

**PERANGKAT LUNAK UNTUK PERHITUNGAN
SUDUT ELEVASI DAN AZIMUTH ANTENA
STASIUN BUMI BERGERAK DALAM SISTEM
KOMUNIKASI SATELIT GEOSTASIONER**

Veni Prasetiati

Jurusan Teknik Elektro–Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

Abstrak

Salah satu masalah yang penting pada sistem komunikasi satelit adalah masalah pengarahan antena, karena hal ini dapat mempengaruhi keoptimalan pengiriman sinyal ke satelit maupun sebaliknya. Dalam makalah ini akan dibahas bagaimana menentukan sudut pengarahan antena ke arah satelit geostasioner pada stasiun bumi yang bergerak dengan kecepatan tertentu dalam bentuk simulasi. Hasil dari makalah ini dapat digunakan sebagai acuan pada antenna tracking.

Kata kunci : siskomsat, azimuth, elevasi, lintang dan bujur stasiun bumi

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang penting pada sistem komunikasi satelit (SISKOMSAT) adalah masalah pengarahan antena, karena hal ini dapat mempengaruhi keoptimalan hubungan komunikasi antara satelit dan stasiun bumi. Lokasi stasiun bumi yang berbeda memerlukan pengarahan antena yang berbeda. Parameter yang biasa digunakan untuk pengarahan antena ini adalah sudut *elevasi* dan *azimuth*. Masalah pengarahan antena ini akan menjadi bagian yang sangat penting, terutama bila stasiun bumi berpindah tempat atau bergerak, karena posisi antena harus selalu disesuaikan sedemikian rupa sehingga senantiasa mengarah ke satelit.

Dalam makalah ini akan dibahas bagaimana melakukan perhitungan penentuan sudut antena stasiun bumi yang bergerak menggunakan parameter masukan berupa lokasi bujur satelit, posisi lintang-bujur lokasi stasiun bumi, kecepatan stasiun bumi, dan ketinggian stasiun bumi di atas permukaan laut. Hasil dari perhitungan ini kemudian ditampilkan dalam bentuk simulasi.

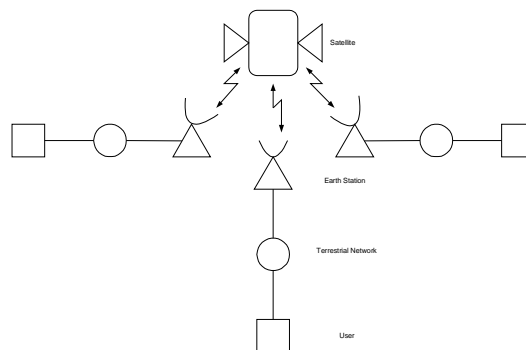
Pembahasan makalah ini akan dibatasi dengan asumsi – asumsi:

- a. Parameter pengarahannya antena yang digunakan adalah sudut *elevasi* dan sudut *azimuth*.
- b. Satelit yang digunakan sebagai acuan adalah satelit GEO dengan orbit berbentuk lingkaran, dan diasumsikan posisi satelit tetap (pergeseran diabaikan).
- c. Antena yang digunakan sebagai acuan berbentuk parabola.
- d. Hubungan yang disimulasikan antara satelit dan stasiun bumi hanya berupa hubungan satu link.
- e. Adanya gerakan stasiun bumi diterjemahkan sebagai perubahan posisi lintang dan bujur stasiun bumi, serta perubahan ketinggian stasiun bumi di atas permukaan laut dengan kecepatan tertentu.
- f. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat perangkat lunak adalah Delphi 5.0.
- g. Hubungan yang disimulasikan antara satelit dan stasiun bumi hanya berupa hubungan satu link.

DASAR TEORI

Sistem telekomunikasi satelit (SISKOMSAT) merupakan sistem komunikasi antar stasiun bumi dengan satelit sebagai pengulang (*repeater*). Penggunaan SISKOMSAT tersebut akan mengurangi kebutuhan akan kabel untuk membawa sinyal.

Karakteristik SISKOMSAT ditentukan oleh dua bagian, yaitu satelit yang ada di ruas angkasa (*space segment*) dan stasiun bumi yang ada di permukaan bumi (*ground segment*). SISKOMSAT pada dasarnya merupakan suatu komunikasi antara stasiun bumi melalui ruas angkasa dengan menggunakan satelit komunikasi sebagai pengulang (*repeater*).



Gambar 1. Prinsip Hubungan dalam SISKOMSAT

Pemakai (*user*) mengirimkan sinyal baseband yang diarahkan menuju stasiun bumi melalui jaringan teresterial. Pada stasiun bumi sinyal baseband diproses serta ditransmisikan dengan frekuensi radio (RF) yang termodulasi menuju ke satelit, di mana satelit komunikasi berfungsi sebagai pengulang pada ruas angkasa. Satelit ini menerima frekuensi radio carrier yang dimodulasikan pada arah lintasan spektrum up link (bumi – ruas angkasa) dari seluruh stasiun bumi dalam jaringan. Satelit kemudian menguatkan sinyal tersebut serta mengirimkannya kembali ke bumi pada spektrum frekuensi down link (ruas angkasa – bumi) yang berbeda dengan spektrum frekuensi up link untuk menghindari interferensi. Stasiun bumi yang menerima sinyal down link lalu mengubah frekuensi radio carrier yang termodulasi menjadi sinyal

baseband dan mengirimkannya kembali ke pemakai (*user*) melalui jaringan terrestrial. (T., Tri Ha. 1990. *Digital Satellite Communications*. New York : McGraw Hill Pub. Co.)

Untuk memperoleh kualitas hubungan yang baik dalam sistem komunikasi satelit, antena stasiun bumi harus memiliki pandangan garis lurus yang bebas terhadap satelit. Untuk itu hal yang perlu diperhatikan salah satunya adalah ketepatan pengarahannya sudut antena stasiun bumi. Perhitungan pengarahannya sudut antena (*antenna pointing*) stasiun bumi dapat dilakukan jika diketahui posisi stasiun bumi dan satelit, yang digambarkan dengan menggunakan variabel – variabel berupa sudut lintang dan bujur. Parameter – parameter yang digunakan dalam pengarahannya sudut antena stasiun bumi pada umumnya berupa sudut *elevasi* dan *azimuth* satelit.

2.1 Sudut Elevasi

Sudut *elevasi* suatu satelit adalah sudut yang dibentuk oleh satelit dengan sudut tangen pada titik tertentu di bumi. Gambar 2.5 menunjukkan geometri dari perhitungan sudut *elevasi*. Pada gambar tersebut \mathbf{r}_s adalah vektor dari pusat bumi ke satelit, \mathbf{r}_e adalah vektor dari pusat bumi ke stasiun bumi, h adalah sudut *elevasi* antena stasiun bumi, dan \mathbf{d} adalah vektor dari stasiun bumi ke satelit. Ketiga vektor ini terletak pada bidang yang sama dan membentuk sebuah segitiga. Sudut g yang diukur antara \mathbf{r}_e dan \mathbf{r}_s adalah sudut pada pusat bumi antara stasiun bumi dan satelit, dan y adalah sudut yang diukur antara \mathbf{r}_e dan \mathbf{d} . Dengan definisi tersebut maka sudut pusat (γ) dapat ditentukan menggunakan rumus: (Pratt T., C.W. Bostian. 1986. *Satellite Communication*. New York : John Wiley & Sons.)

$$\cos(\gamma) = \cos(L_e)\cos(L_s)\cos(l_s - l_e) + \sin(L_e)\sin(L_s) \quad (2.1)$$

di mana : L_e = lintang stasiun bumi

L_s = lintang satelit

l_e = bujur stasiun bumi

l_s = bujur satelit

$$d = r_s \left(1 + \left(\frac{r_e}{r_s} \right)^2 - 2 \left(\frac{r_e}{r_s} \right) \cos(\gamma) \right)^{1/2} \quad (2.2)$$

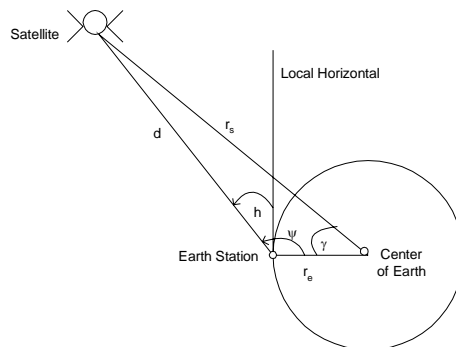
$$h = \psi - 90^\circ \quad (2.3)$$

Menurut hukum sinus

$$r_s / \sin(\psi) = d / \sin(\gamma) \quad (2.4)$$

sehingga

$$\cos(h) = r_s \sin(\gamma) / d \quad (2.5)$$



Gambar 2. Geometri Kalkulasi Sudut Elevasi (Pratt T., C.W. Bostian. 1986. *Satellite Communication*. New York : John Wiley & Sons.)

Untuk satelit geostasioner, titik subsatelit berada pada ekuator pada bujur l_s dan lintang L_s sama dengan 0. jarak satelit geostasioner adalah 42.242 km, sehingga persamaan – persamaan di atas dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$\cos(g) = \cos(L_e)\cos(L_s)\cos(l_s - l_e) \quad (2.6)$$

$$d = 42.242 [1,02274 - 0,301596 \cos(g)]^{1/2} \quad (2.7)$$

dan

$$\cos(h) = \frac{\sin(g)}{42.242 [1,02274 - 0,301596 \cos(g)]^{1/2}} \quad (2.8)$$

Ketinggian stasiun bumi di atas permukaan bumi akan mempengaruhi besarnya r_e . Untuk ketinggian stasiun bumi beberapa kilometer di atas permukaan bumi besarnya r_e sama dengan:

$$r_e = R + t \quad (2.9)$$

di mana : R = jari – jari bumi = 6370 km

t = ketinggian stasiun bumi di atas permukaan bumi

2.2 Sudut Azimuth

Sudut *azimuth* suatu satelit dari suatu titik tertentu adalah sudut yang dibentuk oleh arah satelit dengan arah utara yang sebenarnya, diukur berlawanan arah jarum jam. Jika stasiun bumi, satelit, dan titik subsatelit terletak pada bidang yang sama, besarnya sudut *azimuth* dari stasiun bumi ke satelit sama dengan dari stasiun bumi ke titik subsatelit. Sudut *azimuth* lebih sulit untuk dihitung dibandingkan dengan sudut *elevasi* karena perhitungannya berbeda jika titik subsatelit berada di

barat atau timur stasiun bumi dan jika titik subsatelit dan stasiun bumi berada pada belahan bumi utara atau selatan. Masalah ini akan disederhanakan untuk kasus satelit geostasioner ideal di mana titik subsatelit dan stasiun bumi selalu berada pada belahan bumi yang sama. Untuk membuat persamaan yang dibutuhkan, dianalisa suatu segitiga bola dengan titik – titik sudut berupa E, S, dan G. E adalah stasiun bumi, S adalah titik subsatelit, dan G adalah titik di mana meridian (garis bujur) stasiun bumi memotong ekuator. Gambar 2.7 menggambarkan seluruh kemungkinan orientasi dari segitiga tersebut untuk lokasi – lokasi titik subsatelit yang bervariasi berhubungan dengan stasiun bumi. ketiga sisi dari segitiga adalah panjang busur g, a, dan c. Sudut g telah diberikan pada persamaan 2.10; a dan c ditentukan sebagai berikut :

$$a = |l_s - l_e| \quad (2.10)$$

$$c = |L_e - L_s| \quad (2.11)$$

Jika didefinisikan s merupakan setengah dari keliling segitiga atau

$$s = 0.5(a + c + \gamma) \quad (2.12)$$

kemudian sudut a pada vertex E dapat dihitung menggunakan persamaan

$$\tan^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\sin(s - \gamma)\sin(s - c)}{\sin(s)\sin(s - a)} \quad (2.13)$$

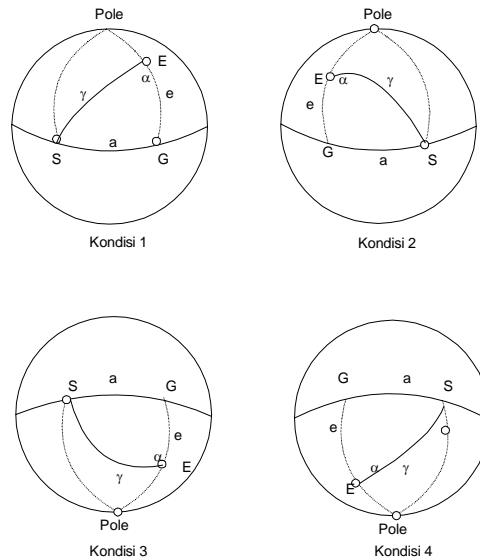
Persamaan 2.10 dan 2.11 dapat dikombinasikan dalam persamaan 2.13 dan membentuk persamaan

$$\alpha = 2 \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin(s - \gamma)\sin(s - |L_e - L_s|)}{\sin(s)\sin(s - |l_e - l_s|)} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

Sudut *azimuth* A berhubungan dengan a yang terdapat pada persamaan 2.14 dan Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan untuk Perhitungan Sudut *Azimuth*

Kondisi	Persamaan
1. Titik subsatelit di barat daya stasiun bumi	$A = 180 + \alpha$
2. Titik subsatelit di tenggara stasiun bumi	$A = 180 - \alpha$
3. Titik subsatelit di barat laut stasiun bumi	$A = 360 - \alpha$
4. Titik subsatelit di timur laut stasiun bumi	$A = \alpha$



Gambar 3. Trigonometri Bola untuk Perhitungan Sudut *Azimuth*

Trigonometri bola untuk perhitungan sudut azimuth pada keempat kondisi dapat dilihat pada gambar 3. Titik S adalah letak titik subsatelit di permukaan bumi, titik E adalah letak stasiun bumi, dan titik G adalah titik pada ekuator yang mempunyai bujur yang sama dengan posisi stasiun bumi. Kondisi 1 dan 2 menggambarkan posisi titik subsatelit berada di selatan stasiun bumi dan kondisi 3 dan 4 menggambarkan posisi titik

subsatelit berada di utara stasiun bumi. Pada kondisi 1 dan 3, stasiun bumi berada di timur titik subsatelit. Pada kondisi 2 dan 4, stasiun bumi berada di barat titik subsatelit.

PERANGKAT LUNAK PENGARAHAN SUDUT ANTENA STASIUN BUMI

1.1 Deskripsi Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibuat ini adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mempermudah pemahaman mengenai pengarahan sudut antena stasiun bumi terhadap sebuah satelit geostasioner. Hal-hal yang dipelajari dalam perangkat lunak ini adalah:

1. Parameter – parameter pengarahan sudut antena stasiun bumi berupa sudut *elevasi* dan *azimuth*.
2. Jarak antara stasiun bumi dengan satelit.
3. Daerah cakupan global suatu satelit GEO.
4. Visualisasi geometri posisi stasiun bumi terhadap satelit dan geometri sudut pengarahan antena pada bidang peta dua dimensi, sehingga masalah geometri pengarahan sudut antena dapat dilihat dengan lebih jelas.

Parameter – parameter masukan yang diinginkan meliputi :

1. Posisi bujur satelit (derajat)
2. Frekuensi satelit (GHz)
3. Posisi bujur stasiun bumi (derajat)
4. Posisi lintang stasiun bumi (derajat)
5. Ketinggian stasiun bumi (kilometer)
6. Kecepatan stasiun bumi (meter/detik)

Sedangkan parameter – parameter keluaran yang diharapkan adalah:

1. Jarak stasiun bumi dan satelit (km)
2. Sudut *elevasi* antena (derajat)
3. Sudut *azimuth* antena (derajat)
4. Sudut faktor *azimuth* antena (derajat)
4. Frekuensi sumber (GHz)
5. Frekuensi penerima (GHz)

Parameter masukan berupa posisi bujur satelit maupun stasiun bumi ditetapkan bernilai positif jika menunjukkan arah timur dan bernilai negatif jika menunjukkan arah barat dari garis meridian nol derajat (Greenwich). Posisi lintang satelit di sini selalu dianggap sebesar 0° karena satelit yang digunakan berupa satelit geostasioner. Posisi lintang stasiun bumi ditetapkan bernilai positif jika menunjukkan arah utara dari ekuator dan bernilai negatif jika menunjukkan arah selatan dari ekuator.

Perangkat lunak ini ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5.0, yang berbasis pada bahasa program Borland Pascal. Untuk mendapatkan tampilan yang maksimal, perangkat lunak sebaiknya dijalankan pada komputer yang memiliki resolusi 800 x 600 dpi atau lebih.

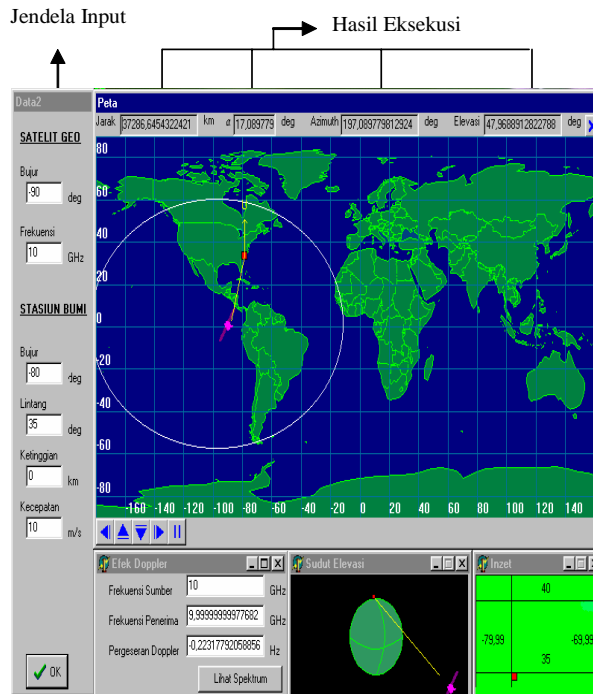
PERHITUNGAN SUDUT ELEVASI DAN AZIMUTH MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK

Parameter – parameter data input yang dimasukkan pada perangkat lunak adalah sebagai berikut:

Parameter	Nilai
Posisi bujur satelit	-90 derajat
Posisi lintang satelit	0 derajat
Frekuensi satelit	10 GHz
Posisi bujur stasiun bumi	-83 derajat

Posisi lintang stasiun bumi 35 derajat
 Ketinggian stasiun bumi 0 kilometer
 Kecepatan stasiun bumi 10 meter/detik

Tampilan perangkat lunak hasil eksekusi adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Tampilan Perangkat Lunak Hasil Eksekusi

Dari simulasi yang dilakukan didapatkan parameter – parameter keluaran sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Eksekusi Perangkat Lunak

No	Parameter Keluaran	Nilai
1.	Jarak	37240,7
2.	Sudut <i>Elevasi</i>	48,6675
3.	Sudut Faktor <i>Azimuth</i>	12,083
4.	Sudut <i>Azimuth</i>	192,083

Nilai yang didapat hasilnya sama dengan perhitungan secara manual, namun dengan perangkat lunak dimungkinkan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik. Untuk stasiun bumi bergerak, perhitungan sudut *azimuth* dan *elevasi* yang senantiasa berubah dapat dihitung lebih cepat dan mudah.

Kelebihan dari perangkat lunak yang dibuat ini adalah perangkat lunak ini mampu memvisualisasikan stasiun bumi yang bergerak lurus ke arah utara, selatan, timur, dan barat dalam peta dua dimensi serta perhitungan sudut pengarahan antenanya; sekaligus memvisualisasikan geometri sudut *azimuth* dan *elevasi* dalam proyeksi tiga dimensi. Dengan kelebihan tersebut, perangkat lunak ini dapat pula digunakan sebagai alat bantu pembelajaran dalam memahami perhitungan sudut *azimuth* dan *elevasi*.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penulisan makalah ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perangkat lunak yang dibuat ini dapat mempermudah dan mempercepat proses perhitungan pengarahan sudut *azimuth* dan *elevasi* stasiun bumi bergerak, serta jarak lintasan antara stasiun bumi dan satelit, dalam sistem komunikasi satelit geostasioner.
2. Nilai yang didapat dari hasil eksekusi perangkat lunak dapat digunakan sebagai acuan pada *antenna tracking*.
3. Dengan kelebihan – kelebihan perangkat lunak ini atas kemampuan visualisasinya, maka perangkat lunak ini dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran dalam memahami perhitungan sudut *azimuth* dan *elevasi*.

5.2 Saran

1. Dari penulisan makalah ini dapat dikembangkan lebih lanjut perangkat lunak pengarah sudut antena stasiun bumi bergerak untuk satelit non geostasioner.
2. Untuk pengembangan pembuatan perangkat lunak pengarah sudut antena stasiun bumi dapat digunakan bahasa pemrograman lain yang dapat menunjang tampilan tiga dimensi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Pratt T., C.W. Bostian. 1986. *Satellite Communication*. New York : John Wiley & Sons.
- T., Tri Ha. 1990. *Digital Satellite Communications*. New York : McGraw Hill Pub. Co.
- Ippolito, Rogers. Juni 1997. *System Requirements for Ka – band Earth Satellite Propagation Data*, Vol. 85, No. 6, hal. 810. *Proceeding of IEEE*.
- Richharia, M. 1999. *Satellite Communication Systems Design Principles*. New York : McGraw Hill.
- Kadir, A. 2001. *Dasar Pemrograman Delphi 5, Jilid 2*. Yogyakarta : ANDI.