



Majalah

ISSN 0126-0480

LAPAN

VOL. 6

NO. 1

JUNI 2004

- ANALISIS POLA RADIASI DAN POLA ERROR ANTENA CASSEGRAIN PADA BEBERAPA FREKUENSI S-BAND
Wahyudi Hasbi 1 - 10
- APLIKASI TEKNIK DAN METODE FUSI DATA OPTIK ETM-PLUS LANDSAT DAN SAR RADARSAT UNTUK EKSTRAKSI INFORMASI GEOLOGI PERTAMBANGAN BATU BARA
Gokmaria Sitanggung, Ita Carolita, Bambang Hendro Trisasongko 11 - 30
- PENENTUAN EVAPOTRANSPIRASI REGIONAL DENGAN DATA LANDSAT TM DAN NOAA AVHRR
M. Rokhis Khomarudin, Idung Risdiyanto 31 - 44
- PENELITIAN POTENSI OKSIDA LOGAM Fe_2O_3 dan CuO UNTUK PENINGKATAN KECEPATAN PEMBAKARAN PROPELAN KOMPOSIT
Atwirman S. 45 - 51
- PENGUJIAN MODEL PREDIKSI ANOMALI OUT-GOING LONGWAVE RADIATION DAN HUBUNGANNYA DENGAN CURAH HUJAN DI INDONESIA
Erna S. Adiningsih, Parwati, H. Suharsono 52 - 70
- KUALITAS DEBU DI SEKITAR INDOCEMENT PT. ITP. TBK PALIMANAN CIREBON
Chunaeni Latief 71 - 82

DITERBITKAN OLEH :

LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
Jl. Pemuda Persil No. 1, Jakarta 13220, INDONESIA

Majalah LAPAN	Vol. 6	No. 1	Hlm. 1 - 82	Jakarta, Juni 2004	ISSN 0126-0480
---------------	--------	-------	-------------	--------------------	----------------

ANALISIS POLA RADIASI DAN POLA ERROR ANTENA CASSEGRAIN PADA BEBERAPA FREKUENSI S-BAND

Wahyudi Hasbi
Peneliti Bidang Teknologi Ruas Bumi-PUSTEKELEGAN, LAPAN

ABSTRACT

Measurement of radiation pattern was needed to know the change of strength of electromagnetic wave field at all direction in same distance of antenna. This matter becomes important because with radiation pattern, we can know antenna beamwidth especially in such frequency of S-Band. Measurement was carried out with boresight as a frequency source. Result of analysis and measurement, shows casegrain antenna with diameter 10 meters has beamwidth of equal to 0.9° - 1° at frequency 2211 & 2237 MHz.

ABSTRAK

Pengukuran pola radiasi (*radiation pattern*) diperlukan untuk mengetahui berapa besar perubahan kekuatan medan gelombang elektromagnetik pada semua posisi dalam jarak yang sama dari antena. Hal ini menjadi penting karena dengan pola radiasi dapat diketahui besar *beamwidth* antena yang digunakan terutama dalam frekuensi S-band yang berbeda-beda. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *boresight* sebagai sumber frekuensi. Hasil pengukuran dan analisis menunjukkan antena *casegrain* dengan diameter 10 meter memiliki *beamwidth* pola radiasi sebesar 0.9° - 1° pada frekuensi 2211 & 2237 MHz.

1 PENDAHULUAN

Pola radiasi (*radiation pattern*) dari antena adalah gambaran tentang variasi kuat medan elektromagnetik pada titik yang berjarak sama pada antena atau dalam pengertian lain disebutkan sebagai sebuah fungsi matematika yang memberikan gambaran tentang sifat-sifat radiasi pada sebuah antena. Sifat radiasi tersebut termasuk diantaranya kuat flux elektromagnetik, intensitas radiasi, kuat medan elektromagnetik dan polarisasi.

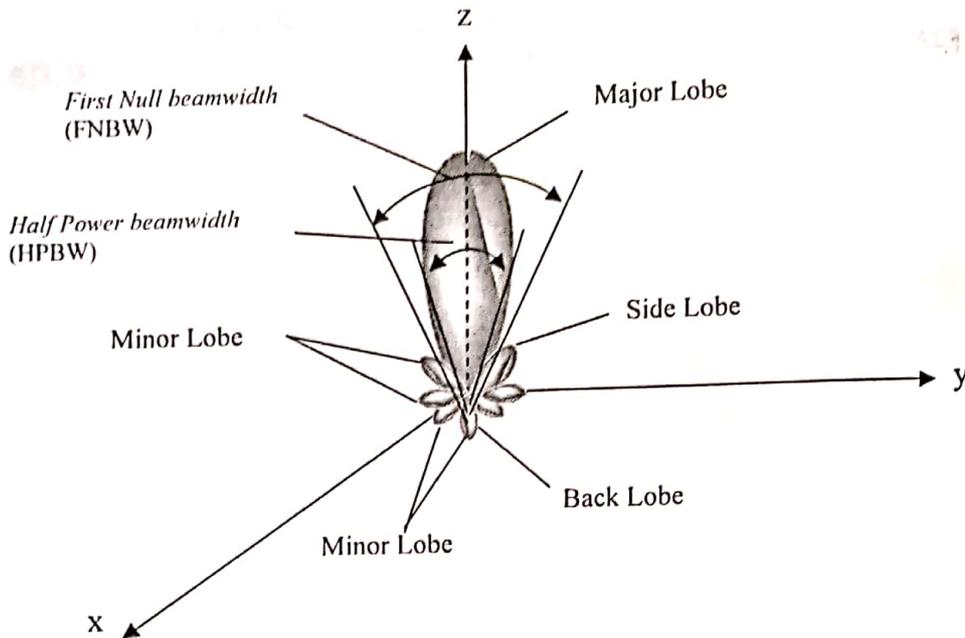
Antena yang diukur pola radiasinya adalah antena Stasiun TT&C LAPAN-ISRO Biak yang berdiameter 10 meter tipe *cassegrain* dengan polarisasi RCP (*Right Circular Polarization*) dan LCP (*Left Circular Polarization*). Antenna dilengkapi pula dengan sistem servo yang dapat melakukan fungsi; manual, terprogram, CDM (*Computer Designated Mode*) dan Auto track. Penggunaan antena ini adalah untuk menerima data telemetri satelit dan mentransmisikan *commanding* ke satelit.

Pengukuran pola radiasi ini mencakup pola radiasi dan *beamwidth* dari antena. Pengukuran dan analisis pola radiasi ini memberikan gambaran tentang pola radiasi terutama dalam beberapa frekuensi S-band. Pola radiasi yang dihasilkan nantinya akan berguna pula dalam melakukan *setup* pada sistem penjejukan otomatis (*auto track*) dan peningkatan akurasi *pointing*.

1.1 Dasar Teori

1.1 Pola Radiasi

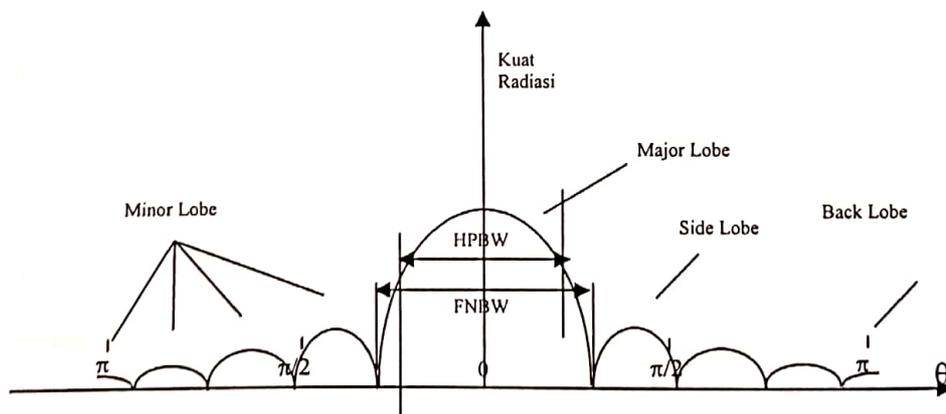
Beberapa bagian dari pola radiasi disebut sebagai "cuping" (*lobe*) yang dapat dikelompokkan menjadi *major lobe*, minor, samping (*side lobe*) dan belakang (*back lobe*). Sebuah *lobe* radiasi adalah bagian dari pola radiasi yang dibatasi oleh daerah yang memiliki tingkat intensitas radiasi yang lemah. Gambar 1-1, menggambarkan tiga dimensi simetris pola polar dengan sebuah *lobe* radiasi. Pada Gambar 1-1 tersebut semua *lobe* baik yang besar maupun yang kecil diklasifikasikan sama sebagai *lobe*.



Gambar 1-1: Lobe radiasi dan beamwidth dari pola radiasi antenna

Gambar 1-2 menggambarkan pola 2 dimensi dari karakteristik yang sama seperti pada Gambar 1-1. Sebuah *major lobe* yang biasanya disebut juga sebagai *main beam* adalah lobe radiasi yang memiliki tingkat radiasi maksimum. Pada Gambar 1-2, *major lobe* terletak pada $\theta = 0$. Pada antenna yang memiliki *beam* berdekatan, akan memiliki lebih dari satu *major lobe*.

Minor lobe adalah semua lobe selain *major lobe*. Pada Gambar 1-2, cuping samping (*side lobe*) adalah lobe radiasi yang memiliki arah selain arah *major lobe* dan berdekatan dengan *major lobe*. Sedangkan *back lobe* adalah lobe radiasi yang membuat sudut 180° dari *beam* antenna sehingga posisinya berlawanan dengan dengan posisi *major lobe*.



Gambar I-2: Plot linear dari kuat pola radiasi

Minor lobe merupakan radiasi dengan arah yang berbeda-beda dan memiliki intensitas radiasi yang kecil. *Side lobe* umumnya merupakan *minor lobe* yang terbesar. Intensitas rasio *side lobe* yang kurang dari -20dB biasanya

tidak dipermasalahkan dalam banyak penggunaan. Untuk memperoleh rasio *side lobe* kurang dari -30dB maka desain dan pembuatan peralatan yang baik sangat diperlukan. Dalam banyak sistem radar, rasio *side lobe* yang kecil

sangat penting untuk meminimalkan kesalahan indikasi target.

I. 2 Intensitas Radiasi

Tingkat Radiasi dalam arah tertentu didefinisikan sebagai daya yang diradiasikan dari sebuah antena pada segala arah. Tingkat radiasi adalah jangkauan terjauh dari medan radiasi dan diperoleh dengan mengalikan kerapatan radiasi dengan kuadrat jarak, sebagai berikut :

$$U = r^2 W_{rad} \dots\dots\dots(1-1)$$

Keterangan:

- U = Tingkat radiasi (W/derajat)
- W_{rad} = Kerapatan radiasi (W/m²)

Tingkat radiasi juga berhubungan dengan daerah terjauh medan listrik oleh antena yang diuraikan sebagai berikut:

$$U(\theta, \phi) = \frac{r^2}{2\eta} |E(r, \theta, \phi)|^2 \cong \frac{r^2}{2\eta} [E_\theta(r, \theta, \phi)^2 + E_\phi(r, \theta, \phi)^2] \cong \frac{1}{2\eta} [E_\theta(\theta, \phi)^2 + E_\phi(\theta, \phi)^2] \dots\dots(1-2)$$

Keterangan:

- E = Tingkat medan listrik zona jauh dari antena
- E_θ, E_φ = Komponen medan listrik zona jauh dari antena
- η = impedansi medium

Sehingga kuat pola radiasi juga adalah ukuran dari sebuah tingkat radiasi.

Total kuat radiasi diperoleh dengan mengintegrasikan tingkat radiasi seperti pada persamaan (1-1) dalam segala arah (4π), sehingga

$$P_{rad} = \oint_{\Omega} U d\Omega = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi U \sin \theta d\theta d\phi \dots\dots (1-3)$$

Keterangan:

dΩ = elemen sudut = sin θ dθ dφ

Untuk sumber yang isotropic, U tidak bergantung pada sudut θ dan φ, sehingga

$$P_{rad} = \oint_{\Omega} U_0 d\Omega = U_0 \oint_{\Omega} d\Omega = 4\pi U_0 \dots\dots(1-4)$$

atau tingkat radiasi pada sumber isotropic adalah

$$U_0 = \frac{P_{rad}}{4\pi} \dots\dots\dots (1-5)$$

I.3 Beamwidth

Beamwidth antena adalah lebar sudut dalam derajat yang diukur pada pola radiasi major lobe antara titik di mana kuat radiasi menjadi setengah dari nilai maksimumnya. Beamwidth ini sering juga disebut sebagai nilai tengah kuat beamwidth (half power beamwidth). Beamwidth antena bergantung pada: (i) Bentuk dari pola radiasi (ii) Panjang gelombang dan (iii) Dimensi dari aperture antena dan sebagainya.

Beamwidth sering disimbolkan sebagai Ω_A dan dirumuskan sebagai:

$$\Omega_A = \iint_{\Omega} P_n(\theta, \phi) d\Omega$$

- di mana dΩ = sin θ dθ dφ
- dan Ω_A ≅ θ_{HP} φ_{HP}

θ_{HP} dan φ_{HP} adalah beamwidth dalam dua bidang utama, sehingga

$$D = \frac{4\pi}{\Omega_A}$$

Keterangan:

D adalah directivity antena.

Pengukuran beamwidth antena pada pola radiasi yang terbentuk dapat dilakukan secara langsung. Pengukuran tersebut dilakukan dengan menentukan titik kuat radiasi atau kuat sinyal, 3dB di bawah nilai maksimum radiasi atau sinyal pada major lobe.

2 METODA PENGUKURAN

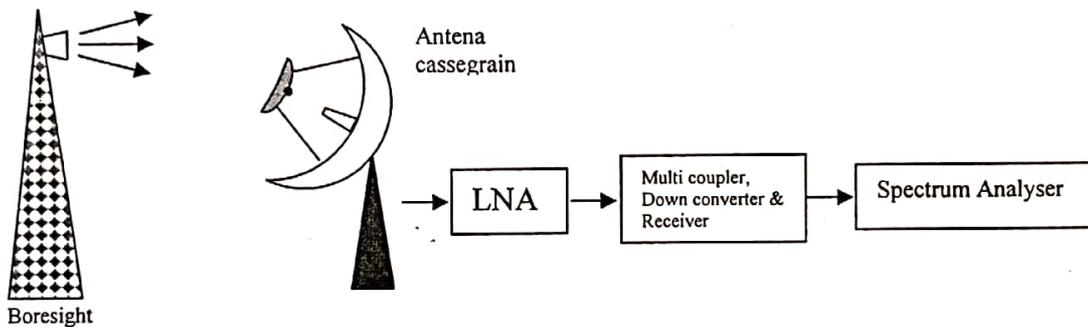
Pengukuran beamwidth antena cassegrain dalam frekuensi S-band dilakukan dengan menggunakan antena

cassegrain Stasiun TT & C LAPAN-ISRO Biak. Sistem antenna penerima pada stasiun TT&C LAPAN-ISRO Biak memiliki kemampuan penerimaan sinyal dalam polarisasi sirkular baik RCP (*Right Circular Polarization*) maupun LCP (*Left Circular Polarization*), sehingga pengukuran akan dilakukan dengan menggunakan penerimaan sinyal pada kedua polarisasi tersebut.

Pada pengukuran tersebut sistem pengukuran diatur seperti pada Gambar 2-1. Posisi *boresight* jika dilihat dari antenna adalah berkisar elevasi $6,8^\circ$ dan azimuth $34,3^\circ$. Pengukuran pola radiasi pada bidang horisontal (azimuth) dilakukan pilihan penerimaan sinyal dalam polarisasi RCP. Kemudian antenna diarahkan berkisar -4° dari posisi sinyal

terkuat hingga $+4^\circ$ dari posisi sinyal terkuat sehingga *major lobe* dan *side lobe* akan dapat tergambarkan. Kemudian dari -4° antenna digerakkan $0,1^\circ$ mendekati posisi sinyal terkuat hingga menjauh. Kuat sinyal tiap $0,1^\circ$ kemudian dicatat lalu diulangi untuk penerimaan polarisasi LCP.

Pengukuran pola radiasi dalam bidang vertikal (elevasi) dilakukan dengan memilih penerimaan sinyal dalam polarisasi RCP. Kemudian antenna diarahkan berkisar -5° dari posisi sinyal terkuat hingga $+5^\circ$ dari posisi sinyal terkuat. Kemudian dari -5° antenna digerakkan $0,1^\circ$ mendekati posisi sinyal terkuat hingga menjauh. Kuat sinyal tiap $0,1^\circ$ dicatat kemudian diulangi untuk penerimaan polarisasi LCP.



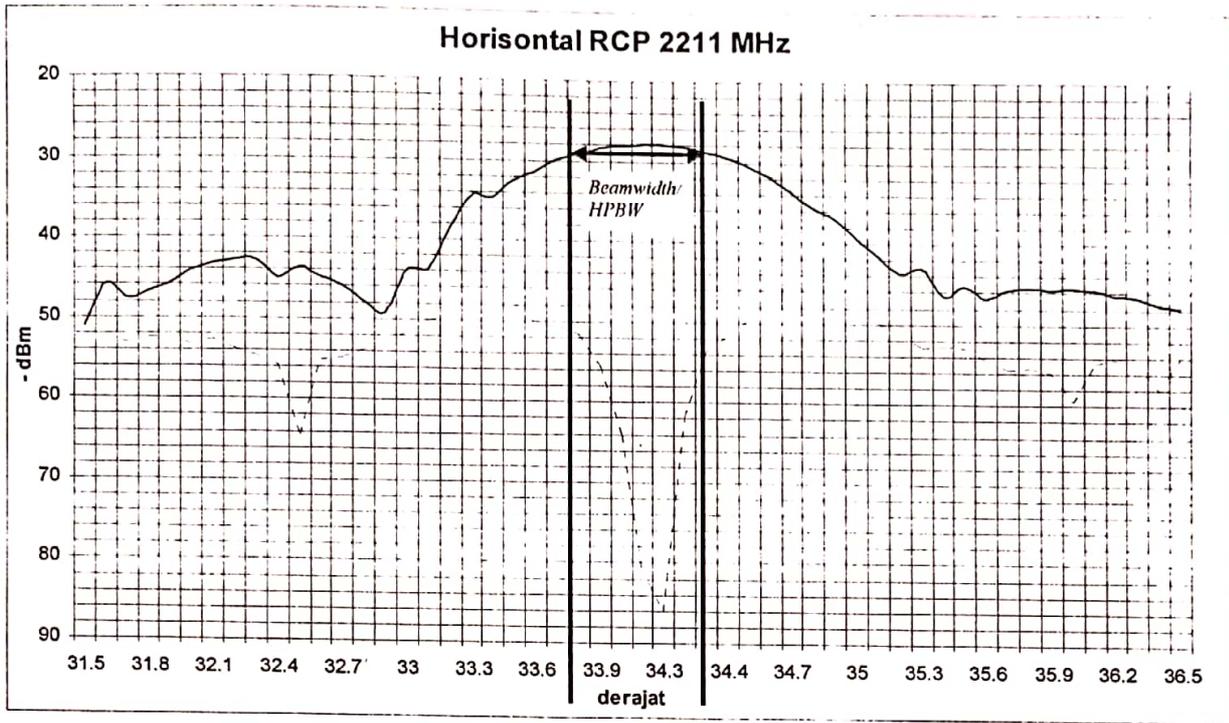
Gambar 2-1: Skema pengukuran pola radiasi

3 ANALISIS HASIL PENGUKURAN

Hasil pengukuran yang diperoleh untuk mengetahui karakteristik pola radiasi antenna *cassegrain* terhadap frekuensi S-band adalah berupa plot data kuat sinyal/radiasi tiap derajatnya. Pola radiasi yang diperoleh terdiri atas empat komponen, yaitu pola radiasi horizontal RCP, horizontal LCP, vertikal RCP dan vertikal LCP. Hasil perhitungan secara teori terhadap desain antenna, *beamwidth* antenna *cassegrain* dengan diameter 10 meter terhadap frekuensi S-band adalah sebesar $0,9^\circ$.

3.1 Pola Radiasi Horisontal Polarisasi RCP & LCP

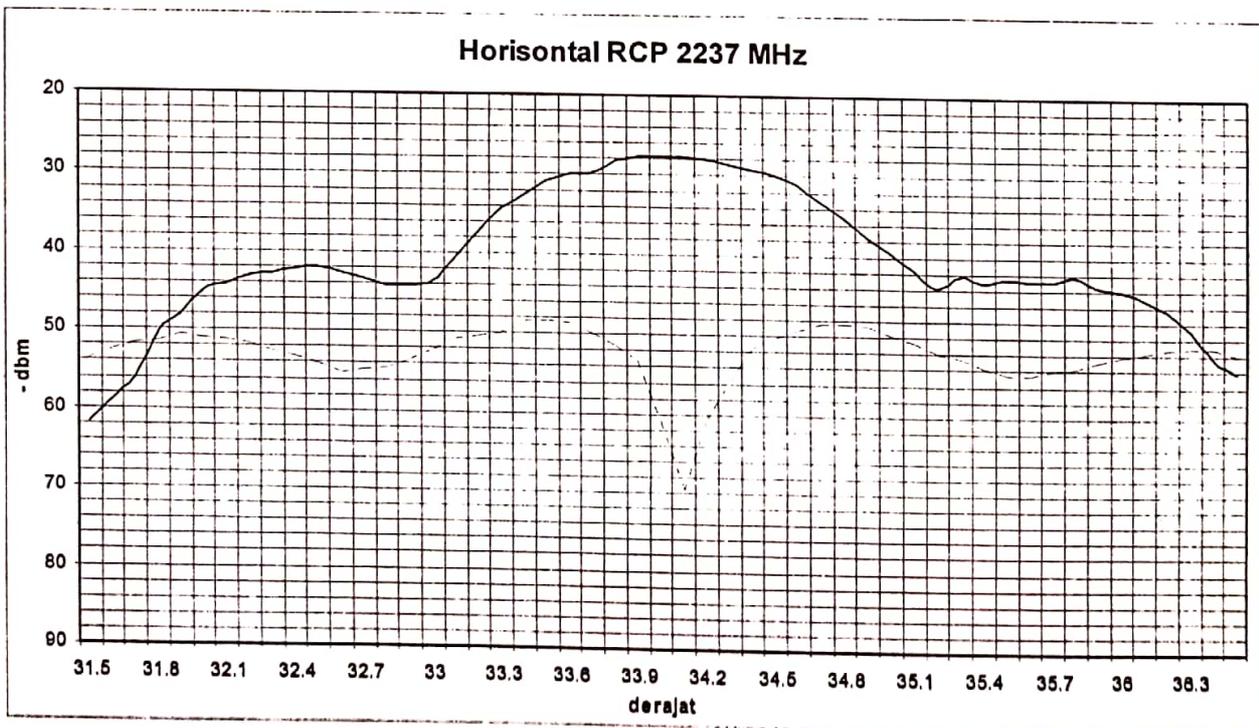
Pola radiasi yang diperoleh pada bidang horizontal (azimuth) dengan polarisasi RCP dengan frekuensi 2211 MHz terlihat seperti pada Gambar 3-1. Pada frekuensi tersebut diperoleh kuat sinyal maksimum adalah -28 dBm dengan posisi $34,3^\circ$. Sedangkan pada frekuensi 2237 MHz kuat sinyal maksimum adalah $-27,6$ dBm dengan posisi 34° seperti terlihat pada Gambar 3-2.



Gambar 3-1: Pola radiasi dan pola error horizontal RCP frekuensi 2211 MHz

Pengukuran *beamwidth* pada kedua frekuensi tersebut dilakukan dengan pengurangan sebesar 3 dB dari titik kuat sinyal maksimum kemudian ditarik garis horizontal berpotongan dengan pola *major lobe* seperti pada

Gambar 3-1. Dari hasil perpotongan tersebut diperoleh *beamwidth* untuk frekuensi 2211 MHz adalah sebesar 0.9° sedangkan pada frekuensi 2237 MHz diperoleh *beamwidth* sebesar 1°



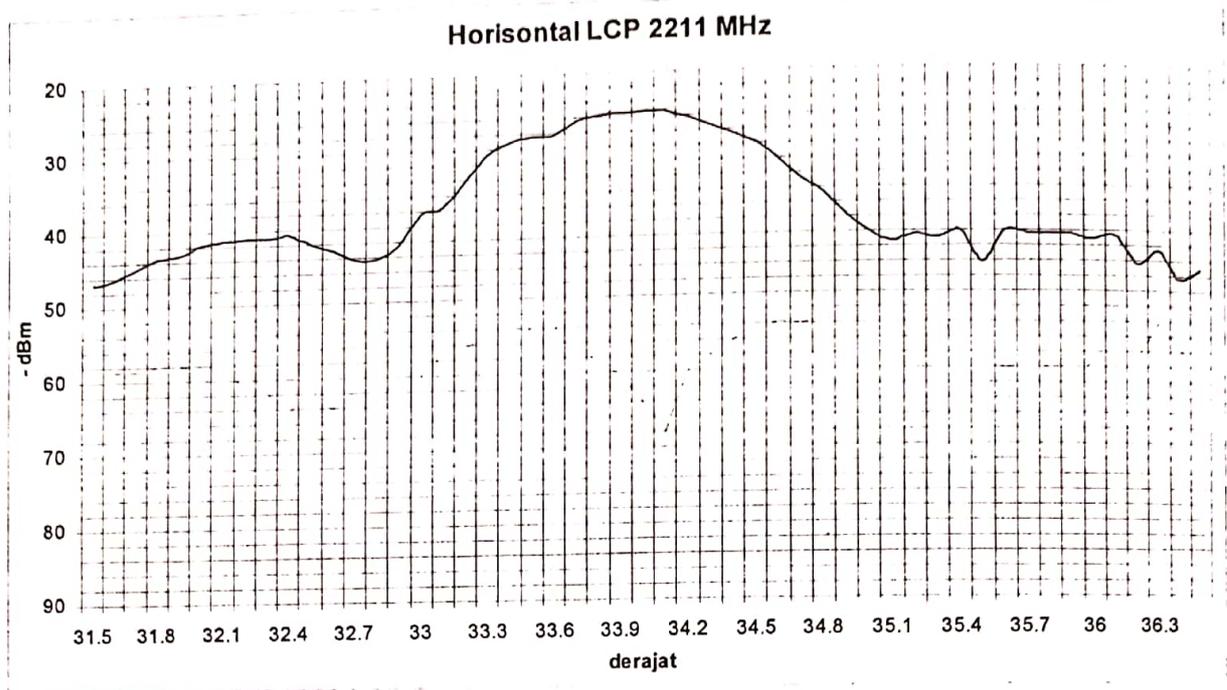
Gambar 3-2: Pola radiasi dan pola error horizontal RCP frekuensi 2237 MHz

Sementara untuk polarisasi LCP pada frekuensi 2211 MHz, pola radiasi

yang terjadi nampak seperti pada Gambar 3-3 dan pola radiasi pada

frekuensi 2237 MHz nampak pada Gambar 3-4. Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang terjadi, kuat

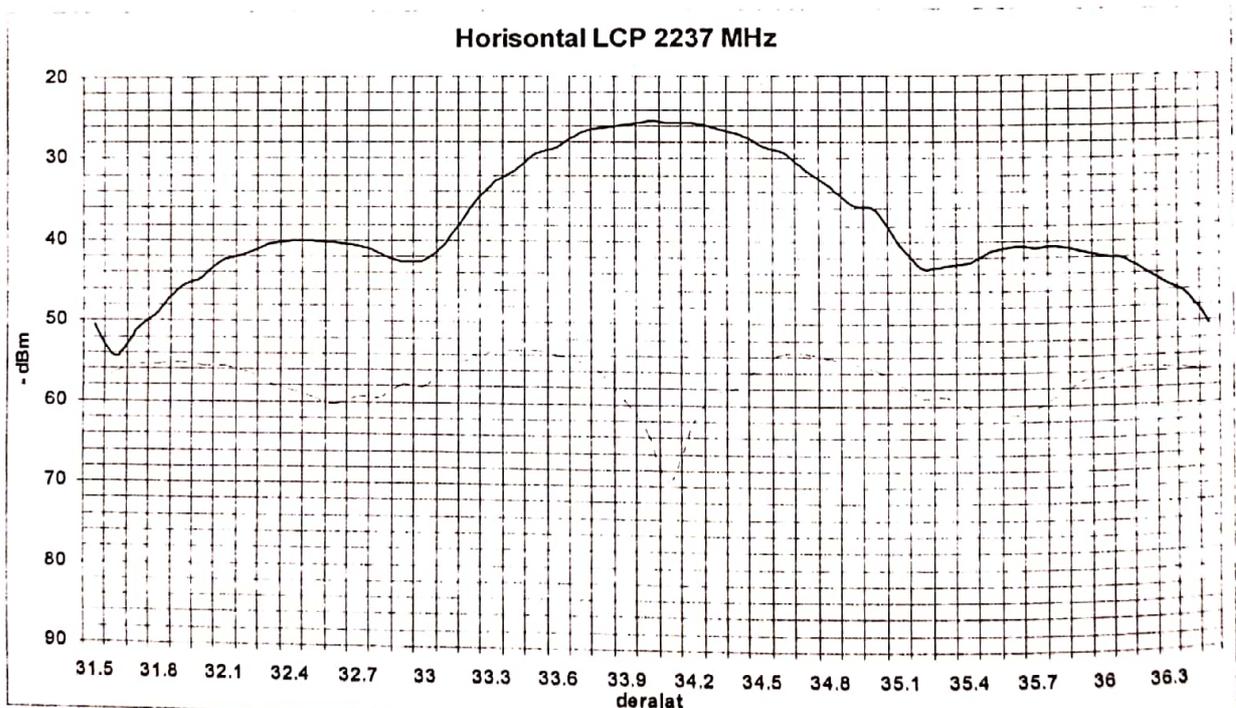
sinyal maksimum pada frekuensi 2211 MHz adalah -25,4 dBm sementara pada frekuensi 2237 MHz adalah -25,5 dBm.



Gambar 3-3: Pola radiasi dan pola error horizontal LCP frekuensi 2211 MHz

Pengukuran *beamwidth* dengan menggunakan pola radiasi pada frekuensi 2211 MHz menghasilkan *beamwidth*

sebesar 1° . Sementara pada frekuensi 2237 MHz *beamwidth* yang dihasilkan adalah sebesar $0,9^{\circ}$.



Gambar 4-4: Pola radiasi dan pola error horizontal LCP frekuensi 2237 MHz

Pada keempat gambar pola radiasi di atas, terdapat grafik garis putus-putus yang merupakan hasil pengukuran pola

error. Pola error adalah kebalikan dari pola radiasi sehingga semakin tinggi kuat sinyal maka kuat sinyal error akan

semakin rendah. Sehingga nampak pada keempat gambar di atas bahwa pada titik maksimum sinyal pola radiasi diperoleh kuat sinyal error yang paling minimum.

Seperti pada Gambar 3-4 pada posisi $33,4^{\circ}$ error yang terjadi cukup besar dikarenakan pattern radiasi yang terbentuk. Sehingga pola error yang terjadi seperti keempat gambar di atas merupakan bagian dari pola radiasi yang terjadi. Juga hal yang sama berlaku untuk posisi $31,5^{\circ}$ dan $36,5^{\circ}$ di mana pola error yang terjadi sangat kecil. Idealnya pola error yang terjadi semestinya berbanding terbalik dengan pola radiasi yang terjadi.

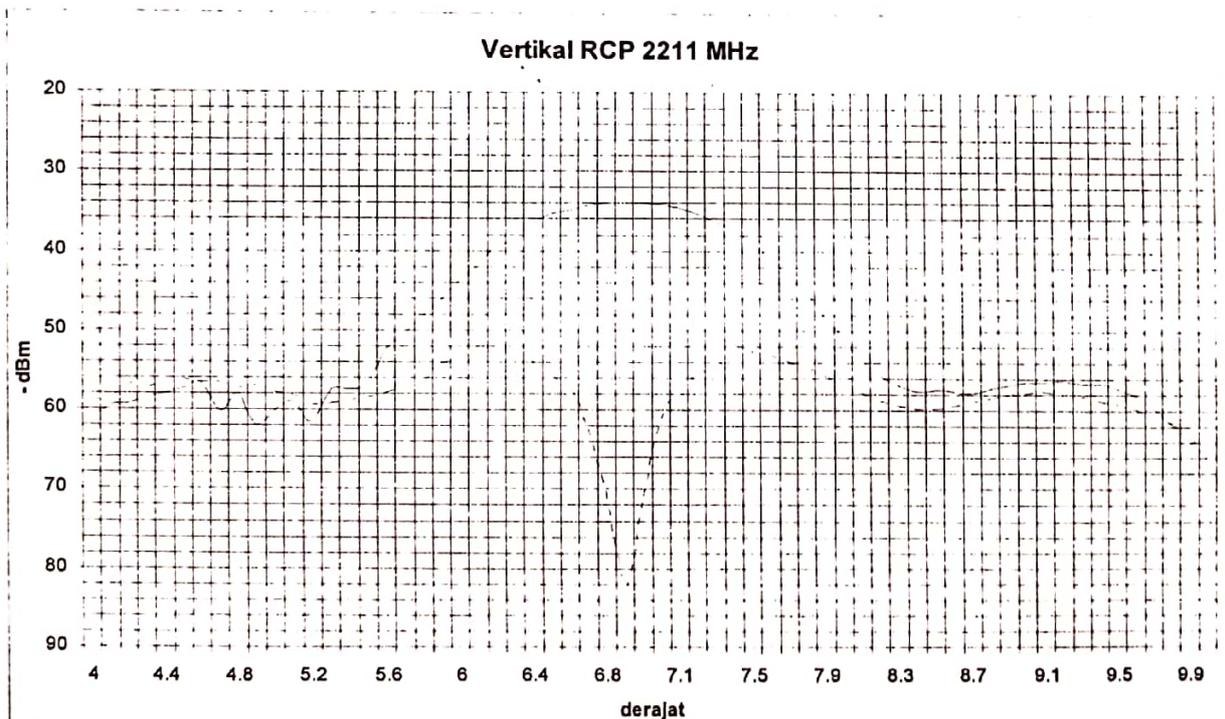
Pola error ini sangat penting terutama untuk membimbing fungsi algoritma *auto track* pada penggerak (*servo*) di mana algoritma *auto track* akan terus menerus membimbing antena berada pada posisi sinyal error yang paling minimum sehingga

penerimaan sinyal akan tetap berada pada kuat maksimum.

Jika diperhatikan pada pola radiasi yang terjadi terlihat bahwa *side lobe* tidak nampak menonjol. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh timbulnya gangguan pada pantulan tanah (*ground reflect*). Gangguan tersebut nampak dengan diperolehnya *side lobe* yang umumnya bergerigi.

3.2 Pola Radiasi Vertikal Polarisasi RCP & LCP

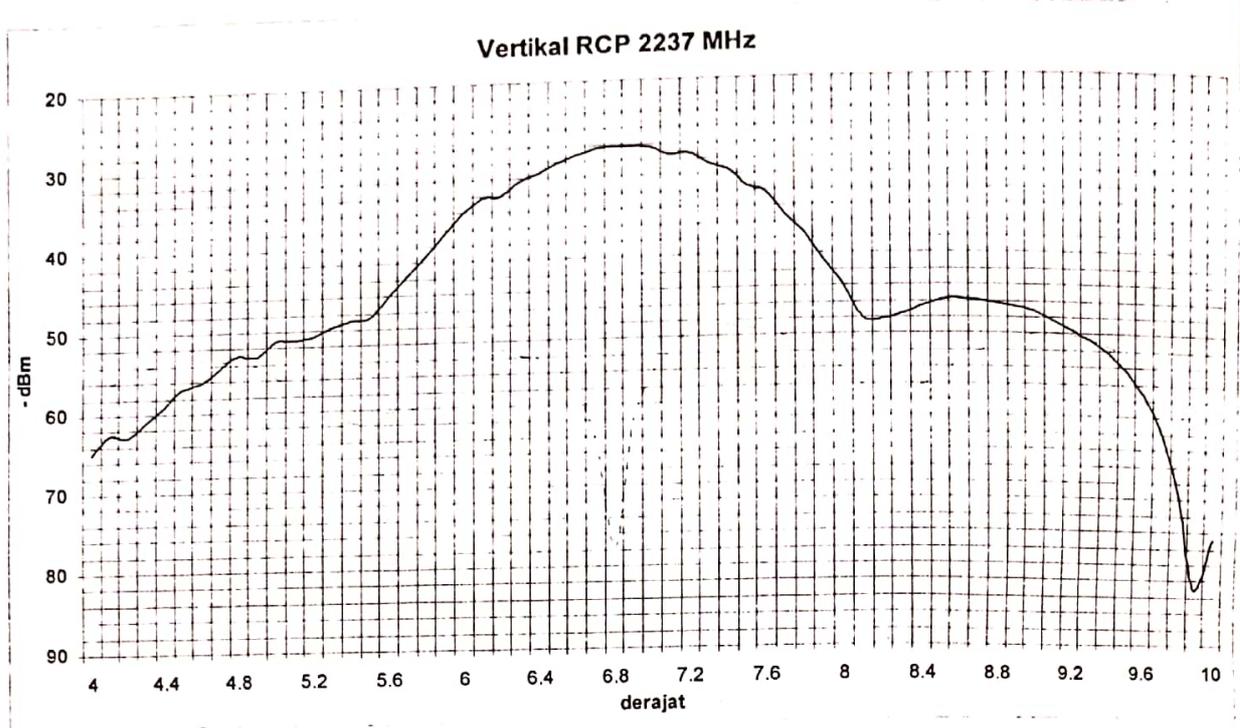
Hasil pengukuran pola radiasi dan pola error yang terjadi untuk bidang vertikal dengan polarisasi RCP pada frekuensi 2211 MHz nampak pada Gambar 3-5. Pada frekuensi tersebut diperoleh kuat sinyal maksimum adalah $-33,9$ dBm dengan posisi $6,8^{\circ}$. Sedangkan pada frekuensi 2237 MHz kuat sinyal maksimum adalah $-28,2$ dBm pada posisi $6,9^{\circ}$ seperti terlihat pada Gambar 3-6.



Gambar 3-5: Pola radiasi dan pola error vertikal RCP frekuensi 2211 MHz

Kemudian pengukuran *beamwidth* pada kedua frekuensi menggunakan metode yang sama seperti pada bidang horizontal. Untuk frekuensi 2211 MHz

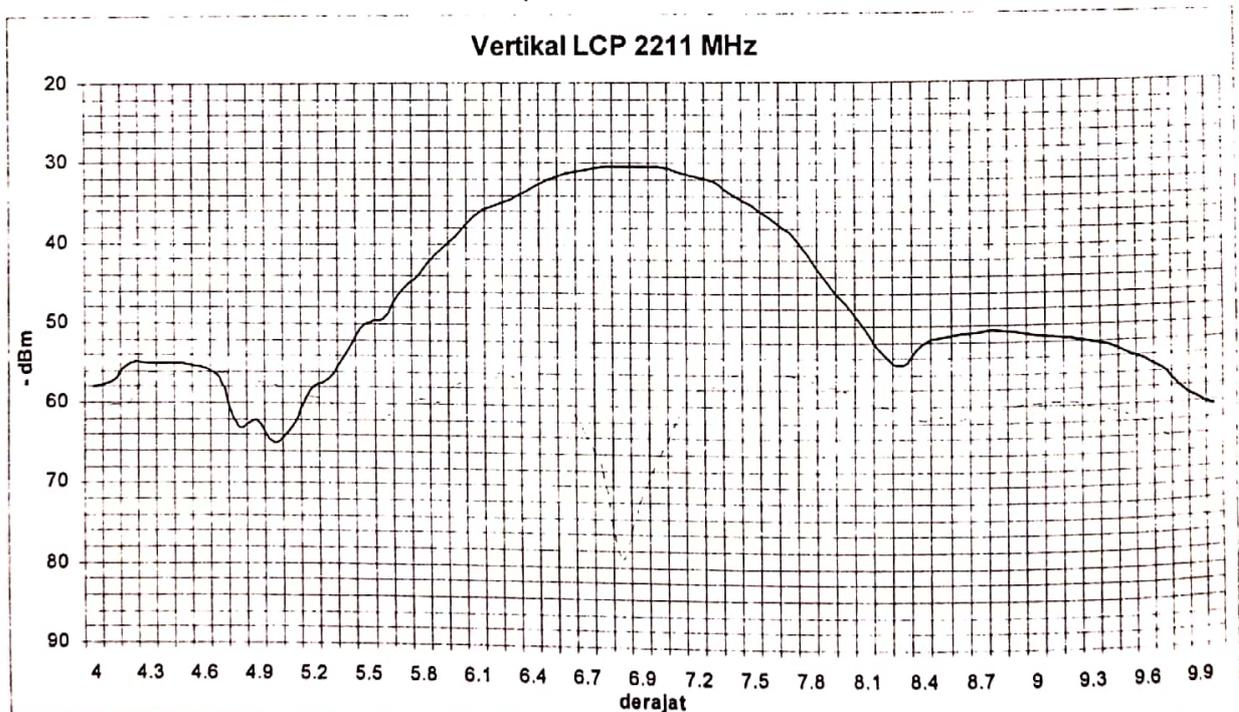
beamwidth yang diperoleh adalah sebesar 1° sedangkan pada frekuensi 2237 MHz juga diperoleh *beamwidth* sebesar 1° .



Gambar 3-6: Pola radiasi dan pola error vertikal RCP frekuensi 2237 MHz

Sementara pola radiasi yang terjadi pada polarisasi LCP frekuensi 2211 MHz nampak pada Gambar 3-7. Sementara pola radiasi pada frekuensi 2237 MHz terlihat pada Gambar 3-8. Kuat sinyal

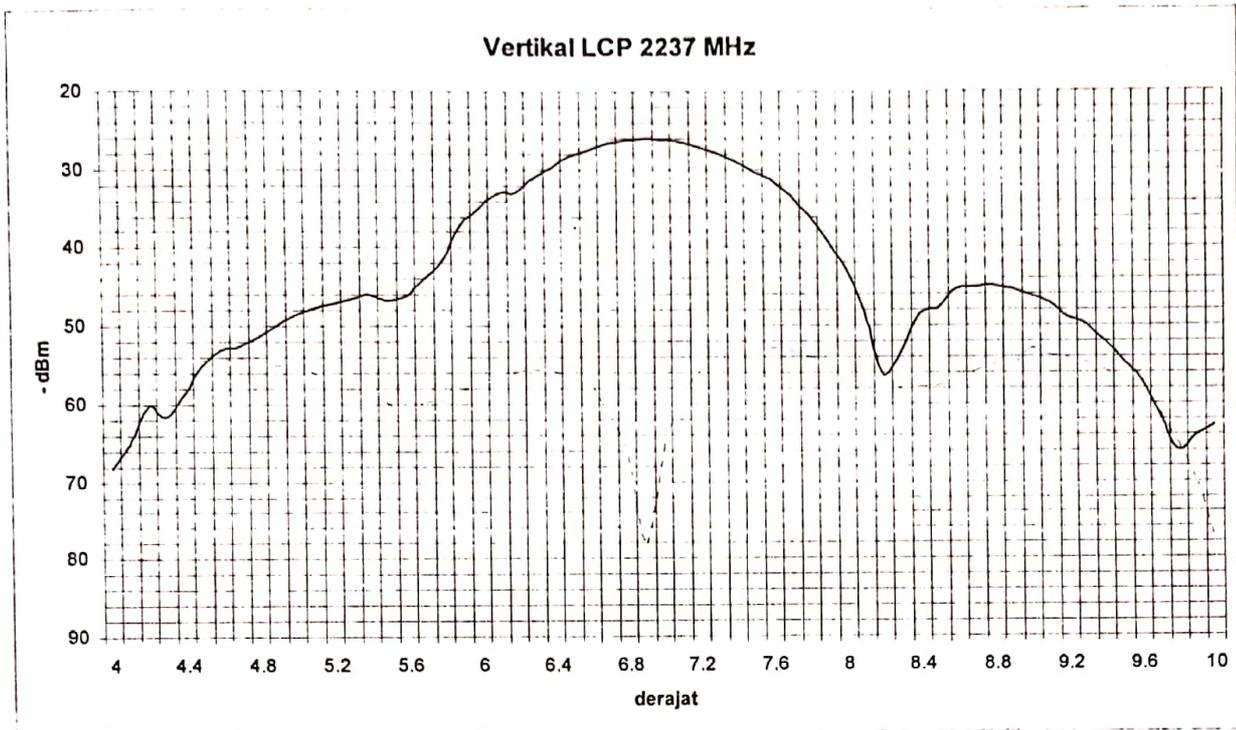
maksimum yang terjadi pada pola radiasi dengan frekuensi 2211 MHz adalah -30.3 dBm dengan posisi 6,85° dan pada frekuensi 2237 MHz adalah -26,1 dBm dengan posisi 6,9°.



Gambar 3-7: Pola radiasi dan pola error vertikal LCP frekuensi 2211 MHz

Pada frekuensi 2211 MHz *beamwidth* yang diperoleh adalah sebesar 0,9°. Sementara pada frekuensi 2237 MHz diperoleh *beamwidth* sebesar 1°. Pada keempat gambar pola radiasi

bidang vertikal diperoleh pula pola error yang terjadi. Pola error yang merupakan kebalikan pola radiasi tersebut terpola sama dengan pola error pada bidang horisontal.



Gambar 3-8: Pola radiasi dan pola error vertikal LCP frekuensi 2237 MHz

Pola radiasi yang terlihat pada bidang vertikal pada keempat gambar di atas memperlihatkan terjadinya pantulan tanah (*ground reflect*) yang cukup jelas. Pada keempat pola radiasi tersebut baik pada polarisasi RCP maupun LCP, terlihat bahwa gangguan terjadi pada posisi 4° hingga berkisar 6° . Hal ini terlihat dari *side lobe* yang terbentuk nampak bergerigi sedangkan pada posisi 8° sampai 10° *side lobe* terpola cukup baik. Hal ini dapat dipahami karena posisi *boresight* yang ditempatkan di tengah bukit dan berada pada posisi vertikal $6,8^{\circ}$ jika dihitung dari posisi antena. Oleh sebab itu sisi bawah bukit memberikan efek pantulan tanah yang cukup kuat sementara karena ketinggian bukit hanya berkisar 8° maka untuk elevasi di atas 8° tidak terjadi lagi pantulan tanah.

Jika dibandingkan secara teori semestinya pola radiasi dan pola error yang terjadi akan terpola cukup baik dan tidak bergerigi. Namun pola yang bergerigi tersebut tidak memberikan efek bagi *tracking* satelit. Hal ini dikarenakan pola error dan pola radiasi yang kurang baik tersebut terjadi pada *side lobe* saja. Di samping itu algoritma sistem servo

stasiun hanya dibatasi pada HPBW (*Half Power Beamwidth*) yang terdapat pada *major lobe*.

4 KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh tersebut di atas memberikan kesimpulan bahwa *beamwidth* antena *cassegrain* dengan diameter 10 meter pada frekuensi S-band yang digunakan pada Stasiun TT&C LAPAN-ISRO Biak, berkisar antara $0,9^{\circ}$ hingga 1° . Hal ini secara teknis telah dapat memenuhi kualifikasi yang diinginkan dalam rancangan awalnya.

Bervariasinya *beamwidth* yang diperoleh disebabkan oleh berbagai faktor. Faktor yang cukup berperan antara lain adalah kemampuan penggerak (*servo*) antena yang dapat melakukan pergeseran minimum sebesar $0,1^{\circ}$, kondisi sistem penerima dan ketelitian alat ukur, efek pantulan tanah yang terjadi dan kesalahan dalam bacaan kuat sinyal.

Hasil yang lebih teliti dapat dilakukan dengan menggunakan sumber (*boresight*) yang diletakkan pada posisi sedemikian sehingga efek pantulan tanah dapat diminimalkan, sehingga

beamwidth yang diperoleh akan lebih akurat dan seluruh *minor lobe* dapat terpola dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

Balanis, Constantine A., 1982. *Antenna Theory; analysis and design*, John Wiley & sons Inc, Canada
Gagliardi, M., Robert, 1987. *Satellite Communication*, CBS Publishers & Distributors, New Delhi

Mohane, Radja; Rao, Srinivasa; Hasbi, Wahyudi., 2002. *Test & Evaluations Report of TTC Station LAPAN-ISRO Biak*

Schoenbeck, Robert, 2002. *Electronic Communications Modulation and Transmission*, Prentice Hall of India, New Delhi

Sinha, Umesh, 1992. *Antenna and Wave Propagation*, Satya Prakashan, New Delhi.