

## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian [7] menjelaskan bahwa popularitas, permintaan, dan kegunaan 5G sistem komunikasi berkembang pesat sehingga dalam makalah ini menggunakan *software CST Studio Suite 2016* yaitu antenna *Microstrip* model *patch Rectangular* telah diusulkan beroperasi pada frekuensi resonansi 28,462 GHz. Model antenna yang dirancang memiliki nilai  $S_{1,1}$  sebesar -48,309 dB dan *gain magnitude* sebesar 7,425dB dengan *bandwidth* 1.2GHz di ruang bebas. Ukuran antenna dirancang dengan sangat kecil sehingga menempati lebih sedikit ruang dan juga memiliki efisiensi radiasi sebesar -0,7217 dB dan secara keseluruhan efisiensi sebesar 91,16% sehingga dari efisiensi yang telah dicapai dalam perancangan antenna ini dapat dengan mudah ditingkatkan untuk mengatasi tantangan Sistem Komunikasi 5G. Dapat disimpulkan bahwa model yang diusulkan bisa menjadi pilihan yang sangat baik untuk 5G *mobile* Sistem Komunikasi mengingat prospeknya yang baik [7].

Pada penelitian [8] menjelaskan bahwa antenna mikrostrip dapat digunakan untuk berkomunikasi radio karena ukurannya yang kecil dan memiliki biaya yang relatif murah. Pada penelitian ini menggunakan antenna yang menerapkan metode *array* 4x2 pada frekuensi 3,5 GHz pada pengaplikasian 5G. Sehingga hasil dari penelitian ini adalah parameter di frekuensi tengah yaitu 3,55 GHz, *return loss* = 20,813264 dB, *VSWR* = 1,2003699, *bandwidth* = 123,3 MHz, *gain* = 10,4 dB serta pola radiasi *unidireksional*. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa hasil parameter yang ditargetkan tercapai dari batas spesifikasi yang dirancang. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa ukuran pada lebar dan panjang *patch* yang mengalami perubahan berpengaruh terhadap pergeseran frekuensi tengah [8].

Pada penelitian [9] menyajikan desain dan realisasi susunan antenna *patch* mikrostrip persegi dengan susunan *array* 2 x 2 yaitu 4 elemen yang beroperasi pada frekuensi gelombang mikro *S-band* frekuensi (2,4 GHz). Bahan antenna

menggunakan FR-4 *Epoxy*, di mana ada substrat dielektrik dengan dielektrik konstan ( $\epsilon_r = 4,7$ ,  $\tan \delta = 0,02$ ), tinggi  $h = 1,6$  mm. Persegi antenna *patch* mikrostrip dirancang untuk memotong sudut. *Bevelled corner* bertujuan untuk mendapatkan polarisasi sirkular dengan aksial nilai rasio kurang dari 3 dB. Desain antenna mikrostrip *array* menggunakan teknik planar dengan model elemen  $2 \times 2$ . Teknik planar *array* digunakan untuk mendapatkan *gain* yang lebih besar dari *square* antenna *patch* mikrostrip dibandingkan dengan hanya elemen tunggal. Perancangan menggunakan *software* simulator CST *Microwave Studio*. Hasil simulasi yang diperoleh sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dari hasil pengukuran prototipe antenna adalah frekuensi tengah 2,38 GHz, yaitu *return loss* sebesar -19,34 dB atau VSWR sebesar 1,551 dengan *bandwidth* 59 MHz, *gain* 4,83 dBi [9].

Pada penelitian [10] menghasilkan hasil berupa antenna dengan tinggi 6 meter dengan panjang 5,83 meter dapat menjadikan unduhan sekitar 0,2 Mbps dan latensi pada 159 ms saat perangkat keras dalam keadaan mati. Sedangkan pada saat perangkat keras aktif menghasilkan unduhan 2,3 Mbps dengan latensi yaitu 159 ms. Pada penelitian ini menjelaskan bahwa antenna vertikal *Omni* harus memancarkan ke BTS terdekat dan menjadi penutup *biquad* di area layanan. Antenna yang digunakann berupa antenna *omnidirectional* yaitu penguat sinyal 4G yang memiliki frekuensi 1800Mhz dan adanya penguatan sekitar 3-12 dBi. Penelitian ini menggunakan antenna *omnidirectional* dikarenakan meberikan kemungkinan pada pengiriman sinyal yang terjadi di segala arah BTS dengan penerimaan dari segala arah. Hasil pengujian (VSWR) dengan *software* uji MMANA mendapatkan hasil sebanyak  $<1,5$  dengan impedansi 49 *ohm* dan *gain*  $>6,5$  dB. Adapun untuk pola radiasi hasil *plotting* memberikan hasil penyebaran sebesar 360 derajat dan cocok untk menjadi antenna penerima sinyal BTS dari segala arah. Dengan menggunakan aplikasi *open signal*, mendapatkan hasil perbandingan parameter dari 0,2 Mbps menjadi 2,3 Mbps dengan peninglatan *latency latency* dari 159 ms menjadi 73 ms. Sehingga yang dapat disimpulkan dari penelitian ini dapat mencapai alat penguat sinyal pada 4G dengan teknologi 5G [10].

Pada penelitian [11] Teknologi WiMAX memiliki kecepatan *transfer* data yang tinggi, jangkauan akses yang luas dan kemampuan mobilitas. Ke mengakses jaringan *fixed* WiMAX membutuhkan *Costumer Premise Equipment* (CPE). CPE membutuhkan sedikit dimensi antena dan mengintegrasikannya dengan mudah. Oleh karena itu, antena mikrostrip merupakan kandidat yang baik untuk hal ini aplikasi. Pada tugas akhir ini dirancang antena mikrostrip planar *array* 4 elemen menggunakan bentuk H dengan slot melingkar untuk aplikasi WiMAX tetap CPE di 3,5 GHz (3,4-3,6 GHz). Substrat yang digunakan adalah FR4 dengan nilai relativitas permitivitas 4,4 dan *Duroid* dengan nilai relativitas permitivitas 2.2 menggunakan teknik pengumpanan jalur mikrostrip. Untuk menentukan dimensi antena sebelum dirancang, dilakukan perhitungan teoritis terlebih dahulu. Untuk proses simulasi antena ini, penulis menggunakan *Ansoft HFSS* 13.0. Hasil perancangan menunjukkan antena bekerja pada frekuensi 3,3786-3,6106 GHz menggunakan FR4 dan 3,383-3,6149 GHz menggunakan *Duroid* pada  $VSWR \leq 1,9$  dengan *gain* 4,7083 dB dan 8,486 dB [11].

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 LoRa ( *Long Range Access* )

*Long Range Access* (LoRA) saat ini merupakan teknologi komunikasi *wireless* yang umum dipergunakan dalam aplikasi jaringan sensor nirkabel (WSN). Pengertian lain dari *Long Range Access* ialah salah satu teknologi LPWAN berisi frekuensi operasi atau pita frekuensi 169 MHz, 433 MHz, 868/915 MHz dan 2,GHz dan dapat digunakan secara bebas atau tidak berlisensi [12]. Jaringan LoRa ini bekerja pada frekuensi 920 hingga 923 MHz *band* sesuai dengan izin dari Kementerian Teknologi Komunikasi dan Informasi di Indonesia. Modulasi yang digunakan untuk LoRa adalah *Chirp Spread Spectrum* modulasi yang dapat memungkinkan pertukaran data pada pengiriman dan sisi penerima meskipun dalam jarak jauh. Daya baterai yang digunakan di Jaringan LoRa ini awet karena daya yang dikonsumsi hanya berkisar antara 13 Ma hingga 15 Ma, sehingga baterai dapat bertahan hingga 20 tahun masa pakai [5].

*Spread Spectrum* menggunakan tingkat transmisi daya yang mirip dengan sebuah sinyal *narrow-band*. Perbedaannya terletak pada sinyal *spread spectrum* yang memiliki kerapatan spektral daya yang lebih rendah pada setiap frekuensi

yang menyebabkan sinyal *Spread Spectrum* dapat bekerja dengan sinyal *Narrow-band* pada frekuensi yang sama tanpa interferensi [13].

Pada topologi jaringan komunikasi LoRa memiliki komponen penting, diantaranya adalah:

1. *End devices* berfungsi menjadi perangkat yang terhubung dengan sensor/akuator
2. *LoRa gateway* adalah perangkat yang bekerja sebagai penyalur atau perantara. *Gateway* adalah perangkat perantara yang meneruskan paket yang berasal dari perangkat akhir ke *server* jaringan melalui jaringan jaringan *backhaul* berbasis IP memungkinkan *throughput* yang lebih tinggi, seperti standar jaringan *Ethernet* atau seluler. Ada yang dapat menjadi beberapa *gateway* dalam penerapan LoRa, dan hal yang sama paket data dapat diterima dan diteruskan oleh lebih dari satu pintu gerbang.
3. *Netserver* yang berperan menjadi jaringan perantara ke semua jaringan mulai dari *database*, *gateway*, *end node*, dan *server* [12].

LoRaWAN adalah spesifikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) berdasarkan LoRa. Ini menggunakan *gateway* untuk berkomunikasi dengan LoRa perangkat akhir. *Gateway* dapat menerima paket data dari pengiriman perangkat akhir dan kemudian mengirimkannya melalui *server* jaringan untuk menyimpannya dalam *database*. Nantinya, *server* aplikasi bisa ambil data yang diterima ini dari database untuk memprosesnya [14]. *Received Signal Strength Indication* (RSSI) adalah patokan yang ditunjukkan dari daya yang diterima semua sinyal di pita frekuensi saluran yang digunakan. Semakin dekat nilai RSSI ke 0, semakin baik sinyalnya. Nilai RSSI dinyatakan dalam dBm dan merupakan nilai negatif, nilai minimum RSSI adalah -120 dBm [13].

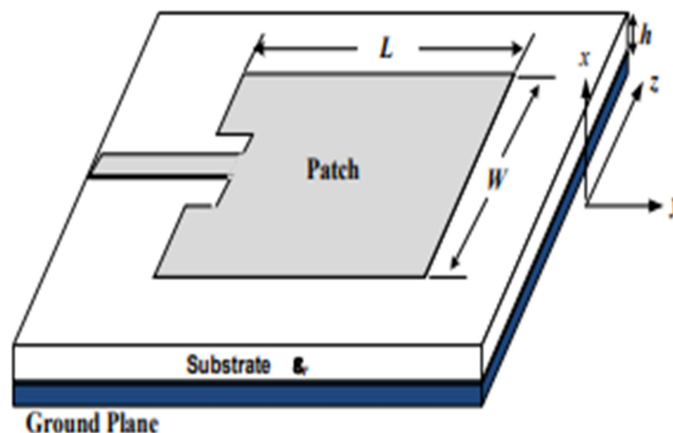
Berdasarkan *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), antenna diartikan sebagai perangkat yang dapat mengirim dan menerima sinyal elektromagnetik. Pada umumnya antenna berfungsi untuk pengubahan gelombang dari listrik menjadi elektromagnetik maupun pengubahan sebaliknya. Salah satu jenis antenna yang dapat digunakan adalah antenna mikrostrip [15]. Antenna bertindak sebagai pemancar dan/atau penerima gelombang elektromagnetik dalam sistem komunikasi. Saat gelombang elektromagnetik bergerak dari pemancar ke

penerima jarak jauh, energinya berkurang, jadi saat penerima menerima sinyal, kekuatan sinyal melemah. Agar penerima dapat menerima Anda dengan baik, Anda harus memperhatikan parameter dasar antenna, seperti pola radiasi, polarisasi, penguatan dan arah [6].

### 2.2.2 Antena Mikrostrip

Antena merupakan sebuah transduser yang berfungsi untuk melakukan transmisi atau untuk menerima gelombang elektromagnetik. Antena mikrostrip merupakan antenna yang ditandai dengan adanya jumlah parameter fisik yang lebih besar daripada *microwave* konvensional antenna. Selanjutnya, antenna mikrostrip dibagi menjadi empat kategori yaitu mikrostrip *patch antennas*, mikrostrip *dipoles*, *printed slot antennas* dan mikrostrip *travelling-wave antennas* [16].

Antena mikrostrip tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran yang sederhana agar dapat digunakan pada berbagai jenis pengaplikasian komunikasi satelit, komunikasi militer, radar maupun aplikasi seluler. Mikrostrip termasuk ke dalam antenna populer. Hal ini karena antenna mikrostrip sangat cocok untuk peralatan telekomunikasi, dimana bentuk dan ukurannya dipertimbangkan dengan cermat saat ini. Mikrostrip sendiri berasal dari dua kata yaitu mikro (sangat kecil) dan *stripe* (butiran/potongan), sehingga antenna mikrostrip diartikan sebagai antenna dengan bentuk butiran/potongan yang sangat kecil [6]. Antena mikrostrip memiliki komponen dasar, yaitu elemen pemancar (*patch*), substrat dielektrik, saluran transmisi dan *ground plane*. Komponen dasar antenna mikrostrip dapat terlihat pada gambar 2.1[17].

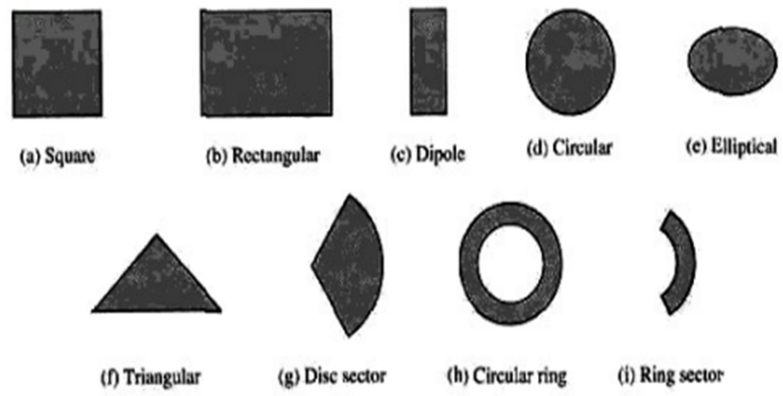


Gambar 2. 1 Struktur antenna mikrostrip [11]

- 1) *Conducting Patch (Patch)* merupakan lapisan atas substrat antenna mikrostrip berbahan konduktor yang dapat dibentuk sesuai yang diinginkan tergantung pada bentuk *patch* , seperti lingkaran, persegi panjang, segitiga, dan lingkaran bulat.
- 2) *Dielectric Substrate* adalah lapisan di tengah substrat yang berfungsi sebagai media untuk mendistribusikan gelombang listrik dari catu daya ke area bawah *patch*. Bahan dielektrik yang digunakan pada bagian ini dengan toleransi *relative* tertentu tergantung pada persyaratan desain.
- 3) *Groundplane* adalah bagian terakhir atau bawah substrat yang biasanya terbuat dari bahan konduktif yang berfungsi sebagai *reflector* untuk digunakan sebagai pemantulan sinyal yang tidak diperlukan atau diinginkan [18].

Antena mikrostrip memiliki keunggulan seperti ukurannya yang kecil, bentuk yang serasi dan sederhana. Namun, antena jenis ini terdapat beberapa kelemahan, antara lain: *gain* rendah direktivitas yang buruk, efisiensi yang terhitung rendah, kerugian resistif pada saluran input dan *bandwidth* yang sempit [2]. Adanya *slot* pada *patch* sebagai merupakan sebuah cara yang digunakan untuk mengurangi permasalahan pada *bandwidth* di antena mikrostrip. Perubahan pada *patch* dan penggantian pencatu menggunakan *proximity coupled* menjadikan nilai *bandwidth* dan *gain* dapat ditingkatkan berdasarkan antena yang digunakan tersebut [19].

Selanjutnya, pada elemen peradiasi memiliki fungsi untuk melakukan radiasi pada gelombang listrik dan magnet. Pada elemen ini biasa disebut radiator *patch* yang memiliki bentuk logam dengan ketebalan tertentu. Adapun logam yang digunakan berjenis tembaga atau *copper* yang memiliki konduktifitas sebesar  $5,8 \times 10^7$  s/m. Elemen pada peradiasi diantaranya adalah elemen dengan bentuk persegi, bentuk persegi panjang, bentuk garis tipis, bentuk lingkaran, bentuk *elips* dan bentuk segitiga. Gambar bentuk antena mikrostrip seperti terlihat di gambar berikut : [17]



**Gambar 2. 2** Berbagai bentuk antena mikrostrip [17]

### 2.2.3 Antena Mikrostrip *Rectangular Patch*

*Rectangular* atau persegi panjang adalah bentuk *patch* merupakan bentuk umum yang sering digunakan dan mudah dianalisis. Antena *patch* persegi panjang adalah konfigurasi yang paling banyak digunakan karena bentuknya memungkinkan analisis teoritis untuk dibaca. Tambalan persegi panjang sejauh ini merupakan pengaturan mikrostrip yang sudah umum digunakan. *Patch* persegi panjang menjadi mudah dibuat dikarenakan bentuknya yang sederhana. Antena ini hanya dapat dibuat dengan menghubungkan logam persegi panjang. Antena mikrostrip *patch* persegi panjang juga biasa dimodelkan sebagai saluran transmisi mikrostrip dengan panjang (L), lebar (W), dan ketebalan substrat (h). Persamaan untuk menentukan panjang dan lebar antena mikrostrip adalah sebagai berikut [20].

1) Perhitungan Lebar *Patch* ( $W_p$ )

$$W_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\frac{(\epsilon_r + 1)}{2}}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- c = Kecepatan cahaya di ruang bebas sebesar  $3 \times 10^8$  m/s
- $\epsilon_r$  = Konstanta dielektrik dari bahan substrat
- $F_0$  = Frekuensi kerja

2) Perhitungan Panjang *Patch* ( $L_p$ )

Sebelum menghitung nilai Panjang *Patch* ( $L_p$ ) , langkah pertama yang harus dilakukan ialah menghitung parameter  $\Delta L$  sebagai pertambahan panjang dari L yang diakibatkan adanya *fringing effect* dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left( \frac{W_p}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left( \frac{W_p}{h} + 0,8 \right)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- h = tinggi substrat
- $\epsilon_{reff}$  = Konstanta dielektrik efektif
- Kemudian mencari nilai dari  $\epsilon_{reff}$  :



$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{h}{W_p} \right)}} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Kemudian mencari nilai  $L_{\text{eff}}$  :

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Maka dari itu perhitungan panjang *patch* diperoleh rumus ( $L_p$ ) :

$$L_p = L_{\text{eff}} - 2\Delta L \dots\dots\dots(2.5)$$

3) Perhitungan Lebar *Groundplane* ( $W_g$ )

$$W_g = 2xW_p \dots\dots\dots(2.6)$$

4) Perhitungan Panjang *Groundplane* ( $L_g$ )

$$L_g = 2xL_p \dots\dots\dots(2.7)$$

5) Perhitungan saluran transmisi (*feedline*) yaitu Lebar *feedline* ( $W_f$ ) dan Panjang ( $L_f$ )

$$L_f = \frac{\lambda}{4 \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} = \frac{c}{4f \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left( B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left( \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana dengan nilai impedansi ( $Z_0$ ) = 50Ω

### 2.3 PARAMETER ANTENA

#### 1) *Return Loss*

Merupakan perbandingan dari amplitudo gelombang dengan yang dipantulkan dan amplitudo gelombang yang dipancarkan. Frekuensi dari kerja antena yang baik adalah *return loss* bernilai ≤10 dB yang mengakibatkan 90% sinyal diserap dan hanya 10% yang dipantulkan kembali [21].

*Return loss* dapat ditentukan dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$RL = 20 \log |\Gamma| \text{ dB} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :  $RL = \text{Return loss}$

$\Gamma = \text{koefisien refleksi}$

2) *VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)*

Merupakan gelombang datang dan gelombang pantul yang kemudian dibandingkan sehingga pada kedua gelombang tersebut menghasilkan bentuk berdiri. Adapun, nilai *VSWR* yang baik adalah antara 1 dan  $\leq 2$  [16].

Nilai *VSWR* dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$S = \frac{|V|_{\max}}{|V|_{\min}} = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :  $S = \text{VSWR}$

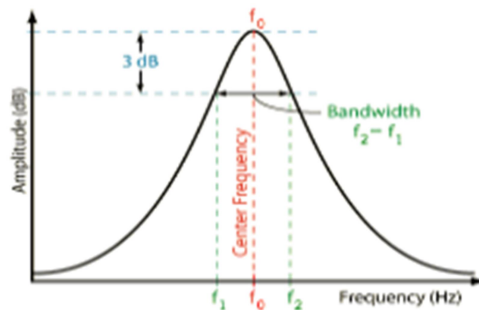
$|V|_{\max} = \text{gelombang tegak maksimum}$

$|V|_{\min} = \text{gelombang tegak minimum}$

$\Gamma = \text{koefisien refleksi}$

3) *Bandwidth*

*Bandwidth* dapat diartikan sebagai sebuah daerah atau rentang frekuensi yang menyebabkan antenna dapat bekerja dengan baik. Untuk ketentuan antenna pada rentang frekuensi menghasilkan *VSWR* dan *return loss* tidak melewati nilai maksimum [22] seperti penggambaran grafik di bawah ini :



**Gambar 2. 3 Grafik *Bandwidth* [21]**

4) *Gain* (Penguatan)

Adalah perbandingan intensitas radiasi arah utama antenna dengan intensitas radiasi antenna isotropik dengan sumber daya *input* yang sama dengan satuan dBm

[21]. Atau definisi lain dari gain Merupakan jumlah daya yang dipancarkan dalam arah tertentu dengan tingkat fokus optimal. Memperbesar direktivitas berarti memperkuat atau memfokuskan radiasi antenna ke arah tertentu. *Gain* dan *directivity* memiliki keterkaitan untuk melakukan perhitungan yang efisien pada antenna serta dapat memberikan pengarahannya. Melalui antenna *gain*, kita dapat diketahui nilai dari *loss* yang terjadi pada transmisi daya antenna [23].

Nilai *gain* dapat ditentukan dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$Gain = 4\pi \frac{U_{(\theta,\phi)}}{P_{in}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :  $U_{(\theta,\phi)}$  = Intensitas radiasi

$P_{in}$  = daya *input* total diterima

### 5) Pola radiasi

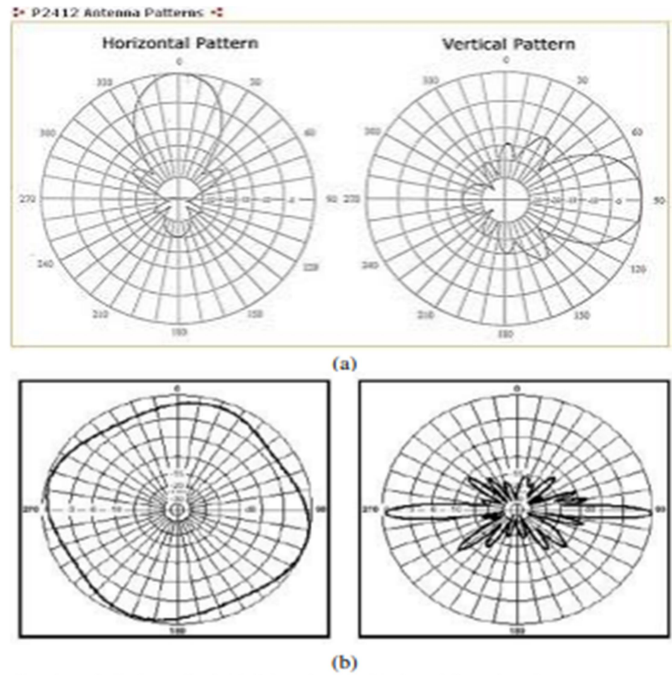
Pola radiasi pada antenna merupakan sebuah fungsi matematika dari koordinat ruang. Biasanya, pola radiasi diukur berdasarkan daerah medan jauh atau *far field*. Sifat dari antenna dapat diketahui berdasarkan pola radiasinya. Adapun, sifat-sifat tersebut diantaranya adalah *half power-beam width* (HPBW), *front-to-back ratio* (FBR), direktivitas dan polarisasi medan listrik antenna [24].

Pola radiasi dapat diartikan sebagai representasi grafis dari karakteristik radiasi antenna yang tergantung pada koordinat spasial dari pola radiasi yang ditentukan dalam medan jauh dan digambarkan sebagai koordinat arah [22]. Pola radiasi antenna dapat diketahui gambarannya sebagai pola 3 dimensi. Pola tersebut terdiri dari dua pola radiasi, elevasi dan *azimuth* [21].

Bentuk pola radiasi terbagi menjadi 2 jenis, yaitu *Unidirectional* dan *Omnidirectional*.

- Antena *unidirectional* adalah jenis antenna dengan lebar pancaran yang sempit, artinya memiliki sudut pancar yang kecil dan daya arah yang lebih tinggi, letaknya lebih jauh dan tidak dapat menjangkau area yang luas, antenna *directional* mengirim dan menerima sinyal radio hanya dalam satu arah.
- Antena *Omnidirectional* yaitu jenis antenna dengan pola radiasi sinyal kuat yang sama ke segala arah. Untuk mendapatkan cakupan area yang luas, penguatan antenna *omnidirectional* harus memfokuskan kekuatannya secara horizontal (mendatar, sesuai dengan pola transmisi naik dan turun, sehingga

antena dapat ditempatkan di mana saja di tengah stasiun pangkalan. Keunggulan antenna adalah dapat melayani jumlah pengguna yang lebih banyak. Karakteristik umum antenna ini adalah radiasi sinar sinyal 360° yang tegak lurus ke atas dan *gain* antenna *omnidirectional* biasanya sekitar 3-12 dBi [25].



**Gambar 2. 4** Pola radiasi (a) *Unidirectional* dan (b) *Omnidirectional* [25]

6) *Directivity*

Adalah intensitas radiasi pada arah tertentu yang dibandingkan dengan radiasi rata-rata di semua arah.

*Directivity* dihitung dengan rumus:

$$D = \frac{U_{max}}{U_o} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana : D = *Directivity*

$U_{max}$  = Intensitas radiasi maksimum

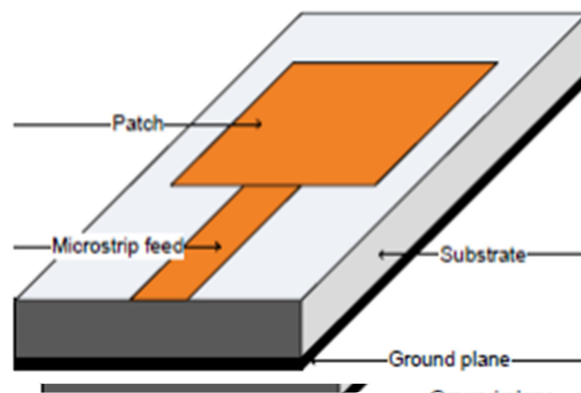
$U_o$  = Intensitas radiasi pada isotropik sumber

**2.4 TEKNIK PENCATUAN MIKROSTRIP**

Ada empat jenis teknik pencatuan yang paling populer digunakan dalam desain antenna mikrostrip, yaitu :

### 1. *Microstripline*

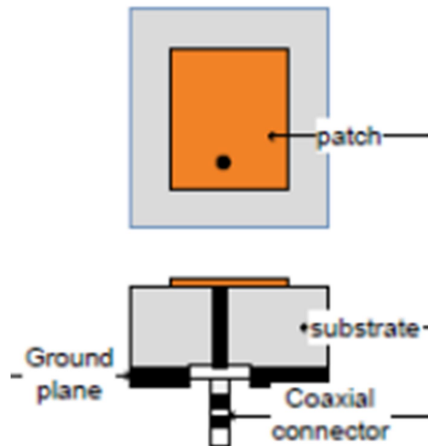
Teknologi jalur mikrostrip sangat mudah dibuat, sederhana dalam desain dan mudah dipasang hanya dengan menyesuaikan catu daya. Teknik ini menggunakan pita kecil sebagai jalur tambahan yang terhubung langsung ke antena patch. Teknik pencatuan antena mikrostrip adalah teknik untuk mentransfer energi elektromagnetik ke antena mikrostrip. Teknik pencatuan mikrostrip line ini memiliki kelemahan yaitu peningkatan ketebalan substrat meningkatkan gelombang permukaan dan perambatan radiasi saluran, yang dapat menyebabkan penyempitan *bandwidth* [26].



**Gambar 2. 5** Teknik pencatuan mikrostrip *line* [26]

### 2. *Coaxial probe*

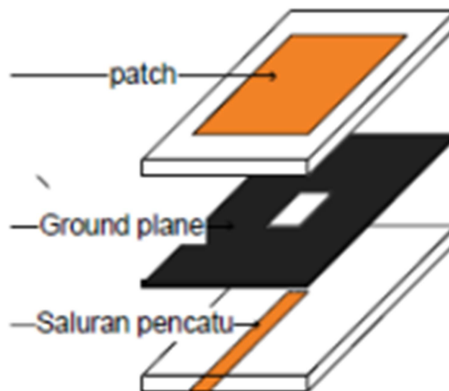
Teknik ini merupakan salah satu bagian pada konduktor *coax* yang kemudian ditambahkan pada *patch* dengan radiasi sementara bagian luar konduktor untuk selanjutnya dihubungkan pada *ground plane*. Teknik ini sering dipakai karena mudah. Pada teknik pencatuan *coaxial probe*, bagian dalam konduktor dari *coax* ditambahkan kedalam *patch* radiasi sementara bagian luar konduktornya dihubungkan dengan *ground plane*. Teknik pencatuan ini juga sering digunakan karena mudah dibuat dan memiliki tingkat radiasi buatan atau palsu yang rendah.



**Gambar 2. 6 Teknik pencatuan *coaxial probe* [23]**

3. *Aperture-coupling*

Teknik ini merupakan sebuah teknik yang paling sulit untuk dibuat atau difabrikasi karena nilai *bandwidth* yang kecil atau dapat terbilang sempit. Pada pengoptimalannya memiliki dua *substrat* yang dipisah oleh *ground plane*. Dasar *substrat* yang terletak di bawah memiliki sebuah mikrostrip berupa *line feed* yang mempunyai energi terkoperl *patch* melalui *slot* di *ground plane* agar dapat memisahkan kedua *substrat*.

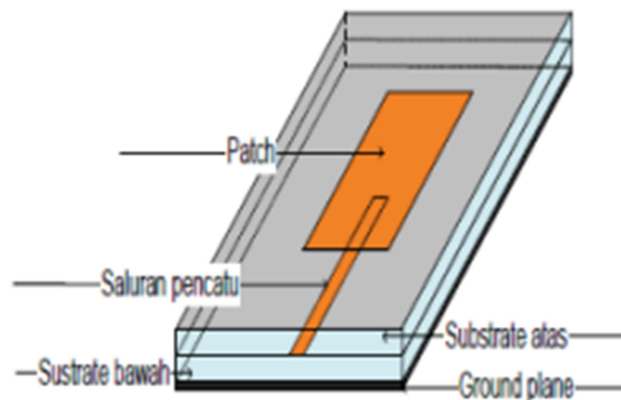


**Gambar 2. 7 Teknik pencatuan *aperture-coupling* [23]**

4. *Proximity-coupled*.

*Proximity coupling* merupakan teknik pencatuan yang memiliki keunggulan pada *bandwidth* yang dihasilkan paling besar dan radiasi tambahan (*spurious*

*radiation*) yang kecil. Teknik ini sangat sulit difabrikasi. Dengan mengatur parameter panjang dari *feeding stub* dan rasio *width-to-line* dari *patch* dapat mengoptimalkan desain. Pencatuan *proximity coupling* merupakan turunan dari pencatuan *microstrip line*. Bentuk pencatuannya hampir mirip dengan pencatuan *microstrip line*, bedanya terlihat dari hubungan antara *patch* antena dan catuannya terlihat sedikit menjorok ke arah *patch* antena mikrostrip tersebut.



**Gambar 2. 8 Teknik pencatuan *Proximity coupling* [23]**

## 2.5 ANTENA ARRAY

Antena *array* adalah antena yang dibangun dengan elemen yang berhubungan serta tersusun dengan struktur yang teratur agar membentuk antena. Antena *array* biasanya terdiri dari beberapa elemen pancaran berupa susunan geometris dengan metode penempatan tertentu sehingga diperoleh pola pancaran yang diinginkan. Tujuan utama dari konfigurasi untuk peningkatan efisiensi, *directivity*, *bandwidth* dan *gain* antena. Penempatan susunan antena *array* dapat meningkatkan radiasi unsur untuk menghasilkan radiasi maksimum ke arah tertentu atau yang diinginkan [8].

### 2.5.1 Antena mikrostrip *Array*

Antena mikrostrip tidak hanya digunakan sebagai elemen tunggal, namun antena yang populer secara berkelompok. Antena *array* dapat meningkatkan kinerja antena baik dalam meningkatkan keterarahan, efisiensi, penguatan serta mampu

melakukan banyak fungsi lain di luar kemampuan antenna elemen tunggal. Antena mikrostrip konfigurasi *array* merupakan antenna mikrostrip tunggal yang dibangun yang dapat disusun secara seri, paralel atau gabungan dari kedua bentuk tersebut. Mikrostrip yang ditempatkan pada susunan *array* adalah bagian *patch* nya. Ada beberapa konfigurasi susunan antenna *array*, antara lain linier, planar, dan sirkular. Setiap konfigurasi memiliki kelebihan masing-masing. Sebuah antenna planar adalah sebuah *array* di mana elemen *array* membentuk area berbentuk kotak [8].

### 2.5.2 T-Junction

*T-Junction* adalah metode untuk menghubungkan dua *patch* antenna mikrostrip sebagai elemen pemancar disusun berturut-turut (umpan perusahaan). Pemanfaatan dari Metode pembagi daya *T-Junction* sebagai *feeder* dan distributor sinyal untuk kedua tambalan ada pada kesederhanaan pencocokan dengan menyesuaikan posisi inset masukan dan relatif mudah untuk memodelkannya Pada perancangan antenna mikrostrip *rectangular patch* elemen tunggal, saluran impedansi masukan ( $Z_0$ ) adalah sebesar  $50 \Omega$ . Dalam perancangan antenna mikrostrip *array* 2x2 atau antenna *array* 4 elemen dibutuhkan yang namanya komponen *T-junction* sebesar  $70.7 \Omega$  dan  $86.6 \Omega$  yaitu terdiri dari dua jenis yaitu dua resistansi dan tiga impedansi feed line melalui persamaan sebagai berikut : [27]

$$Z_T = Z_0 \sqrt{N} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$Z_T$  = Nilai impedansi *T-Junction*

$Z_0$  = Impedansi masukan (  $50 \Omega$  )

N = Jumlah titik percabangan yang terhubung pada *T-junction*

Untuk menghitung lebar dan panjang *T-junction* diperoleh dengan persamaan berikut :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_T \sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots\dots(2.16)$$



$$W_{JT} = \frac{2xh}{3.14} \left[ B - 1 - \ln(2xB - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2x\epsilon_r} \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \dots\dots\dots(2.17)$$

Untuk mencari panjang T-junction maka terlebih dahulu menentukan nilai W/h :

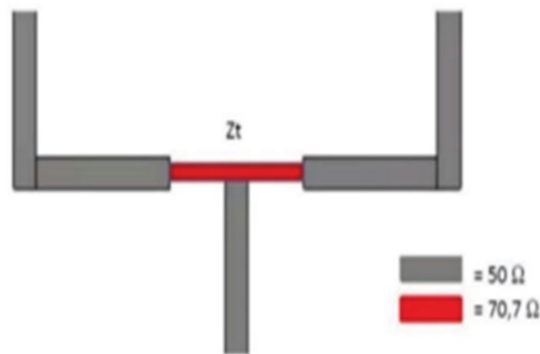
$$W_{JT}/h = \frac{2}{3.14} \left[ B - 1 - \ln(2xB - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2x\epsilon_r} \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left( \frac{1}{W_{JT}/h} \right)}} \right) \dots\dots\dots(2.19)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \dots\dots\dots(2.20)$$

Maka untuk panjang *T-junction* diperoleh persamaan akhir yaitu :

$$L_{JT} = \frac{\lambda_g}{4} \dots\dots\dots(2.21)$$



**Gambar 2. 9 T-junction pada Antena Array[26]**

### 2.5.3 Jarak antar elemen

Untuk mencapai desain yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 terdapat tiga langkah perlu dilakukan yaitu mendapatkan jarak antar elemen *patch* mikrostrip *rectangular array*. Perancangan mengenai jarak antar elemen yang dirancang pada penelitian ini ialah ( $d = \lambda/2$ ), ( $d = \lambda/4$ ), dan ( $d = \lambda/8$ ) dengan mendapatkan nilai lamda melalui rumus persamaan berikut : [28]

$$\lambda = \frac{c}{F_0} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :  $\lambda$  = Panjang Gelombang

$c$  = Kecepatan cahaya di ruang bebas sebesar  $3 \times 10^8$  m/s

$F_0$  = Frekuensi kerja