *Down Link* dan menghitung daya pancar *mobile station* terhadap BTS (*reverse link buget*) atau *Up Link* adalah seperti tabel dibawah:

Tabel 4.1 parameter pada sisi *down link*

No	Parameter <i>downlink</i>	Nilai	Satuan
1	BTS Antena <i>Gain</i>	16,2	dBi
2	BTS <i>loss feeder</i>	2,09	dB
3	BTS <i>loss jumper</i>	1,42	dB
4	<i>Loss conector</i>	0,12	dB
5	<i>Loss duplexer</i>	1	dB
6	$P_{in MS} / RSL$	-80	dBm
7	MS <i>loss feeder</i>	0	dB
8	MS Antena <i>gain</i>	0	dB
9	Body Loss	2	dB
10	<i>Building penetration loss</i>	6	dB
11	<i>Path loss rural</i>	115,189	dB

Tabel 4.2 parameter pada sisi *up link*

No	Parameter <i>up link</i>	Nilai	satuan
1	MS <i>Transmit Power</i>	33	dBm
2	MS <i>loss feeder</i>	0	dB
3	MS <i>antenna gain</i>	0	dB
4	<i>Building penetration loss</i>	6	dB
5	Body Loss	2	dB
6	BTS <i>Antena gain</i>	16,2	dBi
7	BTS <i>Diversity gain</i>	3	dBi
8	BTS <i>loss duplexer</i>	1	dB
9	BTS <i>loss feeder</i>	2,09	dB
10	BTS <i>loss jumper</i>	1.42	dB
11	BTS <i>loss conector</i>	0.12	dB
12	<i>Path loss rural</i>	114,876	dB

5. KESIMPULAN

1. Untuk transmisi *point to point* mentransmisikan sinyal data (BER 10^{-6}) maupun voice (BER 10^{-3}) hasil analisa *link buget* (*up link* dan *down link*) terhadap *Fade Margin* diperoleh masing – masing adalah 54,4 dB dan 54,01 dB nilai tersebut memenuhi nilai *Receiver threshold level* atau ambang batas yang ditetapkan.
2. Hasil analisa luas *coverage area cell site* yang direncanakan terhadap kebutuhan daya yang diperlukan daya penerima *Mobile Station* (-80 dBm) untuk luas *coverage* dengan radius 2,6926 km untuk *cell site* baru dibutuhkan daya transmisi atau daya pancar sebuah BTS adalah 31,619 dBm ($1,45 \times 10^{-27}$ Watt).
3. Secara keseluruhan luas *coverage area* untuk sistem 3 sektoral dengan menggunakan antena jenis *Kathrein* dengan radius 2,6926 km diperoleh sebesar 14,13 km², sehingga masing – masing sektoral memiliki luas *coverage* 4,71 km²

DAFTAR PUSTAKA

1. Moreno, Luigi, *Terrestrial Transmisi* , Torino, 2001.
2. Lee, William C.Y, *Mobile Cellular Telecommunication*, 1995
3. Wardana , Lingga, *2G/3G RF Planning and optimization* , 2011
4. Hill , Mc Graw, *3G Wireless Network*, 2002.
5. Hill , Mc Graw, *Broadband Telecommunications*, 2002.
6. Nadir, Zia Muhammad Idrees Ahmad, *Pathloss Determination Using Okumura-Hata Model And Cubic Regression For Missing Data*, Hongkong, 2010.