

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. *Literature Review***

Beberapa literatur yang membahas tentang komunikasi bawah air dan sistem komunikasi diantaranya, komunikasi bawah air (gelombang akustik) di bidang *engineering* (Olson, 1957), prinsip sistem komunikasi dengan berbagai macam metode (Taub & Schilling, 1986).

Penelitian yang memaparkan mengenai *delay*, ISI (*inter symbol interference*), BER (*bit error rate*) pada FSK, efek Doppler, dan kecepatan suara di dalam air yang bervariasi terhadap waktu (Yang & Yang, 2006).

Penelitian yang memaparkan mengenai simulasi, modulasi, dan demodulasi menggunakan metode BASK, BFSK, dan BPSK (Sushmaja & Noorbasha, 2013).

Penelitian yang memaparkan mengenai perancangan dan realisasi transduser gelombang akustik menggunakan sistem transmisi digital FSK untuk menggerakkan atau memonitor kendaraan di laut (Ochi, Shimura, Sawa, Amitani, & Nakamura, 2000).

Penelitian yang memaparkan mengenai perbandingan metode pengiriman data antara MI-SO (*multiple input – single output*) dan SI-MO (*single input – multiple output*) menggunakan metode FSK dengan transduser vektor untuk pengujian di bawah air (Zhang & Abdi, 2015).

Penelitian yang memaparkan mengenai perancangan *transmitter* FSK menggunakan sensor ultrasonik tahan air model JSN SR-04T sebagai transduser akustiknya dan menggunakan frekuensi untuk modulator FSK hingga 43 kHz (Indriyanto & Edward, 2018).

Penelitian yang memaparkan mengenai perancangan *transmitter* (Tx) sinyal akustik pada *very low frequency* (VLF) *band* untuk bawah air, terdiri dari *pulse signal generator*, *power amplifier*, dan *transmit transducer*. Pada rancangannya, pelindung membran menggunakan bahan lateks dan dapat berfungsi dengan benar untuk meneruskan suara (gelombang akustik) sampai ke *receiver* (Rx) (Sawitri, Rustamaji, & Putra, 2018).

Penelitian yang memaparkan mengenai perancangan prototipe *transmitter* yang mampu membangkitkan suara (gelombang akustik) dengan *range* frekuensi 100 Hz - 60 kHz di dalam air menggunakan transduser berupa *underwater loudspeaker* (Rustamaji, Rahmiati, & Saputra, 2017).

## 2.2. Teori Pendukung

Pada perancangan dan realisasi *transmitter* FSK sebagai pengirim suara (gelombang akustik) pada frekuensi yang ditentukan, ada beberapa teori-teori penunjang seperti penjelasan mengenai komunikasi bawah air menggunakan gelombang suara (akustik), FSK (*frequency shift keying*), penguat *driver*, penguat daya, dan transduser.

### 2.2.1. Komunikasi Bawah Air

Beberapa penemuan utama dalam sejarah perkembangan teknologi salah satunya di bidang teknologi informasi dan komunikasi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Beberapa sistem menggunakan gelombang elektromagnetik yang hampir menyerupai kecepatan cahaya, gelombang elektromagnetik dapat merambat baik dalam ruang hampa dan di atmosfer, tetapi tidak semua dari belahan bumi mampu merambatkan gelombang elektromagnetik, seperti pada lautan atau di bawah air (Olson, 1957).

Ada empat metode umum untuk mentransmisikan sinyal di bawah air yaitu melalui optik (cahaya), magnetik, listrik, dan suara (gelombang akustik). Transmisi optik (cahaya) jarang digunakan karena air sangat buram terhadap cahaya, transmisi magnetik dapat digunakan tetapi untuk jarak yang tidak terlalu jauh. Elektromagnetik atau gelombang radio jika dilewatkan melalui air akan cepat dilemahkan oleh air, oleh karena itu digunakan suara (gelombang akustik) yang lebih unggul dari metode yang lain (Olson, 1957).

Komunikasi bawah air menggunakan suara (gelombang akustik) untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan lingkungan, pencegahan bencana, bantuan navigasi, pengawasan, dan pengintaian ranjau (Borowski, 2009).

Faktor-faktor yang mempengaruhi perambatan gelombang akustik di dalam air, yaitu:

1. Atenuasi dari transmisi sinyal yang disebabkan adanya partikel-partikel atau zat, sehingga penyerapan gelombang suara terjadi di dalam air dan mempengaruhi jarak perambatan yang ingin dicapai oleh sistem.
2. Perambatan kecepatan suara (gelombang akustik) yang relatif kecil sebesar 1500 m/s.
3. Suara (gelombang akustik) tidak merambat dalam lintasan lurus, dan gangguan perambatan gelombang akustik yang disebabkan oleh pantulan terhadap dasar laut dan permukaan laut.
4. Perubahan sinyal yang ditransmisikan mengalami fluktuasi yang diakibatkan interferensi dengan sinyal lain, pantulan terhadap dasar laut dan permukaan laut yang mengakibatkan frekuensinya berubah.
5. Gangguan temperatur lingkungan cenderung mempengaruhi sinyal. Gangguan yang diakibatkan dari gerakan pada permukaan laut, vulkanik, hujan, dan aktivitas gempa (Akyildiz, Pompili, & Melodia, 2004).

### **2.2.2. FSK (*Frequency Shift Keying*)**

Sifat yang membedakan sistem radio digital dari sistem radio AM, FM, atau PM konvensional yaitu pada sistem radio digital, sinyal yang dimodulasikan adalah pulsa digital pada gelombang analog. Sistem radio digital menggunakan pembawa analog seperti halnya sistem konvensional. Pada dasarnya, ada tiga teknik modulasi digital yang umum digunakan dalam sistemnya yaitu ASK (*amplitude shift keying*), FSK (*frequency shift keying*), dan PSK (*phase shift keying*) (Tomasi, 1987).

FSK (*frequency shift keying*) adalah bentuk modulasi digital yang relatif sederhana, memiliki bentuk konstan dari modulasi sudut yang serupa dengan modulasi frekuensi konvensional. Dimana sinyal pemodulasinya adalah aliran pulsa biner yang bervariasi antara dua level tegangan diskrit dari bentuk gelombang yang terus berubah (Tomasi, 1987). Modulasi FSK adalah proses penumpangan sinyal informasi digital pada sinyal pembawa (*carrier*) analog sinusoida, dengan keluaran modulator FSK berupa sinyal analog sinusoida termodulasi FSK.

Dengan adanya proses pemodulasi sinyal informasi digital  $m(t)$  pada sinyal pembawa  $V_C(t)$ , dihasilkan sinyal FSK  $V_{FSK}(t)$  dalam bidang waktu (*time domain*) seperti persamaan 2.1.

$$V_{FSK}(t) = \begin{cases} A_c \sin(\omega_1 t + m(t)) \\ A_c \sin(\omega_2 t + m(t)) \end{cases} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$A_c$  = amplitudo pembawa (*carrier amplitude*)

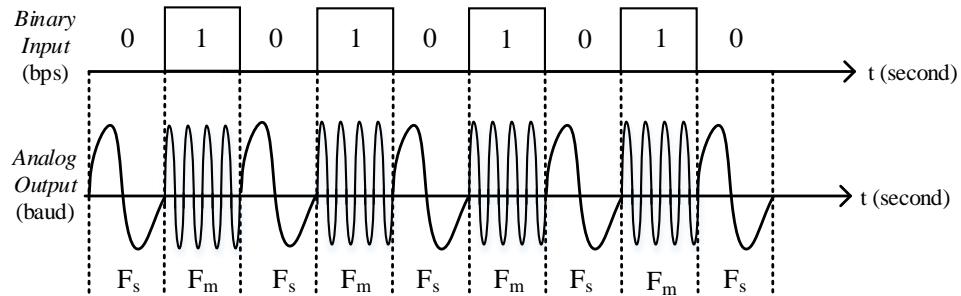
$\omega$  = frekuensi sudut (rad/second)

$m(t)$  = nilai data bit “1” (*mark*) atau “0” (*space*)

Bila informasi yang dikirim sinyal *binary*  $m(t) = "1"$ , dihasilkan frekuensi  $f_1$ , dan bila  $m(t) = "0"$  dihasilkan frekuensi  $f_2$ . Frekuensi  $f_1$  disebut *mark frequency*, dan  $f_2$  disebut *space frequency* (Tomasi, 1987).

Dengan BFSK (*binary frequency shift keying*), frekuensi digeser oleh data *input* biner. Akibatnya, *output* dari modulator FSK adalah fungsi dalam *frequency domain*. Ketika sinyal *input* biner berubah dari bit “0” ke bit “1”, dan sebaliknya, *output* FSK bergeser di antara dua frekuensi. Dengan FSK, ada perubahan frekuensi *output* setiap kali kondisi dari sinyal *input* biner berubah, sehingga laju *output* sama dengan laju *input*. Dalam modulasi digital, laju dari *input* modulator disebut *bit rate* dan memiliki satuan bps (bit per second), sedangkan laju perubahan pada *output* modulator disebut *baud rate* dan memiliki satuan baud. Dalam BFSK, perubahan *input* dan *output* adalah sama, oleh karena itu *bit rate* dan *baud rate* harus sama (Tomasi, 1987).

Proses penumpangan (pemodulasi) sinyal informasi digital pada sinyal pembawa analog sinusoida yang dilakukan oleh modulator FSK, dimana gelombang sinyal *input* dan *output* dari modulator FSK seperti pada Gambar 2.1.



$$F_s = \text{Space Frequency (Hz)}, F_m = \text{Mark Frequency (Hz)}$$

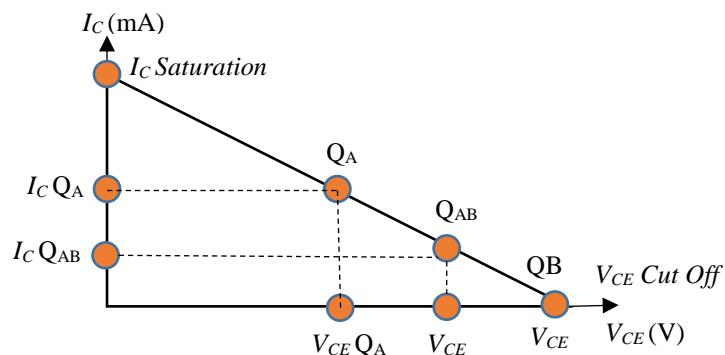
Gambar 2.1. Gelombang Sinyal *Input* dan *Output* Modulator FSK

(Tomasi, 1987) "telah diolah kembali"

Pada keluaran modulator FSK, dihasilkan 2 sinyal sinusoida dengan amplitudo yang sama tapi frekuensinya berbeda, yaitu  $f_1$  dan  $f_2$  digunakan untuk merepresentasikan bit "1" dan bit "0" (Tomasi, 1987).

### 2.2.3. Penguat *Driver*

Penguat *driver* yang dirancang adalah penguat transistor dengan titik kerja kelas A, dimana penguat kelas A dapat menghasilkan sinyal *output* sesuai dengan sinyal *input* selama siklus penuh. Arus *output* (kolektor) mengalir terus-menerus meskipun tidak ada sinyal *input* sehingga transistor menerima arus karena adanya  $I_{CQ}$ . Efisiensi penguat yang beroperasi pada kelas A sangat rendah. Pengaturan kelas penguat dapat digambarkan dalam kurva pengaturan kerja penguat seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kurva Pengaturan Kerja Penguat

(Self, 2002) "telah diolah kembali"

Pada daerah kerja kelas A semua gelombang yang diolah memerlukan arus  $I_C$ . Walaupun tidak ada sinyal pada *input*, penguat (transistor) sudah menghantarkan arus (Self, 2002).

#### 2.2.4. Penguat Daya (*Power Amplifier*)

*Power amplifier* yang dirancang untuk memperkuat sinyal keluaran modulator FSK, berupa jenis OT (*output transformer*). Sinyal keluaran *power amplifier* digunakan untuk menggerakkan *transmit transducer* berupa *audio loudspeaker* yang dimodifikasi (Sawitri, Rustamaji, & Putra, 2018).

Dalam pengoperasian *power amplifier* selalu melibatkan daya yang lebih besar. Sistem *power amplifier* yang sering digunakan adalah sistem *power amplifier* dengan OT (*output transformer*). Sistem yang paling lama dikenal dalam sistem *power amplifier* dengan menerapkan impedansi transformator di jalur keluarannya, yaitu transformator yang dibuat untuk mentransfer sinyal *audio* dari satu besaran impedansi ke besaran impedansi lainnya. Hal-hal yang akan terjadi bila impedansi sinyal *output* tidak *matching* dengan impedansi *loudspeaker* adalah:

1. *Loudspeaker* akan rusak karena daya yang diterimanya tidak sesuai dengan ketentuannya.
2. *Power amplifier* akan rusak karena terbebani lebih oleh *loudspeaker* dan impedansinya lebih kecil dari semestinya.
3. *Loudspeaker* tidak akan maksimal dalam menerima daya dari *power amplifier* karena impedansi pada *loudspeaker* lebih besar dari semestinya (Self, 2002).

Dengan diterapkannya sistem OT, maka akan terjadi penyesuaian impedansi *power amplifier* terhadap *loudspeaker*. Perbandingan banyaknya lilitan primer dan sekunder yang digunakan pada trafo ideal dapat dihitung dengan persamaan (2.2), yaitu: (Self, 2002)

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$N_p$  = jumlah lilitan primer

$N_s$  = jumlah lilitan sekunder

$V_p$  = tegangan primer (volt)

$V_s$  = tegangan sekunder (volt)

### 2.2.5. Transduser

Tranduser berfungsi untuk mengubah satu bentuk energi menjadi bentuk energi lainnya, termasuk perubahan ukuran atau informasi yang digerakkan oleh energi di dalam sebuah sistem transmisi, menyalurkan energi dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan seperti listrik, mekanik, kimia, optik (radiasi), atau termal (panas). Transduser dapat dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya, yaitu perubahan energi dan sifat dasar sinyal keluaran. Transduser pasif akan memberikan tahanan dalam sebuah parameter listrik seperti halnya tahanan dan kapasitansi dalam perubahan tegangan atau kuat arus. Transduser aktif yaitu transduser jenis pembangkit sendiri yang menghasilkan suatu tegangan atau arus bila dirangsang dengan suatu bentuk energi fisik. Transduser dengan jenis elektrik-mekanik (*loudspeaker*) yang akan digunakan untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara (gelombang akustik) (Rustamaji, Rahmiati, & Saputra, 2017).

Berdasarkan frekuensi yang dihasilkan, *loudspeaker* dapat dibagi menjadi lima jenis, yaitu:

1. *Tweeter* yaitu *loudspeaker* yang menghasilkan frekuensi antara 2 – 20 kHz.
2. *Mid-range* yaitu *loudspeaker* yang menghasilkan frekuensi antara 300 Hz – 5 kHz.
3. *Woofer* yaitu *loudspeaker* yang menghasilkan frekuensi antara sekitar 40 Hz – 1 kHz.
4. *Sub-woofer* yaitu *loudspeaker* yang menghasilkan frekuensi antara 20 – 200 Hz.
5. *Full-range* yaitu *loudspeaker* yang dapat menghasilkan frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi (Rustamaji, Rahmiati, & Saputra, 2017).

Pada komunikasi bawah air, *underwater loudspeaker* didesain agar mampu mengeluarkan suara (gelombang akustik) di dalam air. *Underwater loudspeaker* dilapisi oleh bahan anti air agar menjaga bagian-bagian terpenting pada *loudspeaker* (Rustamaji, Rahmiati, & Saputra, 2017). Contoh *underwater loudspeaker* seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. *Underwater Loudspeaker*  
(<https://www.dnh.no/speakers/aqua-30-365.aspx>)