

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian [7] membahas tentang perancangan dan simulasi Desain Komunikasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) menggunakan GNU Radio, perangkat lunak sumber terbuka untuk sistem komunikasi radio. Selain menjelaskan prinsip dasar QAM yang menggabungkan modulasi PSK dan ASK untuk transmisi data berkecepatan tinggi, penelitian ini mendetailkan pengaturan blok-blok *transmitter* seperti *Random Source*, *QAM Mod*, dan *Constellation Sink* serta blok-blok *receiver* seperti *Signal Source*, *QAM Demod*, dan *Scope Sink* pada GNU Radio. Hasil simulasi menunjukkan GNU Radio dapat menampilkan modulasi QAM dan plot konstelasi sinyal dengan baik. Persamaan penelitian [7] dengan tugas akhir ini adalah menggunakan *software* GNU Radio. Hal yang membedakan pada tugas akhir ini dengan penelitian [7] adalah tugas akhir ini data yang dikirimkan berupa gambar, sedangkan penelitian [7] data *random*

Pada penelitian [8] membahas tentang merancang dan mengimplementasikan modul penginderaan spektrum dengan deteksi energi menggunakan GNU Radio dan USRP N210 pada frekuensi tengah 825 MHz dan lebar pita 20 MHz. Data hasil deteksi energi dari 30 *frame* waktu dengan 1024 sampel setiap *frame* dianalisis untuk menentukan nilai ambang batas (*threshold*) optimal. Perhitungan probabilitas false alarm (Pfa) dilakukan untuk lima nilai *threshold* yang berbeda (-98 dB, -99 dB, -100 dB, -101 dB, dan -102 dB), dan nilai *threshold* -101 dB dipilih sebagai nilai optimal dengan Pfa persis di bawah 5%. Persamaan penelitian [8] dengan tugas akhir ini adalah menggunakan frekuensi UHF dan *software* yang digunakan GNU Radio. Hal yang membedakan pada skripsi ini dengan penelitian [8] adalah tugas akhir ini menggunakan *Universal Software Radio Peripheral* (USRP) 2920, sedangkan penelitian [8] menggunakan USRP N210.

Pada penelitian [9] membahas tentang *prototype low cost Software Defined Radio* (SDR) *using raspberry board*. Pada penelitian ini menggunakan *Raspberry Pi*

sebagai pemancar sinyal radio yang dikombinasikan dengan RTL-SDR sebagai penerima sinyal. RTL-SDR merupakan penerima SDR yang harganya terjangkau namun hanya berfungsi sebagai penerima saja. Menggabungkannya dengan *Raspberry Pi* sebagai pemancar memungkinkan transmisi data melalui frekuensi radio dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan perangkat SDR komersial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *prototipe Software Defined Radio* (SDR) biaya rendah menggunakan *Raspberry Pi* sebagai pemancar dan RTL-SDR sebagai penerima mampu mengirimkan data berupa audio, teks, dan gambar melalui frekuensi radio. Kualitas pengiriman data dipengaruhi oleh jarak transmisi. Pada jarak 3 meter, kualitas pengiriman data sangat baik dengan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) tinggi sekitar 28-35 dB, pada jarak 6 meter, kualitas data masih baik dengan SNR sekitar 25-30 dB, dan pada jarak 10 kualitas data menurun dengan SNR sekitar 19-21 dB namun masih dapat diterima. Persamaan penelitian [9] dengan tugas akhir ini adalah parameter yang diukur berupa nilai SNR. Hal yang membedakan pada tugas akhir ini dengan penelitian [9] adalah tugas akhir ini mengirimkan data berupa gambar, sedangkan penelitian [9] mengirimkan data berupa audio, teks dan gambar. Selain itu, perbedaan lainnya adalah perangkat yang digunakan pada tugas akhir ini USRP 2920, sedangkan pada penelitian [9] perangkat yang digunakan berupa RTL-SDR dan *Raspberry Pi*.

Pada penelitian [10] membahas tentang desain modem sistem komunikasi digital *High Frequency* (HF) menggunakan perangkat *Software Defined Radio* (SDR). Sistem komunikasi HF bekerja pada frekuensi 3-30 MHz dan menggunakan lapisan ionosfer untuk merambatkan sinyal. Penelitian ini bertujuan untuk mengirimkan pesan dalam bentuk teks dengan sistem komunikasi digital. Desain modem dalam penelitian ini menggunakan parameter frekuensi sebesar 7 MHz, *bandwidth* sebesar 10 kHz, nilai *IQ Rate* sebesar 200 *Ksymbol/sec*, modulasi BPSK, *Samples per Symbol* sebesar 30, *filter Root Raised Cosine*, dan *Roll of Factor* sebesar 0,5. Modem dirancang dengan modulator dan demodulator pada SDR tipe Universal Software Radio Peripheral (USRP) dan perangkat lunak *LabView*. Implementasi desain modem dilakukan pada perangkat keras USRP dan perangkat lunak *LabView* untuk pemancar dan penerima. Pengukuran dilakukan pada jalur Surabaya-Malang dengan jarak sekitar 73,10 km. Indikator kinerja yang diukur

meliputi *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Bit Error Rate* (BER), *Character Error Rate* (CER), dan *Frame Error Rate* (FER). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain modem untuk sistem komunikasi digital HF menggunakan perangkat keras SDR tipe USRP dan perangkat lunak *LabView* mampu menerima variasi jumlah karakter dari 500 hingga 2000 karakter dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai SNR rata-rata, BER rata-rata, CER rata-rata, dan FER rata-rata yang sesuai dengan standar ETSI. Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem komunikasi digital HF untuk pengiriman pesan teks dengan desain modem pada platform SDR. Persamaan penelitian [10] dengan tugas akhir ini adalah menggunakan perangkat USRP dan *software LabView*. Hal yang membedakan pada tugas akhir ini dengan penelitian [10] adalah tugas akhir ini menggunakan frekuensi UHF, sedangkan penelitian [10] menggunakan frekuensi HF. Selain itu, perbedaan lainnya adalah parameter yang diukur pada tugas akhir ini hanya SNR dan BER, sedangkan pada penelitian [10] parameter yang diukur SNR, BER, CER dan FER.

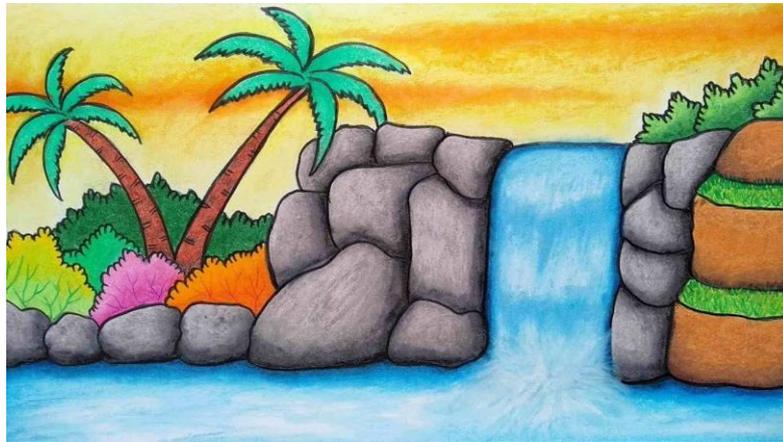
2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Gambar

Gambar adalah bagian yang penting dalam suatu proses desain dan dapat dikatakan sebagai media komunikasi atau penyampaian informasi. Gambar memiliki peran yang besar dalam dunia modern, gambar dapat membantu seorang desainer komunikasi visual, ahli keteknikan, dan setiap orang yang kompleks seperti sekarang [11]. Gambar (*image*) dalam pengolahan sinyal digital mengacu pada representasi dua dimensi dari sinyal yang menggambarkan intensitas atau tingkat kecerahan piksel dalam bidang dua dimensi. Gambar digital terdiri dari sejumlah besar piksel yang diatur dalam baris dan kolom, dengan setiap piksel memiliki nilai intensitas atau warna tertentu [12].

Gambar pada pengolahan sinyal bisa direpresentasikan menjadi sinyal elektrik. Pada gambar 2.1 memiliki ukuran gambar sebesar 149,7 KB dan resolusi 2000 x 1125 piksel. masing-masing piksel direpresentasikan dengan warna. Warna yang digunakan pada gambar 2.1 adalah warna RGB. Kedalaman warna jumlahnya mulai dari 256 sampai jutaan. Pada gambar 2.1 memiliki kedalaman warna 24 bit

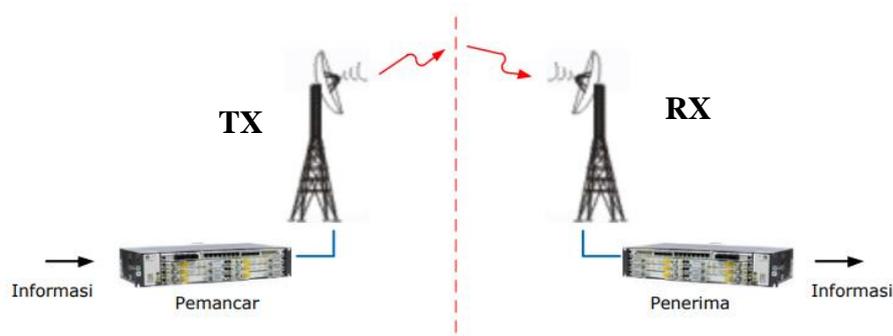
per piksel, yang berarti setiap piksel dapat direpresentasikan dengan kombinasi 2^{24} = 16.777.216 warna yang berbeda.



Gambar 2.1 Gambar Pemandangan

2.2.2 Sistem Komunikasi Radio

Sistem komunikasi radio adalah bentuk sistem komunikasi yang menggunakan udara sebagai transmisi dan gelombang radio sebagai sinyal pembawa. Sistem komunikasi radio terdapat pemancar dan penerima. Pemancar berfungsi sebagai sumber sinyal yang dipancarkan oleh antenna pemancar. Sinyal radio berfrekuensi tinggi dihasilkan oleh alat di dalam pemancar yang disebut osilator. Sedangkan Penerima berfungsi untuk menerima sinyal yang dipancarkan oleh antenna pemancar dan diterima melalui antenna penerima [13]. Prinsip komunikasinya dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2 Prinsip Komunikasi Radio [14]

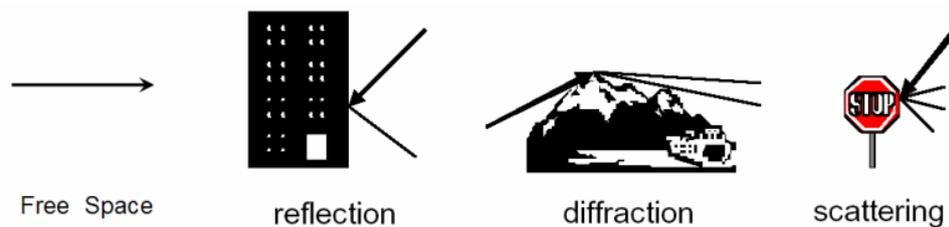
Sistem komunikasi radio terdiri dari dua bagian pokok, yaitu pemancar (Tx) dan penerima (Rx). Sinyal yang dipancarkan oleh antenna pemancar akan ditangkap oleh antenna penerima. Dalam hal ini, antenna merupakan perangkat yang mengubah sinyal elektromagnetik menjadi sinyal listrik pada sisi penerima. pada bagian

penerima akan melakukan proses mengubah sinyal listrik menjadi sinyal informasi seperti aslinya. Komunikasi nirkabel adalah salah satu komunikasi yang tidak menggunakan kabel tetapi menggunakan gelombang elektromagnetik sebagai media perantara atau pengirimannya. Komunikasi nirkabel ini lebih praktis, efisien karena untuk dapat menghubungkannya tidak memerlukan kabel.

2.2.2.1 Fading

Fading adalah gejala pembenturan jalur gelombang radio yang menyebabkan redaman yang lebih besar pada sinyal yang diterima dalam berbagai kondisi cuaca. Fenomena atau gejala ini biasanya terkait dengan mekanisme propagasi, yang melibatkan refraksi, refleksi, difraksi, hamburan, dan redaman gelombang radio, yang menyebabkan perubahan fasa, polarisasi, dan atau level sinyal seiring waktu [15].

Perubahan atmosfer, seperti curah hujan, memengaruhi fading. Namun, dalam situasi di mana satu dari kedua antena bergerak dekat satu sama lain dan ada berbagai rintangan yang berubah sepanjang waktu di lokasinya, akan terjadi efek transmisi yang rumit. Sinyal yang diterima oleh penerima adalah jumlah dari semua sinyal yang dipantulkan oleh banyak lintasan karena fading [16]. Gambar 2.3 menggambarkan interferensi *multipath* yang umum terjadi pada sistem komunikasi gelombang radio yang bergerak dan tetap.



Gambar 2.3 Multipath Fading [16]

Free space diasumsikan propagasi hanya terjadi pada satu lintasan dan tidak terjadi refleksi ataupun gangguan lain dan sinyal harus bebas halangan. *Reflektion* merupakan kondisi sinyal yang datang menuju penerima telah mengalami pantulan terhadap suatu objek. Lalu ada *diffraktion* yang akan terjadi ketika sinyal melewati suatu obyek yang mempunyai bentuk yang tajam sehingga seolah-olah menghasilkan sumber sekunder. Kemudian ada *scattering* terjadi ketika *signal* melewati suatu obyek yang kasar atau memiliki mempunyai bentuk yang tajam.

Peristiwa *scattering* menyebabkan dihamburkan dan terpecah-pecah menjadi beberapa sinyal [16].

Adanya *multipath* memungkinkan sinyal yang dikirim diterima meskipun lintasan terhalang. Namun, dengan adanya *multipath*, kondisi lingkungan yang selalu berubah mempengaruhi penerimaan sinyal dan posisi penerima. *Multipath fading* adalah gangguan yang mengganggu perambatan gelombang mikro di udara bebas. Ini adalah salah satu masalah yang dapat ditimbulkan oleh adanya *multipath*. Seringkali terjadi pada malam hari dan berjalan sangat cepat. Munculnya secara tiba-tiba, tidak dapat diketahui atau diprediksi sebelumnya, dan sulit untuk diamati melalui indra. karena energi yang dipantulkan atau dibiaskan tidak sefase dengan energi yang langsung sampai pada penerima. Dalam hal ini, antena penerima akan menerima gelombang yang terdiri dari dua atau lebih bagian yang terpisah dari satu sama lain [15].

2.2.2.2 Pathloss

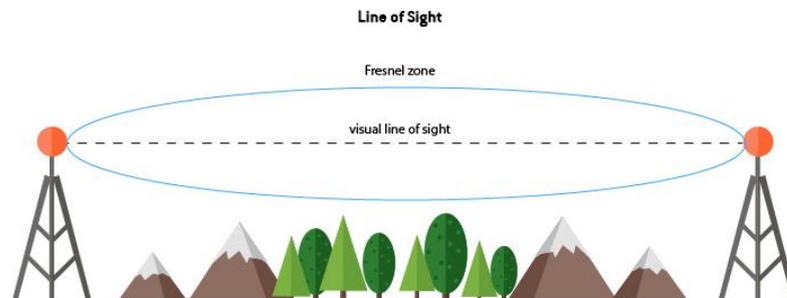
Path Loss merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya *loss* (rugi-rugi) yang terjadi selama proses pengiriman data di dalam media transmisi. *Path loss* dapat timbul disebabkan oleh banyak faktor, seperti kontur tanah, lingkungan yang berada, medium propagasi (udara yang kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dengan penerima, lokasi dan tinggi antena

Path Loss adalah parameter yang digunakan untuk menghitung jumlah rugi-rugi yang terjadi selama proses pengiriman data di dalam media transmisi. *Path loss* dapat disebabkan oleh banyak hal, seperti kontur tanah, kondisi lingkungan, medium propagasi (kering atau lembab), jarak antara antena pemancar dan penerima, lokasi, dan tinggi antena [17]. Ada dua kondisi yang dapat menentukan besarnya rugi-rugi propagasi, yaitu:

1. *Line of Sight* (LOS)

Kondisi ini antara *transmitter* (BS) dan *receiver* (UE) tidak terdapat halangan sama sekali atau tidak terpengaruh *multipath Fading*. Kondisi LOS digambarkan pada gambar 2.4. Pada gambar 2.4 dapat dilihat ada 2 buah BTS yang sinyalnya tidak terhalang oleh pohon dan gunung. Pada gambar 2.4 juga terdapat garis biru yang dapat dikatakan sebagai *Line of Sight* atau garis pandang antara pengirim dan penerima. Kemudian ada *fresnel zone* yang mana merupakan wilayah

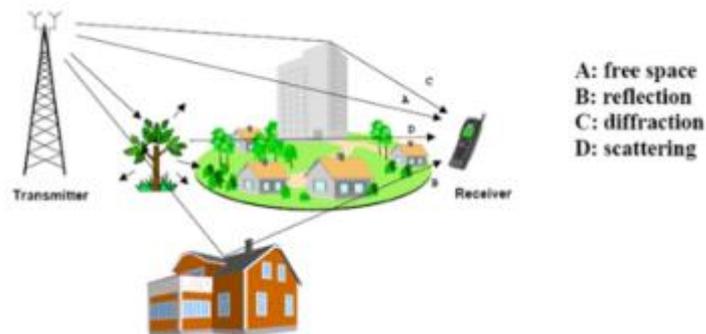
jalur gelombang radio dimana penghalang dapat berdampak signifikan terhadap kekuatan sinyal, tetapi dalam LOS tidak terdapat penghalang. Lalu ada *visual line of sight* yang digunakan untuk membedakan antara garis pandang yang jelas untuk gelombang radio dan garis pandang.



Gambar 2.4 Kondisi *Line of Sight* [18]

2. *Non Line of Sight* (NLOS)

Propagasi gelombang NLOS atau terpengaruh multipath fading adalah ketika ada penghalang sinyal antara pengirim (BS) dan penerima (UE), seperti rumah, pohon, dan gedung. Kondisi ini menyebabkan sinyal yang dikirim oleh pengirim (BS) mengalami pantulan, difraksi, atau scattering, sehingga sinyal memiliki lebih dari satu jalur dari transmitter (BS) ke penerima (UE) [18]. Kondisi *Non Line of Sight* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kondisi *Non Line of Sight* [16]

Pada gambar 2.5 dapat dilihat kondisi *non line of sight* ini terdapat penghalang yang dapat menyebabkan sinyal mengalami pantulan (*reflection*) terhadap objek. Selain pantulan, sinyal juga dapat membelok (*diffraction*) ketika melewati objek yang tajam. Kemudian sinyal juga dapat dihamburkan (*scattering*) jika melewati objek seperti pohon [18]. Besarnya rugi-rugi ruang bebas (*free space loss*) dijelaskan dalam persamaan:

$$FSL = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) \quad (2.1)$$

dengan,

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.2)$$

keterangan:

FSL: *Free Space Loss* (dB)

λ : Panjang gelombang (m)

f : Frekuensi kerja sistem (Hz)

d : jarak antara pemancar dan penerima (m)

c : kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)

Setelah diperoleh nilai *path loss* (PL) untuk maka dapat dihitung besarnya daya terima pada *receiver* dengan menggunakan persamaan:

$$P_r \text{ (dBm)} = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - FSL - FM \quad (2.3)$$

Keterangan :

P_r : daya terima *receiver* (dBm)

P_t : daya pancar *transmitter* (dBm)

G_t : *gain transmitter* (dBi)

L_t : *transmitter losses (cable loss)*(dB)

G_r : *gain receiver* (dBi)

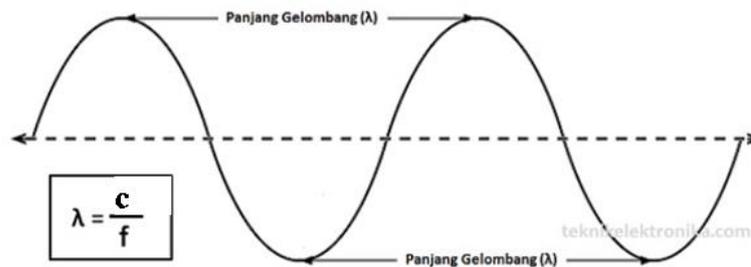
L_r : *receiver losses (body loss)* (dB)

2.2.2.3 Pembagian *Band* Frekuensi

Untuk mentransmisikan sinyal informasi dari satu tempat ke tempat yang lain, media transmisi yang digunakan adalah gelombang radio. Gelombang radio dapat dikirimkan dengan menggunakan frekuensi yang terdapat dalam spektrum frekuensi yang luas, yaitu 3 kHz hingga 300 GHz (dapat dilihat pada Tabel 2.1). Namun, ada juga kemungkinan untuk menggunakan frekuensi kurang dari 30 kHz. Gelombang radio digunakan untuk mentransmisikan sinyal informasi melalui udara atau ruang hampa. Gelombang radio dapat digunakan untuk berkomunikasi melalui radio, televisi, telepon seluler, dan berbagai perangkat lainnya yang memerlukan transmisi sinyal informasi [19].

Tabel 2.1 Pembagian Band Frekuensi

| <i>Frequency Band</i> | <i>Frequency Range</i> | <i>Wavelength</i> |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Extremely Low Frequency (ELF)</i> | 3 Hz – 30 Hz | 10,000 km – 100,000 km |
| <i>Super Low Frequency (SLF)</i> | 30 Hz – 300 Hz | 1,000 km – 10,000 km |
| <i>Ultra Low Frequency (ULF)</i> | 300 Hz – 3 kHz | 100 km – 1,000 km |
| <i>Very Low Frequency (VLF)</i> | 3 kHz – 30 kHz | 10 km – 100 km |
| <i>Low Frequency (LF)</i> | 30 kHz – 300 kHz | 1 km – 10 km |
| <i>Medium Frequency (MF)</i> | 300 kHz – 3 MHz | 100 m – 1 km |
| <i>High Frequency (HF)</i> | 3 MHz – 30 MHz | 10 m – 100 m |
| <i>Very High Frequency (VHF)</i> | 30 MHz – 300 MHz | 1 m – 10 m |
| <i>Ultra High Frequency (UHF)</i> | 300 MHz – 3 GHz | 10 cm – 1 m |
| <i>Super High Frequency (SHF)</i> | 3 GHz – 30 GHz | 1 cm – 10 cm |
| <i>Extremely High Frequency (EHF)</i> | 30 GHz – 300 GHz | 1 mm – 10 mm |



Gambar 2.6 Gelombang Elektromagnetik [21]

Untuk dapat menghitung panjang gelombang (*wavelength*) dapat menggunakan rumus (2.4):

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.4)$$

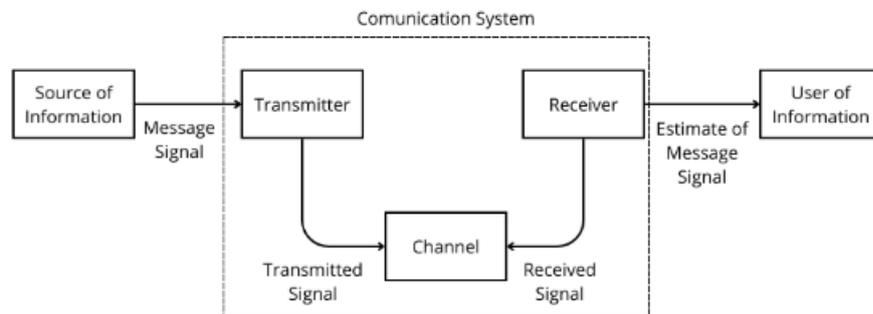
Dimana : λ = panjang gelombang (m)

c = kecepatan cahaya (3×10^8 m/d)

f = frekuensi (Hz)

2.2.3 Sistem Komunikasi Digital

Sistem komunikasi digital merupakan sistem yang digunakan untuk mentransmisikan informasi dalam bentuk sinyal digital melalui suatu saluran komunikasi dari pengirim ke penerima. Sistem komunikasi digital mengacu pada pengiriman data dalam bentuk rangkaian sinyal digital yang hanya memiliki dua keadaan, yaitu 0 dan 1 atau *on* dan *off*. Informasi seperti suara, gambar, atau data dikonversikan kedalam format digital sebelum dikirimkan melalui saluran komunikasi [20].



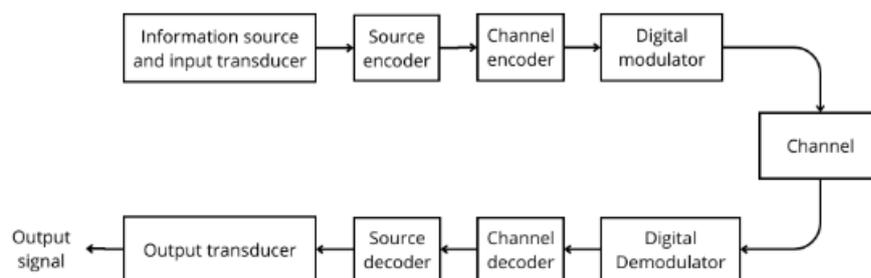
Gambar 2.7 Komponen Dasar Sistem Komunikasi

Pada gambar 2.7 *transmitter* terletak pada satu titik dalam ruang, *receiver* terletak pada titik lain yang terpisah dari *transmitter*, dan *channel* berupa media fisik yang menghubungkan. Tujuan *transmitter* adalah untuk mengubah sinyal pesan yang dihasilkan oleh sumber informasi menjadi bentuk yang sesuai untuk ditransmisikan melalui *channel*. Namun, ketika sinyal yang ditransmisikan merambat ke *channel*, sinyal tersebut akan terjadi distorsi karena ketidaksempurnaan *channel*. Selain itu, *noise* dan sinyal-sinyal yang mengganggu ditambahkan ke *output channel*, sehingga sinyal yang diterima merupakan versi rusak dari sinyal yang ditransmisikan. Penerima mempunyai tugas untuk mengoperasikan sinyal yang diterima sehingga dapat merekonstruksi bentuk sinyal pesan asli yang dapat dikenali oleh pengguna [21].

2.2.3.1 Komponen Sistem Komunikasi Digital

Sistem komunikasi digital terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung untuk memungkinkan pengiriman dan penerimaan informasi dalam bentuk digital. Pada gambar 2.8 dapat dilihat informasi dikirimkan ke *source*

encoder yang mana pesan akan diubah menjadi kode biner dan diteruskan ke *channel encoder*. Pada *channel encoder* ini biner informasi akan diurutkan untuk membantu penerima dalam menguraikan informasi yang diinginkan. Urutan biner tersebut kemudian diteruskan ke modulator digital yang berfungsi untuk mengubah urutan informasi biner kedalam bentuk gelombang sinyal. Modulator digital dapat dengan mudah mengubah digit biner 0 ke dalam bentuk gelombang $s_0(t)$ dan digit biner 1 ke dalam bentuk gelombang $s_1(t)$. Kemudian ada *channel*, *channel* ini berupa media fisik yang digunakan untuk mengirim sinyal dari pemancar ke penerima. Media fisik tersebut seperti saluran kabel, kabel serat optik dan radio gelombang mikro. Pada *channel* ini biasanya terdapat gangguan atau *noise* yang dapat disebabkan oleh atmosfer atau gangguan buatan manusia. Setelah dari *channel*, pesan akan diteruskan ke demodulator digital yang akan memproses gelombang sinyal yang diterima diubah menjadi urutan angka biner yang mewakili perkiraan simbol data yang ditransmisikan. Urutan angka biner kemudian diteruskan ke *channel decoder* yang akan memahami urutan pesan informasi asli. Kemudian informasi biner diteruskan ke *source decoder* akan mendapatkan perkiraan informasi asli dan akan menghasilkan *output* informasi yang diterima [20].



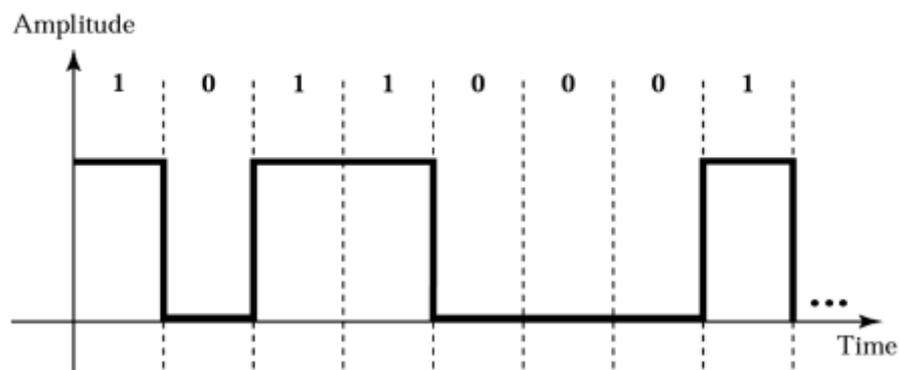
Gambar 2.8 Dasar Komunikasi Digital

2.2.3.2 Modulasi Digital

Modulasi digital berupa sebuah proses menumpangkan sinyal informasi ke sinyal *carrier* atau pembawa. Sinyal Digital adalah sinyal data dalam bentuk pulsa dan hanya memiliki dua kondisi yaitu 0 (*ON*) dan 1 (*OFF*). Sinyal Digital ini memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak mudah terpengaruh oleh derau, proses

informasinya mudah, cepat dan akurat. Sama seperti sinyal analog, untuk mengirimkan sinyal digital ini dari suatu perangkat elektronik ke perangkat elektronik lainnya dengan menggunakan teknologi nirkabel atau *wireless* juga diperlukan proses pemodulasian yang dinamakan dengan modulasi digital. Yang dimaksud dengan modulasi digital adalah proses penumpangan sinyal digital ke dalam sinyal pembawanya (*Carrier Signal*). Modulasi Digital pada dasarnya adalah proses pemodifikasian sifat dan karakteristik gelombang pembawa sehingga bentuk hasil gelombang pembawanya memiliki ciri-ciri bit (0 atau 1) [22].

Sinyal digital biasanya amplitudo dinyakan dengan nilai 0 dan 1 (dapat juga -1 dan 1 tergantung jenis pengkodeannya), dan periode adalah waktu untuk satu pulsa sinyal dengan amplitudo 0 atau 1 tersebut. Dengan demikian satu gelombang sinyal digital hanya terdiri dari pulsa yang memiliki amplitudo 0 atau 1. Gambaran yang lebih jelas pada gambar 2.9 sebagai berikut:

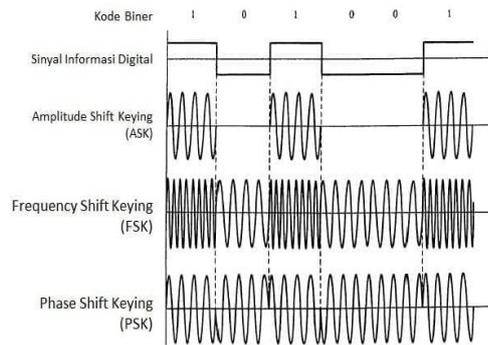


Gambar 2.9 Modulasi Digital [22]

Pada gambar 2.9 dapat dilihat modulasi digital yang mana hanya menggunakan bit 0 dan 1. Pada gambar diatas garis vertika menunjukkan besarnya amplitudo dan garis horizontal menunjukkan waktu (*time*). Pada gambar 2.9 merupakan contoh modulasi digital yang berjumlah 8 bit yaitu 10110001.

2.2.3.3 Jenis Modulasi Digital

Modulasi Digital terdiri dari tiga jenis dasar yaitu *Amplitudo Shift Keying* (ASK), *Frequency Shift Keying* (FSK) dan *Phase Shift Keying* (PSK). Gambaran modulasi ASK, FSK, dan PSK dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Jenis Modulasi Digital [22]

1. *Amplitudo Shift Keying* (ASK) adalah salah satu bentuk modulasi yang gelombang pembawanya dimodulasi berdasarkan amplitudo sinyal informasi digitalnya. Dalam sistem modulasi ASK, simbol biner 1 direpresentasikan dengan suatu ketinggian amplitudo tertentu pada gelombang pembawanya. Jika sinyalnya berupa 1, maka sinyal pembawa tersebut akan dikirimkan. Jika tidak, maka sinyal 0 yang akan dikirimkan. Dengan kata lain, munculnya frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidaknya sinyal digital [22].
2. *Frequency Shift Keying* (FSK) adalah bentuk modulasi digital yang gelombang pembawanya dimodulasi berdasarkan pergeseran frekuensi. Dalam sistem modulasi FSK (*Frequency Shift Keying*), maka simbol 1 dan 0 ditransmisikan secara berbeda antara satu sama lain dalam satu atau dua buah sinyal sinusoidal yang berbeda besar frekuensinya [22].
3. *Phase Shift Keying* (PSK) merupakan bentuk modulasi yang proses pemodulasian menggunakan cara penggeseran fasa (*Phase*). Pada sistem modulasi *Phase Shift Keying* (PSK), sinyal gelombang pembawa sinusoidal dengan amplitudo dan frekuensi yang dapat digunakan untuk menyatakan sinyal biner “1” dan “0”, tetapi untuk sinyal “0” fasa gelombang pembawa tersebut digeser 180° [22].

2.2.3.4 Modulasi GMSK

Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) adalah jenis modulasi biner yang merupakan pengembangan dari *Minimum Shift Keying* (MSK). MSK sendiri adalah tipe khusus dari *Continuous Phase Frequency Shift Keying* (CP-FSK) dimana deviasi frekuensi puncaknya sama dengan setengah laju bit (*bit rate*) dan memiliki

indeks modulasi sebesar 0.5. GMSK memiliki beberapa kelebihan, antara lain efisiensi spektrum yang tinggi dan resistansi terhadap interferensi. Efisiensi spektrum yang tinggi memungkinkan GMSK mengirim lebih banyak data dalam lebar pita yang terbatas, menjadikannya sangat cocok untuk sistem komunikasi yang membutuhkan penggunaan spektrum yang efisien seperti jaringan GSM. Selain itu, sifat fase kontinu GMSK membantu mengurangi interferensi antar simbol dan interferensi multipath, membuatnya lebih tahan terhadap gangguan [21].

GMSK sebagai pengembangan dari MSK, dibuat dengan melewati sinyal *input* melalui pemodulasi filter *gaussian* sebelum dimodulasi. Filter *Gaussian* ini berfungsi memfilter sinyal untuk mengurangi *noise*, kemudian setelah di filter sinyal akan dimodulasi menggunakan teknik MSK. MSK bekerja dengan mengubah frekuensi pembawa secara kontinu sesuai dengan bit data yang masuk, namun dengan perbedaan frekuensi yang sangat kecil. Pergeseran frekuensi minimum ini menyebabkan perubahan fase yang kontinu dan linier pada sinyal pembawa, sehingga mengurangi distorsi fase dan spektral. Salah satu keunggulan utama MSK adalah spektrumnya yang sempit dan efisiensi daya yang tinggi, membuatnya tahan terhadap interferensi dan ideal untuk aplikasi komunikasi yang membutuhkan spektrum yang efisien. Gambar kurva distribusi *Gaussian* berbentuk lonceng yang simetris terhadap rata-rata, dengan puncaknya berada di nilai rata-rata. Rata-rata adalah titik tengah dari distribusi dan pusat simetri kurva, sementara standar deviasi mengukur lebar atau penyebaran distribusi.

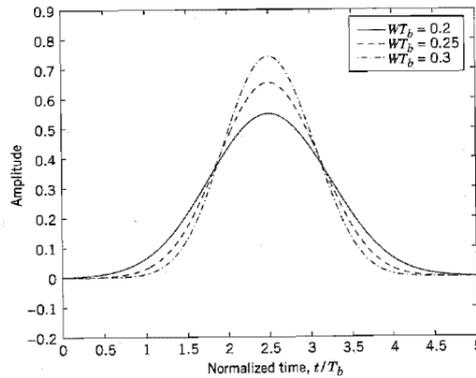
Bentuk pulsa ini tidak akan merusak lintasan fasa, sehingga berbeda dari MSK sederhana. Pada persamaan 2.5 dan 2.6 menyatakan persamaan fungsi transfer $H(f)$ dan $H(t)$ pada modulasi GMSK. Untuk W menyatakan 3 dB *bandwidth*. Respon filter *Gaussian* dinyatakan dalam persamaan 2.7 [21].

$$H(f) = \exp\left(-\frac{\log 2}{2}\left(\frac{f}{W}\right)^2\right) \quad (2.5)$$

dan

$$H(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\log 2}} W \exp\left(-\frac{2\pi^2}{\log 2} W^2 t^2\right) \quad (2.6)$$

$$g(t) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\pi \sqrt{\frac{2}{\log 2}} WT \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2}\right)\right) - \operatorname{erfc}\left(\pi \sqrt{\frac{2}{\log 2}} WT \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{2}\right)\right) \right] \quad (2.7)$$

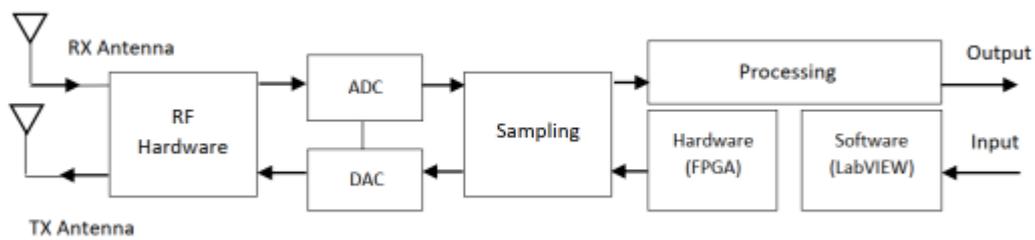


Gambar 2.11 Representasi Respon Pulsa $g(t)$ [21]

Pada gambar 2.11 merepresentasikan sekumpulan pulsa GMSK dengan *bandwidth* (BT) mulai dari 0,1 sampai 1. Dapat dilihat bahwa durasi pulsa semakin besar seiring dengan menurunnya *bandwidth*. Pada gambar 2.11 apabila nilai BT = 0,3, maka pulsa GMSK terpotong pada $|t| = 1,5T$ dengan kesalahan yang relatif kecil

2.2.4 Software Defined Radio

Software Defined Radio (SDR) atau dapat disebut pula dengan *software-radio* merupakan suatu teknologi untuk membangun sistem radio yang fleksibel, *multiservice*, *multistandard*, *multiband*, *reconfigurable* dan *reprogrammable* dengan menggunakan *software*. Penggunaan SDR bertujuan untuk mengurangi pergantian *hardware* secara terus-menerus sehingga lebih menghemat biaya. Radio digunakan pada peralatan *wireless communication* dimana *software* mengimplementasikan fungsi *physical layer* dan *link layer*. Hal ini sesuai untuk peralatan *single wireless* yang kemudian diprogram ulang menggunakan modulasi yang berbeda, *coding* dan protokol akses. Fungsi utama dari *software* adalah dapat diprogram untuk standar yang ada secara fleksibel. Selain itu juga dapat diupdate secara dinamis dengan *software* baru tanpa banyak mengubah *hardware* dan infrastruktur yang sudah ada. SDR merupakan kandidat ideal untuk digunakan pada mode *multicarrier*, *single carrier*, *single band*, *multiband* dan *transceiver multimode*. Akan tetapi kunci utama disini adalah SDR memiliki kemampuan untuk menangani kanal yang sederhana [23]. Adapun arsitektur penyusun yang dimiliki teknologi SDR dapat dilihat pada gambar 2.12, berikut:



Gambar 2.12 Arsitektur *Software Defined Radio* [24]

SDR mungkin termasuk beberapa komponen *hardware* atau tetap, termasuk antena, *hardware RF front-end*, dan ADC atau DAC, sementara bagian lain dari fungsi dapat diimplementasikan dalam perangkat lunak atau media yang dapat diprogram. Bagian perangkat lunak termasuk sistem *Field Programmable Gate Array* (FPGA) yang terstruktur dengan baik yang dapat memberikan *bandwidth* dan kemampuan pemrosesan yang diperlukan untuk mengimplementasikan SDR yang kompleks, dan mereka dapat melakukannya pada berbagai tingkat sampling dan *bandwidth* rentang GHz [24].

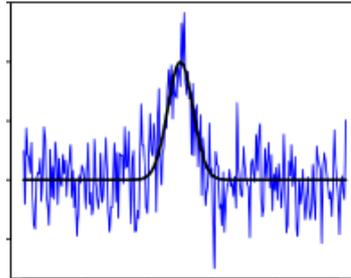
2.2.5 Parameter Sistem Komunikasi Nirkabel

Pada konsep dari *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Bit Error Rate* (BER) tujuan pada bagian ini, merupakan beberapa perhitungan dari performansi yang berhubungan dengan sistem komunikasi. Kedua parameter ini penting dalam mengevaluasi kualitas dan keandalan sistem komunikasi digital, termasuk sistem berbasis *Software Defined Radio* (SDR) dengan modulasi GMSK untuk pengiriman gambar.

2.2.4.1 *Signal-to-Noise Ratio* (SNR)

Signal to Noise Ratio atau biasanya disingkat dengan SNR atau *S/N Ratio* adalah ukuran yang digunakan untuk membandingkan tingkat sinyal yang diinginkan dengan tingkat kebisingan atau *noise* yang tidak diinginkan yang diambil dari latar belakang. Dengan kata lain, *Signal to Noise Ratio* ini juga dapat didefinisikan sebagai rasio daya sinyal terhadap daya *noise* yang dinyatakan dalam satuan *decibel* (dB) [25]. Gambar SNR dapat dilihat pada gambar 2.13. Pada gambar 2.13 dapat dilihat sinyal yang terkena *noise*. Untuk sinyal asli digambarkan dengan garis berwarna hitam, sedangkan *noise* digambarkan dengan garis berwarna

biru. Sumbu X merepresentasikan besarnya amplitudo sinyal, sedangkan sumbu Y merepresentasikan waktu.



Gambar 2.13 Signal to Noise Ratio [26]

SNR adalah karakteristik kinerja yang paling umum dari sistem komunikasi digital dan sering diukur di *output* penerima. SNR ini berfungsi sebagai indikator keseluruhan keaslian dari sistem. Seperti namanya, ini membandingkan tingkat sinyal dengan tingkat kebisingan, yang didefinisikan sebagai rasio daya sinyal terhadap daya kebisingan, yang diungkapkan dalam *desibel* (dB) [27].

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\text{Signal Power}}{\text{Noise Signal Power}} \quad (2.8)$$

2.2.4.2 Bit Error Rate (BER)

Kriteria kinerja ini paling terungkap tentang perilaku sistem. Ini adalah rasio sejumlah bit yang terdeteksi dengan kesalahan terhadap jumlah total bit yang dikirim. Kinerja komunikasi nirkabel biasanya dijelaskan dengan menggunakan plot antara BER vs SNR. BER adalah tingkat kesalahan bit, sedangkan SNR adalah rasio daya sinyal terhadap daya *noise*. Semakin tinggi rasio SNR, semakin baik kualitas sinyal dan semakin rendah tingkat kesalahan bit yang dihasilkan sistem [27]. Perbandingan antara jumlah *bit error* dengan jumlah bit yang dikirim.

$$BER = \frac{\text{Jumlah Bit Error}}{\text{Jumlah Bit yang Dikirim}} \quad (2.9)$$

Jika media antara pengirim dan penerima baik dan rasio sinyal ke *noise* tinggi, maka tingkat kesalahan bit akan sangat kecil atau mungkin tidak signifikan dan tidak memiliki efek yang terlihat pada keseluruhan sistem. Namun, jika *noise* dapat dideteksi, maka ada kemungkinan bahwa tingkat kesalahan bit perlu dipertimbangkan [27].