

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada jurnal tahun 2015 yang berjudul “Simulasi Perancangan dan Analisa Antena Mikrostrip Patch Circular pada Frekuensi 2,4 GHz untuk Aplikasi WLAN” dengan penelitian yang dilakukan oleh Syahrial, Teuku Yuliar, dan Jarnawi Ariga, membahas mengenai bagaimana merancang dan menganalisa antena mikrostrip dengan bentuk patch circular (lingkaran) dengan spesifikasi jari-jari $a = 16.94$ mm. Saluran pencatu $W = 4,9$ mm. $L = 32,9$ mm. Dengan menggunakan bahan substrate FR4 $h = 1,6$. $\epsilon_r = 4,4$. $\text{Loss} = 0,02$. Teknik pencatuan yang digunakan adalah dengan teknik *line feed*. Perancangan dan simulasi antena mikrostrip dilakukan menggunakan software *Advanced Design System (ADS)*. Setelah melakukan beberapa simulasi didapatkan hasil yang terbaik pada frekuensi 2,447 GHz didapat return loss sebesar -18,10 dB. Rentang bandwidth pada return loss -10 dB sebesar 5,72 % = 140 Mhz. Gain sebesar 8,0 dB. VSWR sebesar 1,28. Kesimpulan dengan merubah jari-jari patch dan panjang saluran pencatu akan mempengaruhi nilai-nilai parameter output antena yang didesain [5].

Pada jurnal tahun 2017 yang berjudul “Antena Mikrostrip MIMO 4x4 Bowtie 2,4 GHz untuk Aplikasi wifi 802.11n” dengan penelitian yang dilakukan oleh Fauzia Kurnia Hadist, Heroe Wijanto, Yuyu Wahyu, membahas mengenai perancangan dan realisasi antena mikrostrip MIMO bowtie 4x4 untuk aplikasi teknologi wifi yang bekerja pada frekuensi 2,4 GHz. Antena mikrostrip memiliki bentuk yang mudah untuk diimplementasikan di *Access Point*. Dengan berbentuk patch *bowtie* dipilih agar dapat memberikan bandwidth yang lebar, serta disusun menjadi MIMO agar mengatasi *multipath fading*. Dengan hasil fabrikasi, antena mikrostrip MIMO bowtie 4x4 ini memiliki hasil fabrikasi dengan nilai VSWR 1,32 dan gain 2,89 dBi, return loss -17,394 dB, nilai mutual coupling -28,369 dB, serta memiliki polarisasi sirkular dan pola radiasi omnidirectional [4].

Pada jurnal tahun 2017 yang berjudul “Perancangan dan Analisis Antena Mikrostrip MIMO Circular pada Frekuensi 2,35 GHz untuk Aplikasi LTE” dengan penelitian yang dilakukan oleh Imam M.P Budi, Eka Setia Nugraha, dan Andika

Agung, membahas mengenai perancangan dan analisis antenna mikrostrip MIMO circular pada frekuensi 2,35 GHz untuk aplikasi LTE. Teknik yang digunakan adalah teknik MIMO, teknik MIMO menggunakan multiantena baik di sisi transmitter maupun di sisi receiver dengan koefisien korelasi di bawah 0,2. Antena menggunakan $\lambda/2$ untuk jarak antar dua antena. Perancangan dan realisasi antena pada penelitian ini dipergunakan untuk aplikasi LTE yang bekerja pada frekuensi 2,3 GHz sampai 2,4 GHz. Pada simulasi antena menunjukkan frekuensi kerja yang direncanakan yaitu antara 2,3 GHz – 2,4 GHz yang memiliki return loss -38,582 dB dan VSWR 1,0238 pada frekuensi tengah 2,350 GHz, gain sebesar 4,332 dB. Hasil pengukuran antena satu terdapat pergeseran frekuensi dari 2,200 Mhz – 2,400 MHz menjadi 2,310 – 2,384 MHz, antena ini memiliki return loss -35,476 dB dan VSWR 1,03, Bandwidth 74 MHz. Untuk antena dua terdapat pergeseran frekuensi menjadi 2,310 MHz – 2,382 MHz. Dengan return loss -33,637 dB dan VSWR 1,042, Bandwidth 72 MHz. Perancangan antena ini pada frekuensi 2,35 GHz gain sebesar 8 dBi dengan pola radiasi unidirectional dan polarisasi elips. [6].

Pada jurnal tahun 2017 yang berjudul “Perancangan dan Analisis Antena Massive MIMO Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan Polarisasi Linier untuk Komunikasi 5G (28 GHz) dengan penelitian yang dilakukan Alfrina Dyah Purnamasari, Rina Pudji Astuti, dan Bambang Setia Nugroho, membahas mengenai perancangan antena massive MIMO berpolarisasi linier yang bekerja pada frekuensi 28 GHz dan dilakukan penerapan teknik on/off. Antena yang dirancang adalah antena mikrostrip berjumlah 64 elemen antena dengan bentuk patch persegi panjang, berpola radiasi unidirectional dengan antena, 2 antena, 4 antena, 8 antena, 16 antena, dan 64 antena. Antena massive MIMO yang telah dirancang memperoleh bentuk polarisasi linier dengan nilai return loss rata-rata dibawah -10 Db, gain rata-rata diatas 7,5 dB, dan bandwidth lebih besar dari 667 MHz. Kemudian dilakukan teknik on/off dan dapat melihat pengaruh terhadap parameter antena yang telah dibuat [1].

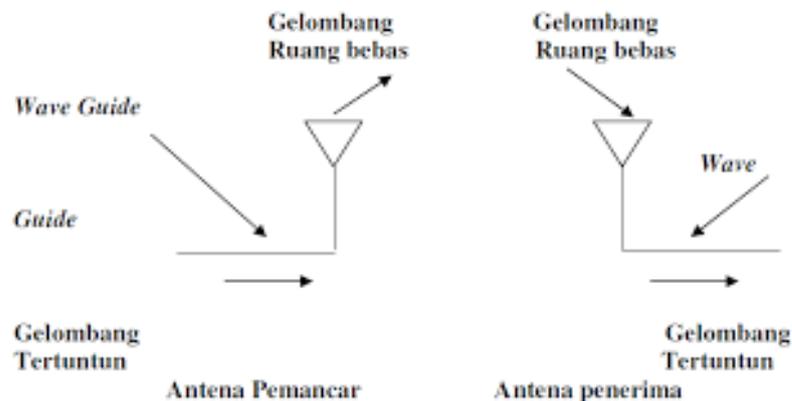
Pada jurnal tahun 2016 yang berjudul “Perancangan dan Realisasi antena MIMO 4x4 Mikrostrip Patch Persegi Panjang 5,2 GHz untuk wifi 802.11N, dengan penelitian yang dilakukan oleh Angga Budiawan Adipurnama, Heore Wijanto, Yuyu Wahyu, membahas mengenai perancangan antena mikrostrip 4x4 MIMO

untuk wifi yang bekerja di frekuensi 5,180 – 5,220 GHz. Desain dan simulasi dilakukan pada software CST Studio Suite 2014. Setelah hasil simulasi sesuai spesifikasi dan kemudian dibuat prototype nya dan dilakukan pengukuran secara langsung. Antena yang direalisasikan memiliki dimensi 49,475 mm x 49,475 mm, dapat bekerja pada antenna 1 hingga 4 berturut-turut 92 MHz, 68 MHz, dan 83 MHz. Gain yang dihasilkan antenna 1 hingga 4 berturut-turut 3,306 dBi, 3,428 dBi, dan 3,315 dBi. Pola radiasi yang dihasilkan unidirectional dengan polarisasi elips [3].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Antena

Antena adalah sebuah komponen yang dirancang untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetika. Antena digunakan sebagai alat pemancar dan penerima atau *Transmitting Antenna* dan *Receiver Antenna* yang merupakan sebuah transduser (pengubah) elektromagnetis yang digunakan untuk mengubah gelombang tertuntun di dalam saluran transmisi kabel menjadi gelombang yang merambat di ruang bebas. Selain itu antena merupakan elemen penting yang ada pada setiap sistem komunikasi telekomunikasi tanpa kabel (Nirkabel/Wireless) [7].



Gambar 2. 1 Peran Antena di Sistem Komunikasi Nirkabel [7].

Definisi peran antena pada gambar diatas, merupakan suatu kepastian bahwa disetiap sistem telekomunikasi tanpa kabel terdapat komponen yang bisa mengubah gelombang tertuntun menjadi gelombang ruang bebas dan kebalikannya komponen ini adalah antena.

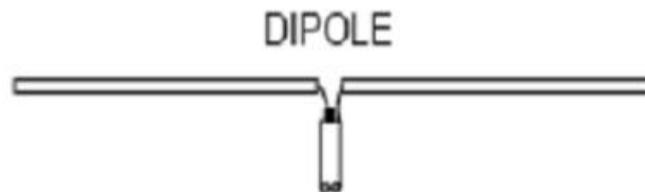
2.2.2 Jenis-jenis Antena

Dalam membahas lebih dalam mengenai antena, terlebih dahulu mencari tahu jenis dan karakteristik dari antena yang ada serta fungsi kegunaan antena tersebut. Oleh karena itu berikut disampaikan beberapa jenis antena yang ada antara lain seperti :

1. Antena Wire

a) Antena Dipole

Antena dipole merupakan antena yang terdiri dari dua buah kawat yang terpisah satu dengan yang lainnya. Karakteristik dari antena harus sesuai dengan fungsi guna antena apakah digunakan sebagai antena pemancar maupun antena penerima.

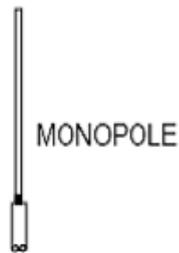


Gambar 2. 2 Antena Dipole [7].

Antena dipole memiliki sifat omnidirectional, yang artinya antena ini memancarkan energinya pada suatu potongan bidang tertentu, atau merata ke semua arah. Tidak ada arah yang diprioritaskan dalam penyuplaian energinya. Tipe antena omnidirectional digunakan pada aplikasi TV atau radio *broadcast*, pemancar terletak di tengah-tengah wilayah penyuplaian. Pada sistem penerimaan sinyal, antena omnidirectional juga akan mendeteksi sinyal dari semua arah di bidang potongan tersebut. Antena jenis ini akan lebih cocok digunakan apabila tidak ada spesifikasi keterarahan yang harus dimiliki oleh sebuah antena [8].

b) Antena Monopol

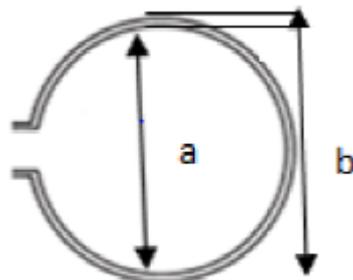
Antena monopole adalah antena yang ada pada bagian inner kabel *coaxial* disambungkan ke bagian antena dan bagian *outer coaxial* disambungkan ke *ground*. Antena monopole memiliki pola radiasi ke segala arah. Dengan meningkatkan frekuensi antena, maka akan menurunkan tinggi dimensi antena tersebut, dan dapat meningkatkan nilai redaman sinyal propagasinya [7].



Gambar 2. 3 Antena Monopol [7].

c) Antena Loop

Antena Loop merupakan antena yang memiliki jalur sinyal yang terus menerus dari satu konduktor melewati kawat saluran transmisi ke konduktor lain. Memiliki konstruksi yang sederhana, tetapi tetap mempunyai kemampuan yang tinggi. Bentuk antena loop bermacam seperti : *triangle*, *square*, *circle* atau *spiral*. Antena loop dapat disusun menjadi beberapa loop untuk mendapatkan gain yang lebih besar dan impedansi yang lebih tinggi. Karakteristik antena loop pola radiasi antena loop sama dengan pola radiasi antena dipole hanya bidang E dan bidang H ditukar. Tujuan antena loop terbatasnya ruang untuk antena berkabel panjang untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan dan juga noise mencari arah gelombang radio untuk meningkatkan kinerja sistem receiver yang sederhana [9].

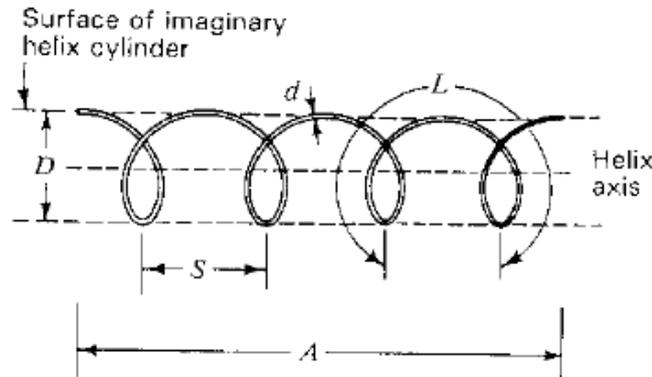


Gambar 2. 4 Antena Loop [9].

d) Antena Helix

Antena helix merupakan suatu antena yang terdiri dari *conducting wire* yang dililitkan pada media penyangga berbentuk helix. Antena helix merupakan antena mempunyai bentuk tiga dimensi. Bentuk dari antena helix yang menyerupai pegas dengan diameter lilitan serta jarak antar lilitan berukuran tertentu [10]. Definisi lain adalah yang terbuat dari kawat yang dililitkan dengan melingkari suatu

diameter tertentu (biasanya lingkaran) dan naik secara linier membentuk spiral. Oleh karena itu antenna helix juga sering disebut antenna spiral.



Gambar 2. 5 Antena Helix [10].

2. Antena Mikrostrip

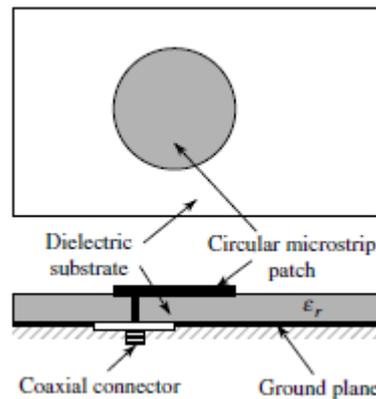
Antena mikrostrip terdiri dari dua kata, yaitu *micro* (sangat tipis/kecil) dan *strip* (bilah/potongan) yang mempunyai ukuran kecil. Definisi lain antenna mikrostrip merupakan salah satu jenis antenna yang berbentuk papan tipis dan mampu bekerja pada frekuensi yang sangat tinggi. Antena mikrostrip terdiri dari beberapa lapisan, yaitu *substrate*, *groundplane*, dan *patch*. Pada setiap lapisan yang merupakan komponen pembentuk antenna mikrostrip memiliki jenis bahan yang berbeda-beda. Pada lapisan *patch* memiliki berbagai bentuk yang disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsi dari antenna yang diinginkan [11].

Patch merupakan suatu lapisan yang merupakan suatu form profil tertentu yang merupakan hasil proses etching atau lithography atau memiliki fungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke udara, terletak paling atas dari keseluruhan sistem antenna. Patch antenna terbuat dari bahan konduktor, yaitu tembaga.

Substrate merupakan lapisan yang dibuat dari bahan dielektrik yang terdapat lapisan metal dibawahnya atau Substrat dielektrik, substrat berfungsi sebagai media penyalur GEM dari catuan. Karakteristik pada substrat akan berpengaruh pada besar parameter antenna yang digunakan. Pada antenna mikrostrip, semakin tinggi besar permitivitas relative, maka ukuran *conducting patch* akan semakin kecil dan akibatnya memperkecil daerah radiasi. Pengaruh ketebalan substrat dielektrik akan mempengaruhi besarnya *bandwidth* yang dihasilkan, apabila menambahkan

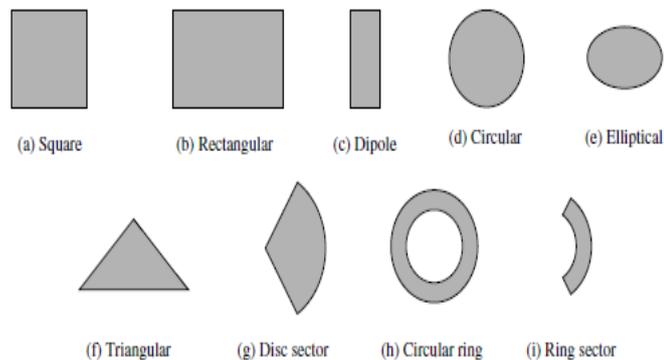
ketebalan substrat otomatis akan memperbesar *bandwidth*, tetapi berpengaruh terhadap timbulnya gelombang permukaan (*surface wave*).

Ground Plane, *ground* pada antenna mikrostrip bisa terbuat dari bahan konduktor, yang mana memiliki fungsi sebagai *reflector* dari gelombang elektromagnetik. Adapun *Microstrip feed*, saluran pada mikrostrip merupakan hal yang sangat penting bagi antenna mikrostrip, dikarenakan saluran tersebut dapat mempengaruhi *matching* pada antenna mikrostrip [11].



Gambar 2. 6 Struktur Umum pada Antena Mikrostrip [12].

Adapun yang terdapat bentuk dari jenis-jenis patch pada antenna mikrostrip, yaitu :



Gambar 2. 7 Bentuk Jenis Patch Antena Mikrostrip [12].

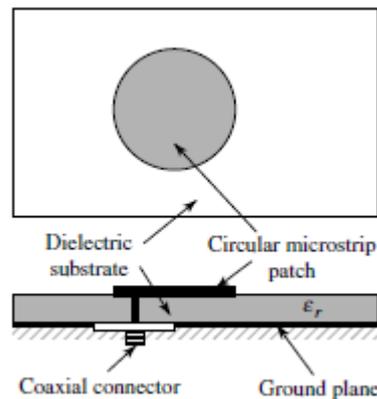
Beberapa pembagian dalam antenna mikrostrip yaitu :

a) Antena Mikrostrip Patch Circular (Lingkaran)

Dalam perancangan antenna mikrostrip menggunakan *patch* lingkaran ini terdapat beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan, yaitu pertimbangan dalam pemilihan substrat yang digunakan agar antenna mikrostrip ini memiliki jenis

substrat yang sama seperti antenna mikrostrip patch persegi, caranya yaitu dengan memilih bahan dielektrik yang cocok dengan menyesuaikan tingkat ketebalan h dan rugi-rugi pada garis singgung. Semakin tebal substrat yang digunakan maka secara mekanik akan lebih kuat. Akan meningkatkan nilai daya radiasi, mengurangi rugi-rugi pada konduktor serta dapat memperbaiki impedansi dan bandwidth.

Antena mikrostrip dengan patch lingkaran ini memiliki performa yang sama dengan antenna mikrostrip segiempat. Dengan teknik pengaplikasian yang digunakan misalnya teknik mimo, *patch circular* (lingkaran) ini akan menghasilkan keuntungan dibandingkan dengan *patch* yang lainnya. Selain itu, antenna ini lebih mudah untuk dimodifikasi agar menghasilkan jarak nilai impedansi, pola radiasi, dan frekuensi kerja.



Gambar 2. 8 Antena Mikrostrip Circular Patch [12].

Pada perhitungan ukuran dimensi *patch circular*, dapat dilakukan sebelum perhitungan jari-jari antenna dilakukan perhitungan untuk mencari nilai F seperti di tunjukkan persamaan 2.1.

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.1)$$

Dimana F : F = Fungsi Logaritmik
 ϵ_r = Konstanta Dielektrik

Ketika menghasilkan fungsi logaritmik, dapat dilakukan perhitungan dimensi jari-jari patch menggunakan persamaan 2.2.

$$a = \frac{F}{\left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{1/2}} \quad (2.2)$$

Dimana : a = Jari-jari patch

F = Fungsi Logaritmik

ϵ_r = Konstanta Dielektrik

h = Ketebalan Substrat Dielektrik

Pada simulasi saluran pencatu yang digunakan adalah mikrostrip line atau stripline. Untuk mendapatkan perhitungan dimensi lebar dan panjang saluran pencatu dengan perhitungan dimensi saluran transmisi menggunakan persamaan 2.3 :

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.3)$$

Untuk menentukan lebar saluran menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(2B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2.4)$$

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi pencatu mikrostrip, sebelum menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus menentukan frekuensi resonansi pada antena mikrostrip patch circular untuk aplikasi 5G merupakan frekuensi tengahnya sehingga untuk perencanaan antena yang bekerja pada frekuensi 27 hingga 29 GHz, frekuensi tengahnya yaitu 28 GHz, dan nilai perambatan diruang bebas (c) sebesar 3×10^8 m/s. Dengan menggunakan persamaan 2.5 :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (2.5)$$

Setelah nilai λ_0 diperoleh, maka panjang gelombang dari saluran transmisi mikrostrip dapat dihitung dengan persamaan 2.6 :

$$\lambda_d = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk panjang dari saluran transmisi mikrostrip dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 :

$$L_t = \frac{1}{4} \times \lambda_d \quad (2.7)$$

Perencanaan dimensi groundplane untuk menghitung panjang dan lebar minimal groundplane, untuk ukuran panjang dan lebar substrate menyesuaikan dimensi pada

groundplane masing-masing didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.8 dan 2.9 :

$$L_g = 6h + 2R \quad (2.8)$$

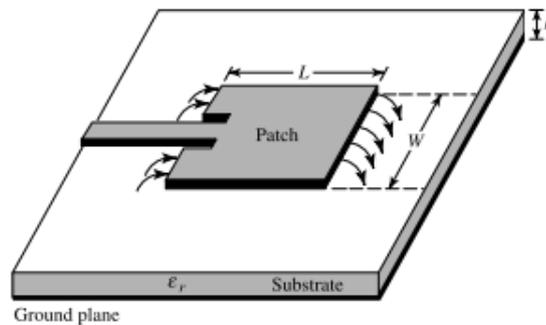
$$W_g = 6h + \frac{\pi}{2}R \quad (2.9)$$

Setelah menentukan lebar dan panjang antenna, untuk merancang antenna MIMO yang tersusun lebih dari satu elemen, dibutuhkan perhitungan pada antenna untuk memisahkan atau memberi jarak antenna antar dua elemen. Jarak antar elemen ini biasa disebut d , sebanding dengan panjang gelombang (λ) yang digunakan. Menggunakan perhitungan pada persamaan 2.10 [12]:

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (2.10)$$

b) Antena Mikrostrip Patch Rectangular

Patch berbentuk *rectangular* merupakan bentuk umum yang biasa digunakan, beberapa bentuk desain yang melengkapi struktur dari antenna mikrostrip adalah saluran transmisi atau saluran penyesuai impedansi, jarak antar elemen peradiasi, dan panjang gelombang pada saluran transmisi mikrostrip. Berikut adalah beberapa perhitungan yang digunakan untuk merancang antenna mikrostrip *rectangular patch*.



Gambar 2. 9 Antena Mikrostrip Rectangular Patch [12].

Pada perhitungan ukuran dimensi rectangular patch lebar pada patch mikrostrip (W) dapat dihitung dari persamaan 2.11 sebagai berikut [13]:

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (2.11)$$

Nilai c merupakan nilai kecepatan cahaya (3×10^8 m/s) dengan f_r sebagai frekuensi kerja antenna, dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik substrat.

Sedangkan untuk menentukan panjang *patch* (L) diperlukan parameter Δl yang merupakan pertambahan panjang dari L akibat adanya *fringing effect*. Yang mana untuk mencari nilai dari Δl tersebut dapat menggunakan rumus berikut :

$$\Delta L = \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left(\frac{W}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} + 0,258) \left(\frac{W}{h} + 0,8 \right)} \quad (2.12)$$

Nilai h merupakan tinggi dari substrat yang digunakan dan nilai ϵ_{reff} merupakan konstanta dielektrik efektif, dirumuskan sebagai berikut.

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{h}{W} \right)}} \right) \quad (2.13)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (2.14)$$

Sehingga dapat diketahui panjang dari *patch* (L) sebagai berikut :

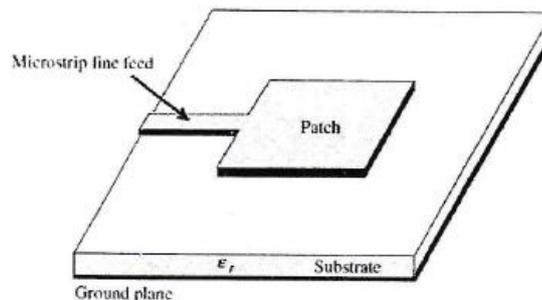
$$L = L_{reff} - 2 \Delta L \quad (2.15)$$

c) Teknik Pencatuan

Untuk dapat mengirimkan daya dari sumber ke antena mikrostrip maka dibutuhkan sebuah pencatu (*feeding*). Oleh karena itu terdapat berbagai jenis pencatu yang dapat digunakan dalam penggunaan antena jenis mikrostrip ini, diantaranya yaitu [14]:

1. Mikrostrip Line Feeding

Jenis pencatu line merupakan jenis pencatuan langsung yang dihubungkan dengan patch antena. secara umum bentuk pencatuan ini memiliki dimensi panjang dan lebar yang sesuai dengan nilai impedansi yang diinginkan, sehingga dapat dikatakan sebagai mikrostrip line berbentuk persegi panjang dan pencatuan menyatu dengan patch.

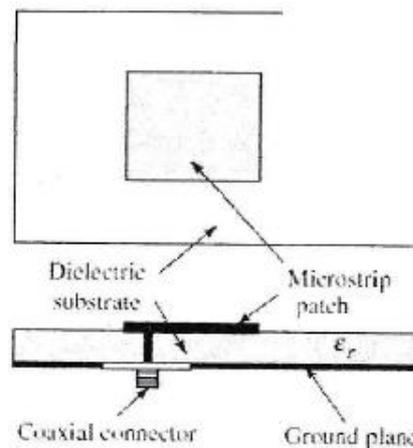


Gambar 2. 10 Pencatuan Mikrostrip Line Feed [7].

Bentuk pencatuan ini dapat dikatakan cukup mudah dibuat dan dipabrikasi, hal ini disebabkan karena mikrostrip line dan elemen peradiasi (*patch*) dicetak pada lapisan *substrate* yang sama. Namun kelemahan dari teknik pencatuan ini adalah munculnya radiasi yang tidak diinginkan dari *feeder*.

2. Coaxial Probe Feeding

Coaxial probe feeding pada pencatuan jenis ini adalah pencatuan dilakukan dengan melubangi *patch* hingga tembus ke lapisan *groundplane* yang kemudian akan dihubungkan dengan elemen pencatu. Teknik pencatuan jenis ini merupakan pencatuan yang mencatu seluruh permukaan *patch* sehingga akan mudah dalam mendapatkan impedansi input [15]. Tetapi kekurangannya, karena teknik coaxial probe ini melubangi substrat untuk memasang probenya menonjol kebawah *groundplane*, hal ini membuat konfigurasi antena menjadi tidak simetris [1]. Pada gambar 2.12 ditunjukkan bagaimana bentuk dari pencatuan coaxial probe feeding.



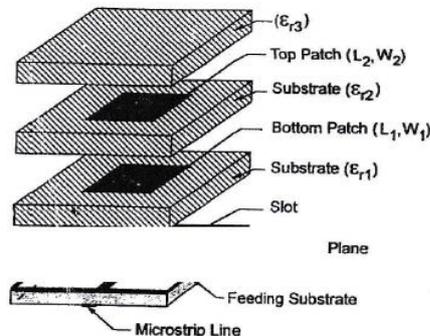
Gambar 2. 11 Pencatuan Coaxial Probe Feed [15].

Adapun kelebihan dari pencatuan jenis ini yaitu efisiensi dalam meminimalisir radiasi yang tidak diinginkan. Walaupun dapat dikatakan lebih baik dibandingkan dengan teknik pencatuan mikrostrip *line feeding*, akan tetapi teknik menggunakan *coaxial probe* ini akan sulit dalam pabrikan karena perbedaan *inner* dan *outer* konduktor *patch*.

3. Aperture Coupled Feeding

Pencatuan jenis ini memiliki teknik coupling yang terpisah diantara *patch* dan mikrostrip *line* nya yang dihasilkan dari adanya *aperture* pada *groundplane*.

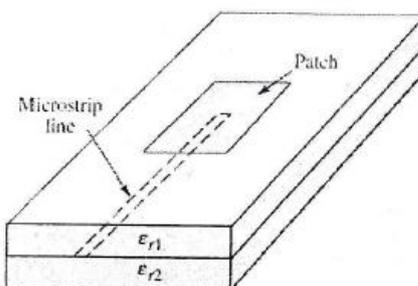
Besarnya coupling akan dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran serta letak dari aperture. Skema pencatuan *aperture coupled feeding* akan ditunjukkan pada gambar 2.13



Gambar 2. 12 Pencatuan Aperture Coupled Feed [15].

4. Proximity Coupled Feeding

Pada teknik pencatuan *proximity coupled feeding* ini, pencatu berada diantara dua lapisan *substrate* yaitu berada diantara lapisan *substrate* atas yang merupakan layer dielektrik dengan sebuah patch yang terletak dipermukaan lapisannya, sedangkan lapisan *substrate* bagian bawah menyatu dengan *groundplane* nya. Daya pencatuan akan digabungkan diantara lapisan hingga ke *patch* dengan menggunakan media elektromagnetik. Oleh karena itu teknik pencatuan jenis ini dapat disebut juga dengan teknik pencatuan elektromagnetik coupling.



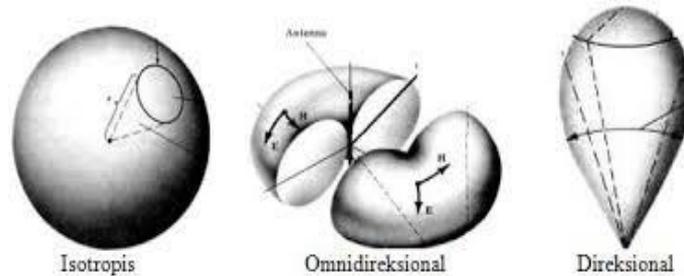
Gambar 2. 13 Pencatuan Proximity Coupled Feed [15].

2.3 KARAKTERISTIK PARAMETER ANTENA MIKROSTRIP

Pada pengujian antenna terdapat beberapa parameter yang digunakan sebagai dasar dari pengujian kualitas antenna yang ada. Berikut ini beberapa parameter yang terdapat dalam proses pengujian antenna :

2.3.1 Pola Radiasi Antena (Radiation Pattern)

Pola radiasi sebuah antena dapat didefinisikan sebagai gambaran grafis dari sifat-sifat pancaran antena sebagai fungsi dari koordinat ruang. Pola radiasi pada antena dapat dibedakan menjadi 3, yaitu [12]:



Gambar 2. 14 Model Pola Radiasi pada Antena [12].

1. Pola Radiasi Isotropis

Pola radiasi isotropis adalah pola radiasi yang dipancarkan oleh sebuah sumber titik. Dimana sumber titik tersebut mempunyai radiasi yang dipancarkan ke segala arah sama besar, sehingga pancaran tiga dimensinya berbentuk bola.

2. Pola Radiasi *Omnidirectional*

Pola radiasi *omnidirectional* merupakan pola radiasi yang sama dipancarkan antena ke segala arah dengan pancaran daya ke sekelilingnya pada satu bidang yang sama besar, biasanya pola radiasi ini dipancarkan pada antena dipol. Kekurangan dari bentuk pola radiasi omnidireksional mempunyai jarak pancaran yang pendek sehingga daerah cakupannya kecil (*Coverage Area*).

3. Pola Radiasi *Directional*

Pada pola radiasi *directional*, pancaran dan penerimaan sinyal radiasi diarahkan pada suatu titik saja, ditunjukkan dengan bentuk pola radiasi yang terarah. Antena dengan pola radiasi *unidirectional* sering digunakan pada komunikasi *point to point*.

2.3.2 Bandwidth

Bandwidth adalah rentang frekuensi yang menunjukkan seberapa banyak data yang dapat dilewatkan dalam koneksi melalui sebuah jaringan. *Bandwidth* merupakan lebar pita atau kapasitas saluran pada informasi. Pada antena bandwidth dapat didefinisikan sebagai lebar frekuensi dimana kinerja antena yang

berhubungan dengan beberapa karakteristik, contohnya seperti polarisasi, gain, efisiensi, VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), return loss (*axial ratio*) memenuhi spesifikasi standar. Adapun cara untuk mengukur bandwidth yang dapat dicari dengan rumus sebagai berikut [5]:

$$BW = \frac{f_h - f_l}{f_c} \times 100\% \quad (2.16)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f_h &= \text{frekuensi tertinggi} \\ f_l &= \text{frekuensi terendah} \\ f_c &= \text{frekuensi tengah} \end{aligned}$$

2.3.3 VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR merupakan perbandingan antara tegangan maksimum (V_{maks}) dan tegangan minimum (V_{min}) di sepanjang saluran transmisi dan menyatakan tingkat kesesuaian antara saluran dan antena. Pada saluran transmisi terdapat gelombang tegangan, yaitu tegangan yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang direfleksikan (V_0^-). Perbandingan tersebut sebagai koefisien refleksi (Γ). Perbandingan amplitudo-amplitudo gelombang yang dipantulkan terhadap gelombang datang ditentukan oleh impedansi beban (Z_L), perbandingan tersebut dinyatakan oleh suatu bilangan yang disebut koefisien pantul (reflection coefficient) yang disimbolkan Γ seperti pada persamaan [5]:

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (2.17)$$

Dimana Z_0 adalah impedansi saluran lossless (tak meredam). Koefisien refleksi tegangan Γ memiliki nilai kompleks, yang mempresentasikan besarnya amplitudo dan fasa dari refleksi. Untuk beberapa kasus yang sederhana, ketika bagian imajiner dari Γ adalah nol, maka :

- $\Gamma = 0$: tidak ada refleksi, ketika saluran dalam keadaan matched sempurna
- $\Gamma = -1$: refleksi negatif maksimum, ketika saluran terhubung singkat
- $\Gamma = 1$: refleksi positif maksimum, ketika saluran dalam rangkaian terbuka

Rumus untuk mencari nilai VSWR adalah sebagai berikut [5]:

$$VSWR = \frac{|v|_{\max}}{|v|_{\min}} = \frac{|1 + \Gamma|}{|1 - \Gamma|} \quad (2.18)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna. Namun kondisi ini pada praktiknya sulit untuk didapatkan. Pada umumnya nilai VSWR yang dianggap baik adalah $VSWR \leq 2$. Maka dari itu pada penelitian ini, nilai VSWR yang diharapkan adalah kurang dari 2.

2.3.4 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplitudo gelombang yang dikirimkan. Return loss digambarkan sebagai peningkatan amplitudo dari gelombang yang direfleksikan (V_0^-) dibanding dengan gelombang yang dikirim (V_0^+). Return loss dapat terjadi akibat adanya ketidaksesuaian impedansi (mismatched) antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban. Rumus untuk mencari nilai return loss adalah sebagai berikut :

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{vswr-1}{vswr+1} \quad (2.19)$$

$$Return Loss (dB) = -20 \log_{10} |\Gamma| \quad (2.20)$$

Nilai parameter ini menjadi salah satu acuan untuk melihat apakah antena yang dibuat bekerja pada frekuensi yang diharapkan atau tidak dengan melihat harga $VSWR \leq 2$.

2.3.5 Impedansi Antena

Impedansi antena sangat menentukan transfer daya maksimum antara saluran transmisi dengan antena. transfer daya maksimum di sini berarti energi yang disalurkan bisa sampai ke penerima dengan maksimal, tidak ada energi yang dipantulkan. Jika impedansi antena ini matching dengan impedansi saluran transmisi, maka transfer daya maksimum bisa tercapai. Bila impedansi antara saluran transmisi dengan impedansi antena tidak sama maka akan terjadi gelombang pantul yang merambat balik kearah sumber gelombang, yang mengakibatkan kinerja antena juga berkurang.

2.3.6 Impedansi Masukan

Impedansi input atau masukan (Z_{in}) adalah impedansi yang diberikan oleh antenna kepada rangkaian diluar, pada suatu titik acuan tertentu atau perbandingan komponen-komponen bersesuaian dari medan elektrik terhadap medan magnetik pada sebuah titik. Impedansi masukan (input) terdiri dari komponen real (R_{in}) dan komponen imajiner (X_{in}). Impedansi masukan dituliskan seperti persamaan [12]:

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2.21)$$

Dimana :

Z_{in} = Nilai Impedansi Beban (Ω)

R_{in} = Resistansi (Ω)

X_{in} = Reaktansi (Ω)

W = Dimensi lebar patch antenna (mm)

2.3.7 Gain

Gain (penguatan) adalah suatu perbandingan antara intensitas radiasi suatu antenna pada suatu arah utama dengan intensitas radiasi dari antenna isotropik yang menggunakan sumber daya masukan yang sama dan dinyatakan dengan persamaan :

$$G = D \cdot \eta \quad (2.22)$$

Dengan D adalah directivity dan η adalah efisiensi antenna. ketika antenna digunakan pada suatu sistem, bagaimana efisien suatu antenna untuk memindahkan daya yang terdapat pada terminal input menjadi daya radiasi. Untuk menyatakan diketahui dari power gain yang didefinisikan sebagai 4π kali ratio dari intensitas pada suatu arah dengan daya yang diterima antenna, dinyatakan dengan persamaan :

$$G = 4\pi \frac{\text{Radiation Intensity}}{\text{Total Input Power}} = 4\pi \frac{U(\theta, \phi)}{P_{in}} \quad (2.23)$$

Dimana P_{in} adalah daya yang diterima oleh antenna dan $U(\theta, \phi)$ adalah intensitas radiasi. Selain absolute gain juga ada relative gain didefinisikan sebagai perbandingan antara perolehan daya pada sebuah arah dengan perolehan daya pada antenna referensi pada arah yang direferensikan juga. Daya masukan harus sama diantara kedua antenna itu. Tetapi, antenna referensi merupakan sumber isotropik yang lossless ($P_{in}(\text{lossless})$). Secara umum dapat dihubungkan pada persamaan :

$$\text{Gain} = \frac{4\pi U(\theta, \phi)}{P_{in}(\text{lossless})} \quad (2.24)$$

Gain dengan kata lain digunakan untuk mengukur efisiensi sebuah antenna. Gain diukur dalam bentuk satuan dBi [13].

2.3.8 Directivity (Keterarahan)

Directivity adalah ukuran konsentrasi radiasi ke arah maksimum [16]:

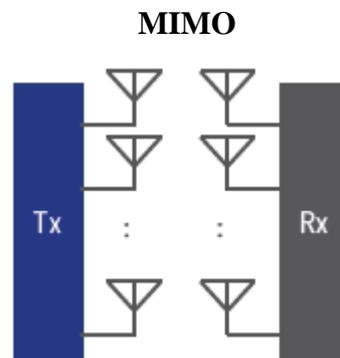
$$Directivity = \frac{4\pi \times U_{max}}{P_{rad}} \quad (2.25)$$

Directivity antenna secara umum didefinisikan sebagai rasio intensitas radiasi dalam arah tertentu dari antenna untuk intensitas radiasi rata-rata ke segala arah. Intensitas radiasi rata-rata sama dengan daya total yang dipancarkan oleh antenna dibagi dengan 4π . Jika arah ini tidak ditentukan maka arah intensitas radiasi maksimum yang terjadi. Dinyatakan non isotropik sama dengan rasio radiasi intensitas dalam arah tertentu dari sumber isotropic [12].

2.3.9 Mutual Coupling

Mutual coupling adalah efek yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas parameter antenna karena adanya interferensi elektromagnetik dari dua antenna atau lebih yang jaraknya terlalu berdekatan. Efek mutual coupling dapat menyebabkan perubahan pada parameter antenna baik gain, return loss, coupling, dan pola radiasi yg diinginkan. Dalam system MIMO, pengaruh efek mutual coupling diusahakan seminimal mungkin karena mempengaruhi performa setiap antenna.

2.4 MIMO (Multiple Input Multiple Output)

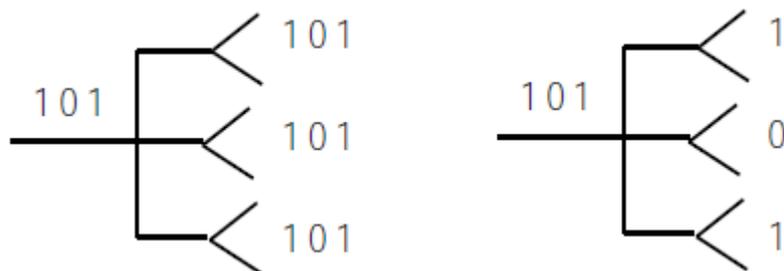


Gambar 2. 15 *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* [17].

MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan suatu sistem transmisi yang menggunakan multi-antena dimana jumlah antena baik dari sisi pengirim (*transmitter*) dan sisi penerima (*receiver*) yang terdiri dari beberapa elemen antena. MIMO secara umum sering digunakan dalam teknologi telekomunikasi wireless kerana mempunyai kemampuan signifikan dalam meningkatkan kecepatan access data tanpa adanya tambahan lebar pita maupun transmit power (daya pemancar). MIMO juga memiliki fungsi diversity yaitu dengan menggunakan dua atau lebih antena untuk meningkatkan kualitas dan kehandalan link nirkabel.

Adapun keunggulan dari sistem MIMO dengan menggunakan multiantena dapat mengirimkan banyak sinyal dan menerima banyak sinyal. Setiap pemancar akan terhubung melalui lintasan atau banyak lintasan menuju ke setiap penerima dan menghasilkan fungsi pindah kanal yang secara matematis dinyatakan dalam bentuk matriks dengan ukuran ($M_t \times M_r$) M_t adalah jumlah antena pemancar dan M_r adalah jumlah antena penerima.

Pada umumnya teknik MIMO dari komunikasi dapat dibagi menjadi 2 cara yaitu spatial multiplexing dan transmit diversity, seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 16 Konfigurasi MIMO. (a) MIMO *With Diversity* (b) MIMO *With Multiplexing* [18].

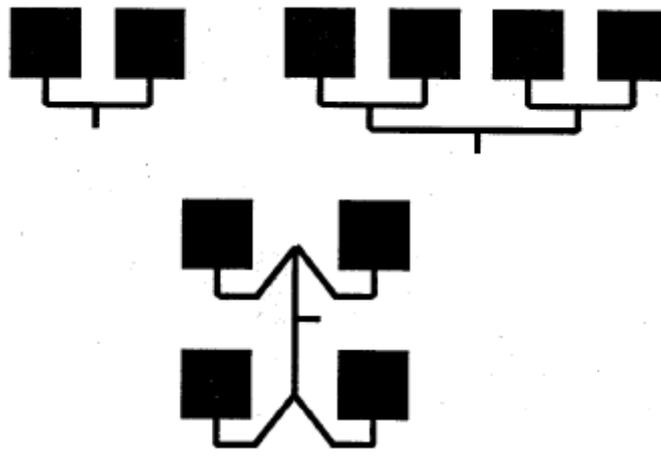
Pada Gambar 2.16 diatas terdapat dua cara konfigurasi MIMO, pada gambar a MIMO with diversity merupakan ada tiga antena mengirimkan tiga data yang sama pada masing-masing antena pemancar. Kemudian dapat digunakan metode transmitter selection diversity untuk memilih satu pemancar saja dengan kualitas terbaik. Sedangkan pada penerima digunakan metode combining untuk mendapatkan diversitas murni. Model diversity digunakan untuk mengurangi kesalahan (error) akibat fading dan noise dengan diversitas antena pada pemancar dan penerima. Sedangkan MIMO with multiplexing ada tiga antena mengirimkan

tiga data yang berbeda, data masukan dapat dipecah menjadi beberapa bagian yang independen dan dikirimkan oleh masing-masing antena pemancar yang bekerja pada frekuensi yang sama. Keuntungan utama MIMO multiplexing didapatkan dengan mengirim sinyal yang berbeda pada bandwidth sama dan dapat disandikan dengan tepat pada penerima. Jadi seperti terdapat satu kanal untuk satu pemancar.

2.4 ANTENA ARRAY (SUSUNAN)

Antena array merupakan antena yang terdiri dari beberapa elemen yang saling berhubungan dan diatur dalam struktur yang teratur ataupun sejajar untuk membentuk menjadi satu antena. Tujuan antena array adalah untuk menghasilkan pola radiasi yang memiliki karakteristik tertentu yang diinginkan dengan beberapa elemen menjadi satu. Ada 3 macam metode array yaitu linear array, circular array, dan planar array. Pada ketiga antena ini dipergunakan tergantung dari posisi elemen antena. antena susunan dibuat untuk meningkatkan gain, mendapatkan diagram arah dengan pola tertentu [19].

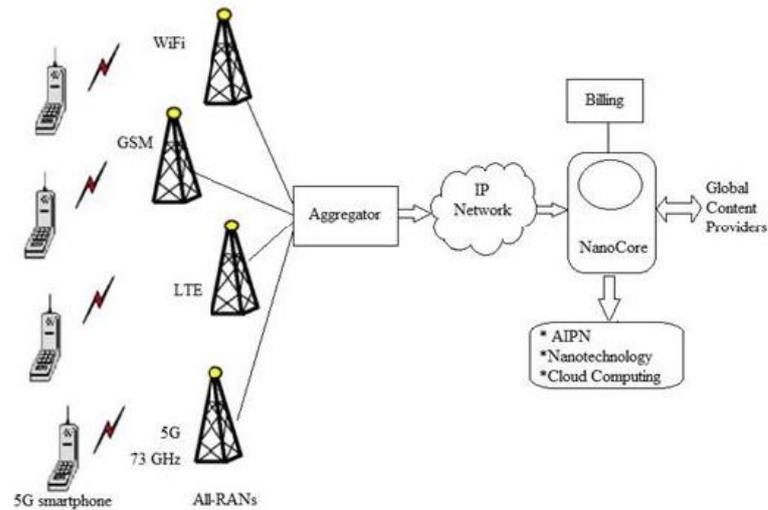
Antenna array dalam teknologi mikrostrip memiliki kelebihan dibandingkan dengan teknologi lainnya adalah elemen-elemen dan struktur pencatutan semua elemen ini (feeding structure) dibuat dengan proses yang sama, yaitu dicetak pada PCB secara bersamaan. Gambar 2.16 menunjukkan pembentukan array mikrostrip. Hal penting adalah penggabungan beberapa elemen pada sebuah saluran mikrostrip penghubung. Penggabungan ini bisa menyebabkan terjadinya kondisi unmatched, yang harus dikompensasi dengan pemilihan lebar strip yang disesuaikan dengan percabangan di ujung saluran transmisi ini. Adanya hal yang bisa menimbulkan masalah adalah jika ada banyak elemen mikrostrip digabungkan menjadi array, akan terbentuk jaringan pengumpan (feeding network) yang sangat kompleks, dan memiliki potensi memberikan kontribusi terhadap pemancaran, yang bisa mengganggu kontribusi pemancaran yang sebenarnya [7].



Gambar 2. 17 Contoh beberapa array mikrostrip [7].

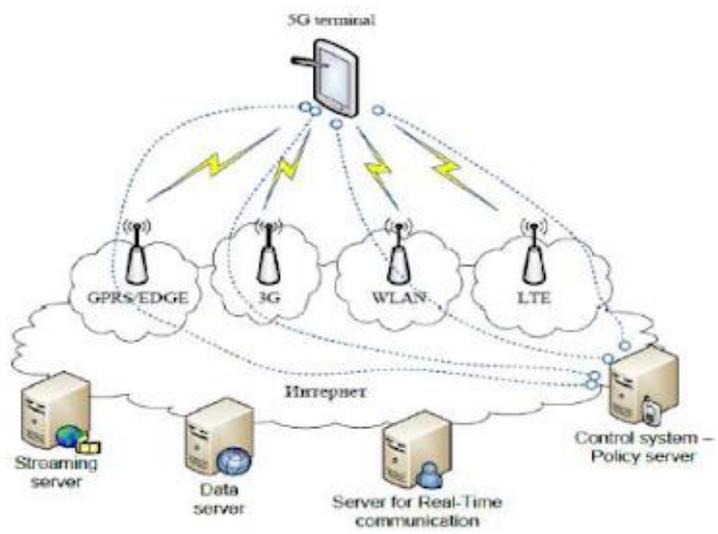
2.5 PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN ARSITEKTUR 5G

5G (generasi kelima) adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menyebut generasi kelima sebagai fase berikutnya dari standar telekomunikasi seluler. Teknologi 5G direncanakan akan resmi dirilis pada tahun 2020. Pada teknologi 5G telah diubah untuk menggunakan telepon seluler dengan bandwidth yang sangat tinggi. 5G adalah packet switched nirkabel dengan cakupan wilayah yang luas dan dengan throughput yang tinggi. 5G menggunakan CDMA, BDMA, dan juga gelombang milimeter untuk konektivitas nirkabel backhaul). Teknologi 5G menggunakan sistem teknik data coding / modulasi maju yang ditingkatkan. Pada 5G memberikan sekitar 100 Mbps pada mobilitas penuh dan 1 Gbps untuk mobilitas rendah. Dalam sistem 5G menggunakan teknik antena cerdas untuk mendukung data rate dan cakupan yang lebih tinggi [20].



Gambar 2. 18 Arsitektur Jaringan 5G [20].

Pada arsitektur 5G seperti ditunjukkan pada gambar di bawah berikut, model sistem 5G adalah sepenuhnya berbasis IP dirancang untuk jaringan nirkabel dan mobile. Sistem ini terdiri dari terminal pengguna (yang memiliki peran penting dalam arsitektur baru) dan sejumlah independen, otonom teknologi akses radio. Dalam setiap terminal, masing-masing teknologi akses radio dipandang sebagai link IP ke dunia internet luar. Namun, harus ada radio yang berbeda untuk setiap antar muka *Radio Access Technology* (RAT) di terminal mobile. Sebagai contoh, jika kita ingin memiliki akses ke empat tikus yang berbeda, kita perlu memiliki empat berbeda interface tertentu akses dalam terminal mobile, dan memiliki semua dari mereka yang aktif pada saat yang sama, dengan tujuan untuk memiliki arsitektur ini menjadi fungsional. Perangkat selular saat ini didesain untuk komunikasi langsung berhubungan dengan *Radio Access Network* dengan menggunakan “cell”, perangkat memperoleh layanan dengan proses downlink dan uplink, sistem kontrol dan lalu lintas data, dengan *Base Station* sebagai informasi terpusatnya.



Gambar 2. 19 Gambar Arsitektur 5G [17].