

Perancangan dan pengukuran antena

A. Adya Pramudita & B. Syihabuddin

Catatan Ajar 5, TTH3G3 - Antena dan Propagasi

S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2020

Tujuan pembelajaran

- Peserta mampu mendesain antenna untuk keperluan komunikasi tertentu dengan prosedur yang sistematis. Menguasai penggunaan tools komputasi numerik untuk antenna.
- Peserta mampu menganalisis kinerja antenna dari data pengukuran antenna yang telah dilakukan.

Prosedur perancangan
antena

Tools komputasi
numerik simulasi antenna

Teknik pengukuran
antena

Pokok
bahasan

Prosedur perancangan antena

Analisis dan perancangan antenna

Analisis : Mengamati lebih detail karakteristik antenna.

Perancangan : Mewujudkan sistem/antenna yang diharapkan

Metode Analitik hanya dapat diterapkan untuk antenna sederhana.

Metode Analitik

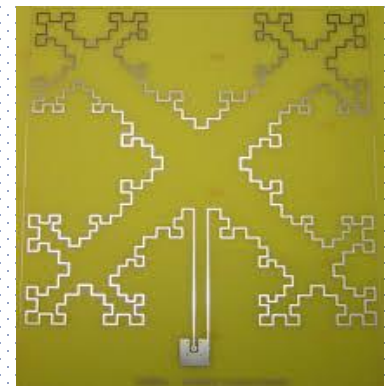


Bentuk sederhana

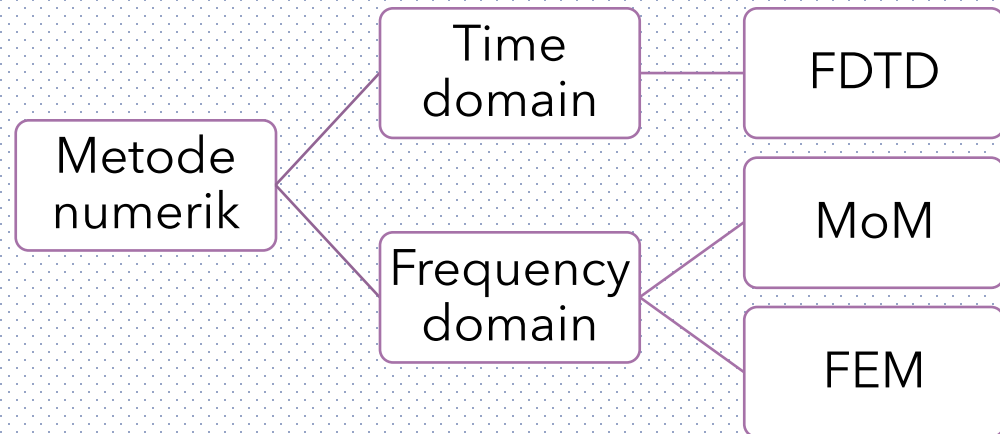
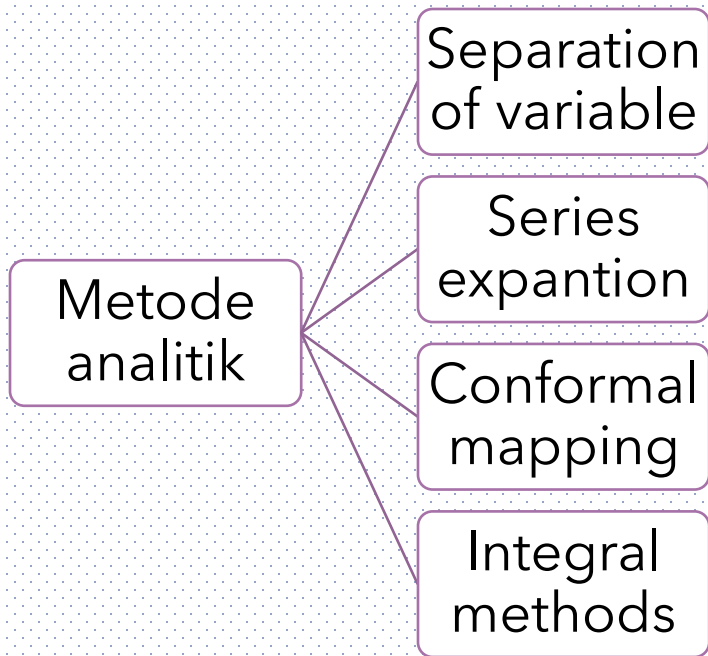
Perkembangan Perangkat Komputasi

Memungkinkan untuk bentuk yang kompleks dan optimasi desain

Metode Numerik



Metode analisis antenna



Metode analisis antena

Persamaan Maxwell menjadi suatu metode untuk mendiskripsikan suatu permasalahan EM

Domain analisis

Time domain

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \epsilon \mathbf{E}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mu \mathbf{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

Freq. domain

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + j\omega \epsilon \mathbf{E}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -j\omega \mu \mathbf{H}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

Bentuk persamaan

Bentuk diferensial

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \mu \mathbf{H}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \epsilon \mathbf{E}}{\partial t}$$

bentuk Integral

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q$$

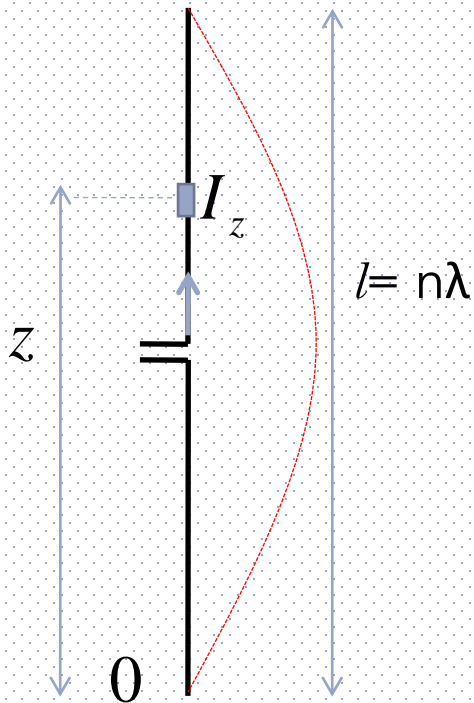
$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\int_S \frac{\partial \mu \mathbf{H}}{\partial t} \cdot d\vec{s}$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = \int_S \left(\vec{J} + \frac{\partial \epsilon \mathbf{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{s}$$

Analisis antenna

Analisis antena dipol



$\bar{J}(x', y', z')$ Distribusi Arus

Vektor potensial

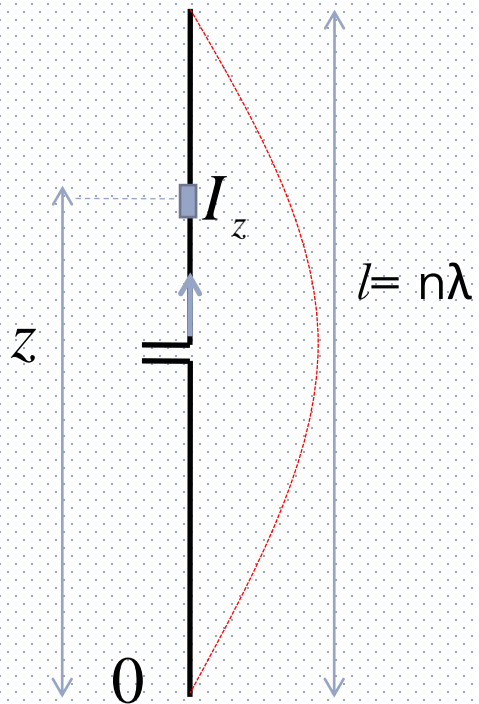
$$\bar{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int \bar{J}(x', y', z') \frac{e^{-j\beta r}}{r} dl$$

$$\bar{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \bar{A} \quad \text{Hitung medan Magnet}$$

$$\bar{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} (\nabla \times \bar{H}) \quad \text{Hitung medan Listrik}$$

Analisis antenna

Analisis antena dipol

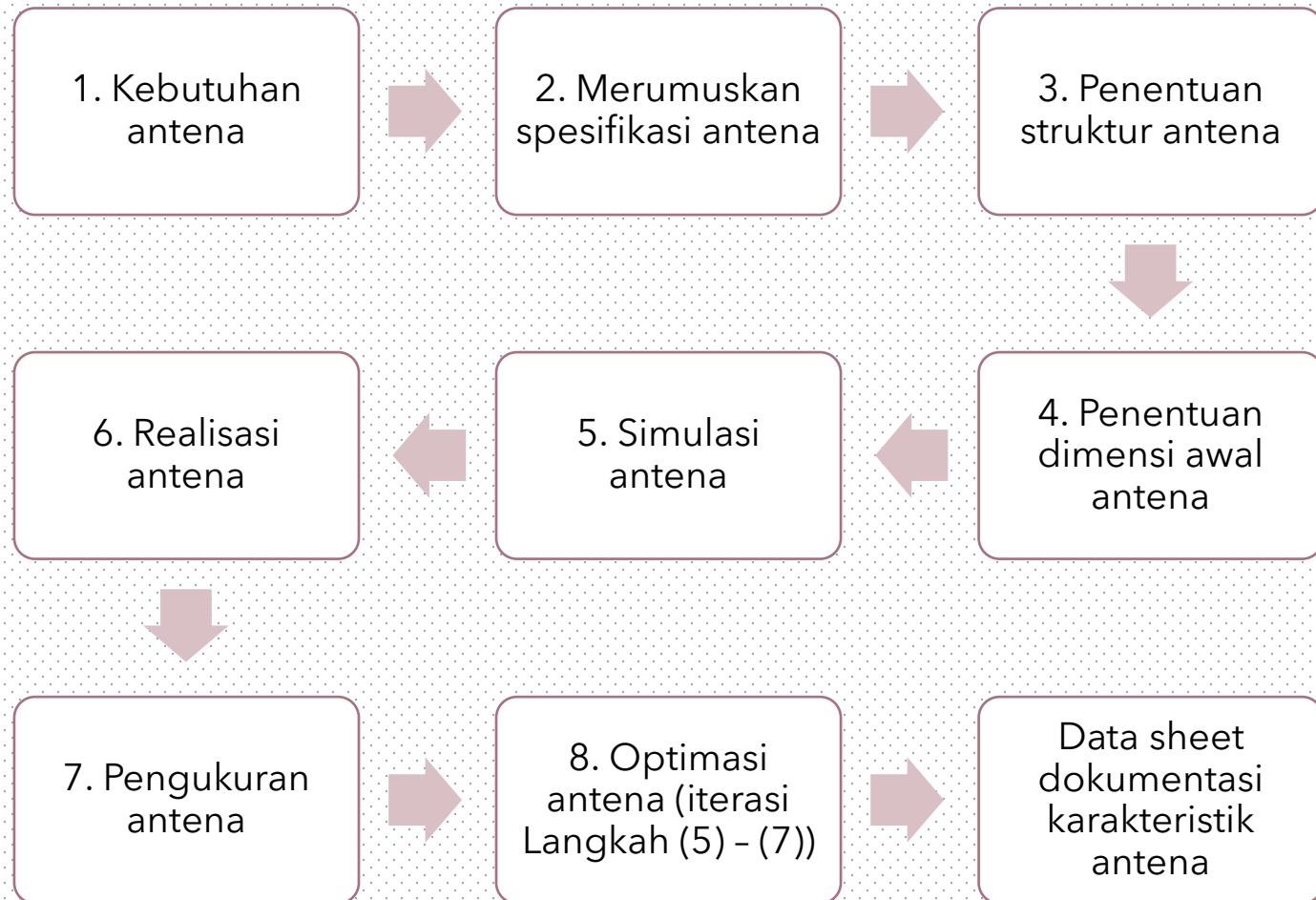


$$W = \oint \bar{P} \cdot d\mathbf{s}, P = \frac{1}{2} \bar{E} \times \bar{H} \quad \text{Daya yang dipancarkan}$$

Hitung Z antena

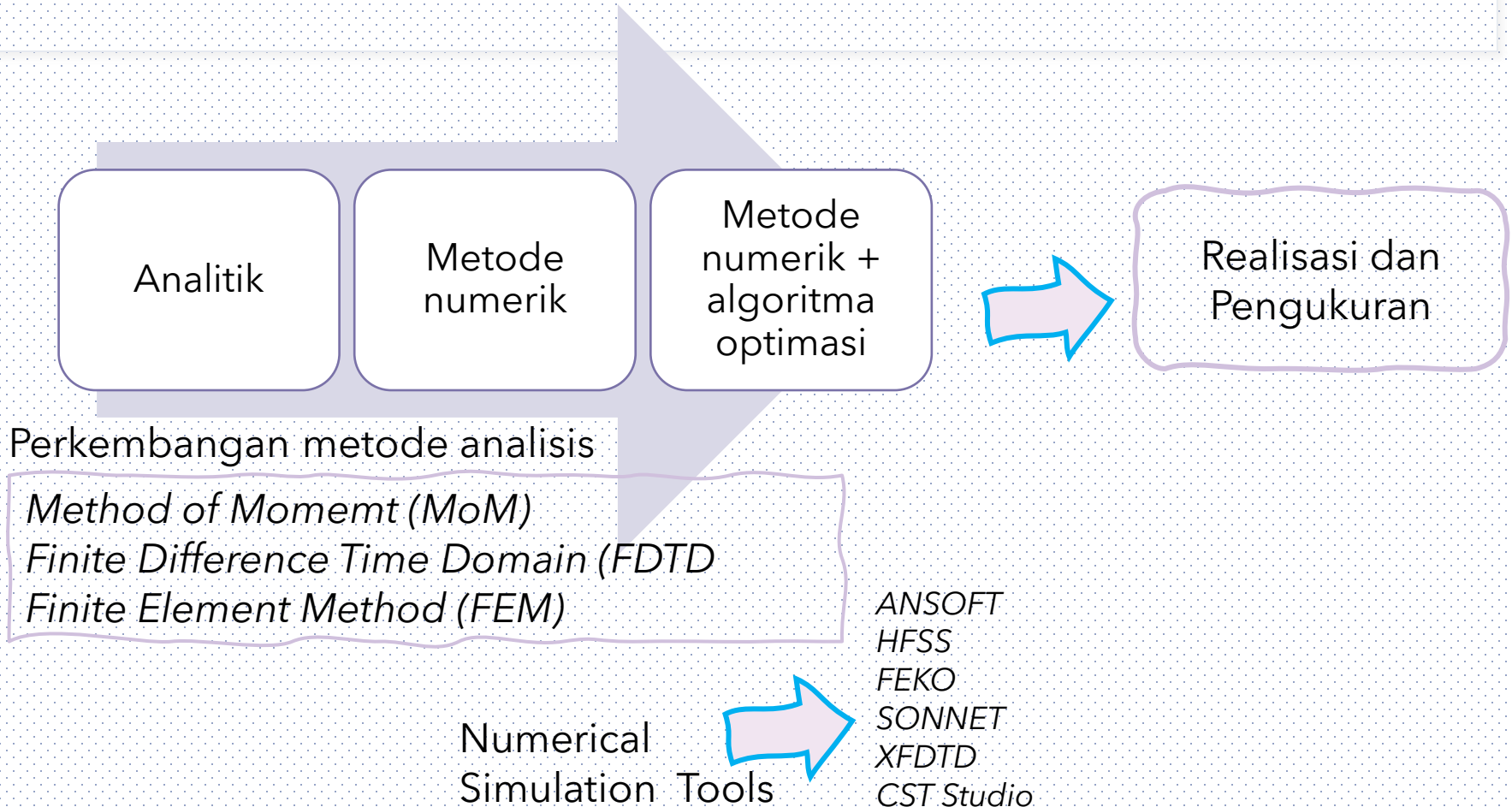
Hitung VSWR

Desain antenna



Tools komputasi numerik simulasi antena

Metode numerik untuk EM

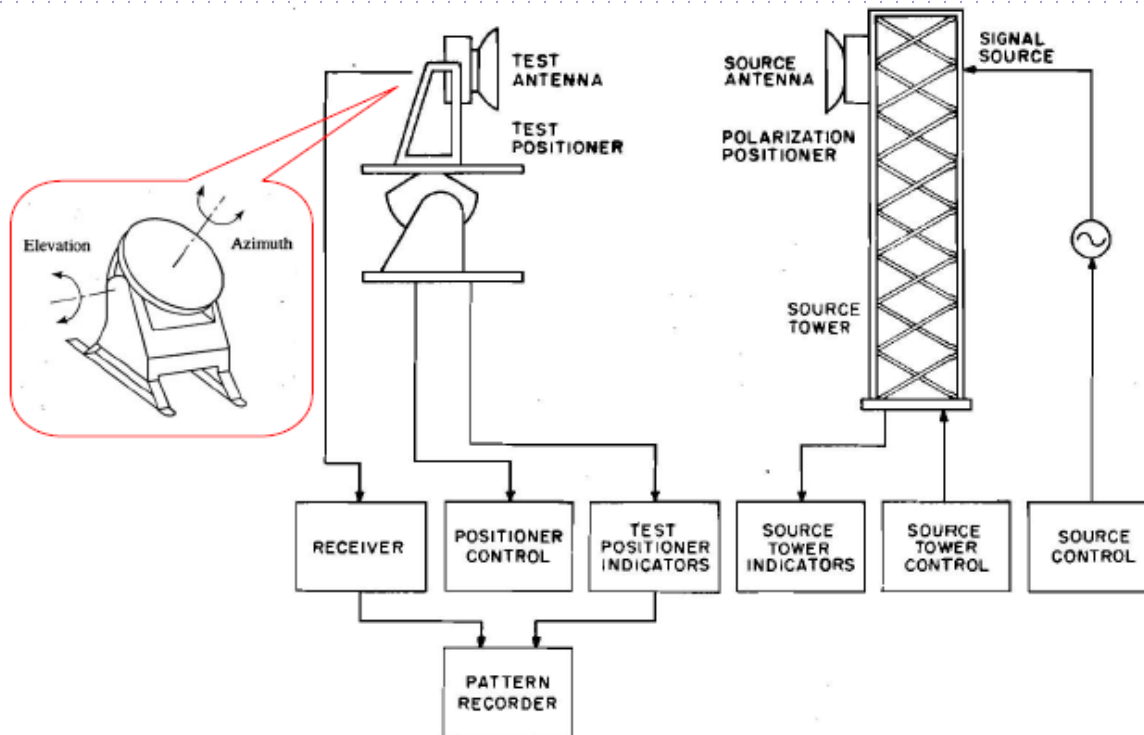


Teknik pengukuran antena

Pengukuran parameter antenna

1. Pengukuran pola radiasi antenna
2. Pengukuran polarisasi antenna
3. Pengukuran gain antenna
4. Pengukuran VSWR, return loss dan impedansi input antenna

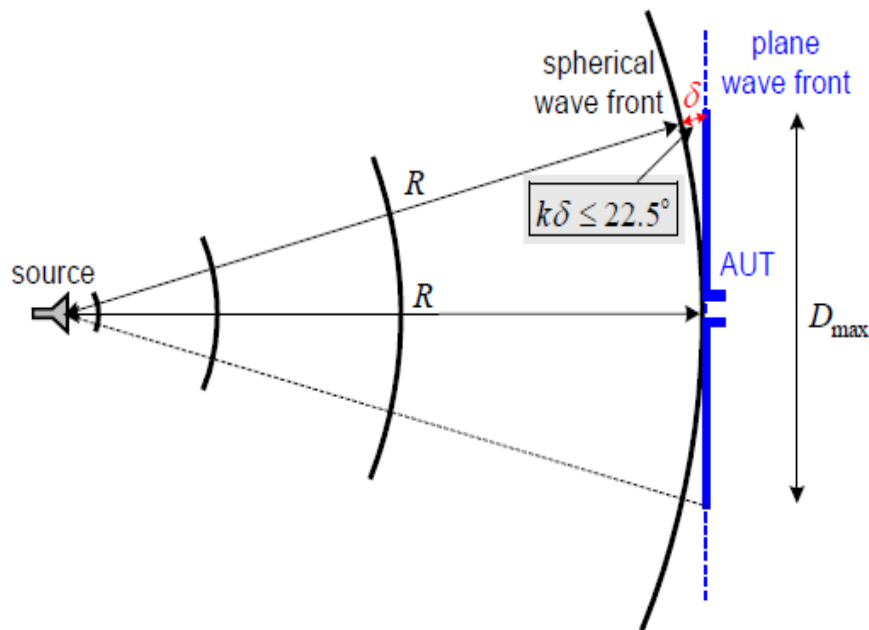
Konfigurasi pengukuran



Konfigurasi pengukuran di samping digunakan untuk mengukur (1) pola radiasi, (2) polarisasi dan (3) gain antenna, dengan jarak yang perlu disesuaikan.

Jarak pengukuran minimum

Jarak pengukuran minimum antara antenna under test (AUT) dengan antenna pemancar, berkaitan dengan frekuensi dan dimensi antenna terbesar diantara keduanya.



$$k\delta < \pi/8$$

$$(R + \delta)^2 = R^2 + \frac{D_{\max}^2}{4}$$

$$\delta = \sqrt{R^2 + \frac{D_{\max}^2}{4}} - R$$

$$\delta = R \left[\sqrt{1 + \left(\frac{D_{\max}}{2R} \right)^2} - 1 \right] \approx R \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{D_{\max}}{2R} \right)^2 - 1 \right] = \frac{D_{\max}^2}{4R}$$

$$k \frac{D_{\max}^2}{4R} = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{D_{\max}^2}{4R} \leq \frac{\pi}{8}$$

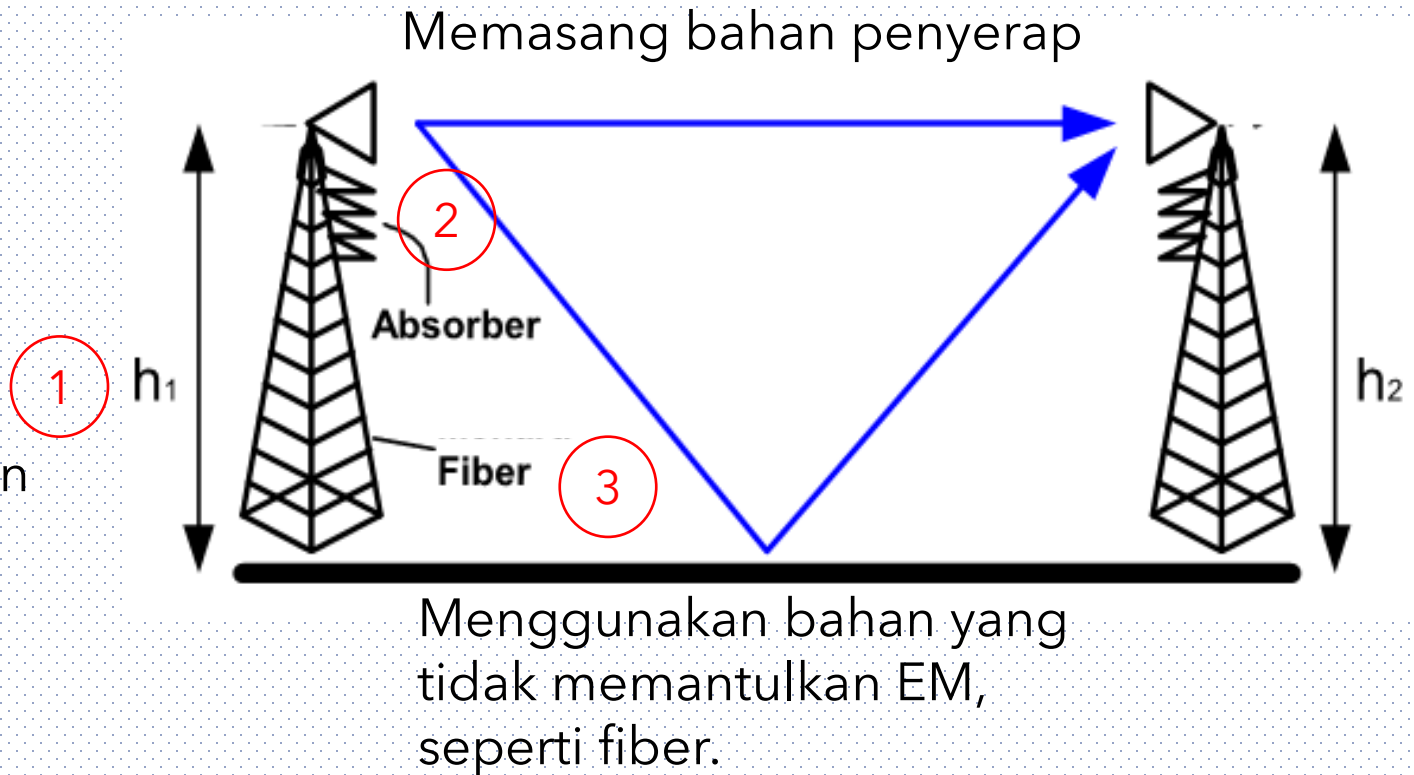
$$R \geq \frac{2D_{\max}^2}{\lambda}$$

Faktor yang mempengaruhi data pengukuran

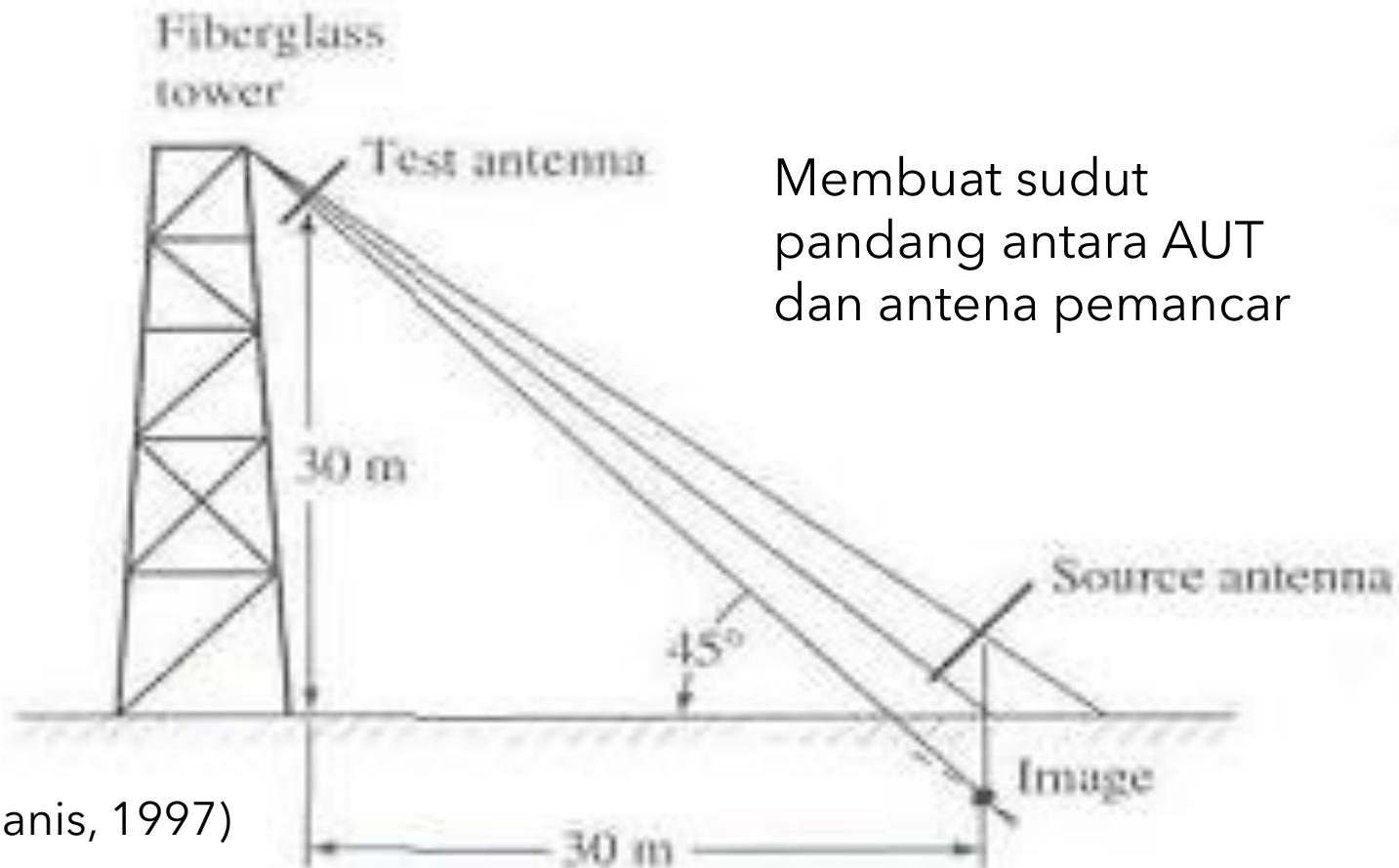
1. Pengaruh pantulan dari objek sekitar daerah/ruang pengukuran
2. Pengukuran yang ideal biasanya membutuhkan ruang yang besar
3. Jika mengukur parameter antenna di luar ruangan, maka terdapat interferensi EM.

Metode untuk mengurangi pantulan

Meninggikan antena AUT dan antena pemancar

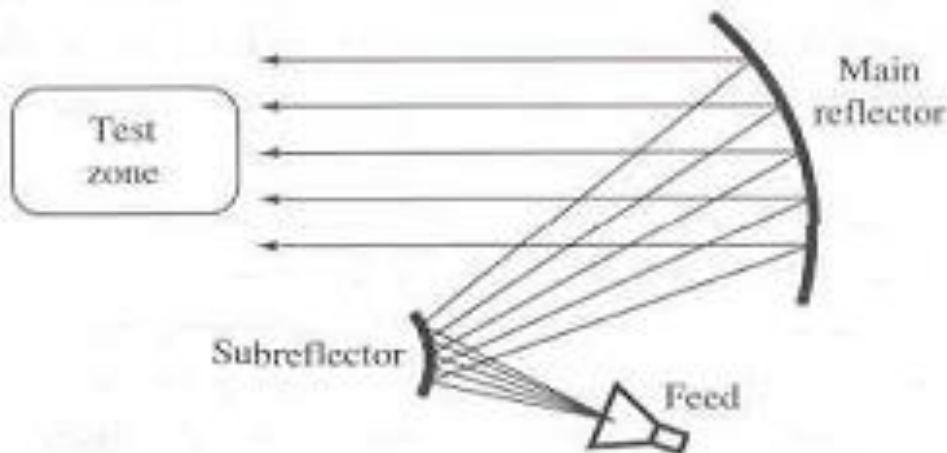
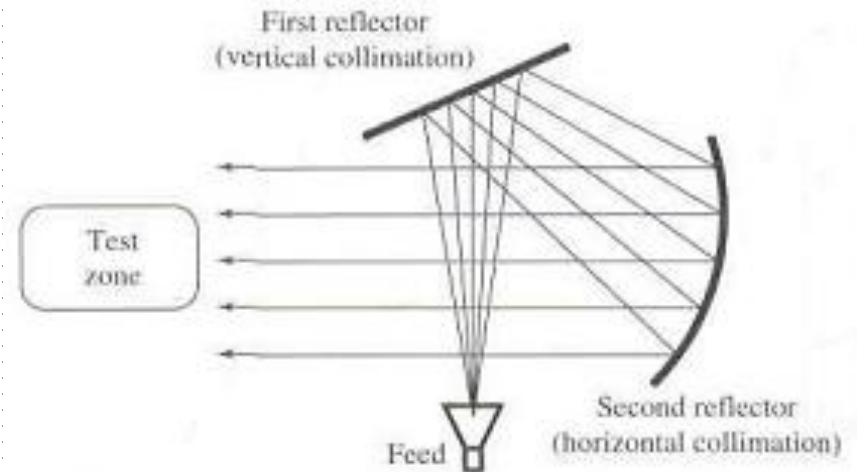


Metode untuk mengurangi pantulan



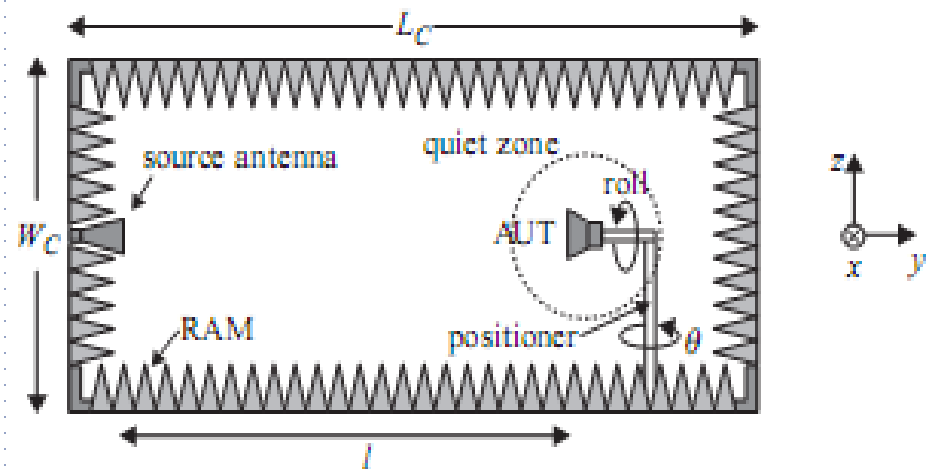
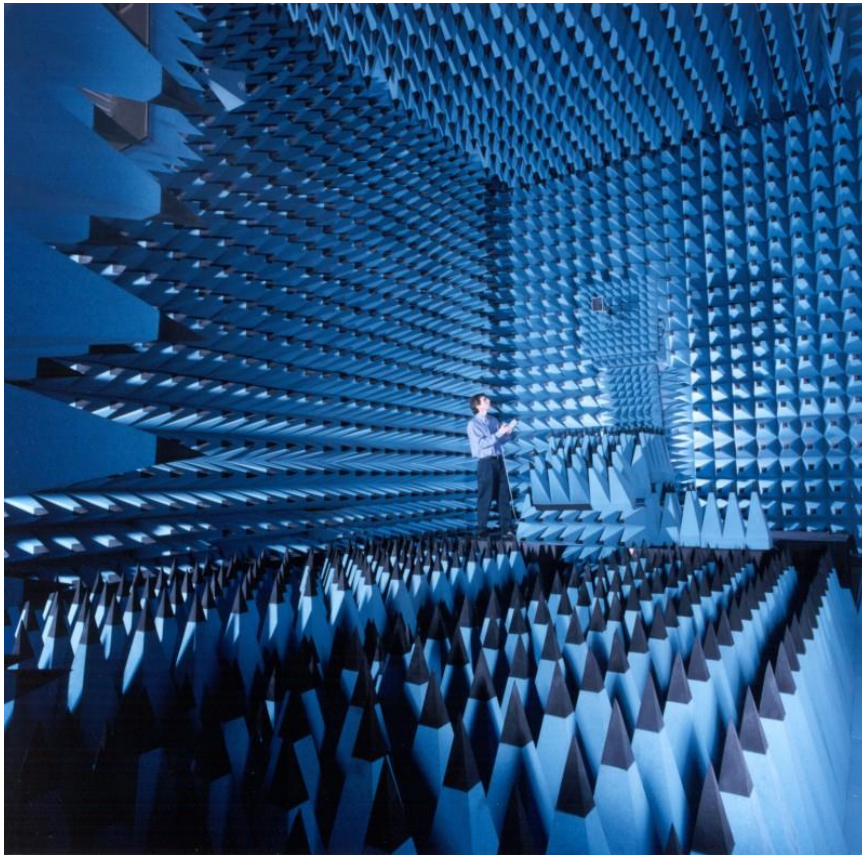
(Balanis, 1997)

Metode untuk mengurangi pantulan



(Balanis, 1997)

Metode untuk mengurangi pantulan

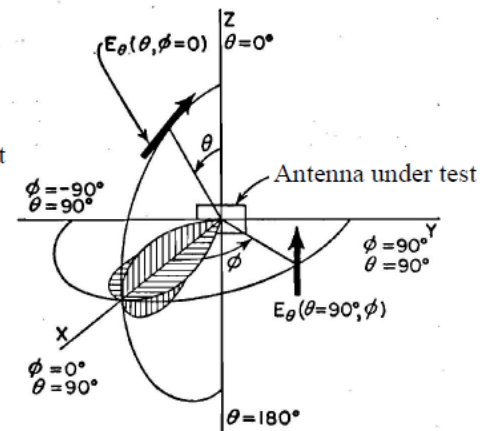
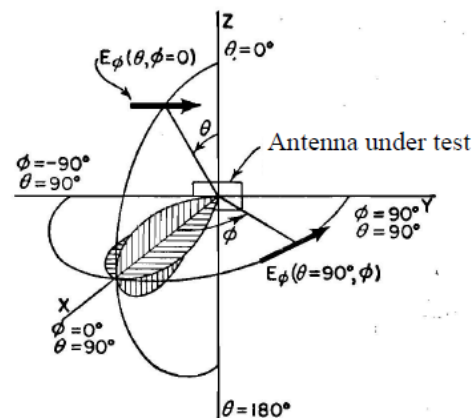
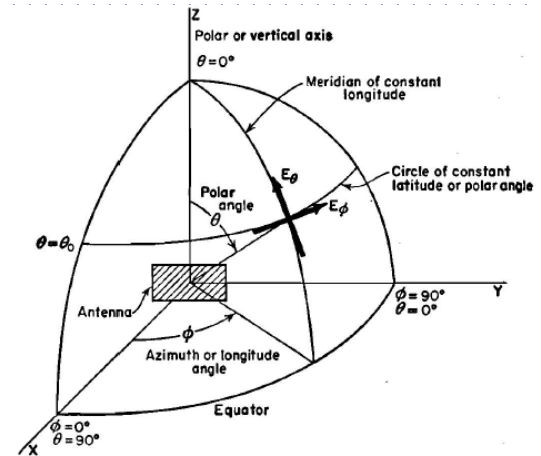
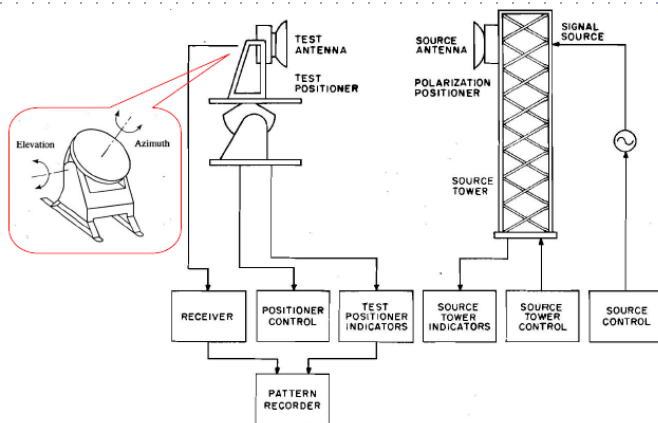


(Huang. Y, 2008)

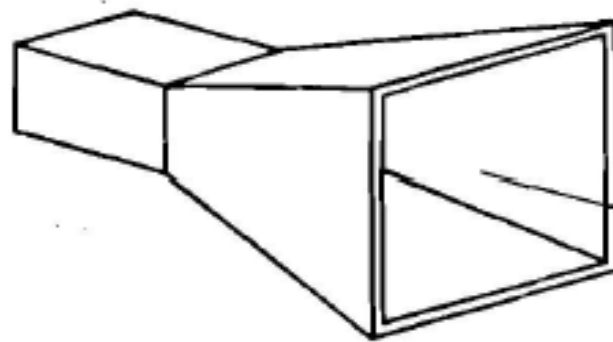
Ruang tanpa gema
(Anechoic Chamber)

Pengukuran pola radiasi

Pengukuran pola radiasi dilakukan dengan memutar AUT pada arah Azimuth dan Elevasi. Sehingga walaupun pola radiasi antenna berbentuk 3D, dapat didekati dengan pengukuran pola radiasi 2D.



Pengukuran polarisasi



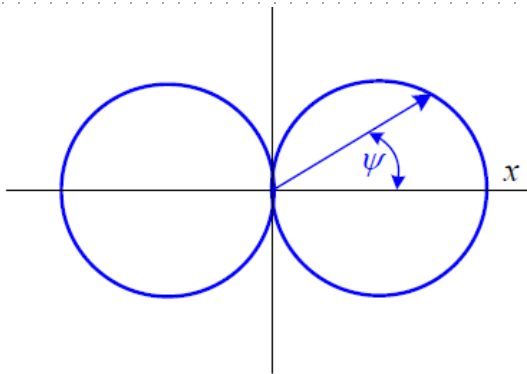
Test antenna
(transmitting)

Antena referensi harus memiliki polarisasi linear

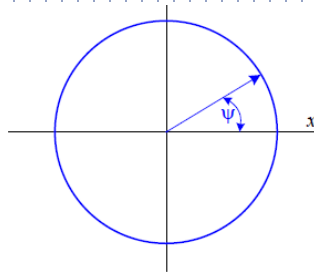


Receiving dipole antenna
(receiving)

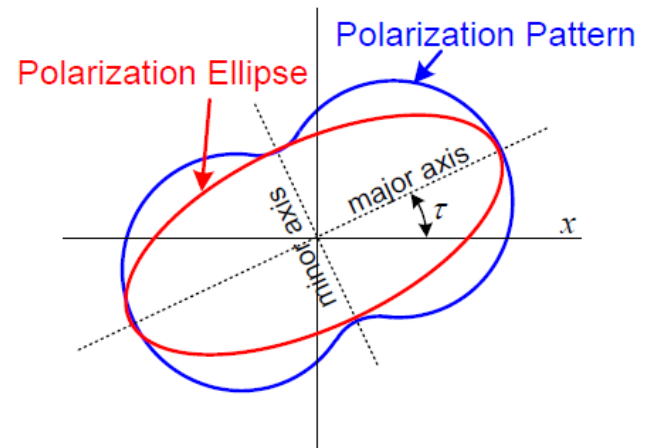
Pengukuran polarisasi



Polarisasi linear



Polarisasi sirkular



Polarisasi eliptik

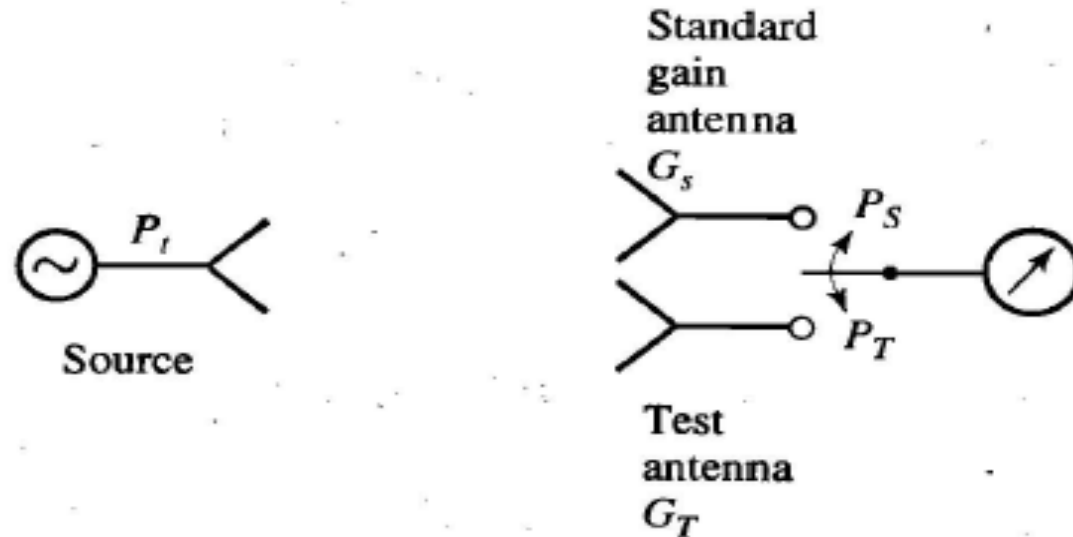
Pengukuran gain antenna

Metode pengukuran gain antenna dapat menggunakan beberapa cara, diantaranya

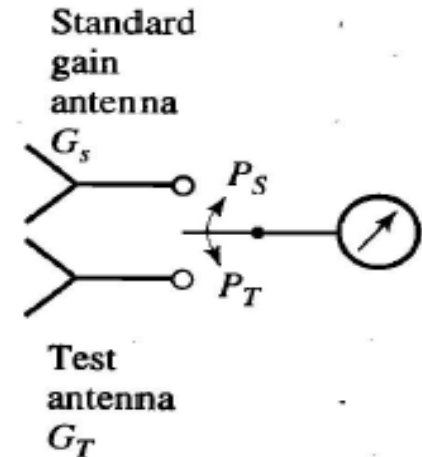
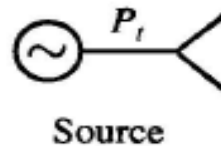
1. Metode perbandingan
2. Metode dua antenna
3. Metode tiga antenna

Metode perbandingan

Pengukuran gain antenna dapat menggunakan **metode perbandingan**, yaitu membandingkan antenna yang akan dites (AUT) dengan antenna yang telah diketahui gain antenna pada kondisi yang sama.



Metode perbandingan



$$G_T = \frac{P_T (1 - |\Gamma_s|^2)}{P_s (1 - |\Gamma_T|^2)} G_s$$

$$(G_T) \text{ dB} = (G_s) \text{ dB} + 10 \log_{10} \left(\frac{P_T}{P_s} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{1 - |\Gamma_T|^2}{1 - |\Gamma_s|^2} \right)$$

G_T = gain of the test antenna

G_s = gain of the standard gain antenna

P_T = power received by the test antenna

P_s = power received by the standard gain antenna

Γ_T = reflection coefficient of the test antenna

Γ_s = reflection coefficient of the standard gain antenna

Metode dua antenna

Metode dua antenna menggunakan konsep dasar transmisi Friis dengan **dua antenna antenna AUT yang identik.**

$$\frac{P_r}{P_t} = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 G_t G_r, \text{ where } G_t = G_r = G,$$

$$G_{\text{dB}} = \frac{1}{2} \left[20 \log_{10} \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \right].$$

Metode tiga antenna

Metode tiga antenna dapat menggunakan tiga antenna yang tidak identic dengan mengukur 3 kombinasi Tx-Rx antar antenna.

Antena#1 ke Antena#2

$$G_1 + G_2 = \left[20\log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log \frac{W_{R2}}{W_{T1}} \right]$$

Antena#1 ke Antena#3

$$G_1 + G_3 = \left[20\log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log \frac{W_{R3}}{W_{T1}} \right]$$

Antena#2 ke Antena#3

$$G_2 + G_3 = \left[20\log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10\log \frac{W_{R3}}{W_{T2}} \right]$$

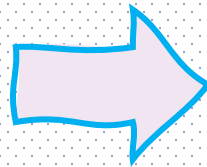
Metode tiga antenna

Metode tiga antenna dapat menggunakan tiga antenna yang tidak identic dengan mengukur 3 kombinasi Tx-Rx antar antenna.

$$G_1 + G_2 = A_{\text{(dBi)}}$$

$$G_1 + G_3 = B_{\text{(dBi)}}$$

$$G_2 + G_3 = C_{\text{(dBi)}}$$



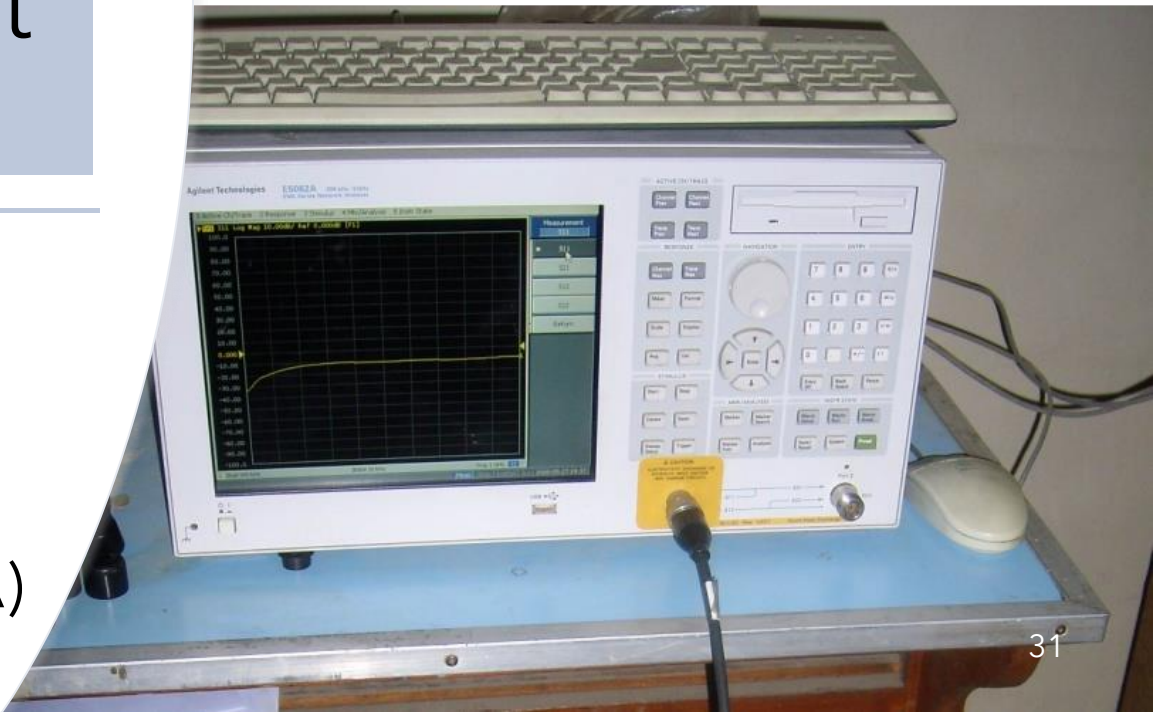
$$G_1 = \frac{A + B - C}{2} \text{(dBi)}$$

$$G_2 = \frac{A - B + C}{2} \text{(dBi)}$$

$$G_3 = \frac{-A + B + C}{2} \text{(dBi)}$$

Pengukuran
VSWR, return
loss dan
impedansi input
antena

Pengukuran ketiga
parameter antenna
tersebut dapat
menggunakan Vector
Network Analyzer (VNA)



Pengukuran VSWR, return loss dan impedansi input antenna

Koefisien pantul dapat dicari dengan persamaan,

$$\rho = \frac{Z_A - Z_0}{Z_A + Z_0}$$



$$VSWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Dan didapatkan nilai VSWR

Pengukuran VSWR, return loss dan impedansi input antenna

Scattering Parameters (S-parameter)

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$



Figure 7.1 A two-port network

S_{11} = Port 1 reflection coefficient = b_1/a_1 ;

S_{12} = Port 2 to Port 1 transmission coefficient/gain = b_1/a_2 ;

S_{21} = Port 1 to Port 2 transmission coefficient/gain = b_2/a_1 ;

S_{22} = Port 2 reflection coefficient = b_2/a_2 . (Huang. Y, 2008)

Terima kasih