

BAB II

ANTENA MIKROSTRIP TEKNOLOGI JAMMER

ANTI-DRONE

2.1. Drone

Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah kendaraan tanpa pilot yang dapat terbang di udara, dimana proses bergerak dengan cara dikendalikan oleh operator menggunakan *remote control* (RC) atau secara otomatis oleh komputer yang terpasang. Drone saat ini diklasifikasikan ke dalam berbagai kategori berdasarkan aplikasinya yang terbagi dalam tiga kelompok, yaitu militer, industri (perusahaan), dan komersial. Untuk pemanfaatan di dunia militer, drone dapat digunakan sebagai alat untuk misi pengintaian, keamanan negara, pencarian dan penyelamatan saat operasi bencana. Sedangkan di industri, drone mendominasi pada bidang konstruksi, pertanian, dan transportasi segmen pasar. Misalnya drone yang digunakan untuk pengukuran presisi di lokasi konstruksi atau inspeksi tanaman pada wilayah pertanian. Kemudian untuk bidang komersial, drone banyak digunakan untuk kebutuhan industri film, pemeriksaan infrastruktur, dan mengembangkan ladang petani secara individu.[4]

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 90 tahun 2015 bahwasannya penggunaan drone boleh dilakukan oleh seseorang, sekelompok orang (komunitas hobi), organisasi, instansi swasta atau instansi pemerintah. Kemudian penggunaan drone dioperasikan tidak lebih dari ketinggian 150 meter. Untuk penggunaan pada sektor militer, industri dan komersial diperbolehkan jika berada pada radius lebih dari 500 meter dari batas terluar area terlarang.[5]

Pada tabel 1.1 menjelaskan kategori drone terbagi dalam 3 jenis, yaitu *micro*, *mini* dan *small*. Masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti, berat drone, batas ketinggian saat pengoperasian, batas jarak misi melalui navigasi satelit, durasi waktu penggunaan, berat muatan, dan ketersediaan di pasaran.[6]

Tabel 2. 1. Klasifikasi UAV berdasarkan kategori micro, mini dan small

Category	Weight (in kg)	Normal Operating Altitude (in m)	Mission Radius, Range (in km)	Typical Endurance (in h)	Payload (in kg)	Available UAV Models in Market
Micro	<2	<140	5	<1	<1	DJI Spark, DJI Mavic, Parrot Bebop2
Mini	2-25	<1000	25	2-8	<10	DJI Matrice600, DJI Inspire2, Airborne Vanguard
Small	25-150	<1700	50	4-12	<50	AAI Shadow 200, Scorpion 3 Hoverbike

Pada gambar 2.1 memperlihatkan model-model drone yang ada di pasaran dengan pemanfaatan pada sektor militer, industri, dan komersial, seperti DJI Mavic series Pro 1, Pro 2 dan Air dimana memiliki bentuk yang hampir sama tetapi dengan spesifikasi yang berbeda. Kemudian DJI Phantom 4 SE merupakan model yang paling banyak digunakan di masyarakat. Adapun model Yuneec Mantis Q, Parrot ANAFI, dan DIY-drone sebagai tambahan.[7]



Gambar 2. 1. Model-model drone yang ada di pasaran

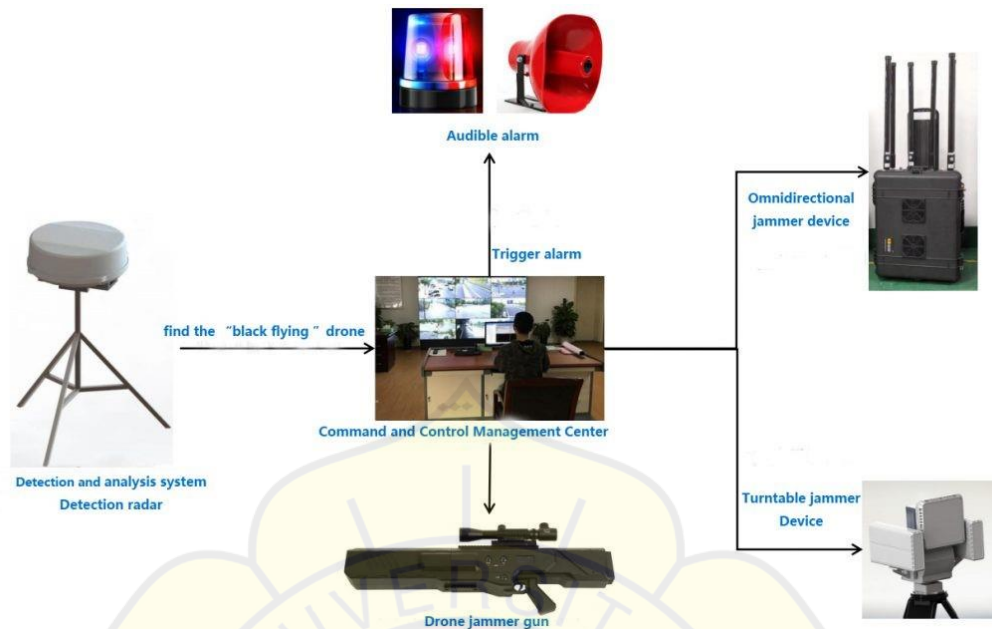
Pada tabel 2.2 menjelaskan model drone disertai frekuensi operasi yang digunakan pada *receiver* drone. Dari setiap frekuensi operasi yang digunakan memiliki aplikasi yang berbeda, seperti 1,5 GHz untuk aplikasi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) pada spektrum L1, sedangkan 2,4 GHz dan 5,8 GHz untuk aplikasi Wi-Fi.

Tabel 2. 2. Model drone disertai frekuensi operasi pada 1,5 GHz, 2,4 GHz, dan 5,8 GHz

No	Model	Frekuensi Operasi (GHz)		
		1,5	2,4	5,8
1.	DJI Mavic Air	1,563 – 1,587	2,412 – 2,462	5,745 – 5,825
2.	Yunnec Mantis Q	1,563 – 1,587	-	5,745 – 5,825
3.	Parrot ANAFI	1,563 – 1,587	2,412 – 2,462	5,745 – 5,825
4.	DJI Mavic Pro 2	1,563 – 1,587	2,4075 - 2,4655	5,7285 – 5,8465
5.	DJI Mavic Pro	1,563 – 1,587	2,4035 - 2,4775	-
6.	DJI Phantom 4	1,563 – 1,587	2,404 - 2,470	-
7.	DIY – drone	-	2,408 - 2,4775	-

2.2. Sistem Pertahanan Anti-Drone

Sistem pertahanan anti-drone adalah teknologi untuk mengamankan area tertentu dari kehadiran drone penghancur. Sistem anti-drone memindai spektrum RF untuk mendeteksi keberadaan drone di area yang diawasi, mengidentifikasi lokasi drone, dan memaksa mereka mendarat atau mengirim UAV ke titik peluncuran mereka, serta memaksa mereka melayang-layang tak terkendali menggunakan metode gangguan RF. Pada gambar 2.2 memperlihatkan diagram blok dari sistem pertahanan darat anti-drone.



Gambar 2. 2. Blok diagram sistem pertahanan anti-drone

Deteksi drone bekerja dengan mengeksploitasi berbagai karakteristik drone yang sedang terbang. Drone umumnya memancarkan panas, suara, dan sinyal RF untuk berkomunikasi dengan operator pada jarak yang jauh. Sistem deteksi mengumpulkan data sensor untuk mengonfirmasi keberadaan drone di area terdekat. Pada tahap ini, dapat dikenali jenis drone yang digunakan, ukuran drone dan lokasinya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Republik Indonesia nomor 16 tahun 2018 mengenai penggunaan perangkat telekomunikasi yang digunakan untuk menginterferensikan gelombang radio (jammer anti-drone) mendapatkan izin dari Direktur Jendral apabila untuk kepentingan negara[8]. Kemudian berdasarkan Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Republik Indonesia nomor 28 tahun 2015 mengenai perangkat telekomunikasi yang beroperasi pada pita frekuensi radio 2,4 GHz dan 5,8 GHz wajib menyertakan *subscriber station* dan *base station*. *Subscriber station* merupakan alat dan perangkat telekomunikasi yang berada pada pengguna. *Base station* merupakan suatu set alat dan perangkat telekomunikasi yang berfungsi untuk menyediakan konektifitas, manajemen dan kontrol terhadap *subscriber station*. [9]

2.3. Jammer Anti-Drone

Jammer anti-drone merupakan perangkat yang dapat mengganggu jalur frekuensi radio antara drone dan *remote control* (RC) yang dikendalikan oleh operator dengan menggunakan sinyal frekuensi radio yang memiliki energi lebih besar. Tujuan umumnya adalah membuat lawan target jatuh ke keadaan tidak terkendali di mana mereka tidak dapat bertukar sinyal komunikasi eksternal. Namun, karena teknik pengacau terutama menggunakan sinyal elektromagnetik, penggunaan jammer anti-drone dapat memiliki dampak yang tidak diinginkan yang signifikan, termasuk siaran TV, telekomunikasi, atau bahkan sistem lalu lintas udara. Dengan demikian, sebagian besar negara melarang keras teknologi jamming di depan umum.[10]

Jammer anti-drone menciptakan wilayah gangguan yang mengelilingi drone. Lebih jelasnya, sistem jammer mengganggu sinyal *downlink* drone yang dikendalikan oleh operator. Maka dari itu, penggunaan jammer anti-drone gun harus disesuaikan dengan karakteristik drone yang ada di pasaran. Contoh penggunaan frekuensi yang digunakan oleh jammer anti-drone gun harus menyesuaikan frekuensi drone agar terjadi proses interferensi gelombang. Frekuensi jammer anti-drone yang digunakan 1,5 GHz (GPS), 2,4 GHz, dan 5,8 GHz (WiFi). Pada tabel 2.3 merupakan nama-nama dari model jammer anti-drone gun (taktikal) beserta spesifikasinya mengenai frekuensi operasi, gain dan jarak.

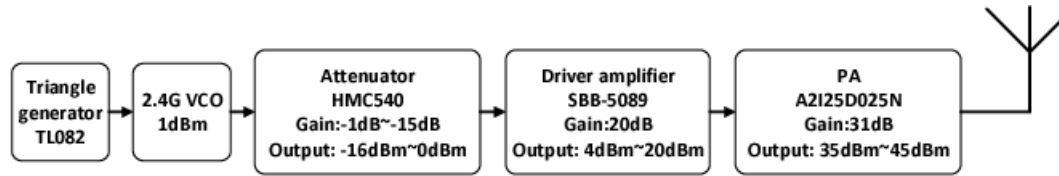
Tabel 2. 3. Konfigurasi model jammer anti-drone gun

No	Model Jammer Anti-Drone Gun (Taktikal)	Frekuensi Operasi (GHz)	Gain (dBi)	Jarak (m)
1	EAGLE108	1,350 – 1,650 2,400 – 2,483 5,000 – 5,900	7	1000
2	AARONIA AARTOS	1,575 – 1,620 2,400 – 2,500 5,700 – 5,920	15	2500
3	HN-1001	1,560 – 1,620 2,400 – 2,500 5,720 – 5820	7	1000
4	ITHPP ALCEN	1,550 – 1,620 2,400 – 2,484 5,725 – 5825	7	1000

2.4. Arsitektur Transmitter Jammer Anti-Drone

Pada gambar 2.3 memperlihatkan proses dari transmitter dalam pengurangan dan peningkatan nilai kekuatan sinyal (gain). Proses pertama untuk mendapatkan gelombang segitiga melalui perangkat *triangle generator*. Pada dasarnya perangkat yang dimaksud ialah *operational amplifier* (op-amp) dan integrator. Kemudian sinyal listrik akan dialirkan melalui *voltage controlled oscillator* (VCO) untuk menghasilkan frekuensi yang diharapkan 2,4 GHz. VCO merupakan perangkat yang tersusun dari kapasitor dan induktor. Untuk mendapatkan kekuatan sinyal (gain) menjadi sangat kecil merupakan fungsi dari attenuator. Pada tahap ini nilai resistansi menjadi besar, sehingga energi listrik dialirkan menuju ground dan sebagian menjadi panas. Tahap berikutnya terjadi peningkatan kekuatan sinyal (gain) melalui driver amplifier. Nilai impedansi yang diharapkan sebesar 50 Ω atau 75 Ω . Tahap terakhir dari perangkat transmitter

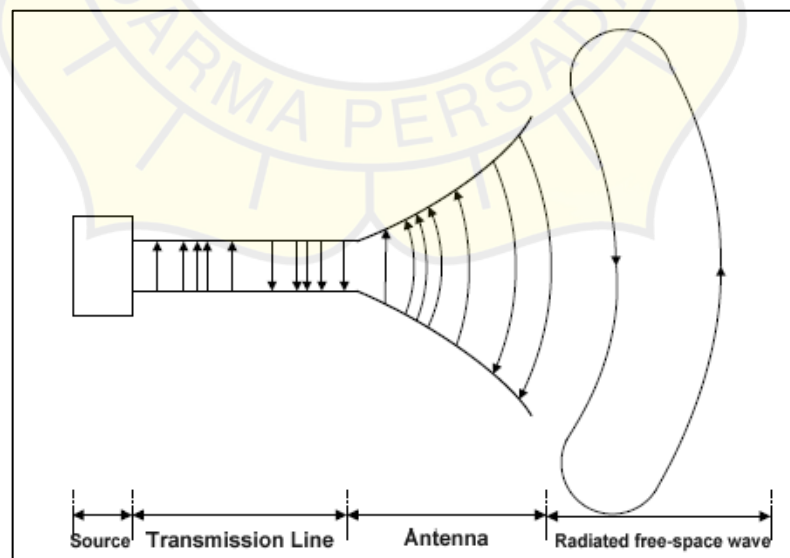
sebelum sinyal listrik dikonversi oleh antenna akan terjadi peningkatan kekuatan sinyal (gain) yang sangat tinggi oleh power amplifier (PA).[11]



Gambar 2. 3. Arsitektur transmitter jammer anti-drone

2.5. Antena

Antena merupakan perangkat yang dapat merubah sinyal listrik berupa tegangan dan arus menjadi gelombang elektromagnetik berupa medan magnet. Antena memiliki fungsi sebagai pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). *Transmitter* bekerja dengan mengirimkan sinyal elektromagnetik menuju *receiver* melalui ruang bebas. Sedangkan *receiver* bekerja dengan menerima sinyal elektromagnetik dari *transmitter* melalui ruang bebas yang diproses menjadi sinyal informasi. Saluran transmisi dan perangkat antena dibutuhkan dalam keadaan *matching impedance* agar fungsinya berjalan dengan baik. Pada gambar 2.4 merepresentasikan antena sebagai konversi medan listrik menjadi medan elektromagnetik.[12]



Gambar 2. 4. Antena sebagai konversi medan listrik menjadi medan elektromagnetik

Secara umum antena dibedakan menjadi antena isotropis atau omnidirectional, dan antena directional. Antena isotropis (*isotropic*) atau omnidirectional merupakan energi yang dipancarkan dari antena sebagai sumber titik ke segala arah seperti permukaan bola dengan intensitas yang sama. Sedangkan antena directional merupakan antena yang memancarkan energi ke arah tertentu dengan jarak jangkauan relatif jauh. Gain antena ini relatif lebih besar dari antena omnidirectional. Jika suatu antena memiliki gain 10 dBi, maka pada arah tertentu antena memancarkan daya 10 dB lebih besar dibandingkan dengan antena isotropis.[13]

2.6. Parameter Antena

Antena dapat dicirikan dengan parameter utama seperti, bandwidth, impedansi karakteristik, impedansi input, return loss, koefisien refleksi, voltage standing wave ratio (VSWR), pola radiasi, polarisasi, *directivity*, gain, dan beamwidth. Parameter ini akan dibahas secara singkat di bawah ini.

2.6.1. Bandwidth

Bandwidth atau lebar pita antena mikrostrip merupakan jangkauan frekuensi antara kenaikan nilai VSWR dari satu sampai batas nilai yang dapat ditoleransi. Besarnya bandwidth adalah selisih antara frekuensi maksimum (f_H) dan frekuensi minimum (f_L) dengan batas kenaikan nilai VSWR 1 - 2 dan dinyatakan dengan persamaan:[13]

$$BW = f_H - f_L \quad [2.1]$$

Untuk nilai presentasi bandwidth dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\%BW = \frac{f_H - f_L}{f_C} \times 100\% \quad [2.2]$$

Dengan frekuensi tengah dirumuskan:

$$f_C = \frac{f_H + f_L}{2} \quad [2.3]$$

Dimana:

f_C = Frekuensi tengah (Hertz)

f_H = Frekuensi maksimum (Hertz)

f_L = Frekuensi minimum (Hertz)

BW = Lebar pita atau bandwidth

2.6.2. Return Loss dan Koefisien Refleksi

Koefisien refleksi adalah ukuran yang baik tentang seberapa banyak sinyal/daya yang dipantulkan kembali dari terminal. Jelas, ketika impedansi beban sama dengan karakteristik impedansi, keduanya nol dan itu adalah *matching* impedansi. Ketika koefisien refleksi tegangan dan koefisien refleksi daya dinyatakan dalam bentuk logaritmik, mereka memberikan hasil yang sama, yang disebut *return loss* (RL). Nilai return loss yang ideal untuk performa antena yang baik adalah dibawah -9.54 dB atau sesuai dengan standar simulasi setidaknya dibawah -10 dB. Koefisien refleksi (Γ_L) didefinisikan pada persamaan dibawah.[12]

$$RL = 20\log_{10}|\Gamma_L| \quad [2.4]$$

Dimana :

RL = Return loss (dB)

Γ_L = Koefisien refleksi

2.6.3. Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

VSWR didefinisikan sebagai rasio besarnya tegangan maksimum pada saluran dengan besarnya tegangan minimum pada garis. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai persamaan dibawah.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L} \quad [2.5]$$

Dimana :

VSWR = *Voltage standing wave ratio*

Koefisien refleksi tegangan memiliki nilai kompleks, yang merepresentasikan besarnya magnitudo dan fasa dari refleksi, dalam beberapa kasus dapat didefinisikan:

$\Gamma = -1$ berarti refleksi negatif maksimum, yaitu ketika saluran terhubung singkat.

$\Gamma = 0$ berarti tidak ada refleksi, yaitu ketika saluran dalam keadaan *matched* sempurna.

$\Gamma = +1$ berarti refleksi positif maksimum, yaitu ketika saluran dalam rangkaian terbuka.

Kondisi yang paling baik adalah ketika nilai VSWR sama dengan Γ , atau $VSWR = 1$, yang berarti tidak ada refleksi atau dalam keadaan *matching* sempurna. Namun dalam prakteknya kondisi tersebut sulit didapatkan, sehingga standar nilai VSWR untuk sebuah antena setidaknya memiliki nilai VSWR 1 - 2.[12]

2.6.4. Impedansi Input

Impedansi masukan adalah perbandingan antara tegangan dengan arus, yaitu merupakan impedansi yang masuk ke terminal antena yang dikondisikan dalam keadaan seimbang dengan impedansi karakteristik dari saluran transmisi. Impedansi masukan (Z_{in}) terdiri dari bagian real (R_{in}) dan imajiner (X_{in}) dan dapat dinyatakan:

$$Z_{in} = (R_{in} + jX_{in}) \quad [2.6]$$

Dimana :

Z_{in} = Input impedansi (Ω)

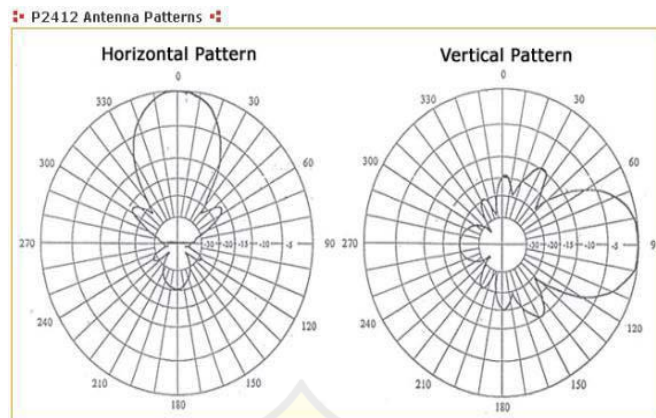
R_{in} = Impedansi nyata (Ω)

X_{in} = reaktansi

Daya real (R_{in}) merupakan komponen yang diharapkan, yakni menggambarkan banyaknya daya yang hilang melalui radiasi, sementara komponen imajiner (X_{in}) menunjukkan reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena.[13]

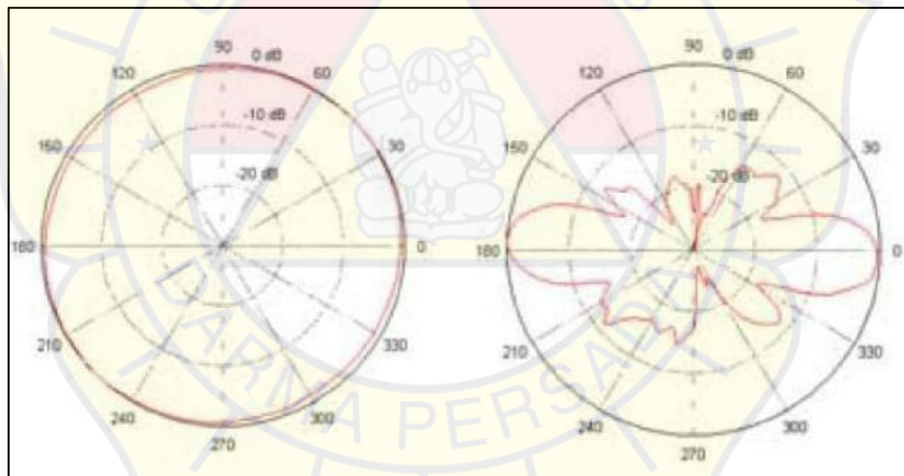
2.6.5. Pola Radiasi

Pola radiasi antena atau pola antena didefinisikan sebagai fungsi matematik atau representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi dari koordinat. Pola radiasi antena menjelaskan bagaimana antena meradiasikan energi ke ruang bebas atau bagaimana antena menerima energi. Pola radiasi antena dibedakan menjadi pola radiasi antena unidirectional dan omnidirectional.



Gambar 2. 5. Bentuk Pola Radiasi Antena Unidirectional

Antena unidirectional mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh. Pada gambar 2.5 merupakan gambaran secara umum bentuk pancaran yang dihasilkan oleh antena *unidirectional*.



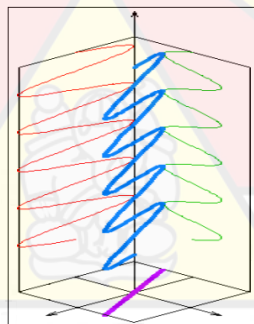
Gambar 2. 6. Bentuk Pola Radiasi Omnidirectional

Pada gambar 2.6 merupakan gambaran antena omnidirectional yang mempunyai pola radiasi yang digambarkan seperti bentuk kue donat dengan pusat berimpit. Antena omnidirectional pada umumnya mempunyai pola radiasi 360° jika dilihat pada bidang medan magnetnya.[13]

2.6.6. Polarisasi

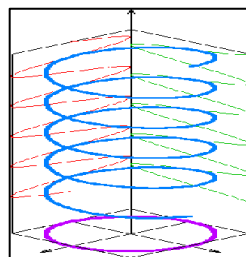
Polarisasi antenna merepresentasikan arah waktu yang bervariasi dari vektor medan listrik, seperti arah vertikal, horizontal dan melingkar. Gelombang yang dipancarkan oleh antenna tunggal memiliki polarisasi linier, ketika bidang antenna sejajar dengan ground. Untuk mendapatkan pola dua arah atau polarisasi melingkar, dapat menggabungkan beberapa antenna. Dalam hal ini, pusat fase efektif total dapat dihubungkan pada pencatuan. Polarisasi diklarifikasikan sebagai linear, melingkar dan elips.

Pada gambar 2.7 menggambarkan polarisasi linear terhadap vektor medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus berosilasi dalam satu arah tetap sepanjang jalur perambatannya. Polarisasi linear dapat diperoleh jika vektor medan listrik berada dalam satu bidang sepanjang waktu.[14]



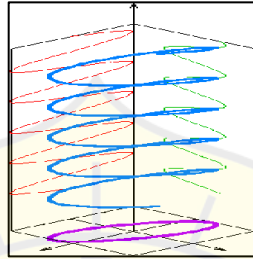
Gambar 2. 7. Polarisasi Linier

Pada gambar 2.8 menggambarkan polarisasi melingkar terhadap vektor medan listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus berosilasi membentuk lingkaran sepanjang jalur perambatannya. Polarisasi melingkar dapat diperoleh jika vektor medan listrik berada dalam bidang melingkar sepanjang waktu.[14]



Gambar 2. 8. Polarisasi Melingkar

Pada gambar 2.9 menggambarkan polarisasi elips terhadap vektor medan listrik dan medan magnetik yang saling tegak lurus berosilasi membentuk elips sepanjang jalur perambatannya. Polarisasi elips merupakan kombinasi dari polarisasi linier dan melingkar. Polarisasi elips dapat diperoleh jika vektor medan listrik berada dalam bidang elips sepanjang waktu.[14]



Gambar 2. 9. Polarisasi Elips

2.6.7. Directivity dan Gain

Directivity merupakan ukuran konsentrasi daya yang dipancarkan dalam arah tertentu. Ini didefinisikan sebagai rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antenna ke intensitas radiasi dirata-ratakan ke segala arah.[12]

Gain adalah salah satu parameter yang sangat penting yang menggambarkan kinerja dan efisiensi antenna. Gain menggambarkan ukuran kemampuan antenna untuk mengarahkan daya yang dipancarkan ke arah tertentu. Dalam prakteknya, total daya input sebuah antenna dapat diperoleh dengan mudah, namun total daya yang dipancarkan oleh antenna sulit didapat. Sebuah antenna memiliki nilai gain (G) dan *directivity* (D) yang berbeda dengan dipengaruhi oleh persentase efisiensi antenna (η). Secara matematis, Gain (G) dapat ditulis sebagai:[12]

$$G = \eta \times D \quad [2.7]$$

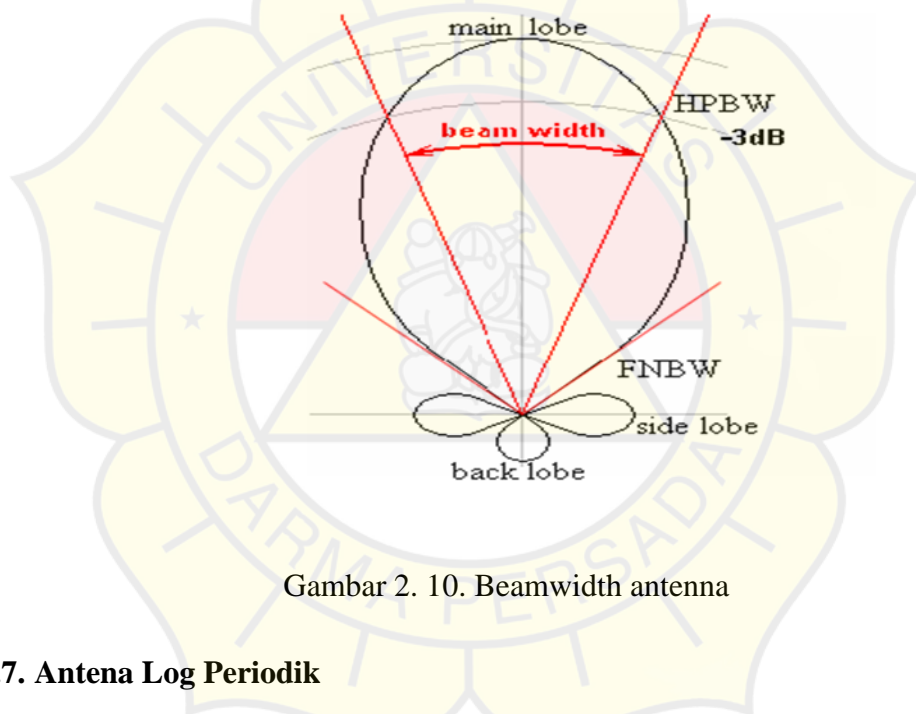
Dimana :

$D = \text{Directivity}$ antenna

$\eta = \text{persentase efisiensi antenna}$

2.6.8. Beamwidth

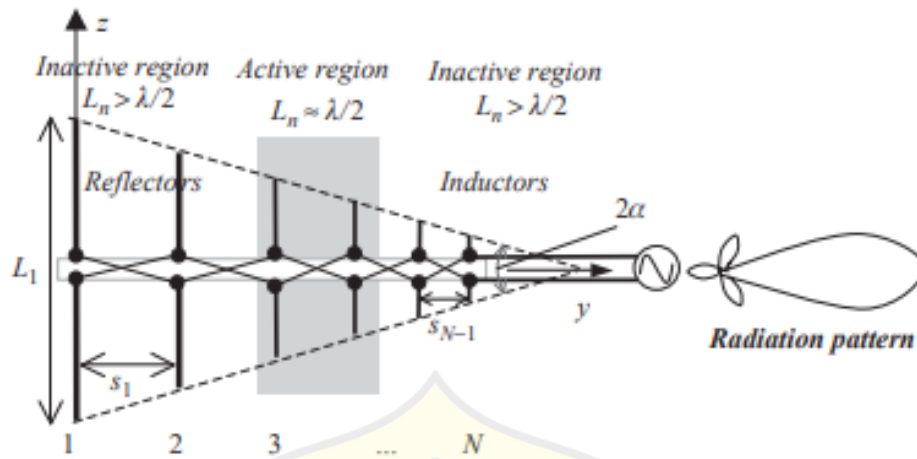
Beamwidth adalah besarnya sudut berkas pancaran gelombang frekuensi radio utama (main lobe) yang dihitung pada titik -3 dB menurun dari puncak main lobe. Gambar 2.10 menunjukkan tiga daerah pancaran yaitu lobe utama (*main lobe*), lobe sisi samping (*side lobe*) dan lobe sisi belakang (*back lobe*). *Half Power Beamwidth* (HPBW) adalah daerah sudut yang dibatasi oleh titik-titik setengah daya atau -3 dB atau 0,707 dari medan maksimum pada lobe utama. *First null Beamwidth* (FNBW) adalah besar sudut bidang diantara dua arah pada main lobe yang intensitas radiasinya nol.[13]



Gambar 2. 10. Beamwidth antenna

2.7. Antena Log Periodik

Antena log periodik memiliki struktur antena yang tersusun dari beberapa elemen dipol. Setiap elemen dipol dapat bertindak sebagai reflektor dan induktor. Kemudian terbagi menjadi wilayah aktif dan wilayah tak aktif. Sudut (2α) dapat membentang dari elemen dipol yang bertindak sebagai reflektor. Adapun pada gambar 2.11 menggambarkan konfigurasi dari antena log periodik dan pola radiasi.



Gambar 2. 11. Konfigurasi antena log periodik dan pola radiasi[12]

Antena log periodik memiliki karakteristik sudut α dari struktur bebas frekuensi. Ini disebut sudut puncak dan berhubungan dengan faktor skala (τ) dan jarak (σ).

$$\tan(\alpha) = \frac{1 - \tau}{4\sigma} \quad [2.8]$$

Parameter ini terkait melalui faktor jarak (σ) dan faktor penskalaan (τ) dan antena array meningkat secara logaritmik. Untuk memperoleh *directivity* antena yang diharapkan, maka nilai faktor skala (τ) dan faktor jarak (σ) disyaratkan $0,80 \leq \tau \leq 0,98$ dan $0,05 \leq \sigma \leq 0,22$.

$$\tau = \frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{S_{n+1}}{S_n} = \frac{w_{n+1}}{w_n} \quad [2.9]$$

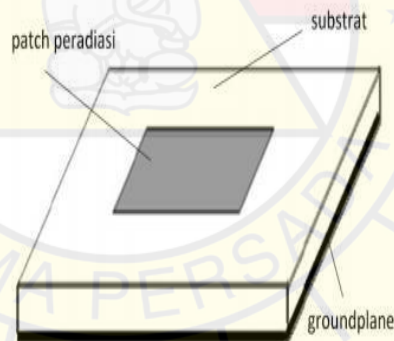
Tabel 2. 4. Data optimasi desain antena log periodik

Directivity/dBi	Scaling factor τ	Spacing factor σ	Apex angle α
7	0.782	0.138	21.55°
7.5	0.824	0.146	16.77°
8	0.865	0.157	12.13°
8.5	0.892	0.165	9.29°
9	0.918	0.169	6.91°
9.5	0.935	0.174	5.33°
10	0.943	0.179	4.55°
10.5	0.957	0.182	3.38°
11	0.964	0.185	2.79°

Dalam melakukan perancangan antenna log periodik diharapkan memiliki pola radiasi direksional dengan nilai gain sesuai yang diharapkan. Untuk itu perlu menentukan faktor Skala (τ) dan faktor Jarak (σ) yang sesuai dengan kebutuhan gain antenna. Pada tabel 2.4 menjelaskan mengenai data optimasi desain antenna log periodik untuk memperoleh keterarahan yang diharapkan dalam perancangan antenna log periodik.[12]

2.8. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas bidang dasar (*ground plane*) yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip memiliki massa ringan dan mudah untuk dipabrikasi, dengan ukurannya yang kecil dibandingkan dengan antenna jenis lain, antenna mikrostrip dapat dengan mudah ditempatkan disegala jenis permukaan. Karena sifat yang dimilikinya, antenna mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini sehingga dapat diintegrasikan pada perangkat telekomunikasi yang berukuran kecil.[15]

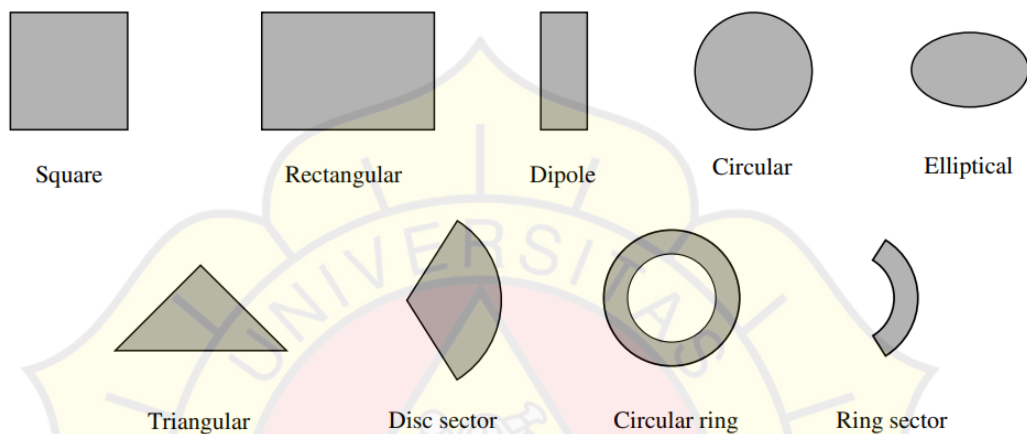


Gambar 2. 12. Struktur antenna mikrostrip

Secara umum, antenna mikrostrip terdiri atas 3 bagian, yaitu *patch* radiator, *substrate*, dan *groundplane*. *Patch* terletak di atas substrat, sementara *groundplane* terletak pada bagian paling bawah, strukturnya dapat dilihat seperti pada gambar 2.12. *Patch* berfungsi sebagai pemancar (radiator). *Patch* dan saluran pencatu biasanya terletak di atas substrat, sementara tebal *patch* (t) biasanya dibuat sangat tipis. Substrat terbuat dari bahan-bahan dielektrik, mempunyai tinggi (h) antara

$0,003\lambda_0 - 0,05\lambda_0$. Pada umumnya *patch* terbuat dari logam konduktor seperti tembaga atau emas dengan bentuk yang bermacam-macam.

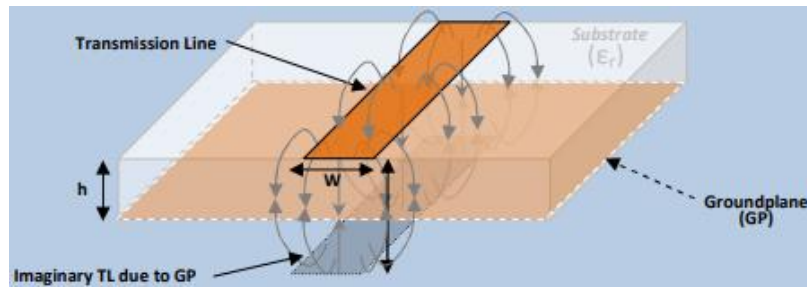
Terdapat banyak pola patch untuk antena mikrostrip, namun pada dasarnya bentuk konfigurasi patch seperti pada gambar 2.13 yang dapat digunakan di dalam merancang suatu antena mikrostrip seperti persegi, persegi panjang, segitiga, dipol, lingkaran, elips, dan cincin.



Gambar 2. 13. Macam-macam bentuk peradiasi antena mikrostrip[14]

2.8.1. Saluran Transmisi

Saluran mikrostrip terletak pada batas dua bahan dielektrik dengan substrat di bawah konduktor (saluran mikrostrip) dan udara di atas. Untuk susunannya, saluran mikrostrip memiliki lebar saluran (w_s) dan bidang pentanahan (*ground plane*) yang dipisahkan oleh tinggi substrat (h). Maka dari itu, medan listrik terjadi di dalam bahan substrat dan bagian di udara. Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) harus dimodifikasi untuk mengakomodasi pengaruh batas konstanta dielektrik efektif (ϵ_{eff}). Pada gambar 2.14 menjelaskan tentang representasi dari saluran mikrostrip dimana medan listrik terjadi dengan melewati ketinggian substrat sampai ke *ground plane*. [14]



Gambar 2. 14. Representasi dari saluran mikrostrip[16]

Untuk menentukan nilai dari konstanta dielektrik efektif dijelaskan pada persamaan 2.10, dimana konstanta dielektrik efektif (ϵ_{reff}) untuk $w_s/h \geq 1$ dengan (w_s) adalah lebar saluran dan (h) adalah ketebalan substrat dielektrik.[14]

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w_s}} \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad \frac{w_s}{h} > 1 \quad [2.10]$$

Parameter antenna mengenai suatu saluran mikrostrip agar diperoleh nilai reaktansi yang baik disebut impedansi karakteristik (Z_0). Impedansi karakteristik dari saluran mikrostrip ditentukan oleh lebar saluran (w_s) dan tinggi substrat (h) yang mana dijelaskan pada persamaan 2.11.[14]

Persamaan Karakteristik Impedansi untuk $w_s/h > 1$

$$Z_0 = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_r} \left(\frac{w_s}{h} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{w_s}{h} + 1,44 \right) \right)} \quad [2.11]$$

Dimana :

ϵ_r = Konstanta permitivitas relatif

Z_0 = Impedansi Karakteristik (Ω)

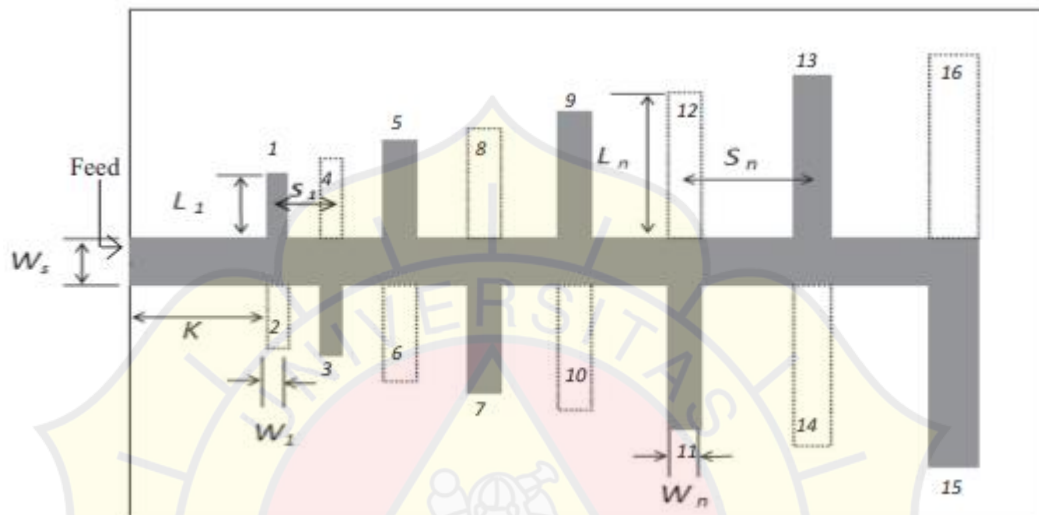
h = Ketebalan substrat (mm)

2.8.2. Antena Mikrostrip Log Periodik Dipol Array (MLPDA)

Antena mikrostrip log periodik dipol array (MLPDA) yang diperkenalkan oleh campbell telah dimodifikasi secara berurutan oleh beberapa peneliti untuk mencapai kinerja antenna yang lebih baik dalam hal bandwidth yang besar, ukuran minimalis, rasio depan ke belakang yang lebih baik, polarisasi silang yang rendah,

dan gain yang lebih baik. Selain itu, keunggulan yang lain seperti, biaya produksi rendah, tingkat hasil tinggi, dan ringan.

Kinerja MLPDA sangat dipengaruhi oleh panjang, lebar, jarak antar antenna dipol, faktor jarak (σ) dan faktor skala (τ). Pada gambar 2.15 menjelaskan mengenai konfigurasi dari antenna MLPDA.



Gambar 2. 15. Konfigurasi antenna mikrostrip log periodik dipol array (MLPDA)

Dalam menentukan nilai K_1 dan K_2 dapat dicari dengan menggunakan faktor skala seperti pada persamaan 2.12 dan 2.13. Dalam penggunaannya keduanya memiliki nilai yang berbeda.[14]

$$K_1 = 1,01 - (0,519 \times \tau) \quad [2.12]$$

$$K_2 = (7,08 \times \tau^3) - (21,3 \times \tau^2) + (21,98 \times \tau) - 7,30 \quad [2.13]$$

Dimana :

K_1 = konstanta elemen dipol maksimum

K_2 = konstanta elemen dipol minimum

Untuk jumlah elemen dipol (N) dapat ditentukan dengan persamaan 2.14.[14]

$$N = 1 + \frac{\log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) + \log\left(\frac{f_{\min}}{f_{\max}}\right)}{\log \tau} \quad [2.14]$$

Dimana :

f_{\min} = batas frekuensi minimum (Hz)

f_{\max} = batas frekuensi maksimum (Hz)

Untuk menentukan permitivitas efektif (ϵ_{eff}) dapat diperoleh dengan menentukan nilai dari tinggi substrat (h) dan lebar saluran (w_s) seperti pada persamaan 2.15.[14]

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12 \times h}{w_s}}} \right) \quad [2.15]$$

Dimana :

ϵ_r = permitivitas relatif

h = ketebalan bahan (mm)

w_s = lebar saluran (mm)

Untuk panjang dipol (L) dapat ditentukan dengan nilai yang diperoleh dari K_1 , permitivitas efektif $\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}$, dan batas frekuensi minimum seperti pada persamaan 2.16.[14]

$$L = \frac{K_1 \times c}{\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}} \times f_{\min}} \quad [2.16]$$

Dan panjang setengah dipol pertama (L_1) didapat:[14]

$$L_1 = \frac{1}{2} \times L \quad [2.17]$$

Dimana :

L = panjang dipol (mm)

L_1 = panjang setengah dipol pertama (mm)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m)

Untuk mencari jarak dipol pertama (S_1) dapat ditentukan dengan faktor jarak (σ) dan panjang setengah dipol pertama (L_1) seperti pada persamaan 2.18.[12]

$$S_1 = 4 \times \sigma \times L_1 \quad [2.18]$$

Berikut dalam menentukan K yang menyatakan jarak antara port dan elemen dipol ke – N . Persamaan K merupakan nilai yang dipengaruhi oleh permitivitas efektif ($\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}$) dan frekuensi maksimum (f_{\max}) seperti pada persamaan 2.19.[14]

$$S_N = K = \frac{c}{4 \times \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}} \times f_{\text{max}}} \quad [2.19]$$

Lebar elemen dipol (W_n) dapat ditentukan terlebih dahulu nilai dari radius dipol (a_n). Untuk nilai dari radius dipol (a_n) dan lebar elemen dipol (W_n) ditentukan oleh persamaan 2.20 [17] dan 2.21 [15]. Impedansi karakteristik umumnya bernilai 50Ω yang mana akan menentukan hasil.

$$a_1 = \frac{L_1}{\left(e^{\left(\frac{Z_0}{120} \right) + 2,25} \right)} \quad [2.20]$$

$$w_1 = a_1 \times \pi \quad [2.21]$$

Dimana :

a_1 = radius dipol pertama (mm)

Z_0 = impedansi karakteristik (Ω)

π = 3,14

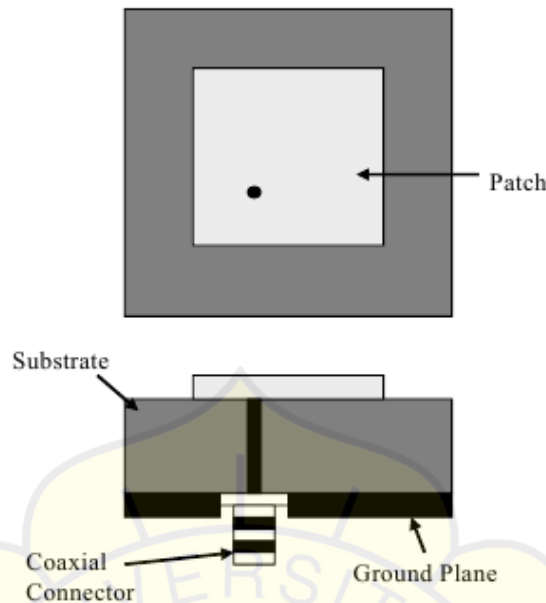
2.8.3. Teknik Pencatuan

Antena *patch* mikrostrip memiliki metode saluran yang berbeda-beda, seperti kontak langsung dan kontak tidak langsung. Kontak langsung bekerja dengan cara daya transmisi bergerak melalui saluran mikrostrip sebagai elemen penyambung yang mana langsung terhubung dengan *patch* peradiasi. Kontak tidak langsung bekerja dengan cara pengkoplingan daya transmisi dari saluran transmisi menuju *patch* peradiasi.[18]

Teknik pencatuan yang umum digunakan dalam metode kontak langsung adalah saluran catu mikrostrip atau *probe coaxial*, sedangkan untuk metode catuan kontak tidak langsung yaitu *aperture coupling* atau *proximity coupling*.

a. Probe Coaxial

Feed coaxial atau saluran probe adalah teknik yang sangat umum digunakan untuk saluran antenna mikrostrip. Seperti yang terlihat dari Gambar 2.16, bagian dalam konduktor dari suatu konektor koaksial melewati bagian dielektrik substrat dan disolder pada patch, sedangkan bagian luar konduktor terhubung pada *ground plane*.



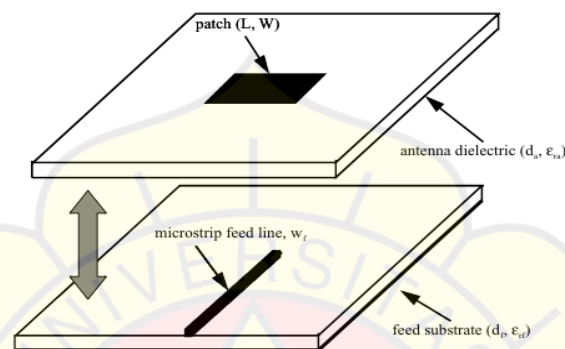
Gambar 2. 16. Skema pencatuan probe coaxial[15]

Keuntungan utama dari jenis saluran ini adalah saluran dapat ditempatkan pada lokasi sesuai kebutuhan di dalam *patch* untuk memperoleh *matching*. Saluran ini adalah metode yang mudah untuk dibuat dan memiliki sebaran radiasi yang rendah. Namun kelemahan utamanya adalah bahwa saluran ini bekerja pada bandwidth yang sempit dan cukup sulit dalam pabrikasinya, karena lubang harus dibor pada substrat dan konektor yang menonjol pada bagian luar ground, sehingga tidak membuat sepenuhnya planar untuk ketebalan substrat tertentu ($h > 0.02\lambda_0$). Juga untuk substrat yang lebih tebal, peningkatan panjang probe akan membuat impedansi masukan yang lebih induktif, menjadi masalah utama dalam *matching* impedansi. Hal ini terlihat di atas bahwa untuk substrat dielektrik tebal, yang menyediakan broadband bandwidth, saluran mikrostrip dan saluran koaksial mempunyai berbagai kelemahan. Maka untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, solusi selanjutnya akan dibahas pada teknik pencatuan tidak langsung.[15]

b. Proximity Couple Feed

Jenis teknik saluran ini juga disebut sebagai skema kopling elektromagnetik. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.17 digunakan dua substrat dielektrik dan garis saluran diantara kedua substrat tersebut serta radiasi patch pada bagian atas untuk

substrat bagian atas. Keuntungan utama dari teknik ini adalah saluran dapat menghilangkan sebaran radiasi serta dapat memberi pengaruh bandwidth yang sangat tinggi, dikarenakan oleh kenaikan keseluruhan ketebalan patch mikrostrip antenna. Skema ini juga menyediakan pilihan antara dua bahan media dielektrik yang berbeda, satu untuk patch dan satu untuk saluran untuk mengoptimalkan performa dari fungsi masing-masing elemen.[15]



Gambar 2. 17. Skema pencatuan proximity couple[15]

Matching dapat dicapai dengan mengontrol panjang garis saluran dan lebar ke garis rasio patch. Kerugian utama dari skema saluran ini adalah sulit untuk pabrikan, karena penggabungan dua layer yang berbeda sehingga perlu penggabungan yang akurat. Juga ada peningkatan ketebalan dari keseluruhan struktur antenna.

2.8.4. Defected Ground Structure (DGS)

DGS merupakan bentuk geometri yang tersusun dari beberapa desain cacat tunggal pada bidang tanah sebagai fitur untuk menghentikan perambatan gelombang melalui substrat pada rentang frekuensi tertentu. DGS dapat meningkatkan efisiensi dengan kemampuan menekan terhadap gelombang permukaan arus. Aplikasi DGS biasanya digunakan pada rangkaian filter dalam saluran mikrostrip yang menolak pada frekuensi tertentu, seperti halnya band gap pada struktur EBG. Ada beberapa bentuk dari pola DGS yang biasa digunakan dalam antenna seperti, *concentric rings*, *square spiral*, persegi panjang dan *dumbbell*. [19]