BAB 2
DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Vicky Ainur Ridho, Satryo Budi Utomo, dan Dodi Setiabudi merancang antena mikrostrip untuk penerima TV pada frekuensi 700 Mhz dengan menggunakan model *patch circular* dan penyusunan secara *linear*. Secara simulasi, penelitian ini menghasilkan antena mikrostrip yang dapat bekerja pada frekuensi 692 MHz – 710 MHz dan telah memenuhi syarat parameter antena mikrostrip dengan nilai *return loss* -23,1962 dB, gain 2,87 dBm, *bandwidth* 17,5 MHz, dan VSWR 1,148 [3].

Penelitian Nur Afni Dwi Ayuni, Andik Atmaja, dan Kholilatul Wardhani merancang antena mikrostrip sebagai penerima TV pada frekuensi UHF menggunakan bentuk *circular* 4 elemen. Penyusunan antena menggunakan metode array. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, nilai parameter yang didapatkan adalah *return loss* -21,84 dB, *bandwidth* 78 MHz, dan VSWR 1,174. Hasil pengujian menunjukkan antena mikrostrip dapat menangkap sebanyak 15 channel dari 22 channel TV di Malang [4].

Penelitian Novi Wahyuni merancang antena mikrostrip untuk aplikasi sistem GPS yang bekerja pada frekuensi 1,575 Ghz menggunakan model *rectangular* 2 elemen dan disusun secara linear array. Teknik pencatuan menggunakan teknik *proximity coupling*. Penelitian ini menghasilkan antena mikrostrip dengan impedansi masukan yang baik sehingga menghasilkan *return loss* yang sedikit. Antena mikrostrip ini berhasil didesain pada perangkat lunak CST Microwave Studio 2014, difabrikasi, dan diuji menggunakan alat ukur Spectrum Analyzer dengan hasil parameter frekuensi kerja sebesar 1,560 GHz, bandwidth sebesar 30 MHz, gain sebesar 7 dB, axial ratio 0.93 dB, polarisasi melingkar (RHCP), return loss 30,77 dB dan VSWR 1.04 [5].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Televisi Digital di Indonesia

Televisi digital di Indonesia mulai muncul pada April – Mei 2006. Penyelenggara penyiaran pertama saat itu adalah PT Super Save Elektronik yang bersiaran di kanal 27 UHF. Kemudian pada kanal 34 UHF TVRI dan RCTI melakukan ujicoba siaran digital pada Juli-Oktober 2006, lalu pada tahun 2007 TVRI melanjutkan ujicoba di kanal 27 UHF. Kemudian tanggal 20 Mei 2009, Presiden Susilo Bambang Yudhoyono meresmikan Televisi digital di Indonesi [6].

Hampir semua stasiun penyiaran TV baik TVRI maupun TV swasta telah memanfaatkan sistem teknologi penyiaran digital khususnya pada sistem perangkat studio untuk keperluan perekaman, memproduksi program, melakukan penyuntingan, hingga penyimpanan data. Sistem transmisi digital melalui pemancar ini menggunakan standar DVB-T *(Digital Video Broadcasting Terestrial).*

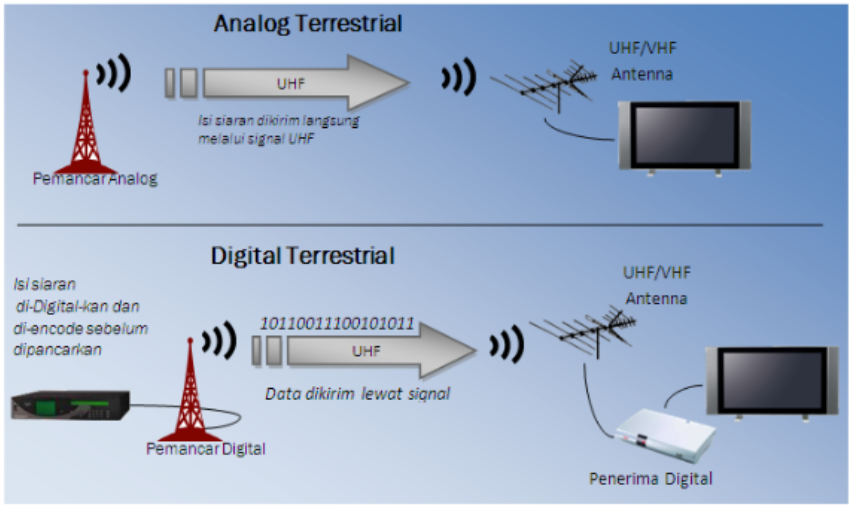
Di Indonesia, standar DVB-T dimulai pada tahun 2009 tetapi di sebagian wilayah juga masih beroperasi sistem TV analog. Pada awalnya televisi terestrial Indonesia menggunakan sistem DVB-T, namun dengan terbitnya Peraturan Menteri Kominfo No. 5 tahun 2012 kemudian berganti ke DVB-T2. Penghentian siaran analog akan dimulai pada 30 Juni 2021 tengah malam dan dilakukan secara nasional. Sedangkan siaran televisi analog secara resmi akan terakhir berhenti pada 2 November 2022 tengah malam [7].

2.2.2 Perbedaan Teknologi TV Analog dengan TV Digital

Perkembangan teknologi TV salah satunya dipengaruhi oeh banyaknya permintaan terhadap pesawat TV. Hal ini membuat produsen TV terus mengembangkan produk agar dapat memberikan kepuasan dalam pengalaman menonton TV yang lebih baik. Salah satu terobosan tersebut adalah hadirnya TV digital.

TV digital adalah jenis TV yang menggunakan modulasi digital untuk menayangkan siaran sinyal gambar, suara, dan data ke pesawat TV. Modulasi

adalah proses perubahan suatu gelombang periodik sehingga membuat suatu sinyal mampu membawa informasi. Dengan proses modulasi ini, suatu informasi bisa dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa yang biasanya berupa gelombang sinus berfrekuensi tinggi.



Gambar 2.2 1 TV Analog Versus TV Digital [8]

Televisi analog menggunakan pancaran dengan memodulasi pancaran langsung pada frekuensi pembawa. Disisi lain, pada TV digital tidak secara langsung memodulasi data, tetapi pertama-tama mengkodekannya ke dalam format digital baru kemudian data tersebut ditransmisikan.

Sinyal TV digital biasanya diproses menggunakan kode biner 0 dan 1 seperti pada teknologi digital pada umunya. Kemudian kode biner ini akan diproses dan akan diterjemahkan sebagai gambar dan audio. Terdapat perbedaan signifikan pada kualitas gambar yang dihasilkan TV analog dengan TV digital. Kualitas gambar TV analog dipengaruhi oleh jarak pesawat TV dengan pemancar. Sedangkan kualitas gambar TV digital tidak terpengaruh oleh jarak pemancar.

TV analog hanya mengandalkan penerimaan sinyal dengan mengkodekan informasi gambar dan memvariasikan voltase, frekuensi dan sinyal. Dengan kata lain, apabila semakin jauh pemancar sinyal dari receiver sinyal yang ada di TV analog, maka akan semakin berkurang juga kualitas

gambarnya. TV analog juga masih menggunakan CRT yang menggunakan daya listrik yang besar sehingga lebih boros listrik [8].

2.2.3 Modulasi TV Analog

Sebelum digitalisasi, sinyal TV analog ditransmisikan dengan cara mirip seperti sinyal radio. Sinyal sinyal audio ditransmisikan dalam modulasi frekuensi *(Frequency Modulation* sedangkan sinyal video ditransmisikan dalam modulasi amplitudo *(Amplitude Modulation).* AM dan FM merupakan sinyal termodulasi analog. Transmisi sinyal analog rentan terhadap gangguan *noise* elektrik dan interferensi sehingga pada TV analog dapat mengalami tampilan berupa *snowy* atau semut-semut dan juga berbayang. Hal tersebut disebabkan karena pada TV analog bergantung pada jarak dan lokasi geografis penerima sinyal dalam hal ini adalah TV. Selain itu, resolusi dan kualitas tayangan pada TV analog juga terbatas karena jumlah *bandwidth* yang dialokasikan untuk saluran TV analog juga terbatas [9].

Gambar 2.2 2 TV Analog yang Mengalami *Snowy* [9]

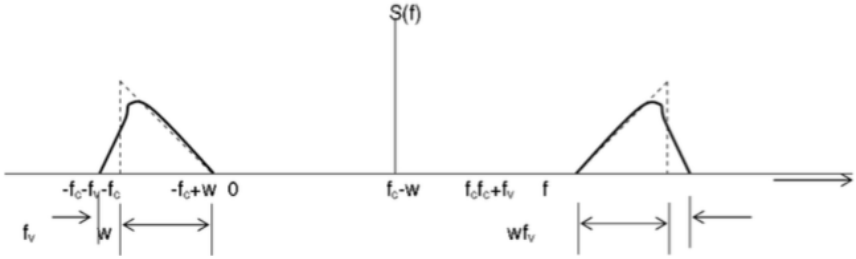
Pada dasarnya, sinyal analog adalah sinyal data yang membawa informasi dengan cara mengubah karaktristik gelombang. Sinyal analog digambarkan bervariasi terhadap waktu dan berbentuk gelombang kontinyu. Berdasarkan parameter gelombang sinus, teknik modulasi untuk sinyal informasi analog dibagi menjadi 3 jenis :

1. *Amplitude Modulation* (AM)

Seperti Namanya, modulasi amplitudo adalah salah satu teknik modulasi yang memproses penumpangan sinyal informasi pada sinyal pembawa yang biasanya berbentuk sinyal berfrekuensi tinggi. Jadi, pada modulasi amplitudo ini, terjadi perubahan secara proporsional pada frekuensi *carrier* terhadap amplitudo sinyal pemodulasi sesuai dengan perubahan tegangan sinyal informasi, sedangkan frekuensi tetap selama proses modulasi.

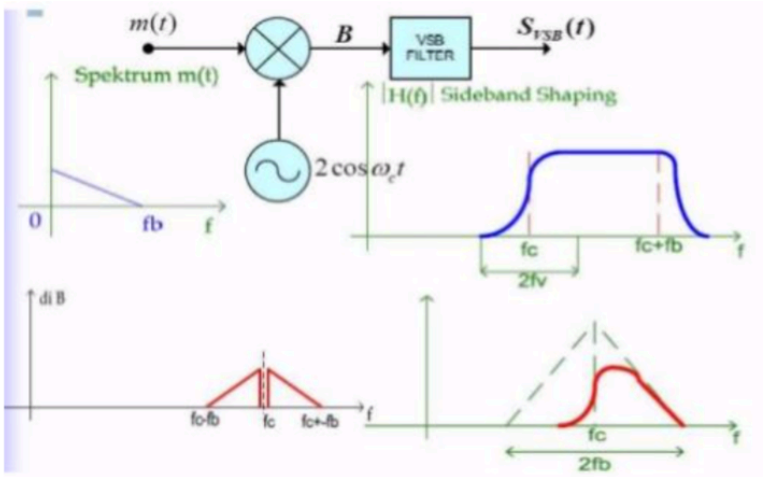
Terdapat berbagai jenis modulasi amplitude, salah satunya adalah VSB *(Vestigial Sideband).* Sinyal VSB merupakan solusi dari kebutuhan pemakaian *bandwidth* yang lebar dan hemat dalam penggunaan daya. Modulasi VSB ini digunakan pada sistem modulasi gambar pada sistem televisi ATSC. Subsistem modulasi terbagi menjadi dua mode, yaitu mode siaran terestrial (8-VSB) dan mode laju data tinggi (16-VSB). Berbeda dengan standar TV digital lainnya yang pada umumnya berbasis sistem modulasi *multicarrier* OFDM, pada sistem ATSC bertumpu pada sistem VSB yang menggunakan frekuensi *carrier* tunggal [10].

Dalam VSB, sebagian komponen pada bidang sisi bawah (LSB) ikut ditransmisikan bersama komponen pada bidang sisi atas (USB) dan komponen pembawa. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa komponen USB termasuk pembawa video ditransmisikan seluruhnya. Dengan VSB dapat didapatkan penghematan lebar bidang dan daya jika dibandingkan dengan transmisi DSBFC.



Gambar 2.2 3 Spektrum VSB [10]

Sinyal termodulasi VSB dapat dibangkitkan dengan terlebih dulu melewatkan sebuah sinyal termodulasi DSB ke sebuah filter pembentuk pita-sisi (sideband shaping filter). Spektrum sinyal VSB dibandingkan dengan spektrum sinyal pesan asalnya, mengasumsikan bahwa pita-sisi bawah dibentuk atau dikikis menjadi pita- sisi vestigial [11].



Gambar 2.2 4 Proses VSB [11]

2. *Frequency Modulation* (FM)

   FM adalah teknik pengiriman sinyal informasi yang berfrekuensi rendah dengan cara memodulasi frekuensi gelombang pembawa yang berfrekuensi tinggi. Pada modulasi frekuensi, sinyal informasi akan mengubah dan memvariasikan frekuensi gelombang pembawanya sedangkan amplitudonya tetap selama proses modulasi.

3. *Phase Modulation* (PM)

   Phase atau fasa adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu. *Phase Modulation* merupakan suatu Teknik modulasi yang menggambarkan informasi sebagai variasi fasa dari sinyal pembawanya sedangkan amplitudo gelombang pembawanya tetap. Dibutuhkan perangkat penerima yang lebih kompleks untuk modulasi fasa ini, sehingga jarang saat ini penggunaannya masih jarang.

2.2.4 Modulasi TV Digital

Transisi dari TV analog menuju TV digital membutuhkan

penggantian perangkat pemancar TV dan perangkat penerima siaran TV. Diperlukan pesawat TV digital agar dapat menerima siaran digital. Namun TV analog masih dapat digunakan untuk menerima siaran digital dengan menambahkan alat yang disebut kotak converter atau *Set Top Box.* Dengan alat ini, sinyal siaran TV digital akan dirubah menjadi sinyal analog. Dengan demikian pengguna TV analog tetap dapat menikmati siaran TV digital.

Dalam sistem siaran TV digital, data sumber yang terdiri dari audio dan video yang diperoleh dari proses di studio akan dikodekan menjadi data digital sesuai standar yang digunakan untuk menghasilkan program TV. Kemudian jika terdapat banyak program, maka program-program tersebut akan dilakukan proses *multiplexing* untuk bisa disiarkan melalui pemancar menggunakan kanal yang tersedia. Dengan proses *multiplexing,* satu kanal bisa digunakan secara bersamaan sesuai dengan jumlah program yang akan disiarkan. Data yang keluar dari blok multipleks ini merupakan data digital. Selanjutnya pada bagian modulator, data tersebut dimodulasi secara digital sehingga sinyal yang keluar dari pemancar merupakan sinyal yang termodulasi secara digital.

Sesuai dengan regulasi TV digital yang ada di Indonesia, standar modulasi yang digunakan di Indonesia adalah QPSK, 16-QAM, 64-QAM, dan 256-QAM. QPSK adalah modulasi yang merubah sinyal berdasarkan phase dengan bentuk konstelasi yang melingkar dengan 4 titik. Sedangkan QAM adalah modulasi yang merubah sinyal berdasarkan amplitude. Jumlah titik konstelasinya sesuai dengan angka yang tertera dan membentuk pola persegi bertingkat.

Secara umum, Sistem penyiaran TV digital menggunakan teknik modulasi digital QPSK, QAM, dan OFDM yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

   Jenis modulasi ini paling banyak digunakan pada aplikasi-aplikasi layanan *mobile service* seperti CDMA dan WLL *(Wireless Local Loop),* DVB-S *(Digital Video Broadcasting – Satellite),* dan Iridium (suatu

sistem *voice/data).* Berdasarkan Namanya, *Quadrature* berarti kondisi bahwa sinyal bergeser antara kondisi fasa yang terpisah 90 derajat. Bentuk gelombang berubah dalam peningkatan sebesar 90 derajat dari 45 ke 135, -45, atau -135 derajat. Titik ini dipilih karena titik ini dapat diimplementasikan dengan mudah dengan menggunakan sebuah modulator I/Q. Hanya dua nilai I dan dua nilai Q yang diperlukan, dan ini menghasilkan 2 bit per simbolnya. Terdapat 4 kondisi karena $2^2 = 4$. Oleh karena itu, QPSK merupakan jenis modulasi yang efisien *bandwidth* bila dibandingkan dengan BPSK.

Pada layanan DVB-T, modulasi QPSK menghasilkan laju bit yang lebih rendah jika dibandingkan dengan modulasi QAM. Sesuai dengan teori, tipe modulasi QPSK satu simbolnya terdiri dari dua bit, akan menghasilkan laju bit yang rendah apabila dibandingkan modulasi QAM yang satu simbolnya terdiri dari 4 bit untuk 16-QAM dan 6 bit per symbol untuk 64-QAM.

Dilihat dari ketahanan terhadap derau, modulasi QPSK mempunyai ketahanan terhadap derau yang lebih tinggi dari modulasi QAM. Hal ini karena semakin banyak bit yang mewakili symbol, maka ketahanan derau akan semakin rendah.

2. *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM)

Jenis modulasi QAM dapat diaplikasikan pada radio digital gelombang mikro, DVB-C, dan *modem.* Pada jenis 16-QAM, ada 4 nilai I dan 4 nilai Q. Dengan demikian total kondisi sinyal yang mungkin adalah 16. Hal ini berarti dapat bertransisi dari kondisi apa saja ke kondisi lainnya pada setiap *clock symbol.* Karena $16 = 2^4$ atau 4 bit per symbol dapat dikirim. Bit-bit ini terdiri dari 2 bit untuk I dan 2 bit untuk Q. laju simbolnya adalah ¼ dari laju bit-nya. Sehingga format modulasi ini dibandingkan BPSK, QPSK, 4-QAM, atau 8-PSK akan menghasilkan spektrum lebih efisien.

Jenis lainnya adalah 32-QAM. Pada jenis ini ada nilai I yang berjumlah 6 dan nilai Q juga berjumlah 6 menghasilkan 36 kondisi yang mungkin. Sehingga 4 kondisi symbol yang mengambil Sebagian besar daya untuk

mengirim dapat diabaikan. Dengan kondisi ini maka akan mengurangi jumlah daya puncak pemancar yang harus dibangkitkan. Karena $2^5 = 32$, maka ada lima bit per symbol dan laju symbol adalah 1/5 dari laju bit-nya.

Saat ini batas varian QAM adalah 256-QAM. Sistem 256-QAM menggunakan nilai I berjumlah dan 16 nilai Q berjumlah 16 yang berarti menyediakan 256 kondisi yang mungkin. Karena $2^8 = 256$, maka setiap symbol dapat merepresentasikan 8 bit. Sinyal 256-QAM yang dapat mengirim 8 bit per symbol sangatlah efisien. Akan tetapi, karena simbol-simbol tersebut berdekatan, ada kemungkinan terjadi kesalahan berupa derau dan distorsi. Sinyal-sinyal ini membutuhkan daya yang relatif besar yang berarti mengurangi efisiensi daya bila dibandingkan dengan skema yang lebih sederhana.

3. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

   OFDM merupakan teknik modulasi *multicarrier* yang digunakan oleh beberapa standar nirkabel masa depan seperti TV digital, WLAN, MAN, dan teknologi seluler. Dengan OFDM, data yang telah dimodulasi kemudian ditransmisikan secara paralel melalui *sub-carrier*. Pemrosesan sinyal dari OFDM juga relatif mudah karena hanya diperlukan dua FFT *(Fast Fourier Transform),* yang masing-masing terdapat di pemancar (modulator) menggunakan IFFT *(Inverse Fast Fourier Transform)* dan satu lagi ada di penerima (demodulator) menggunakan FFT *(Fast Fourier Transform)*.

   kekurangan dari teknik OFDM adalah pada rasio daya *peak-to-average,* walaupun modulasi yang sederhana seperti QPSK dilakukan pada *sub-carrier.* Hal ini disebabkan karena daya sinyal yang ditransmisikan merupakan penjumlahan daya dari banyak *sub-carrier* sehingga berdampak pada biaya dari penguat daya [10].

2.2.5 Uji Coba Siaran TV Digital

Berdasarkan hasil percobaan siaran TV digital, teknologi DVB-T mampu menggabungkan beberapa program secara bersamaan. Satu kanal TV berlebar pita 8 MHz dapat menampung enam program siaran dengan kualitas

cukup baik. Disamping itu, penambahan teknologi jenis DVB-H *(handled)* dapat menyediakan tambahan program siaran hingga enam program siaran lainnya, khususnya untuk penerimaan bergerak atau *mobile.* Hal ini sangat memungkinkan untuk rencana penambahan siaran TV baru.

Sistem penyiaran TV Digital adalah wujud penerapan teknologi digital pada sistem penyiaran TV yang dikembangkan di pertengahan tahun 1990-an dan diuji coba pada tahun 2000. Pada awal pengoperasian sistem digital, umumnya proses penyiaran dilakukan secara bersama-sama dengan siaran TV analog *(simulcast)*. Ujicoba sistem digital dilakukan dengan siaran analog terus dilakukan hingga mendapatkan hasil penerapan siaran TV digital yang paling sesuai dengan kebutuhan dari tiap negara.

Pada saatu peluncuran, ujicoba penyiaran digital direncanakan dilakukan oleh beberapa konsorsium, yaitu :

1. Khusus untuk siaran TV dengan sistem DVB-T akan diselenggarakan oleh dua konsorsium, yaitu konsorsium Kerjasama TVRI-Telkom dan Konsorsium Televisi Digital Indonesia (KTDI). Dalam multipleks pertama direncanakan diisi oleh sejumlah TV swasta lainnya yakni Trans TV, AnTV, SCTV, MetroTV, Trans7, dan TvOne di 46 UHF [12].
2. Khusus untuk HP (Sejenis Nokia N77, sistem DVB-H) diselenggarakan oleh dua konsorsium, yaitu Tren Mobile TV (Group MNC, terdiri dari RCTI-MNCTV-GTV-Mobile 8. Telecom – Indosat dan Infokom Elektrindo) yang bersiaran di kanal 24 UHF dengan program dari TVRI, RCTI, MNCTV, GTV, MNC News, CNN, Al Jazeera, Bloomberg, MNC Music dan MNC Entertainment dan satu konsorsium lain yang dipegang Telkom-Telkomsel-Indonusa Telemedia di kanal 26 UHF. Dalam rencana awalnya, sistem ini diproyeksikan akan berbayar [13].

2.2.6 Frekuensi TV Digital

Secara teknis, pita frekuensi radio yang digunakan untuk televisi analog dapat digunakan untuk penyiaran televisi digital sehingga tidak perlu mengubah alokasi pita frekuensi untuk frekuensi VHF maupun UHF. *Bandwidth* yang digunakan untuk siaran digital memiliki rasio 1 : 6 terhadap

siaran analog. Artinya, jika pada teknologi analog memerlukan pita selebar 8 MHZ untuk 1 kanal transmisi, maka pada teknologi digital dengan penggunaan teknik *multiplexing* dengan lebar pita frekuensi 8 Mhz dapat digunakan untuk memancarkan 6 hingga 8 kanal transmisi sekaligus.

Televisi digital perlu ditunjang oleh sistem pemancar SFN *(Single Frequency Network)* atau jaringan yang berfrekuensi sama sehingga area cakupannya lebih luas. Pembuatan alat-alat pengolah gambar yang baru seperti kabel, satelit, VCR, pemutar DVD, *camcorder,* dan konsol permainan juga dengan menggunakan format digital. Oleh karena itu supaya pesawat TV analog masih digunakan untuk TV digital maka diperlukan *decoder* atau *set top box* yang dapat mengubah sinyal digital ke analog sehingga siaran digital dapat dilihat dengan menggunakan TV analog. Televisi digital juga perlu didukung oleh teknologi penerima yang dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan.

Pita frekuensi yang digunakan didistribusikan sesuai dengan Peraturan Radio yang ditetapkan dalam Konstitusi International Telecommunication Union (ITU), tetapi definisi frekuensi dan saluran yang sebenarnya digunakan di setiap negara berbeda-beda tergantung pada undang-undang serta metode yang digunakan.

Terdapat beberapa sistem televisi di berbagai negara, antara lain sistem PAL, SECAM, dan NTSC. PAL merupakan singkatan dari *Phase Alternating Line,* dimana sistem ini merupakan salah satu sistem encoding warna untuk teknologi televisi analog selain sistem NTSC *(National Television System Commite)* dari Amerika dan SECAM *(Sequentiel Couleur A Memoire)* dari Prancis. Sistem ini menggunakan *quadrature amplitude modulation* untuk membawa informasi *chrominance* yang ditambahkan pada sinyal *video luminance* untuk membentuk *baseband* sinyal video *composite* [14]. Berikut ini adalah daftar frekuensi yang digunakan untuk siaran TV menurut sistem televisi PAL yang digunakan di negara Asia tenggara termasuk Indonesia.

Tabel 2.2. 1 Daftar Frekuensi Siaran TV

Channel		Video Carrier (Mhz)	Audio Carrier (MHz)	DVB-T/T2 (MHz)
VHF	5	175,25	180,75	177,5
	6	182,25	187,75	184,5
	7	189,25	194,75	191,5
	8	196,25	201,75	198,5
	9	203,25	208,75	205,5
	10	210,25	215,75	212,5
	11	217,25	222,75	219,5
	12	224,25	229,75	226,5
UHF	22	479,25	484,75	482
	23	487,25	492,75	490
	24	495,25	500,75	498
	25	503,25	508,75	506
	26	511,25	516,75	514
	27	519,25	524,75	522
	28	527,25	532,75	530
	29	535,25	540,75	538
	30	543,25	548,75	546
	31	551,25	556,75	554
	32	559,25	564,75	562
	33	567,25	572,75	570
	34	575,25	580,75	578

	35	583,25	588,75	586
	36	591,25	596,75	594
	37	599,25	604,75	602
	38	607,25	612,75	610
	39	615,25	620,75	618
	40	623,25	628,75	626
	41	631,25	636,75	634
	42	639,25	644,75	642
	43	647,25	652,75	650
	44	655,25	660,75	658
	45	663,25	668,75	666
	46	671,25	676,75	674
	47	679,25	684,75	682
	48	687,25	692,75	690

2.2.7 Kualitas Penyiaran TV Digital

Kualitas siaran yang dihasilkan TV digital jauh lebih bagus daripada TV analog. Perancangan dan penerapan sistem siaran TV digital difokuskan untuk meningkatkan kualitas gambar. Terdapat dua aspek yang berlawanan dan dalam hal ini memerlukan kesepakatan. Teknologi TV digital memungkinkan pengiriman gambar dengan tingkat akurasi dan resolusi sangat tinggi, tetapi di sisi lain memerlukan tersedianya kanal dengan laju sangat tinggi hingga diatas 10 Mbps. Sistem TV digital pada sisi lain juga diharapkan mampu menghasilkan penerimaan gambar yang jernih, stabil, dan tanpa efek bayangan atau semut, walaupun pesawat penerima dalam keadaan bergerak.

Siaran TV digital juga memiliki keunggulan lain, antara lain :

1. Sinyal digital lebih tahan terhadap *noise* dibandingkan dengan sinyal analog dan dapat dengan mudah untuk diperbaiki di sisi penerima dengan kode koreksi error *(error correction code).*
2. Proses transmisi menggunakan *less bandwidth (High Efficiency Bandwidth)* karena interferensi pada kanal digital lebih rendah, sehingga beberapa kanal bisa dihematkan. Hal ini menjadi sangat mungkin karena penyiaran TV digital menggunakan sistem OFDM *(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)* yang tangguh dalam mengatasi efek lintas jamak *(Multipath fading).*
3. Penggunaan teknologi penyiaran digital memiliki keuntungan tersedianya saluran siaran yang lebih banyak. Tidak ada lagi keterbatasan frekuensi yang menyebabkan antrian ataupun penolakan izin terhadap rencana pendirian televisi nasional maupun lokal. TV digital pun dapat digunakan layaknya peramban atau *browser* internet sehingga fungsinya sangat beragam.
4. Penyiaran TV Digital terestrial dapat diterima oleh sistem penerimaan TV *fixed* dan penerimaan TV *mobile*. TV digital juga memiliki ketahanan terhadap interferensi dan kondisi lintasan radio yang berubah-ubah terhadap waktu seperti jika penerima berada diatas kendaraan yang berjalan cepat. Selain itu kebutuhan daya pancar yang lebih kecil, serta penggunaan *bandwidth* yang lebih efisien [15].

2.2.8 Antena Sebagai Alat Transmisi Teknologi Penyiaran Televisi

Secara umum, antena adalah alat yang berfungsi untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik. Bisa dikatakan antena adalah alat yang bersifat pasif. Artinya bukan berperan sebagai penguat sinyal, melainkan hanya berfungsi untuk memfokuskan sinyal pada frekuensi tertentu saja. Pada sisi pengirim, antena dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang kemudian dipancarkan dan ditangkap oleh antena penerima dengan fungsi sebaliknya. Antena menggunakan satuan ukuran yang disebut dB *(Decibel)*. Semakin bertambah nilai dB, maka semakin jauh jangkauan dan jarak tempuh antena.

Antena biasanya terbuat dari bahan yang bersifat konduktor. Salah satu material yang sering digunakan adalah bahan berjenis logam. Berdasarkan letaknya, terdapat 2 macam jenis antena yaitu antena *indoor* dan antena *outdoor*. Sedangkan berdasarkan bentuknya, terdapat berbagai macam jenis antena dan biasanya memiliki fungsi berbeda tiap jenisnya.

Berikut adalah jenis-jenis antena berdasarkan bentuknya :

1. Antena Grid

   Antena grid merupakan jenis antena direktional. Umumnya memiliki bentuk menyerupai jaring dan sering digunakan untuk penggunaan jangkauan jarak jauh. Jenisnya pun beragam sesuai dengan pengaplikasiannya.

   Fungsi antena grid adalah sering digunakan pada teknologi *point to point* tetapi bisa juga digunakan untuk teknologi *point to multipoint.* Antena grid ini biasanya menggunakan dua frekuensi dalam kinerjanya. Sistem frekuensi antena grid terletak pada 2,4 GHz dan 5,8 GHz.

Gambar 2.2 5 Antena Grid [16]

2. Antena Yagi

   Antena Yagi diciptakan oleh Hidetsegu Yagi dan merupakan jenis antena yang biasanya digunakan untuk penerima TV. Antena ini memiliki bentuk yang berbentuk menyerupai tulang ikan, lengkap dengan direktor dan

reflektor yang berbentuk batang.

Hampir sama dengan antena grid, antena jenis ini juga terpolarisasi searah serta beroperasi dengan sistem *point to point.* Antena Yagi memiliki gain hingga 16 dBi serta terletak pada frekuensi 2,4 GHz dan 5,8 GHz.

Gambar 2.2 6 Antena Yagi [16]

3. Antena Parabola

Antena parabola sering disebut juga disebut antena parabolik. Antena ini cenderung memiliki jangkauan yang lebih focus dan juga bekerja dengan sistem *point to point*. Antena parabolik sering digunakan untuk penggunaan dengan jangkauan yang lebih luas dan memiliki gain yang mencapai 18 dBi hingga 28 dBi. Antena ini juga dapat digunakan untuk menangkap siaran TV di rumah dan dikenal dapat menayangkan siaran TV dengan bagus.

Gambar 2.2 7 Antena Parabola [16]

4. Antena omni

Antena omni merupakan antena yang memiliki pola pemancaran ke segala arah hingga membentuk pola 360 derajat sehingga cakupannya luas. Antena omni memiliki bentuk yang sangat simple yaitu hanya berbentuk tongkat panjang berukuran kecil.

Meskipun cakupannya luas, antena omni memiliki jangkauan jarak tetap yang terbatas. Sehingga penggunaannya hanya skala kecil saja seperti di perkantoran, sekolah, dan berbagai hotspot area lainnya. Gain antena omni yaitu antara 3 dBi sampai 13 dBi serta terletak pada frekuensi 2,4 Ghz dan 5,8 GHz.

Gambar 2.2 8 Antena Omni [16]

5. Antena Sektoral

Antena sektoral merupakan antena yang biasanya digunakan pada tower GSM. Antena ini berbentuk seperti tabung serta dapat dipasang dengan posisi vertikal maupun horizontal.

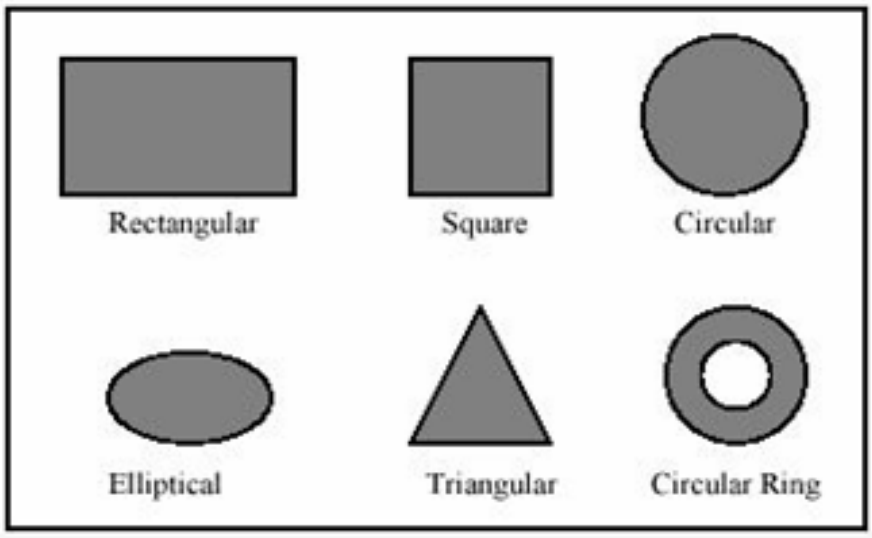
Antena sektoral memiliki polarisasi hanya pada arah tertentu saja yaitu membentuk sudut 180 derajat saja. Antena ini memiliki gain antara 10 dBi hingga 18 dBi dan dapat menjangkau jarak yang jauh hingga 1-5 km dan dapat menampung hingga 5 pengguna sekaligus [16].

Gambar 2.2 9 Antena Sektoral [16]

2.2.9 Antena Mikrostrip

Dalam sistem komunikasi nirkabel, dibutuhkan suatu alat yang dapat berfungsi sebagai pemancar dan penerima sinyal. Untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut, diperlukan perangkat antena yang mampu melakukan penerimaan sinyal di beberapa frekuensi kerja yang berbeda. Salah satu jenis antena yang saat ini banyak digunakan untuk komunikasi nirkabel adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki kelebihan bentuk yang kecil dan ringan, sederhana dan mudah dalam fabrikasi.

Antena mikrostrip pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950 dan merupakan jenis antena yang populer saat ini. Hal ini disebabkan karena antena mikrostrip sangat cocok untuk perangkat telekomunikasi yang sekarang ini memperhatikan bentuk dan ukuran. Dengan bentuk yang sederhana, antena mikrostrip dapat dengan mudah ditempatkan tanpa membutuhkan ruang yang luas. Melalui beberapa dekade penelitian, diketahui bahwa kemampuan beroperasi antena mikrostrip dapat diatur dari bentuknya [17]. Bentuk antena mikrostrip dikenal dalam beberapa bentuk seperti yang terdapat pada gambar 2.2.7.



Gambar 2.2.10 Macam-macam Bentuk Antena Miksrotrip [17]

Bentuk antena yang paling banyak dipakai adalah *rectangular* karena mudah dianalisis. Berikut adalah rumus perhitungan untuk antena mikrostrip bentuk *rectangular* :

1. Menghitung W (Lebar patch)

$$W = \frac{c}{2 \, . \, fc\sqrt{\frac{(\varepsilon_r+1)}{2}}} \tag{1}$$

W = Lebar Patch

c = Kecepatan Cahaya

F_o = Frekuensi resonansi antena

ε_r = permitivitas relatf substrat

2. Menghitung nilai L (Panjang patch)

   Diperlukan nilai efektif dielektrik konstan (ε_{reff}), *Effectice Length* (Leff) dan *Length Extension* (ΔL).

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2} \left[1 + \left(\frac{12h}{W}\right)\right]^{-1/2} \tag{2}$$

ε_{reff} = Permitivitas relatif efektif

ε_r = permitivitas relatf substrat

h = Tebal substrat

W = Lebar patch

3. Menghitung W pencatu (Lebar feeder) dan L pencatu (Panjang feeder) dengan persamaan dibawah ini

   Menentukan B dari nilai impedansi 50Ω

$$A = \frac{Z_0}{60}\sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2}} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1}(0{,}23 + \frac{0{,}11}{\varepsilon_r} \quad (3)$$

$$B = \frac{377\pi}{2\ x\ Zo\sqrt{\varepsilon r}}$$

   Menentukan lebar saluran pencatu (feeder)

$$W/h = \frac{2h}{\pi}\left\{B - 1 - ln(2 \times B - 1) + \frac{\varepsilon r - 1}{2 \times \varepsilon r}\left[ln(B - 1) + 0{,}39 - \frac{0{,}61}{\varepsilon r}\right]\right\}, \qquad \frac{W}{h} < 2 \quad (4)$$

$$W/h = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2}, \qquad \frac{W}{h} < 2 \quad (5)$$

   Menghitung Panjang Pencatu (feeder)

$$\lambda o = \frac{c}{f} \quad (6)$$

$$\lambda d = \frac{\lambda o}{\sqrt{\varepsilon r}} \quad (7)$$

$$Lf = \frac{1}{4} \times \lambda d \quad (8)$$

λ_0 = Panjang gelombang

c = Kecepatan cahaya

f = Frekuensi gelombang

λ_d = Panjang gelombang pada bahan

Lf = Lebar saluran pencatu

2.2.10 Struktur Antena Mikrostrip

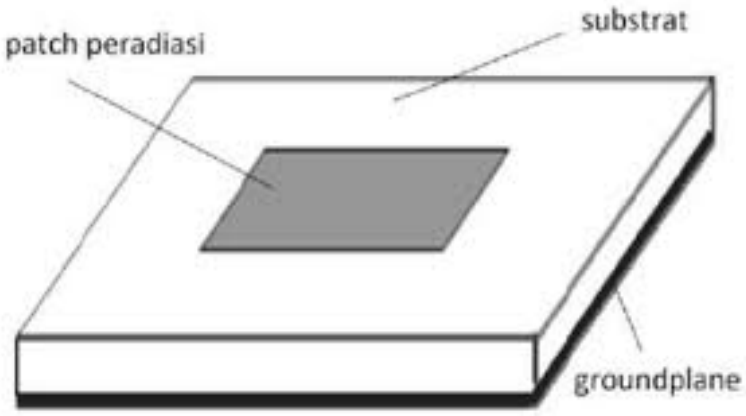
Berdasarkan asal kata, mikrostrip terdiri dari dua kata, yaitu *micro* (sangat kecil/tipis) dan *strip* (bilah/potongan) [18]. Antena mikrostrip secara umum terbagi menjadi tiga bagian, yaitu :

a. *Patch,* bagian yang berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektormagnetik. *Patch* antena microstrip umumnya terbuat dari lapisan logam dan memiliki ketebalan tertentu. Biasanya lapisan ini terbuat dari logam tembaga.

b. *Substrate,* bagian yang berfungsi sebagai bahan dielektrik yang membatasi elemen *patch* dengan elemen pentanahan *(ground)*. Elemen ini memiliki jenis bervariasi yang dapat digolongkan berdasarkan nilai konstanta dielektrik (ε_r) dan ketebalannya (h). kedua nilai tersebut mempengaruhi frekuensi kerja, *bandwith,* dan efisiensi dari antena yang akan dibuat. Salah satu jenis substrat yang sering digunakan untuk komponen antena mikrostrip adalah jenis FR-4.

c. *Groundplane* , yaitu lapisan paling bawah yang berfungsi sebagai reflektor yang memantulkan sinyal yang tidak diinginkan.

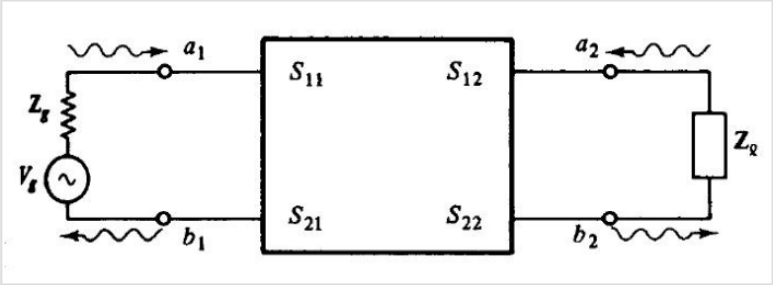
Gambar 2.2.11 menunjukkan struktur dasar antena mikrostrip yang terdiri dari *patch, substrate,* dan *groundplane.*



Gambar 2.2.11 Struktur Antena Mikrostrip [18]

2.2.11 Parameter Umum Antena Mikrostrip

Unjuk kerja dari sebuah antena mikrostrip dapat diamati dari parameternya. Beberapa parameter antena dapat dinyatakan menggunakan S-Parameter. S-parameter digunakan untuk menggambarkan bagaimana energi dapat merambat melalui jaringan listrik. S-Parameter digunakan untuk menggambarkan hubungan antara port yang berbeda, ketika menjadi sangat penting untuk menggambarkan jaringan dalam hal amplitudo dan fase versus frekuensi, daripada tegangan dan arus.



Gambar 2.2.12 *Two Port Network* [19]

Pada gambar tersebut terlihat bahwa untuk menggambarkan perilaku jaringan digunakan *travelling wave* yaitu gelombang yang datang menuju dan meninggalkan *port* 1 dan *port* 2. Pada konsep H,Y, Z parameter digunakan tegangan dan arus pada masing-masing Port. Pada gambar tersebut adalah amplitudo tegangan dari gelombang yang menuju ke port, sedangkan b adalah amplitudo tengangan gelombang yang meninggalkan port [19]. Rumusan

secara umum untuk menyatakan hubungan antara a,b dan matrik S adalah sebagai berikut :

$$b = S \,.\, a \tag{9}$$

dengan S adalah *scaterring matriks*. Maka untuk jaringan dua port dapat dijabarkan :

$$b_1 = S_{11}.\, a_1 + S_{12}.\, a_2 \tag{10}$$

$$b_2 = S_{21}.\, a_1 + S_{22}.\, a_2 \tag{11}$$

Sedangkan, beberapa parameter utama dari antena mikrostrip adalah sebagai berikut :

a. *Bandwidth*

Bandwidth pada antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi dimana kinerja antena berhubungan dengan beberapa karakterisitik seperti impedansi masukan, pola radiasi, *beamwidth,* polarisasi, *gain,* efisiensi, VSWR, *return loss* yang memenuhi standar.

Bandwidth dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$BW = \frac{\boldsymbol{f_2} + \boldsymbol{f_1}}{\boldsymbol{f_c}} \tag{12}$$

Dimana, $\boldsymbol{f_2}$ = frekuensi tertinggi

$\boldsymbol{f_1}$ = frekuensi terendah

$\boldsymbol{f_c}$ = frekuensi tengah

b. VSWR

VSWR adalah perbandingan antara amplitudo gelombang berdiri *(standing wave)* minimum (Vmin) dengan maksimum (Vmax). Terdapat dua komponen gelombang tegangan pada saluran transmisi, yaitu gelombang yang dikirimkan (V_0^+) dan tegangan yang dipantulkan (V_0^-). Perbandingan antara V_0^+ dengan V_0^- disebut koefisien refleksi tegangan (Γ). Sedangkan rumus untuk mencari nilai VSWR adalah :

$$S = \frac{|V|_{max}}{|V|_{min}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \tag{13}$$

Dimana, $|V|_{max}$ = Amplitudo gelombang berdiri maksimum

$|V|_{min}$ = Amplitudo gelombang berdiri minimum

Γ = Koefisien refleksi tegangan

Nilai VSWR dianggap baik jika nilai VSWR ≤ 2. Tetapi dalam teorinya, kondisi yang paling baik adalah jika VSWR bernilai 1 yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan *matching* sempurna. Tetapi hal tersebut dalam praktiknya sulit didapatkan.

VSWR juga dapat dinyatakan menggunakan S-Parameter.

Pada input :

$$VSWR = (1 + S_{11})/(1 - S_{11}) \tag{14}$$

Pada output :

$$VSWR = (1 + S_{22})/(1 - S_{22}) \tag{15}$$

Jika gelombang dapat melewati jaringan dengan sempurna sehingga tidak ada yang dipantulkan balik menuju sumbernya maka nilai VSWR adalah 1. Nilai ini adalah nilai ideal dan tidak pernah terjadi pada prakteknya. Saat semua gelombang dipantulkan balik maka nilai VSWR adalah tak berhingga.

c. *Return loss*

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

Return loss merupakan parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang dan tidak kembali sebagai pantulan. Oleh karena itu, kondisi yang diharapkan untuk nilai *return loss* adalah ≤ -10 dB.

$$\Gamma = \frac{V_0^-}{V_0^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \tag{16}$$

Nilai *return loss* dapat dicari dengan persamaan :

$$Return\ loss = 20\ log_{10}|\Gamma| \tag{17}$$

Dimana, Γ = Koefisien refleksi tegangan

V_0^- = Tegangan yang dipantulkan

V_0^- = Tegangan yang dikirimkan

Z_L = Impedansi saluran *lossless*

Z_L = Impedansi beban

d. *Gain*

Gain memiliki satuan dB, dBm, dan dBi yng menunjukkan seberapa

efisien sebuah antena dapat mentransformasi daya yang ada pada terminal masukan menjadi daya yang teradiasi pada arah tertentu. Gain antena menunjukkan karakter antena sesuai dengan kemampuan antena mengarahkan radiasi sinyal dan menerima sinyal dari suatu arah.

e. Pola Radiasi

Pola radiasi adalah representasi grafik dari sifat radiasi antena sebagai fungsi ruang. Pola radiasi merepresentasikan besar dan arah radiasi suatu antena. Sifat radiasi tersebut meliputi kerapatan fluks, intensitas radiasi, kuat medan, atau polarisasi. Pola radiasi biasanya digambarkan dalam daerah medan jauh dan ditunjukkan sebuah fungsi koordinat direksional. Parameter pola radiasi terdiri dari main lobe, side lobe, HPBW (Half Power Beamwidth), FN BW (First Null Beamwidth, SLL (Side Lobe Level) dan FBR (Front to Back Ratio).

f. Impedansi masukan

Impedansi masukan adalah perbandingan impedansi pada bagian terminal antena atau perbandingan antara tegangan dan arus listrik pada terminal antena. Impedansi masukan memiliki variasi nilai posisi tertentu. Impedansi masukan Z_{in} terdiri dari dua bagian real (R_{in}) dan bagian imajiner (X_{in}).

$$Z_{in} = R_{in} + Xin\ \Omega \qquad (18)$$

Dimana, Z_{in} = Resistensi masukan

Rin = Tegangan yang dipantulkan

Resistansi masukan (R_{in}) mewakili disipasi yang terjadi karena dua hal. Pertama karena daya yang meninggalkan antena dan tidak kembali lagi (radiasi). Kedua karena rugi-rugi *ohmic* yang terkait dengan panas pada struktur antena. Namun pada banyak antena, rugi-rugi *ohmic*

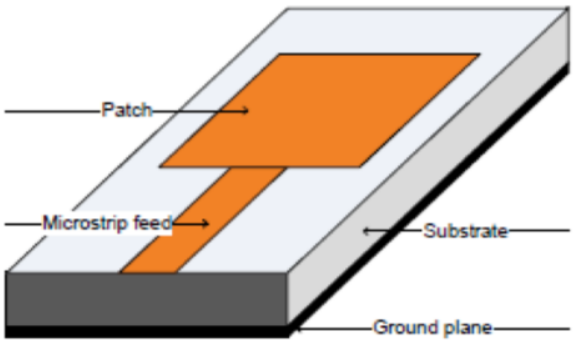
sangat kecil bila dibandingkan dengan rugi-rugi akibat radiasi.

Komponen imajiner (X_{in}) mewakili reaktansi dari antena dan daya yang tersimpan pada medan dekat antena. Kondisi matching harus sedemikian rupa sehingga mendekati 50+j0 Ω .

2.2.12 Teknik pencatuan Saluran Mikrostrip

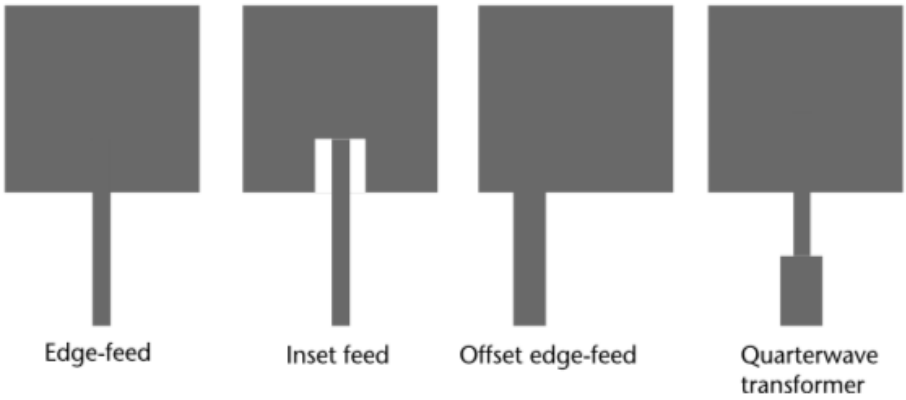
Pada umumunya, metode pencatuan yang digunakan pada antena mikrostrip dibedakan menjadi dua yaitu pencatuan secara langsung *(direct coupling)* dan pencatuan secara tidak langsung *(electromagnetic coupling).* Pada metode pencatuan langsung, power RF langsung dicatu ke *patch* menggunakan elemen penghubung pada jalur mikrostrip tersebut. Sedangkan pada metode pencatuan secara tidak langsung, tidak ada kontak langsung antara saluran transmisi dengan elemen peradiasinya.

Ada 4 macam Teknik pencatuan yang paling popular digunakan, yaitu *mikrostrip line, proximity coupling, coaxial probe, dan aperture coupling.* Teknik *microstrip line* sangat sering digunakan dalam pembuatan antena mikrostrip karena mudah untuk difabrikasi. Teknik ini memiliki model yang sederhana serta mudah untuk *match* hanya dengan mengatur posisi *feed* tersebut. Teknik ini menggunakan strip kecil sebagai *line* tambahan yang langsung dihubungkan ke *patch* antena yang seperti ditunjukkan pada Gambar.



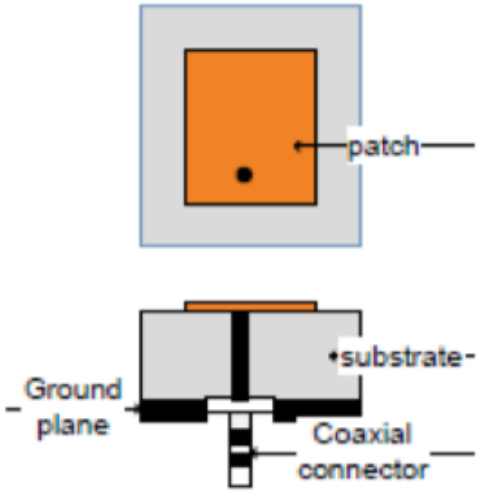
Gambar 2.2.13 Teknik Pencatuan Micostrip Line [20]

ada banyak konfigurasi yang berbeda pada Teknik *microstrip line*. Dalam skema *edge-feed* dan *offset edge-fed*, *feedline* dimulai dari tepi *patch*, sedangkan di *Feed inset*, garis mikrostrip dimulai dari lokasi di dalam patch. Tujuan dari *inset cut* di *patch* adalah untuk mencocokkan impedansi saluran umpan ke *patch* tanpa memerlukan elemen pencocokan tambahan [20].



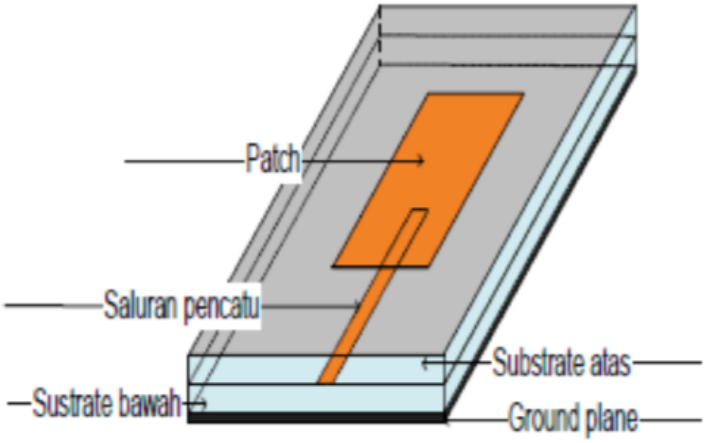
Gambar 2.2.14 Macam-macam Konfigurasi *Microstrip Line* [20].

Pada Teknik pencatuan *coaxial probe,* bagian dalam dari *coax* ditambahkan ke dalam *patch* radiasi sementara bagian luar konduktornya dihubungkan dengan *groundplane.* Teknik pencatuan ini juga sering digunakan karena memiliki radiasi palsu yang kecil. Namun, ini memberikan bandwidth yang sempit dan sulit untuk dimodelkan karena lubang harus dibor pada substrat dan konektor menonjol di luar bidang dasar, sehingga tidak membuatnya benar-benar datar untuk substrat tebal (h > 0,02l0) dan karena itu, konektor ini sulit untuk menggunakan metode pencatuan ini dalam aplikasi *array*. Kerugian lain adalah untuk substrat yang lebih tebal, yang menyediakan *bandwidth* yang luas akan menyebabkan panjang *probe* meningkat dan membuat impedansi input lebih induktif [20].



Gambar 2.2.15 Teknik Pencatuan *Coaxial Probe* [20]

Teknik *proximity coupling* cocok untuk antena dengan tujuan mendapatkan *bandwidth* yang besar dan radiasi tambahan *(spurious radiation)* yang kecil. Teknik ini sulit difabrikasi karena harus menyusun dua elemen substrat dengan benar. Mengatur parameter panjang dari *feeding stub* dan rasio *width-to-line* dari *patch* dapat mengoptimalkan desain.

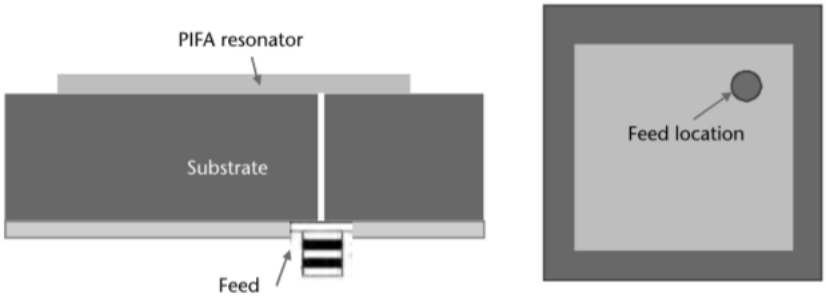


Gambar 2.2.16 Teknik Pencatuan Proximity Coupling [20]

Bentuk pencatuan pada teknik *proximity coupling* hampir mirip dengan *microstrip line* karena merupakan turunan dari pencatuan *microstrip line*.. perbedaannya terlihat dari hubungan antara *patch* dan catuannya terlihat

sedikit menjorok kearah *patch* antena microstrip tersebut.

Dari keempat jenis Teknik pencatuan, Teknik *aperture coupling* paling sulit difabrikasi dan memiliki *bandwidth* yang sempit. Untuk mengoptimalkan desain, *aperture coupling* terdiri atas dua buah substrat yang terpisah oleh sebuah *groundplane.* Pada dasar substrat bawah terdapat sebuah *mikrostrip line feed* yang memiliki energi terkopel dengan *patch* melalui suatu slot pada *groundplane* yang memisahkan kedua substrat tersebut.



Gambar 2.2.17 Teknik Pencatuan Aperture Coupling [20].