UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Antena RLSA

Antena *Radial Line Slot Array* (RLSA) merupakan suatu antena yang dapat mengirim dan menerima sinyal elektromagnetik yang berbentuk bulat berupa piringan datar dengan banyak pasang *slot* pada bagian elemen pemancar dan *feeder* yang berada dibelakang *dish* antena [9]. Antena RLSA ini memiliki kinerja yang sangat baik yang meliputi *gain*, *beamwidth*, *bandwidth*, efisinsi, direktifitas, impedansi, polarisasi, pola radiasi, *return loss*, dan *voltage standing wave ratio*.

Antena RLSA ini merupakan pengembangan perangkat teknologi nirkabel yang dibuat dan terus mengalami perkembangan dari segi kinerja dan performansi sehingga sesuai untuk menggantikan antena parabola yang memiliki dimensi ukuran yang sangat besar. Sesuai dengan namanya, antena RLSA ini tersusun dari banyak *slot* yang dirancang sedemikian hingga untuk mendapatkan unjuk kerja antena yang baik seperti *gain* yang tinggi dan S1.1 (koefisien refleksi) yang rendah.

2.2. Penelitian Terkait Antena RLSA

Antena RLSA (*Radial Line Slot Array*) *triple beam* untuk frekuensi 5,8 GHz merupakan topik penelitian yang akan dilakukan penulis. Dalam topik penelitian ini terdapat beberapa penelitian terkait sebelumnya diantaranya sebagai berikut.

Antena *Radial Line Slot Array* mulai dikembangkan pada penelitian G.C Southworth pada tahun 1946, pada penelitian ini G.C Southwort berhasil merancang *Radial Slot Array Antenna* yang merupakan jenis antena yang dapat digunakan untuk sistem komunikasi radio jarak jauh. Pada tahun 1957 K. C. Kelly memperkenalkan konsep *Radial Line Slot Antenna* yang memiliki bentuk lingkaran yang terdapat *slot-slot* yang tersusun membentuk pola cincin dan antena ini memiliki pola radiasi kesegala arah. Kemudian ditahun 1960 dilakukan penelitian pengembangan dan penyempurnaan *Radial Slot Array* sehingga dapat digunakan sebagai perangkat pengirim dan penerima sinyal pada komunikasi satelit [11].

Kemudian pada tahun 1980 peneliti asal Jepang Goto dan Yamamoto mengembangkan antena RLSA dengan merancang antena dengan mengubah bentuk pola *slot* menjadi melingkar dan memiliki dua lapisan rongga *cavity* dan *feeder* pada bagian

tengah antena. Namun pada penelitian antena RLSA ini memiliki kekurangan karena dalam pabrikasinya biaya yang digunakan cukup mahal dikarenakan antena tersebut memiliki struktur yang rumit [12].

Pada tahun 1985 M. Ando melakukan pengembangan antena RLSA sehingga dapat digunakan sebagai piranti penerima siaran televisi satelit yang digunakan pada frekuensi 12 GHz [13]. Kemudian Pada tahun 1989 Takahasi melakukan penelitian lanjutan untuk menyempurnakan penelitian Goto dan Yamamoto sebelumnya. Dalam penelitian ini Takahasi merancang struktur antena RLSA menggunakan satu lapisan *cavity.* Antena hasil perancangan Takahasi cocok digunakan untuk komunikasi *point to point* karena memiliki potensi emisi yang tinggi dan dapat digunakan pada aplikasi *Direct Broadcast Satelite* (DBS) pada frekuensi Ku-Band [14].

Pengembangan antena RLSA pun terus berlanjut, pada tahun 1997 Davis dan Bialkowski memperkenalkan antena RLSA menggunakan bahan *polypropilene* dan memodifikasi *feeder* menjadi jenis SMA, hal ini dilakukan karena bahan yang digunakan banyak tersedia di pasaran dan biaya yang rendah dalam pabrikasinya. Davis dan Bialkowski juga mengembangkan teori dan *software* perhitungan dimensi *feeder* antena. Pada penelitian ini berhasil mengembangkan antena RLSA sebagai penerima siaran televisi satelit [15].

Pada tahun 2002 peneliti dari Malaysia A. R Tharek dan I. K. Farah Ayu melakukan penelitian dan mengembangkan antena RLSA pada frekuensi 5,5 GHz yang digunakan pada aplikasi jaringan *wireless* LAN *indoor* [16]. Kemudian di tahun 2004, peneliti dari Australia Zagriatski dan Bialkowski berhasil mengembangkan antena RLSA dengan frekuensi *dual band* pada *frekuensi* 2,4 GHz dan 5,2 GHz yang digunakan pada perangkat *wireless* LAN [17].

Pada tahun 2007 peneliti dari Malaysia M.R.U. Islam melakukan penelitian tentang perancangan antena RLSA yang digunakan untuk komunikasi *point to point* dengan frekuensi 5,8 GHz, dari penelitian ini M.R.U. Islam berhasil merancang antena tersebut sehingga dapat digunakan untuk komunikasi *point to point* [4]. Ditahun 2007 pula peneliti Malaysia M.I. Imran melakukan penelitian untuk pengembangan kinerja antena RLSA, dimana M.I. Imran melakukan percobaan menggunakan teknik *beamsquint* yang diterapkan pada antena RLSA yang digunakan untuk komunikasi *point to point wireless* LAN pada frekuensi 5,8 GHz dan hasilnya antena tersebut memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan kinerja antena RLSA sebelumnya [5]. Pada tahun selanjutnya, tepatnya

UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

pada tahun 2008 dua peneliti Malaysia M.R.U. Islam dan T.A. Rahman berhasil mempabrikasi dan memasarkan antena RLSA penelitiannya yang diberi nama *Wireless Comunication Centre* (WCC) *Bridge*. M.R.U. Islam dan T.A. Rahman melakukan penelitian antena RLSA tersebut dengan menggunakan bahan yang lebih tipis dan memiliki harga yang terjangkau. Dalam penelitian ini mereka menerapkan teknik *flame retardant 4* (FR-4) pada antena RLSA tersebut [6].

Pada tahun 2013 seorang peneliti dari Indonesia T. Purnamirza yang merupakan seorang dosen UIN Suska Riau melakukan penelitian untuk pengembangan antena RLSA guna meningkatkan kinerja dan performansi antena tersebut. T. Purnamirza menggunakan teknik *flame raterdant* 4 (FR-4) dan teknik *extream beamsquint* pada penelitiannya sehingga antena yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki peningkatan kinerja pada frekuensi 5,8 GHz [2]. Ditahun yang sama T. Purnamirza berhasil mengembangkan suatu *software* yang dapat merancang dan menggambarkan antena RLSA secara cepat dan akurat. *Software ini* berbasiskan bahasa pemrograman *Visual Basic Aplication* (VBA) yang dapat diaplikasikan dalam program simulasi CST *Studio Suite* sehingga memudahkan perancangan antena RLSA. Dalam penelitiannya menggunakan *software* VBA tersebut T. Purnamirza berhasil merancang *prototype* antena RLSA dengan frekuensi 5,8 GHz yang digunakan pada aplikasi *wireless* LAN [1].

Pada tahun 2015 B. Prayoga peneliti Indonesia yang juga mahasiswa UIN Suska Riau juga berhasil merancang *prototype* antena RLSA pada frekuensi 5,8 GHz menggunakan spesifikasi antena *Backfire Wireless* LAN 17 dBi [6]. Kemudian dengan performansi yang sekarang jauh lebih baik dari sebelumnya penelitian masih terus dilakukan, guna merancang sebuah antena RLSA yang berbentuk lebih kecil tanpa mengurangi performansi, yaitu dengan teknik pemotongan antena RLSA menjadi ½ lingkaran, 1/3 lingkaran atau ¼ lingkaran. Pada tahun 2016 M. Firmansyah mahasiswa UIN Suska Riau berhasil melakukan sebuah penelitian antena RLSA dengan memotong bagian antena yang pada umumnya berbentuk lingkaran penuh menjadi ¼ lingkaran pada frekensi 5.8GHz, M. Firmansyah menerapkan teknik pemotongan dalam penelitiannya[7]. kemudian pada tahun yang sama A. Anas mahasiswa UIN Suska Riau juga berhasil melakukan sebuah penelitian teknik pemotongan 1/3 antena RLSA pada frekuensi 5.8 GHz [8]. Dalam Penelitian ini menggunakan *softwere* VBA yang dirancang T. Purnamirza pada tahun 2013 sehingga didapatkan antena RLSA yang memiliki kinerja dan performansi yang baik.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Berdasarkan penelitian - penelitian sebelumnya penelitian antena RLSA pada frekuensi 5,8 GHz yang dilakukan hanya terfokus dan lebih terarah pada antena yang memiliki satu pancaran (*single beam*) dan peningkatan performansi antena tersebut. Jadi dapat disimpulkan dari penelitian Antena RLSA hingga hari ini belum ada yang mengembangkan antena RLSA yang memiliki lebih dari satu pancaran (*multi beam*).

2.3. Karakteristik Antena RLSA

Antena RLSA memiliki karakteristik yang berbeda dengan antena yang lainnya. Dimana antenna RLSA ini memiliki bentuk kecil dan bulat, antena ini memiliki banyak *slot* yang terletak pada bagian elemen pemancar dan pada bagian tengahnya terdapat sebuah *feeder*.

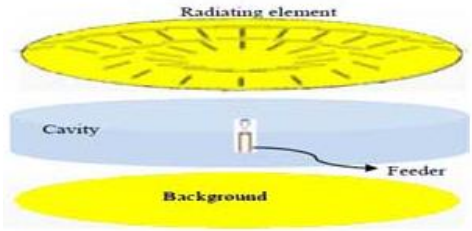
2.3.1. Struktur Dasar Antena RLSA

Antena RLSA memiliki struktur dasar adalah sebagai berikut :

1. *Element* pemancar *(radiating element)* merupakan lapisan bagian atas pada antena RLSA yang terbuat dari tembaga berbentuk bulat atau piringan datar. Pada bagian ini terdapat pasang *slot* yang tersusun *array*.
2. Bagian rongga *(cavity*) merupakan bahan *dielektrik* berbentuk tabung yang terbuat dari bahan *polypropelene* yang memiliki fungsi sebagai pengarah sinyal dari *feeder* dan sinyal dari *feeder* disebarkan secara *radial* keseluruh permukan *slot* yang ada pada bagian *element* pemancar [9].
3. *Background* merupakan lapisan paling bawah dari antena RLSA yang terbuat dari bahan tembaga yang memiliki bentuk bulat berupa piringan datar. Pada bagian ini tidak terdapat *slot* seperti pada lapisan *element* pemancar.
4. *Feeder* merupakan bagian penting dari antena RLSA berbahan dasar tembaga yang terletak di tengah antena. *Feeder* ini memiliki fungsi sebagai pembawa sinyal dari saluran transmisi ke antena [2][1]. *Feeder* yang digunakan pada antena RLSA adalah jenis *Sub Miniature Version A* (SMA).

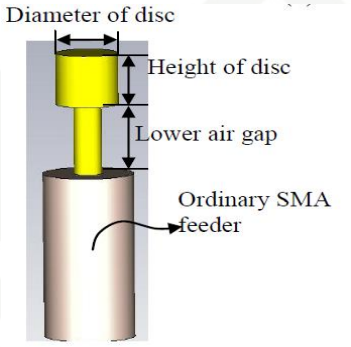
Berikut ini adalah gambaran struktur dasar antena RLSA dan *Feeder*.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU



Gambar 2.1. Susunan struktur antena RLSA

(Sumber : T. Purnamirza, 2013) [1]



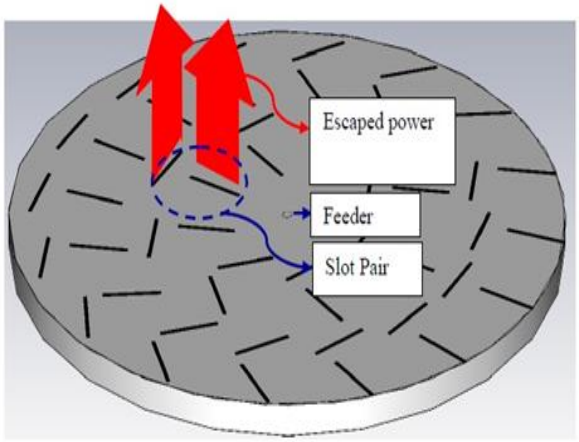
Gambar 2.2. Struktur *feeder*

(Sumber : T. Purnamirza, 2013) [1]

2.3.2. Sistem Kerja Antena RLSA

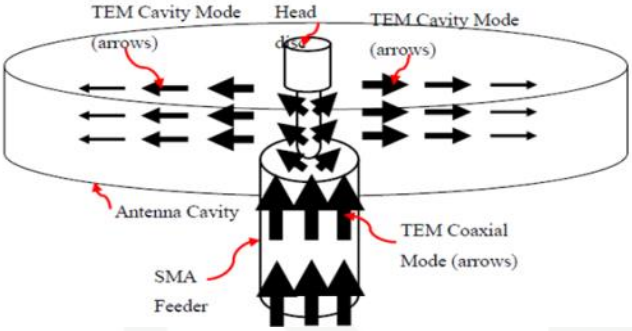
Pada dasarnya antena RLSA dapat menerima dan mengirim gelombang elektromagnetik melalui pasang slot yang berada pada bagian *element radiating.* Sistem kerja antena berawal dari feeder yang menyalurkansinyal dari saluran transmisi (TEM *coaxial mode*) kebagian kepala *disc feeder* yang berada pada bagian *cavity*. Kepala *disc feeder* akan merambatkan sinyal keseluruh bagian *cavity* secara *radial* (TEM *cavity mode*) [2][1]. Sinyal yang merambat pada *cavity* tersebut akan disalurkan atau dipancarkan kebagian pasang *slot* yang ada pada lapisan *element radiating* sehingga menghasilkan gelombang elektomagnetik [1]. Berikut adalah gambar sistem kerja dari antena RLSA.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.3. Pasangan *slot* antena RLSA

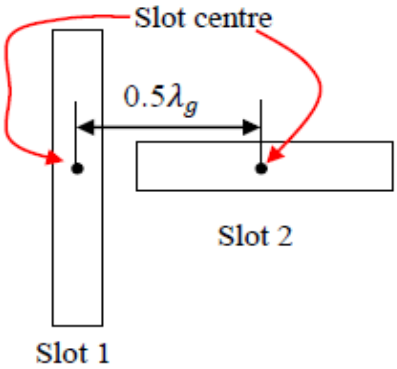
(Sumber : T . Purnamirza, 2013) [1]



Gambar 2.4. Kinerja antena RLSA

(Sumber : T . Purnamirza, 2013) [1]

2.3.3. Polarisasi Antena RLSA



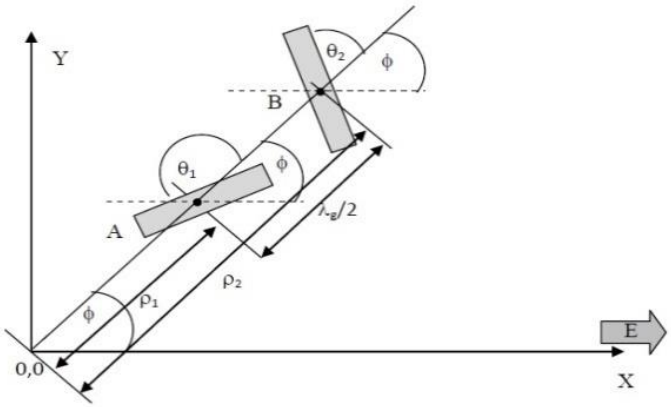
Gambar 2.5. Polarisasi antena RLSA

(Sumber : T . Purnamirza, 2013) [1]

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dari gambar diatas diketahui bahwa polarisasi antena merupakan penggabungan sinyal yang dihasilkan sepasang *slo*t pada antena RLSA. Dimana Setiap *slot* pada bagian elemen pemancar menghasilkan sebuah gelombang elektromagnetika atau sinyal dan pada tiap pasang *slot* pada bagian elemen pemancar antena RLSA ini menghasilkan polarisasi antena [1].

2.3.4. Orientasi \ Pengenalan *Slot* Antena RLSA



Gambar 2.6. Pengaturan geometri pasangan *slot*

(Sumber : T. Purnamirza, 2013) [1]

Berdasarkan gambar diatas tiap *slot* pada antena RLSA ini mengalami perputaran sudut untuk mendapatkan sudut kemiringan yang dihasilkan dengan menggunakan teknik *beamsquint* sehingga didapatkan polarisasi linear, hal ini untuk menghindari terjadinya *overlapping* antar pasang *slot*. Untuk menghindari terjadinya *overlapping* antar pasang *slot* pada antena RLSA dilakukan dengan pengaturan letak posisi ditiap pasang *slot*. Dimana pasang *slot* pada antena RLSA ini, letak posisi *slot* 1 dan *slot* 2 yang merupakan sepasang *slot* telah diatur secara geometri. Dengan kata lain tiap pasang *slot* yang berada bagian elemen pemancar antena RLSA memiliki letak posisi yang berbeda-beda dengan pasang *slot* lainnya [1]. Berikut ini adalah rumus persamaan mengenai pengaturan sudut *slot* pada antena RLSA [1].

$$\theta_1 = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(\theta_T)}{tan(\emptyset_T)}\right) - (\emptyset - \emptyset_T)\right\} \quad (2.1)$$

$$\theta_2 = \frac{3\pi}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(\theta_T)}{tan(\emptyset_T)}\right) - (\emptyset - \emptyset_T)\right\} \quad (2.2)$$

Keterangan persamaan diatas :

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

θ_1 = sudut kemiringan yang dimiliki *slot* 1

θ_2 = sudut kemiringan yang dimiliki *slot* 2

θ_T = sudut *beamsquint* yang memiliki arah *elevasi*

$\emptyset$ = sudut *azimuth* yang berasal dari *slot* 1 dan *slot* 2

$\emptyset_T$ = sudut *beamsquint* yang memiliki arah *azimuth*

Berikut ini merupakan contoh perhitungan orientasi kemiringan *slot* antena RLSA berdasarkan persamaan 2.1 dan 2.2 diatas.

Perhitungan orientasi *slot* 1 adalah :

$$\theta_1 = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(\theta_T)}{tan(\emptyset_T)}\right) - (ø - ø_T)\right\}$$

$$\theta_1 = \frac{180}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(65)}{tan(10\hat{}-5)}\right) - (0-0)\right\}$$

$$\theta_1 = \frac{180}{4} + \frac{1}{2}\{89{,}9 - 0\}$$

$$\theta_1 = \frac{180}{4} + \frac{1}{2}\{89{,}99\}$$

$$\theta_1 = 89{,}995^{o}$$

Perhitungan orientasi *slot* 2 adalah :

$$\theta_2 = \frac{3\pi}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(\theta_T)}{tan(\emptyset_T)}\right) - (ø - ø_T)\right\}$$

$$\theta_2 = \frac{3 \text{ x } 180}{4} + \frac{1}{2}\left\{arctan\left(\frac{cos(65)}{tan(10\hat{}-5)}\right) - (0-0)\right\}$$

$$\theta_2 = \frac{540}{4} + \frac{1}{2}\{89{,}99 - 0\}$$

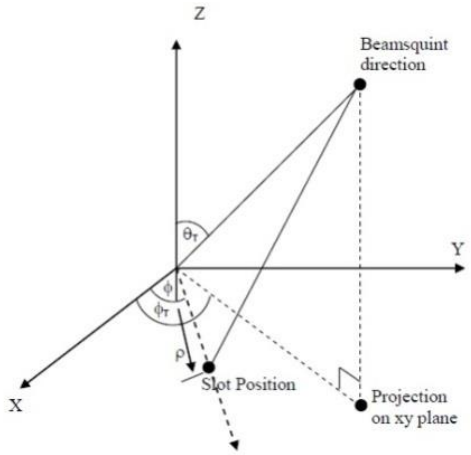
$$\theta_2 = \frac{540}{4} + \frac{1}{2}\{89{,}99\}$$

$$\theta_2 = 179{,}995^{o}$$

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.3.5. Pengaturan Pasangan *Slot* Antena RLSA



Gambar 2.7. Pengaturan geometri unit radiator

(Sumber : Tesis T. Purnamirza, 2013) [2]

Berdasarkan gambar diatas posisi letak *unit radiator* pada elemen pemancar pada antena RLSA harus dihitung dan digambarkan dengan teliti dan tepat, hal ini dilakukan agar tidak mengurangi performansi yang terjadi apabila posisi dari *unit radiator* terletak pada posisi yang salah atau tidak pada tempat yang seharusnya. Dimana pada letak tertentu *slot* yang terdapat pada antena RLSA membentuk polarisasi *linear* yang juga disebut *unit radiator*.[1]. Dibawah ini merupakan rumus atau persamaan yang menghitung jarak unit radiator dari titik pusat [1].

$$\rho_\rho = \frac{n\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T(\phi-\phi_T)} \tag{2.3}$$

dimana :

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{2.4}$$

Dari persamaan diatas untuk menyatakan jarak antara dua unit radiator yang berdekatan di dua cincin yang berbeda dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$s_\rho = \frac{\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T(\phi-\phi_T)} \tag{2.5}$$

Persamaan yang digunakan untuk menyatakan jarak antara unit radiator yang berdekatan dalam sebuah cincin yang sama (jarak dalam arah *azimuth*) dapat dirumuskan sebagai berikut [1].

$$s_\rho = \frac{2\pi\lambda_g}{\sqrt{1-\xi^2 sin\theta_T{}^2}} \tag{2.6}$$

Dari persamaan (2.5) dapat diketahui bahwa jarak dari pusat unit radiator untuk *slot* 1 dan *slot* 2 adalah $\lambda_g/4$ maka dapat dirumuskan jarak *slot* dari pusat antena sebagai berikut [1].

$$\rho_{\rho 1} = \frac{(n-1+q-0.25)\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T cos(\phi-\phi_T)} \tag{2.7}$$

$$\rho_{\rho 2} = \frac{(n-1+q+0.25)\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T cos(\phi-\phi_T)} \tag{2.8}$$

Keterangan persamaan diatas :

ϕ = sudut *azimuth* yang terdiri dari posisi *slot* 1 dan *slot* 2

ϕ_T = sudut *beamsquint* yang memiliki arah *azimuth*

λ_g = panjang gelombang sinyal yang terdapat didalam *cavity* antena

q = nomor *integer* (1,2,3,4...) yang menjelaskan jarak *ring* dari titik pusat antena

ε_r = permitivitas relatif pada *cavity* antena

θ_T = sudut *beamsquint* yang memiliki arah *elevasi*

n = nomor *ring* (1,2,3,4...)

q = nomor *integer* (1,2,3,4...) yang menjelaskan jarak *ring* dari titik pusat antena

p = jumlah unit radiasi pada *ring* bagian dalam

Berikut ini merupakan contoh perhitungan pengaturan pasangan *slot* antena RLSA berdasarkan persamaan 2,7 dan 2,8 di atas.

Diketahui:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3x10^8}{5,8x10^9} = 0,051 \text{ m}$$

$$\lambda g = \frac{\lambda}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{0,005}{\sqrt{2,33}} = 0,033 \text{ m}$$

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{2,33}} = 0,655 \text{ m}$$

Maka perhitungan pengaturan pasangan *slot* 1 adalah :

$$\rho_{\rho 1} = \frac{(n-1+q-0.25)\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T cos(\phi-\phi_T)}$$

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

$$\rho_{\rho 1} = \frac{(1-1+1-0.25)0{,}033}{1-0{,}655 sin71 cos0}$$

$$\rho_{\rho 1} = \frac{0{,}75x0{,}033}{1-0{,}655x0{,}945x1}$$

$$\rho_{\rho 1} = \frac{0{,}0247}{0{,}371}$$

$$\rho_{\rho 1} = 0{,}066 \text{ m}$$

$$\rho_{\rho 1} = 66 \text{ mm}$$

Maka perhitungan pengaturan pasangan *slot* 2 adalah :

$$\rho_{\rho 1} = \frac{(n-1+q+0.25)\lambda_g}{1-\xi sin\theta_T cos(\phi-\phi_T)}$$

$$\rho_{\rho 1} = \frac{(1-1+1+0.25)0{,}033}{1-0{,}655 sin71 cos0}$$

$$\rho_{\rho 1} = \frac{1{,}25x0{,}033}{1-0{,}655x0{,}945x1}$$

$$\rho_{\rho 1} = \frac{0{,}0412}{0{,}371}$$

$$\rho_{\rho 1} = 0{,}111 \text{ m / } 111 \text{ mm}$$

2.3.6. Panjang *Slot* Antena RLSA

Jarak yang menghubungkan titik pusat antena RLSA dengan *slot* yang berada bagian elemen pemancar disebut juga dengan panjang *slot* antena RLSA. Tiap panjang *slot* ini memiliki ukuran yang berbeda-beda, hal ini bertujuan agar pola pancaran yang di hasilkan pasang *slot* dengan *slot* yang lain memiliki bentuk yang sama. Rumus panjang *slot* dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut [1].

$$L_{rad} = (4.9876x10^{-3}\rho)\frac{12.5\ x10^9}{f_0} \qquad (2.9)$$

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Diketahui :

$f_d = f_o$ + (0,02257 x f_o)

f_d = 5,8 + (0,02257 x 5,8)

f_d = 5,8 + 0,130906

f_d = 5,8 + 0,130906

f_d = 5,93 GHz

Dan

$$\text{Inisial_Panjang} = \frac{0{,}5\,.\,\lambda\,.\,f_d}{12{,}5}$$

$$\text{Inisial_Panjang} = \frac{0{,}5\,.\,0{,}051\,.\,5{,}93.}{12{,}5}$$

$$\text{Inisial_Panjang} = 0{,}012 \text{ m}$$

Maka :

$$L_{rad} = (\text{inisial panjang} + (6{,}415x10^{-3}\rho)\,\frac{12.5}{f_d}$$

$$L_{rad} = (0{,}012 + (6{,}415x0{,}001x0{,}088)\,\frac{12.5}{5{,}93}$$

$$L_{rad} = (0{,}012 + (0{,}000565x2{,}107)$$

$$L_{rad} = 0{,}012 + 0{,}001190$$

$$L_{rad} = 0{,}01319 \text{ m}$$

2.4. Parameter Antena RLSA

Antena RLSA memiliki parameter sebagai penunjang kinerja yang menjadi tolak ukur performansi dalam suatu kinerja antena. Pada suatu antena nilai parameter yang dimiliki antena dapat melihatkan kinerja dari antena tersebut. Beberapa parameter antena RLSA menjadi acuan dalam analisa penelitian sehingga didapatkan kesimpulan dari

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

kinerja antena tersebut. Parameter antena RLSA tersebut meliputi *bandwidth, gain, beamwidth,* efisiensi, direktivitas, impedansi, polarisasi, pola radiasi, *return loss,* dan *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR).

2.4.1. *Bandwidth*

Bandwidth merupakan besar lebar pita frekuensi suatu antena atau *range* frekuensi dimana antena dapat beroperasi dengan optimal. sebuah antena akan bekerja optimal pada frekuensi yang di tentukan [10]. *Bandwidth* suatu antena dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$BW = fu - fL \tag{2.10}$$

keterangan :

BW = *Bandwidth*

fu = frekuensi diatas frekuensi *center* (*fc*)

fL = frekuensi dibawah frekuensi *center* (*fc)*

2.4.2. *Gain*

Gain merupakan nilai yang menunjukkan adanya penambahan tingkat sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. Satuan dari gain adalah *decibel* (dB). Adapun Gain antena juga dipengaruhi oleh frekuensi kerja yang telah ditentukan sebelumnya [10]. Gain dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Gt = \frac{Pt}{Ps} \times Gs \tag{2.11}$$

Pada satuan *decibel* (dB) rumusnya sebagai berikut

$$Gt = Pt(dBm) - Ps(dBm) + Gs\ (dB) \tag{2.12}$$

Dimana :

Gt = *Gain* antena

Gs = *Gain* standar antena

Pt = Daya yang dikirim antena

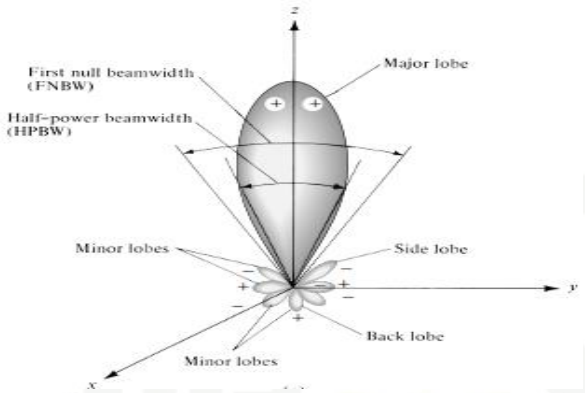
Ps = Daya yang diterima antena

2.4.3. *Beamwidth*

Beamwidth merupakan besar berkas antena yang diperlihatkan berupa sudut pancaran antena. Berkas antena tersebut mempunyai luas berkas yang juga disebut dengan

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

beam area. Beam area merupakan luas dari sudut ruang yang menjadi arah pancaran daya suatu antena. besaran sudut pola pancaran utama (*main lobe*), dimana yang dihitung pada titik -3 dB menurun dari puncak *lobe* utama. Dimana -3 dB dari antena dapat meradiasikan daya sebesar 50% ke udara dan 50% direfleksikan kembali kesumber daya. Gambar dibawah ini memperlihatkan bagian lobe-lobe pada antena [10].



Gambar 2.8. Pola radiasi berbentuk 3D

(Sumber : Balanis,2005) [10]

Bagian- bagian *lobe* pada pola radiasi berdasarkan gambar diatas meliputi [10] :

a. Pancaran utama (*main lobe/major lobe*) merupakan wilayah terbesar sekitar arah radiasi maksimum atau disekitar wilayah diantara puncak radiasi (3 dB).
b. Pancaran sisi (*side lobe/minor lobe*) merupakan wilayah pancaran yang terkecil pada pancaran utama dan memiliki peran dalam menentukan pola radiasi.
c. Pancaran belakang (*back* lobe) merupakan pancaran yang cenderung terpancar kebelakang.
d. Lebar pancaran setengah daya atau yang disebut HPBW. HPBW singkatan dari *Half Power Beamwidth* merupakan jarak antar sudut yang nilai atau besar pola radiasinya berkurang hingga 50% atau -3 dB.
e. Lebar pancaran bernilai nol atau yang disebut PNBW (*Final Null Beamwidth*) merupakan jarak antar sudut dimana besar pola radiasi yang mengalami penurunan hingga nol.
f. *Front to back ratio* merupakan perbandingan *main lobe* dan *back lobe.*

2.4.4. Direktivitas

Direktivitas merupakan arah konsentrasi energi dan arah pola radiasi pada antena. Semakin tingginya direktivitas pada antena sehingga *main beam* pola radiasi menjadi

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
Hak cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

sempit dan menyebabkan antena menjadi fokus [10]. Pada suatu antena direktivitas ditentukan oleh pola radiasi yang dihasilkan. Pola radiasi yang memancar kesegala arah mempunyai nilai direktivitas yaitu 0 dB. Direktivitas (Dm) dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Dm = \frac{\mathrm{Gm}}{\eta A} \tag{2.13}$$

Keterangan persamaan diatas :

Gm = *gain* maksimum antena

ηA = efesiensi antena

2.4.5. Impedansi

Impedansi merupakan nilai perbandingan antara tegangan dengan arus atau medan listrik dengan medan magnet yang beroperasi sesuai dengan orientasinya pada antena. Impedansi *input* merupakan parameter penting pada antena. Impedansi *input* ini memiliki kegunaan untuk mencapai kondisi yang sesuai (*matching*) dengan rangkaian luar atau saluran transmisi menuju antena. Nilai koefisien refleksi (Γ) ditentukan melalui hubungan antara impedansi input (Z_{in}) dengan impedansi saluran transmisi (Z_o) [10]. Berikut ini adalah rumus persamaan Nilai koefisien refleksi (Γ) yang ditentukan dengan impedansi.

$$\Gamma = \frac{(Zin - Z0)}{(Zin + Z0)} \tag{2.14}$$

Keterangan persamaan diatas :

Γ = Koefisen refleksi

Zin = Impedansi input

Zo = Impedansi saluran transmisi

2.4.6. Pola Radiasi (*radiation pattern*)

Pola radiasi merupakan gambaran grafik distribusi daya yang dipancarkan oleh suatu antena. Pola radiasi dapat diukur pada medan jauh dengan jarak yang konstan terhadap antena dengan sudut bervariasi (sudut θ dan sudut φ). Dimana pola radiasi dapat mempresentasikan cara antena meradiasikan dan menerima energi dari ruang bebas [10].

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.4.7. Polarisasi

Polarisasi merupakan suatu arah dimana orientasi perambatan medan listrik yang dihasilkan dari gelombang elektromagnetik pada suatu antena [10]. Pada dasarnya ada empat jenis polarisasi yaitu sebagai berikut :

a. Polarisasi *linear* merupakan arah medan listrik yang tidak mengalami perubahan terhadap waktu dan hanya mengalami perubahan positif dan negatif pada orentasinya.
b. Polarisasi Horizontal merupakan bagian atau strukutur antena horinzontal terhadap permukan tanah atau *ground* bumi.
c. Polarisasi vertikal merupakan arah medan listrik yang lebih terarah kevertikal antena.
d. polarisasi *eliptis* merupakan gelombang medan listrik yang melakukan perputaran orientasi menggunakan penampang *eliptis* yang diakibatkan oleh perambatan gelombang maupun perubahan waktu.

2.4.8. Efisiensi

Efisiensi merupakan nilai perbandingan antara dua daya yaitu daya yang disalurkan pada antena dengan daya yang diradiasikan pada antena. Hal ini dapat dilihat dengan semakin tingginya efisiensi antena menyebabkan semakin banyaknya daya yang diradiasikan. Dan sebaliknya rendahnya efisiensi antena menyebabkan banyaknya daya yang diserap oleh antena yang berdampak pada hilangnya daya atau terjadi *loss*. Hal ini disebabkan oleh impedansi yang tidak sesuai (*mismatch*) [10]. Persamaan dibawah ini menerangkan efisiensi total, dimana efisiensi total ini didapat dari perkalian efisiensi radiasi dengan *loss mismatch* impedansi antena.

$$\eta = \varepsilon_R = \frac{Prad}{Pinput} \tag{2.15}$$

Keterangan dari persamaan diatas :

$\eta = \varepsilon_R$ = Efisiensi antena

P_{rad} = Daya yang diradiasikan antena

P_{input} = Daya yang dimasukan ke antena

$$\eta_T = \varepsilon_T = M_L.\varepsilon_R \tag{2.16}$$

Keterangan dari persamaan diatas :

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

$\eta_T = \varepsilon_T$ = Efisiensi total

M_L = *Loss missmatch* impedansi antena

ε_R = Efisiensi antenna

2.4.9. *Return Loss*

Return loss merupakan perbandingan antara amplitudo gelombang yang direfleksikan dan amplitudo gelombang yang dikirimkan. Untuk melihat antena yang dapat beroperasi pada rentang frekuensi yang digunakan, untuk menjadi acuannya dapat dilihat dari nilai *return loss* yang terjadi pada antena tersebut. Dimana antena yang baik mempunyai nilai *return loss* sebesar ≤-10 dB. Yang artinya nilai gelombang yang direfleksikan lebih kecil dibandingkan dengan gelombang yang dikirim menuju saluran transmisi, sehingga didapatkan saluran transmisi yang *matching* dengan antena [10].

Return loss dapat terjadi karena saluran transmisi dengan impedansi masukan antena mengalami *mismatch*, dimana *return loss* memiliki nilai bervariasi terhadap frekuensi yang dipakai. Berikut ini adalah rumus menghitung *return loss*.

$$Return\ Loss\ (dB) = -20\log|\Gamma| \tag{2.17}$$

2.4.10. *Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) merupakan pengukuran untuk melihat perbandingan nilai tegangan maksimum (V*max*) dan minimum (V*min*) pada gelombang berdiri yang terjadi pada saluran transmisi. Saluran transmisi ini memiliki dua komponen tegangan, yaitu yang terdiri dari tegangan yang dikirim (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Koefisien refleksi tegangan (Γ) merupakan perbandingan dari nilai tegangan yang ditransmisikan atau dikirim dengan tegangan yang direflesikan [10]. Adapun untuk mengetahui nilai VSWR suatu antena dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{VSWR} = \frac{|V\,max|}{|V\,min|} = \frac{1+|\Gamma|}{1+|\Gamma|} \tag{2.18}$$

Koefisien refleksi tegangan (Γ) mempunyai nilai kompleks, yang menggambarkan dan menunjukan besarnya magnitudo dan fasa dari suatu refleksi. Untuk beberapa contoh, ketika bagian imajiner dari Koefisien refleksi tegangan (Γ) bernilai nol [10], maka :

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

a. Γ = -1 atau disebut refleksi negatif maksimum, hal ini terjadi ketika saluran mengalami hubungan singkat.

b. $\Gamma = 0$ atau dalam keadaan tidak ada refleksi, hal ini terjadi ketika saluran dalam kondisi *matching* sempurna.

c. Γ = +1 atau disebut refleksi positif maksimum, hal ini terjadi ketika saluran berada dalam rangkaian terbuka.

Untuk melihat kinerja antena yang baik adalah dengan nilai parameter VSWR antena tersebut. Dimana antena yang memiliki VSWR yang bernilai 1 maka antena tersebut memiliki kinerja yang baik. Yang berarti tidak ada refleksi yang terjadi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Namun pada kenyataannya kondisi ini sulit untuk didapatkan atau direalisasikan pada prakteknya. Oleh sebab itu, nilai standar VSWR yang di perbolehkan untuk pabrikasi antena adalahh ≤ 2.

2.5. Teknik Merancang Antena *Radial Line Slot Array* (RLSA)

Guna meningkatkan performansi dan kinerja pada antena RLSA banyak penelitian yang melakukan perkembangan antena RLSA. Adapun perkembangan ini meliputi dari segi teknik yang digunakan dalam merancang antena RLSA sehingga didapatkan unjuk kerja yang baik. Berikut ini adalah beberapa teknik yang digunakan dalam merancang antena RLSA.

2.5.1. Teknik *Extream Beamsquint*

Teknik *extream beamsquint* adalah teknik yang digunakan untuk memfokuskan posisi *slot* didaerah tertentu dari elemen pemancar pada antena RLSA dimana pola radiasi yang didapatkan mengalami perbelokan untuk meningkatkan performansi dari antena RLSA [2].

2.5.2. Teknik Pemotongan

Teknik pemotongan adalah teknik yang digunakan untuk memotong antena RLSA menjadi beberapa bagian. Bagian yang utama adalah bagian yang sepenuhnya yang ditutupi oleh *slot*, dengan teknik pemotongan didapatkan antena dengan ukuran kecil tetapi memiliki kinerja yang baik [7]. Adapun teknik pemotongaan ini menggunakan *software Virtual Basic Application* (VBA) pada frekunsi 5.8 GHz yang khusus digunakan untuk memotong antena RLSA secara otomatis dan akurat sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.5.3. Teknik Pembagian *Beam*

Teknik pembagian *beam* adalah teknik yang digunakan untuk membagi pancaran pada antena RLSA menjadi beberapa pancaran didalam satu antena. Dimana pada teknik pembagian *beam* ini mengatur pasang *slot* yang ada pada bagian antena RLSA menjadi kedalam beberapa bagian dalam satu antena RLSA.

2.5.4. Teknik *Hybrid*

Teknik *hybrid* merupakan teknik yang baru dikembangkan untuk meminimalkan S1.1 (*koefisien refleksi*) dan mengurangi ukuran antena RLSA. Teknik *hybrid* adalah kombinasi dari dua teknik, yaitu teknik *extream beamsquint* dan teknik pemotongan.

2.5.5. Teknik *flame raterdant* 4 (FR-4)

Teknik *flame raterdant 4* (FR-4) merupakan teknik yang digunakan dalam merancang antena RLSA dengan menggunakan bahan *flame raterdant 4* (FR-4) [2].

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU