

# SURVEI TOPOGRAFI UNTUK MENENTUKAN GARIS TAMPAK PANDANG *BASE TRANSCEIVER STATION* (BTS)

Arief Laila Nugraha, Bambang Sudarsono \*)

## *Abstract*

*Base Transceiver Station (BTS) representation one of appliance of supporter of telecommunications network. The development of BTS have to each other in circuit by other BTS or which have been planned. The situation BTS in circuit between other BTS without obstacle are called Line of Sight (LoS). The topographic survey is method of survey work to make sure the Line of Sight BTS. The topographic survey consist of GPS survey and study map for determination of high of BTS antenna and the Line of Sight of BTS can be made.*

*Key Word: BTS (Base Transceiver Station), LoS (Line of Sight), Topographic Survey, Survey of GPS (Global Positioning System), Study Map*

## **Pendahuluan**

Perkembangan dunia telekomunikasi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir meningkat cukup pesat. Hal ini dapat dilihat dengan banyaknya perusahaan operator telekomunikasi yang beroperasi di Indonesia. Dengan banyaknya operator telekomunikasi, maka berbagai wilayah di Indonesia sekarang banyak dijumpai bangunan tower *Base Transceiver Station* (selanjutnya disingkat dengan BTS). Pembangunan BTS sendiri diatas permukaan bumi erat kaitannya dengan bidang ilmu Teknik Geodesi. Tingkat keberhasilan pencarian lokasi BTS yang tepat agar mencapai kondisi tampak pandang (*Line of Sight*) yang memenuhi syarat dengan lokasi titik BTS yang lain dapat ditentukan dengan melakukan survei topografi yang akurat antara lain meliputi survei GPS dan penggunaan peta melalui *study map*.

## ***Base Transceiver Station (BTS)***

BTS merupakan bangunan tower pemancar dan penerima sinyal yang menghubungkan antara telepon seluler satu dengan yang lainnya melalui jaringan telekomunikasi. Dilihat dari fungsinya, pembangunan tower BTS sangat erat kaitannya dengan area pelayanan dari suatu operator. Dengan demikian jika suatu operator memiliki banyak BTS yang tersebar di suatu wilayah, maka area *coverage* sinyalnya semakin luas sehingga pelayanan operator dapat mencapai setiap pelosok wilayah area pelayanan telepon seluler.

Pembangunan BTS melibatkan sumber daya manusia dari berbagai disiplin ilmu antara lain terdiri dari tenaga ahli telekomunikasi, tenaga ahli teknik elektro, tenaga ahli geodesi dan tenaga ahli pertanahan. Pada tahap awal pembangunan BTS, langkah pertama yang dilaku-

kan adalah melakukan pemilihan tempat atau lokasi dimana BTS tersebut akan dibangun. Tahap selanjutnya adalah melakukan desain RBS (*Radio Base System*) dan desain transmisi. Setelah semua tahap desain memenuhi persyaratan teknis, maka tahap berikutnya adalah mengurus proses perizinan pembangunan tower BTS. Apabila semua proses perizinan dari instansi terkait dan masyarakat di lokasi sudah tidak mengalami kendala baik kendala teknis maupun kendala sosial, maka tower BTS baru dapat dibangun.

## ***Line of Sight (LoS)***

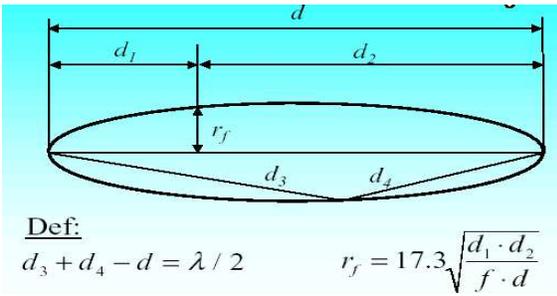
*Line of Sight* (selanjutnya disingkat LoS) dapat diartikan sebagai kondisi tampak pandang antar BTS tanpa adanya obyek penghalang (*obstacle*) dari jalur sinyal BTS. Pada proses desain RBS dan desain transmisi perlu adanya integrasi dari jaringan yang telah ada. Salah satu syarat BTS dapat terintegrasi secara sempurna dengan jaringan yang telah ada yaitu kondisi LoS suatu BTS dengan BTS lain yang telah terintegrasi. Untuk dapat mengetahui *obstacle* di jalur BTS dapat dilakukan dengan mudah melalui survei topografi dengan metode survei GPS.

## ***Daerah Fresnel (Fresnel Zone)***

Daerah Fresnel adalah daerah atau zona dari ERP (*Effective Radiated Power*) atau area dimana sinyal dari antena *microwave* BTS terdistribusi secara efektif. Meskipun ada *obstacle* namun bila dikatakan tidak mengganggu sinyal antar BTS, maka daerah tersebut tidak masuk dalam Daerah Fresnel (*Fresnel Zone*) sinyal BTS. Daerah Fresnel harus bersih dari segala *obstacle*. Daerah Fresnel dapat digambarkan dan dirumuskan seperti pada gambar dibawah ini :

---

\*) Staf Pengajar Jurusan T. Geodesi Fakultas Teknik  
Undip

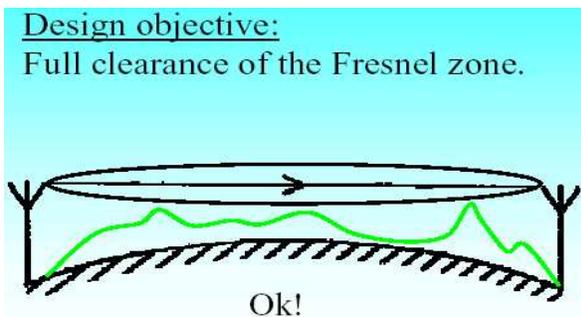


Def:  
 $d_3 + d_4 - d = \lambda / 2$        $r_f = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$   
 $d$  [km],  $r_f$  [m],  $f$  [GHz]  
 Gambar 1. Daerah Fresnel

**Keterangan :**

- $d_1$  = jarak tower 1 dengan *obstacle*
- $d_2$  = jarak tower 2 dengan *obstacle*
- $d_3$  = jarak tower1 dengan radius Daerah Fresnel
- $d_4$  = jarak tower 2 dengan radius Daerah Fresnel
- $d$  = jarak dua tower BTS
- $\lambda$  = panjang gelombang
- $f$  = frekuensi antenna tower BTS
- $r_f$  = radius Daerah Fresnel

Kondisi dari Daerah Fresnel yang dapat dikatakan LoS dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2. Daerah Fresnel yang memenuhi LoS

**Faktor Kelengkungan Bumi**

Pembangunan tower BTS diatas permukaan bumi erat kaitannya dengan faktor kelengkungan bumi. Karena pada kenyataannya bahwa bumi ini tidak datar dan berbentuk bulat ellips, maka jarak antara dua titik diatas permukaan bumi akan dipengaruhi oleh faktor kelengkungan bumi.

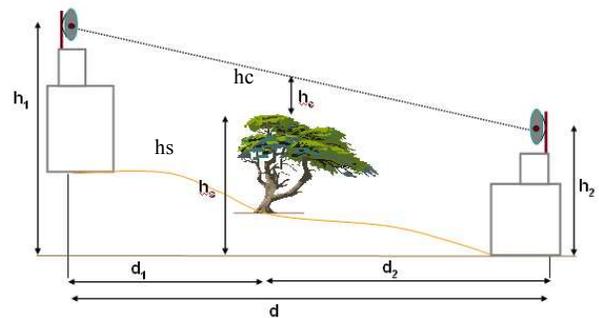
Berikut ini adalah persamaan untuk mendapatkan faktor kelengkungan bumi :

$$hm = \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot k \cdot a}$$

**Keterangan :**

- $hm$  = faktor kelengkungan bumi
- $d1$  = jarak tower 1 dengan *obstacle*
- $d2$  = jarak tower 2 dengan *obstacle*
- $k$  = koefisien kelengkungan bumi
- $a$  = jari-jari kelengkungan bumi

Pada jarak tertentu tinggi sinyal langsung yang merambat dari pemancar ke penerima dapat dihitung . Selain itu tinggi *obstacle* maksimum yang dapat menghalangi perambatan sinyal pada tempat tersebut dapat dihitung. Untuk perhitungan-perhitungan tersebut dapat menggu-nakan gambar profil lintasan BTS sebagai berikut :



Gambar 3. Profil lintasan BTS

**Keterangan :**

- $hm$  = faktor kelengkungan bumi
- $k$  = koefisien kelengkungan bumi
- $d_1$  = jarak tower1 dengan *obstacle*
- $d_2$  = jarak tower2 dengan *obstacle*
- $hc$  = tinggi bebas *obstacle*
- $hs$  = tinggi *obstacle* diatas permukaan air rata-rata
- $h_1$  = tinggi tower BTS pemancar (m)
- $h_2$  = tinggi tower BTS penerima (m)
- $a$  = jari-jari kelengkungan bumi = 6370 km
- $r_f$  = radius Daerah Fresnel

Dari gambar diatas diperoleh rumus sebagai berikut :

$$hc = h_1 - h_s - \frac{d_1}{d} \cdot (h_1 - h_2) - \frac{d_1 \cdot d_2}{2 \cdot k \cdot a}$$

Untuk daerah tampak pandang (LoS) persyaratan yang harus dipenuhi adalah  $H_c \geq r_f$

**Survei Line of Sight (LoS)**

Survei LoS bertujuan untuk melakukan verifikasi posisi dari suatu tower BTS di lapangan yang telah didesain sedemikian rupa sehingga posisi tower tersebut dapat terkoneksi dari desain jaringan yang telah ada. Survei ini dilakukan untuk merekomendasikan tempat (*site*)

calon lokasi tower yang lain yang menjadi alternatif *link* jaringan utamanya.

Seorang surveyor LoS dalam melakukan pekerjaannya seperti menaiki tower BTS ataupun memanjat atau menaiki sesuatu untuk mendapatkan posisi tertinggi, hendaknya memakai pakaian yang aman dan tertutup untuk mencegah terjadinya luka gores, sepatu untuk memanjat, proteksi dari sinar matahari, perlengkapan memanjat dan perlengkapan lain sesuai keperluan di lapangan. Dan yang tak kalah pentingnya pada saat menaiki tower sebelumnya, maka perlu minum air secukupnya untuk mencegah terjadinya kekeringan (dehidrasi) di atas tower.

Sedangkan beberapa perlengkapan yang diperlukan pada saat mengerjakan survei LoS adalah :

1. Peralatan GPS (*Global Positioning System*) untuk mencari posisi titik tower BTS yang akan disurvei. Untuk keperluan survey lokasi ini biasanya menggunakan alat GPS tipe *handheld*
2. Kompas, untuk menentukan arah dari jaringan yang telah didesain
3. Clinometer dan Altimeter, untuk menentukan ketinggian posisi tower diatas permukaan bumi
4. Binocular dan kamera, digunakan untuk keperluan memastikan dan mendokumentasikan pandangan arah dekat dan jauh (*far end* dan *near end*) dari posisi tower yang disurvei dengan posisi tower yang telah didesain atau yang telah ada

Sebelum melakukan survei LoS hendaknya harus memastikan informasi posisi tower BTS yang akan disurvei lengkap dengan jaringan posisi tower lain yang telah didesain atau yang telah ada sebelumnya.

Dalam melakukan survei LoS, langkah-langkah yang diambil diantaranya :

- a. Melakukan verifikasi data dan mengkonfirmasi posisi tower BTS yang benar yang telah di desain untuk disurvei;
- b. Melakukan *study map* sebelum melakukan survei ke lapangan;
- c. Memasukkan semua data koor-dinat dari posisi tower BTS yang didesain dan posisi jaringan yang ada ke dalam alat ukur GPS;
- d. Menandai (*marking*) dengan GPS apa saja yang memungkinkan dianggap sebagai *obstacle* selama melakukan survei pada jalur sinyal dari BTS ke BTS jaringannya;
- e. Jika memungkinkan untuk setiap jarak 20 m dilakukan penandaan ketinggian bumi (*marking terrain*) sepanjang jalur sinyal jaringan BTS ke BTS untuk mendapatkan gambaran ketinggian bumi atau dikenal dengan istilah *path profile*;

- f. Setelah mendapatkan posisi tower yang dicari, bila telah ada tower yang berdiri, maka petugas survei harus naik tower yang sudah ada sesuai kebutuhan ketinggiannya, kemudian dengan menggunakan binocular dan kompas petugas survei dapat memastikan daerah bebas *obstacle* (*Clearance area*) dari arah tower jaringannya
- g. Jika belum ada tower, maka dicari posisi yang tinggi dan gunakan kompas dan binocular untuk memastikan *clearance area*
- h. Selanjutnya membuat laporan mengenai kondisi dari posisi tower BTS yang disurvei lengkap dengan data lapangannya
- i. Data lapangan yang telah diperoleh tersebut (posisi GPS, *path profile*, dan *clearance area*) selanjutnya akan digunakan untuk penentuan LoS sehingga tinggi antenna *microwave* BTS dapat ditentukan

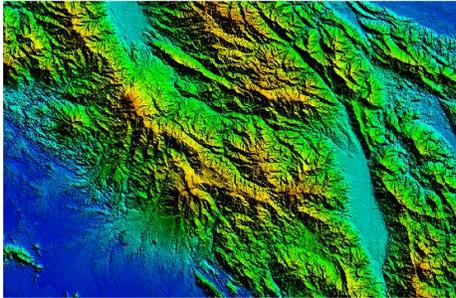
### **Study Map**

Dari penjelasan sebelumnya, penentuan LoS BTS supaya terintegrasi dengan jaringan yang telah ada memerlukan survei lokasi. Penentuan posisi lokasi tower BTS diatas muka bumi dapat dicari dengan melakukan studi pada peta topografi yang telah ada (*Study map*). Peta yang digunakan untuk *study map* pada umumnya peta topografi atau peta rupa bumi baik berupa *hardcopy* (cetakan peta) maupun *sofcopy* (peta digital). Peta topografi memuat informasi mengenai unsur-unsur alam yang ada diatas permukaan bumi serta informasi ketinggian yang umumnya digambarkan dengan garis kontur. Dengan melakukan *study map* ini penentuan posisi lokasi BTS dapat diketahui apakah daerah tersebut sesuai atau tidak dengan kebutuhan dalam pembangunan tower BTS. Selanjutnya dengan menggunakan peta topografi tersebut dapat dicari beda tinggi lokasi titik BTS dengan titik BTS lainnya beserta apa yang ada diatas permukaan bumi. Dengan begitu *path profile* dari jalur sinyal antar BTS dapat dicari sehingga posisi lokasi yang akan dibangun memang sesuai dengan desain RBS atau desain transmisinya.



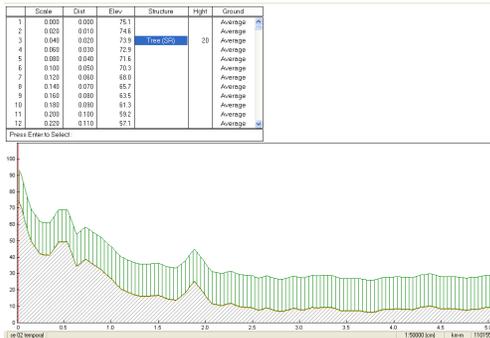
Gambar 4. Contoh Peta Rupa Bumi

Penggunaan peta digital seperti foto udara ataupun citra satelit akan sangat membantu. Karena dengan *software* tertentu (Global Mapper, Radio Mobile, Pathloss) dapat dicari langsung *path profile* dari dua posisi BTS.



Gambar 5. Contoh Peta Citra Satelit

Tujuan pokok dari *study map* adalah untuk mendapatkan *path profile* dari ketinggian diatas permukaan bumi kemudian ditambah dengan ketinggian obyek-obyek dibumi yang didapat dengan cara survei GPS. Dengan menggunakan data tersebut penentuan LoS lewat ketinggian antenna BTS dapat diketahui.



Gambar 6. Path Profile yang diperoleh dengan software Pathloss

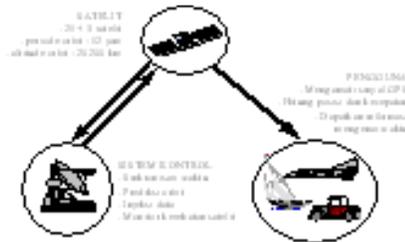
### Survei GPS

Kegiatan survei topografi yang sangat penting dalam penentuan LoS suatu BTS adalah survei GPS. Survei GPS ini merupakan survei yang dilakukan untuk melakukan verifikasi data dan mengidentifikasi posisi tower BTS di lapangan.

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem navigasi satelit yang dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat. GPS memungkinkan kita mengetahui posisi geografis kita (lintang, bujur) dan ketinggian diatas permukaan bumi. GPS terdiri dari 3 segmen yaitu : segmen angkasa, kontrol / pengendali,

dan pengguna. Segmen angkasa terdiri dari 24 satelit yang beroperasi dalam 6 orbit pada ketinggian 20.200 km dan inklinasi 55 derajat dengan periode 12 jam (satelit akan kembali ke titik yang sama dalam 12 jam). Satelit tersebut memutar orbitnya sehingga minimal ada 6 satelit yang dapat dipantau pada titik manapun di bumi ini. Satelit tersebut mengirimkan posisi dan waktu kepada pengguna seluruh dunia.

Pada sisi pengguna dibutuhkan penerima GPS (selanjutnya kita sebut perangkat GPS) yang biasanya terdiri dari penerima, prosesor, dan antena, sehingga memungkinkan kita dimanapun kita berada di muka bumi ini (tanah, laut, dan udara) dapat menerima sinyal dari satelit GPS dan kemudian menghitung posisi, kecepatan dan waktu.



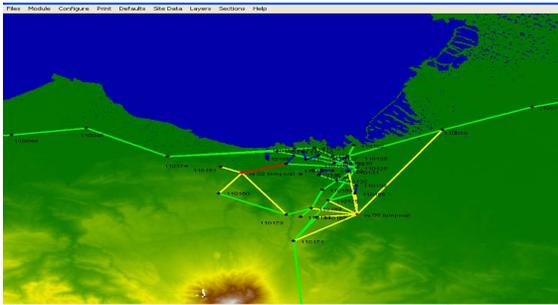
Gambar 7. Sistem Penentuan Posisi Global, GPS [ Abidin, Hasanuddin Z, 2000 ]

Dengan adanya GPS, maka survei posisi tower BTS beserta posisi BTS lain yang jadi jaringannya dapat dilakukan dengan mudah. Dengan sistem yang ada pada GPS meliputi penanda posisi obyek bumi, *input* peta, dan *tracking* rute, maka penentuan LoS BTS dapat dilakukan.

Prosedur dalam melakukan survei GPS untuk menentukan LoS BTS dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Memasukan koordinat posisi tower BTS beserta posisi jaringannya
2. Melakukan *tracking* rute sepanjang jalur sinyal BTS dan jaringannya
3. Menandai obyek-obyek yang dianggap sebagai *obstacle* sinyal BTS seperti tower SUTET PLN, cerobong pabrik, gedung yang tinggi, atau tower BTS dari operator yang lain
4. Melakukan *Download* hasil data GPS kemudian sinkronkan dengan hasil data *study map*

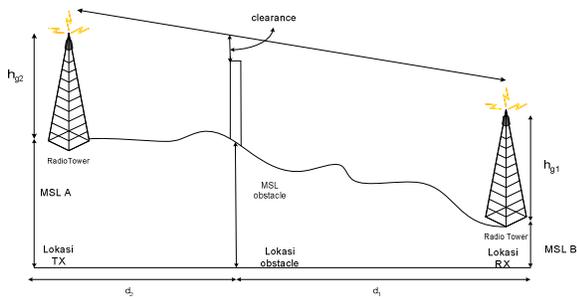
Dengan melakukan langkah-langkah tersebut, penentuan LoS BTS dapat dikoreksi dan direkomendasikan sehingga dapat membantu dalam penentuan *Link Budget* dari desain jaringan.



Gambar 8. Hasil Tracking GPS disinkronkan dengan peta digital pada Pathloss

### Penentuan Tinggi Antena BTS

Dalam menentukan tinggi tower agar BTS dapat dikatakan *line of sight* (LoS), yang harus dilakukan adalah ketentuan mengenai koefisien faktor kelengkungan bumi ( $k$ ), dimana biasanya yang dipakai  $k = \frac{4}{3}$  serta harus mengikuti kaedah kondisi LoS.



Gambar 9. Perencanaan Tinggi Antenna

Tinggi koreksi antenna dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$h_{\text{corrected}} = \frac{0,079xd_1xd_2}{k}$$

$$\text{Jari-jari fresnel } F=17,3 \sqrt{\frac{nx d_1 x d_2}{fxd}}$$

$$\text{Clearance} = 0,6F + h_{\text{corrected}}$$

Dengan rumus tersebut tinggi *obstacle* maksimum agar kondisi dikatakan LoS adalah :

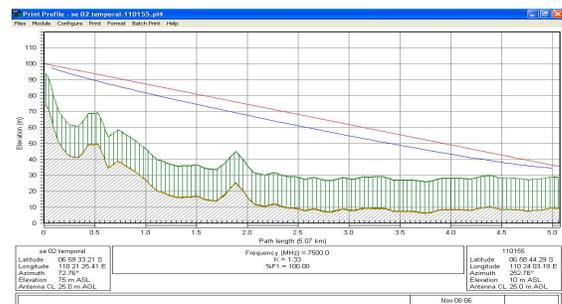
$$h_3 = h_{\text{obstacle}} + \text{clearance}$$

Dengan software tertentu seperti Pathloss, Global Mapper, ataupun Radio Mobile penentuan tinggi antenna dapat dicari. Dengan hasil data *study map* dan survei GPS seperti penjelasan diatas dimasukkan dalam software tersebut maka dapat dikalkulasikan tinggi antenna yang dianggap LoS pada jaringannya.

Pathloss 4.0 - se 02 temporal 110155.ppt			
File: Model: Configure: Equipment: SDR: Application: Report: Help			
Site Name	se 02 temporal	110155	Operator code
Call Sign		110155A	Radio model
Station Code			Code
State			Emission designator
Owner Code			Traffic code
Latitude	06 59 33.21 S	06 59 44.29 S	TX power (dBm)
Longitude	110 21 25.41 E	110 24 03.19 E	Frequency (MHz)
True azimuth (°)	72.76	252.76	Polarization
Calculated Distance (km)		5.07	Free space loss (dB)
Profile Distance (km)		5.07	EIRP (dBm)
Datum	WGS 1984		RX signal (dBm)
Elevation (m)	75.10	10.29	Radio configuration
Tower Height (m)			
TR Antenna Height (m)	20.83	22.58	
Code			
TX loss (dB)	0.00	0.00	
RX loss (dB)	0.00	0.00	

Gambar 10. Proses Penentuan Tinggi Antena pada Pathloss

Hasil simulasi penentuan tinggi antenna pada Pathloss dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Simulasi Penentuan Tinggi Antena pada Pathloss

### Kesimpulan

Dari penjelasan diatas dapat diambil kesimpulan, sebagai berikut:

1. BTS sebagai pemancar dan penerima sinyal dalam pembangunannya memerlukan survei untuk mendapatkan integrasi dari desain jaringan yang dibuat ataupun dari desain jaringan yang telah ada.
2. Survei yang dilakukan adalah untuk menentukan *Line of Sight* (LoS) sehingga BTS yang akan dibangun benar-benar dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan *link* yang telah didesain.
3. Kegiatan survei LoS dapat dilakukan dengan melakukan survei topografi meliputi survei GPS dan *study map*.
4. Dengan keakuratan peta dan survei GPS yang baik dan benar maka akan memudahkan dalam melakukan verifikasi dan merekomendasi posisi suatu tower BTS yang telah memenuhi syarat LoS terhadap jaringannya
5. Dengan survei topografi diatas dapat dihasilkan pula ketinggian antenna *microwave* BTS yang diperlukan sehingga penentuan LoS dapat tercapai.

6. Dalam melakukan survei LoS petugas survei harus dilengkapi peralatan yang memadai untuk keperluan pengamanan selama melaksanakan survei di lapangan.

#### **Daftar Pustaka**

1. \_\_\_\_\_, (2003), "*Network Methodologies and Concepts*", Motorola-Indonesia, Jakarta.
2. Abidin, Hasanuddin Z, (2000), "*Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
3. Abidin, Hasanuddin Z, (2001), "*Geodesi Satelit*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
4. Abidin, Hasanuddin Z; Jones, Andrew; Kahar, Joenil.,( 2002), "*Survei Dengan GPS*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
5. Kusnandar, Usman & Hasudungan, Manurung, (2006), "*Analisis Base Station Pada Jaringan Lokal Akses Radio*", Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung.
6. Usman, Uke K, (2006), "*Sistem LMDS Layanan Broadband Wireless Pada Frekuensi 38 GHz – 31 GhZ*" , Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung.
7. Wongsotjitra, Soetomo, (1983), "*Ilmu Ukur Tanah*", Kanisius, Yogyakarta.