

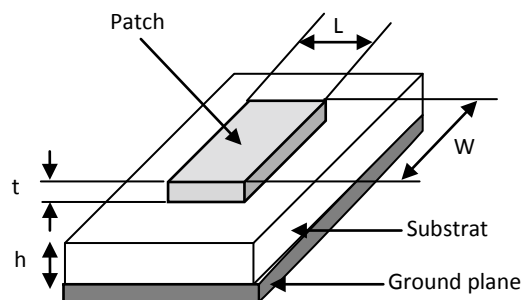
### II.3. Teori Pendukung

Antena adalah suatu alat yang mengubah gelombang terbimbing dari saluran transmisi menjadi gelombang bebas di udara dan sebaliknya. Pada sistem komunikasi radio diperlukan adanya antena sebagai pelepas energi elektromagnetik ke udara atau ruang bebas, atau sebaliknya sebagai penerima energi itu dari ruang bebas[8].

Dapat juga dikatakan bahwa antena merupakan struktur transisi antara ruang bebas dan alat terbimbing. Alat pembimbing atau saluran transmisi dapat berupa saluran koaksial ataupun pipa yang digunakan sebagai alat transportasi energi elektromagnetik dari sumber transmisi ke antena atau dari antena ke penerima.

#### II.3.1. Antena Mikrostrip [14]

Berdasarkan asal katanya, mikrostrip terdiri atas dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis antena yang mempunyai bentuk seperti bilah/potongan yang mempunyai ukuran sangat tipis/kecil. Gambar 2.1 menunjukkan struktur dari sebuah antena mikrostrip. Secara umum, antena mikrostrip terdiri atas 3 bagian, yaitu *patch*, *substrat*, dan *ground plane*. *Patch* terletak di atas *substrat*, sementara *ground plane* terletak pada bagian paling bawah.



Gambar II.1 Struktur Antena Mikrostrip

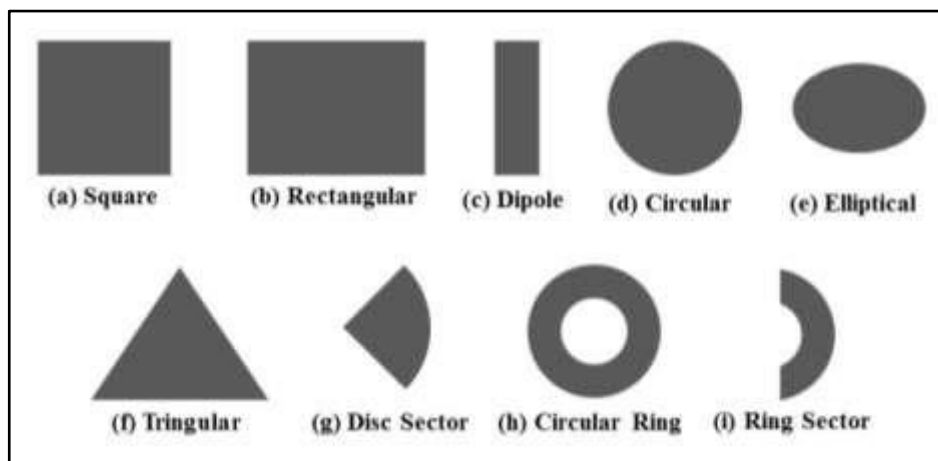
Karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan dengan perangkat telekomunikasi lain yang berukuran kecil, akan tetapi antena mikrostrip juga memiliki beberapa

kekurangan yaitu: *bandwidth* yang sempit, *gain* dan *directivity* yang kecil, serta efisiensi yang rendah [8].

Berdasarkan asal katanya mikrostrip terdiri dari dua kata, yaitu *micro* (sangat kecil/tipis) dan *strip* (bilah/potongan). Antena mikrostrip secara umum terbagi menjadi tiga bagian yaitu:

a. *Patch*

Pada umumnya patch terbuat dari bahan konduktor seperti tembaga atau emas yang mempunyai bentuk bermacam-macam. Bentuk *patch* ini bisa bermacam-macam, lingkaran, persegi, persegi panjang, segitiga, ataupun *annular ring*. *Patch* ini berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara. *Patch* dan saluran pencatu biasanya terletak diatas substrat. Tebal patch dibuat sangat tipis ( $t \ll \lambda_0$ ;  $t$  = ketebalan *patch*).



Gambar II. 2. Macam – Macam Bentuk *Patch*

b. Substrat dielektrik

Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik. Substrat biasanya mempunyai tinggi ( $h$ ) antara  $0,002\lambda_0 - 0,005\lambda_0$ . Berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik substrat sangat berpengaruh pada besar parameter-parameter antena. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik terhadap parameter antena adalah pada *bandwidth*. Penambahan ketebalan substrat akan memperbesar *bandwidth*.

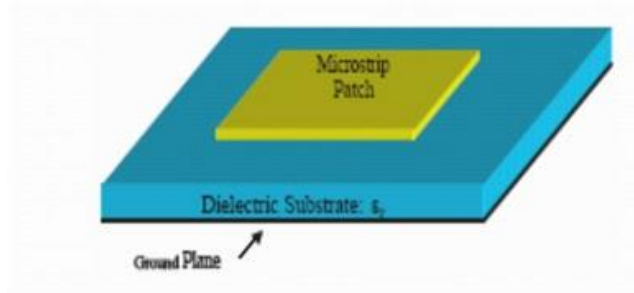
Adapun jenis-jenis substrat sebagai berikut :

$\epsilon_r$	Bahan	Supplier
1.0	<i>Aeroweb (honeycomb)</i>	<i>Ciba Geigy, Bonded Structures Div., Duxford, Cambridge, CB2 4QD</i>
2.1	RT Duroid 5880 ( <i>microfiber Teflon glass laminate</i> )	Rogers Corp
2.32	Polyguide 165 ( <i>polyolefin</i> )	Electronized Chemical Corp., Burlington, MA 01803, USA
2.62	Rexolite 200 ( <i>cross-linked styrene copolymer</i> )	Atlantic Laminates
3.75	Quartz ( <i>fused silica</i> )	A & D Lee Co. Ltd., Unit 19, Marlissa Drive, Midland Oak Trading Estate, Lythalls Lane, Coventry, U
6.0	RT Duroid 6006 (ceramic- loaded PTFE)	Rogers corp.,
9.9	Alumina	Omni Spectra Inc, 24600 Hallwood Ct. Farmington, Michigan, 48024, US Omni Spectra, 50 Milford Road, Reading, Berks, RG1 8LJ, UK)
10.2	RT Duroid 6010 ( <i>ceramic-loaded PTFE</i> )	Rogers Corp.,

Tabel II.1 Jenis-jenis Substrat

c. *Ground Plane*

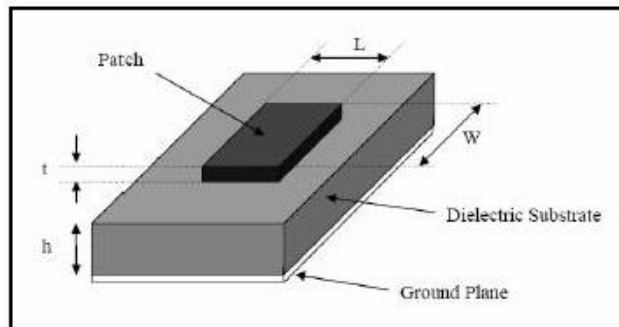
*Ground plane* bisa terbuat dari bahan konduktor. Ukurannya selebar dan sepanjang substrat. Fungsi ground plane adalah sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik contohnya adalah tembaga. Bahan konduktor yang digunakan tidak terlalu tipis dan tidak terlalu tebal karena mempersulit dalam fabrikasinya.



Gambar II.3 Bentuk umum antenna mikrostrip

### II.3.2. Antena Mikrostrip *Patch* Persegi

Pada proyek tugas akhir ini *patch* yang digunakan adalah antena mikrostrip dengan *patch* Persegi panjang. Konfigurasi peradiasi persegi panjang (*rectangular patch*) terdiri dari parameter lebar ( $W$ ) dan parameter panjang ( $L$ ) seperti pada gambar 2.4.1:



Gambar 2.3 Antena *microstrip* persegi panjang

Berikut merupakan formula yang digunakan untuk merancang antena mikrostrip persegi panjang :

Frekuensi resonansi sebuah antena merupakan frekuensi kerja antena dimana pada frekuensi tersebut seluruh daya dipancarkan secara maksimal. Pada umumnya frekuensi resonansi menjadi acuan frekuensi kerja antena.

Frekuensi Resonansi dirumuskan dengan :

$$f_{mn} = \frac{c}{2\sqrt{\epsilon_e}} \left[ \left( \frac{m}{L_{eff}} \right)^2 + \left( \frac{n}{W} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Lebar elemen peradiasi :

$$W = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}}$$

Dimana  $c$  adalah kecepatan cahaya di ruang bebas sebesar  $3 \times 10^8$  m/s ,  $f_0$  adalah frekuensi kerja dari antenna , dan  $\epsilon_r$  adalah konstanta dielektrik dari bahan substrat. Untuk menentukan panjang patch ( $L$ ) diperlukan parameter  $\Delta L$  yang merupakan pertambahan dari panjang ( $L$ ) akibat *fringing effect* .Pertambahan panjang dari  $L$  ( $\Delta L$ ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left( \frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0.258) \left( \frac{W}{h} + 0.8 \right)}$$

Dimana  $h$  merupakan tinggi dari substrat dan  $\epsilon_{\text{reff}}$  adalah konstanta dielektrik. Nilai konstanta dielektrik efektif :

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12h/W}} \right)$$

Dengan demikian panjang patch ( $L$ ) diberikan oleh :

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L$$

Dimana  $L_{\text{eff}}$  Panjang elemen peradiasi efektif :

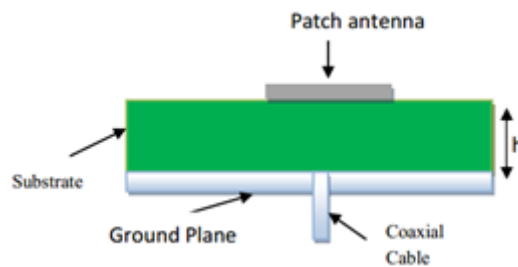
$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_{10} \sqrt{\epsilon_e}}$$

### II.3.3. Pencatutan *Coaxial Probe*

Ada beberapa macam teknik pencatutan yang dapat digunakan untuk antenna mikrostrip. Empat teknik yang paling populer digunakan adalah *microstrip line*, *coaxial probe*, *aperture coupling*, dan *proximity coupling* [9]. Teknik pencatutan yang dapat dilakukan secara langsung yaitu menggunakan teknik *coaxial probe* atau *microstrip line*. Pencatutan juga bisa dilakukan secara tidak langsung yaitu dengan menggunakan *aperture coupling*, dimana tidak ada kontak

metalik langsung antara *feed line* dan *patch*. Teknik pencatutan mempengaruhi impedansi input dan karakteristik antena.

Dalam proyek tugas akhir ini digunakan teknik pencatutan *coaxial probe* karena konduktor pusat dari konektor *coaxial* langsung dihubungkan dengan *patch* antena kemudian disolder. Metode ini memiliki kelebihan dimana pencatu berada di belakang permukaan beradiasi sehingga tidak menimbulkan radiasi yang tidak diinginkan. Metode ini sangat baik digunakan pada *single patch* yang pada pertengahannya sebuah *coaxial* konektor yang ditancap pada titik dimana impedansi input dari patch sebanding dengan impedansi karakteristik dari saluran pencatu *coaxial* seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.4. Selain itu, pencatutan dengan menggunakan *coaxial probe* juga dapat memudahkan dalam proses fabrikasi yang merupakan salah satu kelebihan dari antena mikrostrip[10].



Gambar II.4. Pencatutan *Coaxial Probe*

#### II.3.4. Material Artifisial

Material Artifisial merupakan istilah yang digunakan untuk material buatan pada bidang *microwave* dan elektromagnetik. Material ini dibuat secara proses elektromagnetik, bukan secara kimiawi. Berdasarkan parameter material, *artificial material* meliputi material konduktif, material magnetik maupun material dielektrik. Adapun beberapa definisi yang berhubungan dengan *artificial materials*, yaitu:

1. Material Artifisial adalah material buatan yang dibangun oleh struktur gabungan beberapa material, untuk mendapatkan sifat – sifat baru pada bidang elektromagnetik [11].

2. Material Artifisial adalah material buatan dengan nilai permeabilitas dan permitivitas yang diturunkan dari struktur fisiknya [12].

#### II.3.5. Material Dielektrik Artifisial

Dielektrik adalah suatu bahan isolator yang biasanya berfungsi sebagai penyekat. Dielektrik biasa digunakan untuk meningkatkan kapasitansi. Pada Tabel II.2 adalah contoh nilai konstanta dielektrik dari beberapa bahan dielektrik.

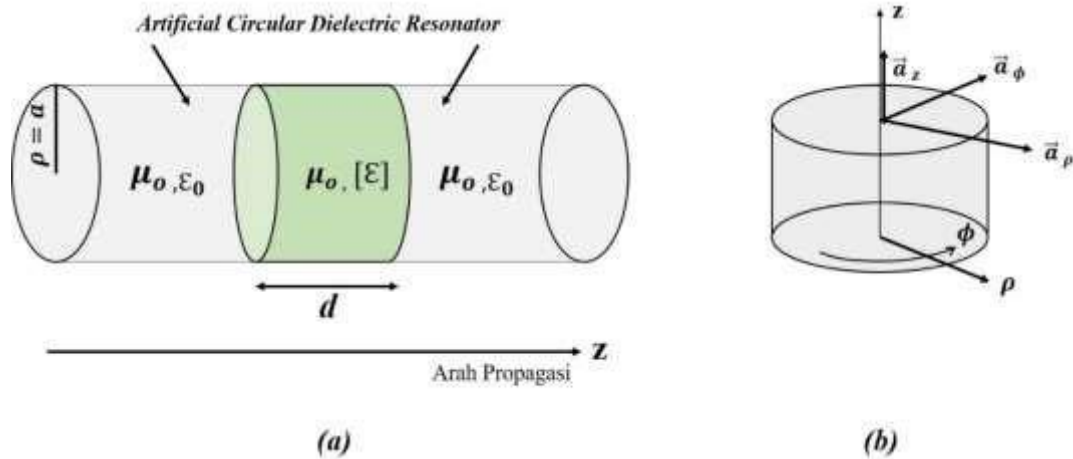
Tabel II.2 Konstanta Bahan Dielektrik [13]

Jenis Bahan Dielektrik	Konstanta
<i>Floral Foam</i> (Gabus)	$K = 1,25$
<i>Styrofoam</i>	$K = 1,03$
Karet	$K = 7$
Mika	$K = 5,4$
<i>Nylon</i>	$K = 4$
Plastik	$K = 2,56$
Kertas	$K = 3,5$
Udara	$K = 1$

Material Dielektrik Artifisial merupakan material dielektrik buatan yang memiliki nilai permitivitas atau permeabilitas atau permitivitas dan permeabilitas di luar nilai – nilai permitivitas dan permeabilitas material dielektrik konvensional. Elektron akan bergerak bebas pada logam atau metal ketika diberikan medan elektromagnetik [9], namun ukuran logam atau metal yang dibuat terbatas, menyebabkan elektron–elektron tersebut bergerak terbatas juga atau terikat, akibatnya ketika logam atau metal tersebut dikenai medan elektromagnetik setiap unit partikel menghasilkan polarisasi, oleh karena itu secara makroskopis material menjadi bersifat dielektrik. Inilah yang menjadi ide dasar pembuatan *artificial dielectric mterial*. Pada *artificial dielectric material* setiap unit partikel penyusun material merupakan kombinasi dari material konduktor dan dielektrik.

Pada Gambar II.5 diberikan sistem koordinat silinder untuk memudahkan visualisasi secara grafis penurunan teori yang akan dipaparkan. Sistem koordinat silinder dengan penguraian tiga vektor satuan dalam arah radial  $\rho$ , sudut  $\phi$  dan

tinggi tabung  $z$ , yang diberi simbol masing – masing  $\vec{a}_\rho$ ,  $\vec{a}_\phi$ , dan  $\vec{a}_z$ . Material yang dianalisis adalah material yang bersifat dielektrik homogen, dengan nilai permitivitas anisotropis, yaitu nilai permitivitas sebagai fungsi arah pada sistem koordinat silinder.



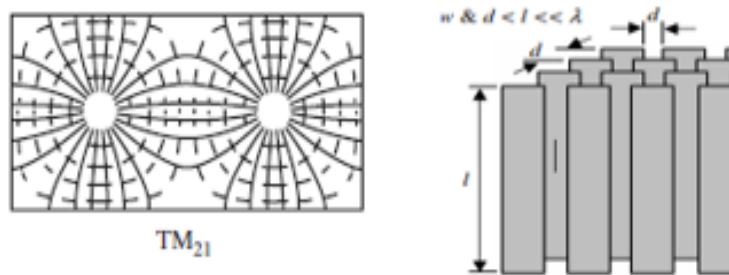
Gambar II.5. Sistem Koordinat Silinder. (a) *Artificial Circular Dielectric Resonator*, (b) Sistem Koordinat Silinder dengan Tiga Vektor Satuan

### II.3.6. Mode Gelombang $TM_{21}$

Perambatan energi listrik disepanjang saluran transmisi adalah dalam bentuk medan elektromagnetik transversal yaitu gelombang yang arah perambatannya tegak lurus terhadap perpindahannya. Ada dua tipe perambatan yang dikenal yaitu tipe TE (*Transverse Electric*) dan TM (*Transverse Magnetic*). Mode TM (*Transverse Magnetic*) yaitu suatu kondisi ketika medan magnet  $H$  transversal terhadap sumbu bumbung gelombang, berarti  $H_z$  berharga nol. Dapat dinyatakan jika:  $H_z = 0$ , maka  $E_z \neq 0$ .

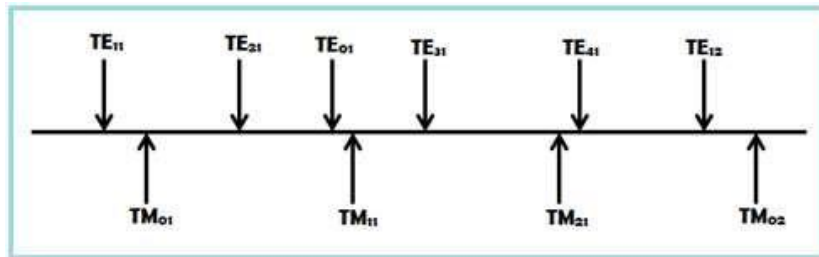
Dalam prakteknya, dirancang agar hanya satu mode gelombang yang dapat menjalar. Mode ini disebut mode dominan. Mode yang lain mengalami redaman atau tidak menjalar. Mode ini diberi notasi  $TM_{mn}$ , dengan  $m$  dan  $n$  merupakan bilangan integer dan menunjukkan banyaknya gelombang berdiri dalam arah yang normal terhadap arah jalar. Pada Gambar II.5 adalah bentuk gelombang dari mode  $TM_{21}$ .





Gambar II.6. Mode Gelombang *Transverse Magnetic*  $TM_{21}$

Dari beberapa mode gelombang TE (*Transverse Electric*) maupun TM (*Transverse Magnetic*) ada mode yang paling dominan, urutan lokasi frekuensi *cutoff* dari setiap mode ditunjukkan pada Gambar II.6 berikut:



Gambar II.7. Lokasi Frekuensi *Cutoff* dari Mode TE dan TM

### II.3.7. Parameter Antena Mikrostrip<sup>[11]</sup>

Untuk dapat melihat kerja dari antena mikrostrip, maka perlu diamati parameter-parameter pada mikrostrip. Beberapa parameter umum dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. *Return Loss* (RL)

*Return loss* adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena). Pada rangkaian gelombang mikro yang memiliki diskontinuitas (*mismatched*), besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$\text{Return Loss (dB)} = 20\log[\Gamma_L]$$

Nilai dari *return loss* yang baik adalah di bawah -9,54 dB, nilai ini diperoleh untuk nilai VSWR  $\leq 2$  sehingga dapat dikatakan nilai gelombang yang direfleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan atau dengan kata lain, saluran transmisi sudah *matching*. Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antenna sudah dapat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak.

## 2. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ( $|V|_{max}$ ) dengan minimum ( $|V|_{min}$ ). Pada saluran transmisi ada dua komponen gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan ( $V_0^+$ ) dan tegangan yang direfleksikan ( $V_0^-$ ). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan ( $\Gamma$ ):

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah

$$VSWR = \frac{V_{max} (1 + |\Gamma|)}{V_{min} (1 - |\Gamma|)}$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 ( $S=1$ ) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Oleh karena itu, nilai standar VSWR yang diijinkan untuk fabrikasi antenna adalah  $VSWR \leq 2$ .

## 3. Bandwidth

*Bandwidth* suatu antenna didefinisikan sebagai rentang frekuensi di mana kinerja antenna yang berhubungan dengan beberapa karakteristik (seperti impedansi masukan, polarisasi, *beamwidth*, polarisasi, *gain*, efisiensi, VSWR, *return loss*) memenuhi spesifikasi standar. Bandwidth dapat dicari dengan rumus

[1] :

$$BBWW = \frac{ff_2 - ff_1}{ff_{cc}} \times 100\%$$

Dimana :

$ff_2$  = frekuensi tertinggi

$ff_1$  = frekuensi terendah

$ff_{cc}$  = frekuensi tengah

Ada beberapa jenis *bandwidth* di antaranya :

- a. *Impedance Bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana patch antenna berada pada keadaan *matching* dengan saluran pencatu. Hal ini terjadi karena impedansi dari elemen antenna bervariasi nilainya tergantung dari nilai frekuensi. Nilai *matching* ini dapat dilihat dari *return loss* dan VSWR. Nilai *return loss* dan VSWR yang masih dianggap baik adalah kurang dari -9,54 dB dan 2, secara berurutan.
- b. *Pattern Bandwidth*, yaitu rentang frekuensi dimana *beamwidth*, *sidelobe*, atau *gain* yang bervariasi menurut frekuensi memenuhi nilai tertentu. Nilai tersebut harus ditentukan pada awal perancangan antenna agar nilai *bandwidth* dapat dicari.
- c. *Polarization* atau *axial ratio* adalah rentang frekuensi dimana polarisasi (linear atau melingkar) masih terjadi. Nilai *axial ratio* untuk polarisasi melingkar adalah kurang dari 3 dB.