

# Mendesain dan Menguji Kinerja Sistem OFDM pada Kanal Bawah Air

Azran Budi Arief<sup>1</sup>, Wirawan<sup>2</sup>, Suwadi<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

Email: azran13@mhs.ee.its.ac.id, wirawan@ee.its.ac.id, suwadi@its.ac.id

**Abstrak** – Saat ini banyak penelitian untuk membangun sebuah jaringan sensor nirkabel bawah air yang menggunakan sinyal akustik untuk aplikasi bawah air yang dikenal dengan sebutan *underwater acoustic*. Namun gangguan kanal akustik berupa *multipath* yang menyebabkan ISI membuat *bandwidth* yang tersedia terbatas. Teknik yang dianggap mampu untuk mengatasi hal tersebut yaitu *orthogonal frekuensi division multiplexing* (OFDM) dengan data rate yang tinggi. Pada pengujian kanal AWGN nilai BER yang dihasilkan 0, sedangkan pengujian pada kanal bawah air nilai BER yang diperoleh cukup tinggi sekitar 0.5.

**Kata Kunci** – *Underwater Acoustic; Multipath; OFDM; BER*

## I. PENDAHULUAN

Desain sistem komunikasi digital menggunakan sinyal akustik untuk aplikasi bawah air adalah bidang yang sangat menantang karena sifat yang sangat kompleks dari kanal bawah air. Teknologi yang dikenal dengan sebutan akustik bawah air (*underwater acoustic*) merupakan jawaban atas tantangan terhadap keterbatasan kemampuan pengiriman sinyal informasi pada medium air. Hal ini disebabkan karena gelombang elektromagnetik dan radio tidak dapat mencapai jarak yang jauh pada medium air karena akan menghasilkan redaman yang sangat besar, sementara sinyal akustik dapat mencapai jarak yang jauh walaupun dengan kecepatan dan *bandwidth* yang terbatas.

Komunikasi bawah air digital bukan tanpa gangguan, gangguan yang sering terjadi yakni akibat lintasan jamak, selektifitas frekuensi/waktu, dan efek *Doppler*. Khususnya, dibandingkan dengan saluran terestrial, saluran akustik bawah air biasanya menunjukkan struktur lintasan jamak dengan *delay* penyebaran lebih lama yakni puluhan milidetik. Oleh karena itu, skema transmisi *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) muncul sebagai solusi yang menarik berkat ketahanan terhadap kanal waktu-dispersif [1].

Modulasi multicarrier dalam bentuk pembagian frekuensi *orthogonal multiplexing* (OFDM) telah cukup berhasil dikomunikasi broadband nirkabel melalui saluran radio, termotivasi oleh fakta ini, para peneliti telah lama berusaha untuk menerapkan OFDM di saluran akustik bawah air. Terdapat beberapa penyelidikan intensif modem OFDM di bawah air dengan menggunakan pemodelan kanal bawah air [2-5].

Pada paper ini kami mencoba mendesain sebuah sistem komunikasi multicarrier (OFDM) pada kanal akustik bawah air. Pengujian sistem dilakukan dengan menghitung nilai BER yang dihasilkan tiap model yang digunakan. Adapun model yang akan diuji yaitu sistem dengan AWGN, *path loss*, *multipath* dan *ambient noise*.

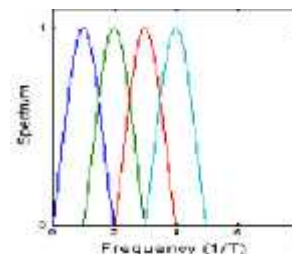
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Komunikasi Akustik Bawah Air

Akustik bawah air umumnya diakui sebagai salah satu media komunikasi yang paling sulit yang digunakan saat ini. Propagasi akustik terbaik didukung pada frekuensi rendah dan *bandwidth* yang tersedia untuk komunikasi sangat terbatas antara 10 – 15 khz. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi komunikasi akustik untuk menyatakan tantangan yang ditimbulkan pada komunikasi bawah air yaitu *path loss*, *noise*, *multipath*, *high delay* dan *variasi delay dan doppler speed* [6].

### B. Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing (OFDM)

OFDM merupakan teknik transmisi data kecepatan tinggi menggunakan beberapa sub *carrier*, sehingga kecepatan data yang ditransmisikan menjadi lebih rendah. Pada teknik transmisi OFDM setiap sub *carrier* tidak dialokasikan berdasarkan *bandwidth* yang ada, melainkan sub *carrier* tersebut disusun saling *overlapping* dan orthogonal. Sifat orthogonal diantara sub *carrier* inilah yang menyebabkan munculnya istilah *Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing*. Dengan menggunakan teknik *overlapping* ini dapat menghemat *bandwidth* kanal hingga 50%. Spektrum sinyal OFDM bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 1. Spektrum OFDM

Proses FFT dan IFFT merupakan kunci utama dalam OFDM. IFFT berfungsi sebagai pembuatan simbol

(modulator) OFDM dan FFT sebagai pengurai dari simbol OFDM (demodulator). Untuk persamaan FFT dan IFFT dapat ditulis sebagai berikut :

FFT

$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin\left(\frac{2fkn}{N}\right) + j \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{2fkn}{N}\right) \quad (2.1)$$

IFFT

$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin\left(\frac{2fkn}{N}\right) - j \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{2fkn}{N}\right) \quad (2.2)$$

Dalam OFDM digunakan IFFT dalam pembuatan simbol OFDM. Telah diketahui bahwa IFFT merupakan sebuah fungsi yang merubah domain frekuensi menjadi domain waktu. Tetapi pada OFDM sinyal masukan dari IFFT adalah domain waktu, hal seperti ini tidak masalah karena IFFT adalah sebuah konsep matematis yang tidak peduli apa yang dihasilkan dan seperti apa masukannya. Asalkan selama yang menjadi masukan berupa amplitudo dari beberapa sinusoida, IFFT akan menghasilkan suatu nilai dalam bentuk domain waktu [7].

### C. Cyclic Prefix

Pada kanal *multipath* suatu sinyal dapat mengalami tundaan sehingga dapat menyebabkan *Intersymbol Interference* (ISI) untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan *cyclic prefix*. Panjang dari *cyclic prefix* harus lebih panjang daripada respons impuls kanal. *Cyclic prefix* adalah salinan dari bagian akhir simbol OFDM yang ditambahkan pada awal simbol OFDM.



Gambar 2. Penambahan *Cyclic Prefix*

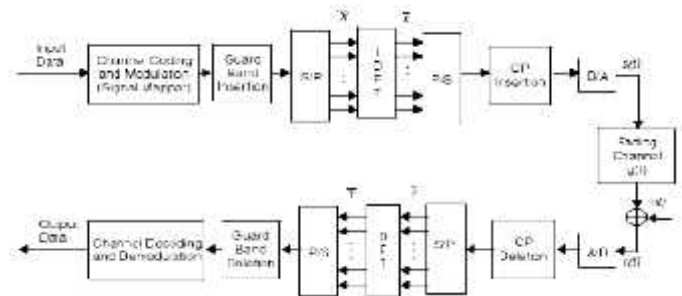
### III. PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini perancangan sistem OFDM dilakukan dengan menggunakan blok pada simulink. Adapun parameter OFDM yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1.

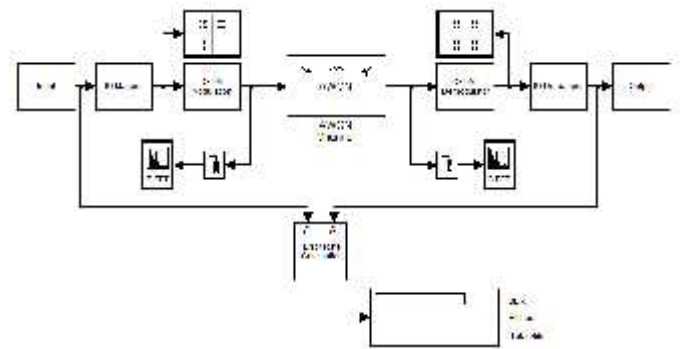
TABEL I. PARAMETER SISTEM OFDM

Frekuensi Sampling	9600 Hz
Jumlah Pilot	4
IFFT Size	128
Modulasi	QPSK
Variasi Eb/No	0-20

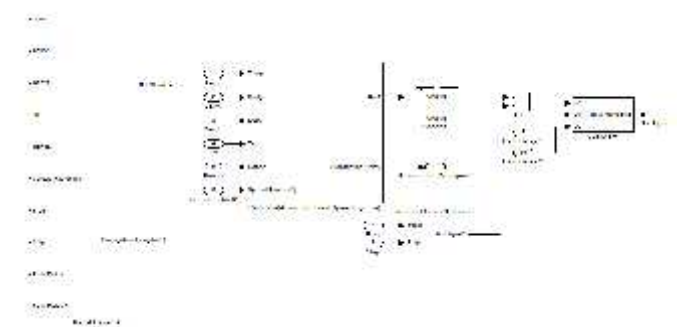
Berikut ini gambar sistem OFDM secara umum dan gambar sistem OFDM yang telah dibuat dengan menggunakan simulink



Gambar 3. OFDM Secara Umum



Gambar 4. Sistem OFDM dengan AWGN



Gambar 5. Model Kanal Bawah Air

### IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Pada bab ini dibahas pengujian sistem OFDM dengan menggunakan 3 jenis kanal yaitu kanal AWGN, *Multipath* dan kanal bawah air dengan mengamati nilai BER yang dihasilkan.

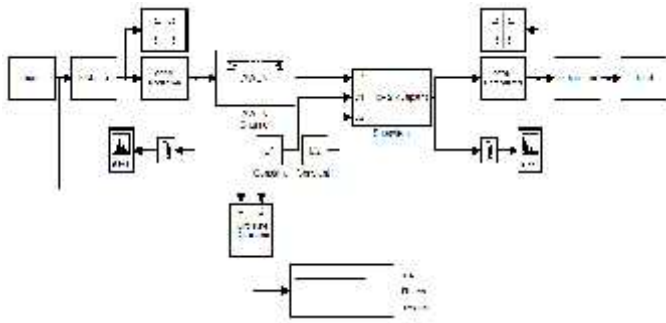
#### A. Sistem OFDM dengan AWGN

Pada pengujian sistem OFDM pada kanal AWGN model simulink yang digunakan bisa dilihat pada gambar 4. Dari table 2 dapat dilihat bahwa sistem OFDM yang dirancang menghasilkan nilai BER sebesar 0 untuk semua nilai Eb/No. Sehingga dapat disimpulkan sistem berjalan dengan sempurna.

#### B. Sistem OFDM dengan AWGN dan *Multipath*

Pada pengujian sistem OFDM ini menggunakan kanal AWGN dan multipath kanal bawah air dimana model simulink dapat dilihat pada gambar 6.

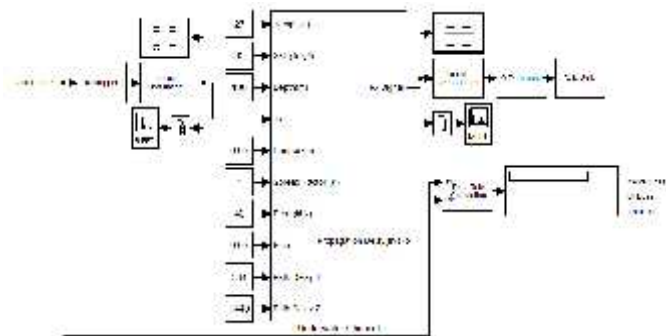
TABEL II. HASIL PENGUJIAN

Gambar 6. Sistem OFDM dengan AWGN dan *Multipath*

Pada pengujian ini delay pada *multipath* yang digunakan yaitu untuk permukaan sebesar 4 ms sedangkan delay untuk dasar laut sebesar 15 ms. Pada table 2 dapat dilihat hasil pengukuran nilai BER yang dihasilkan berkisar 0.02. Hal ini disebabkan karena pada kanal bawah air kecepatan rambat gelombang di bawah air sangat rendah.

### C. Sistem OFDM dengan Kanal Bawah Air

Pada sistem ini menggunakan kanal bawah air yang terdiri dari AWGN, path loss, multipath dan ambient noise. Adapun model simulink dan parameter yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Sistem OFDM dengan Kanal Bawah Air

Pada pengujian sistem untuk kanal bawah air ini menghasilkan nilai BER sebesar 0.5 dapat dilihat pada tabel 2. Besarnya nilai BER yang dihasilkan disebabkan karena banyaknya gangguan seperti *sound velocity*, *absorption loss*, *multipath* dan *ambient noise* pada kanal bawah air.

Berikut hasil pengukuran yang telah dilakukan:

Eb/No (dB)	BER		
	AWGN	AWGN+Multi path	Kanal bawah air
0	0	0.02937	0.5017
4	0	0.02921	0.5017
8	0	0.02929	0.5028
12	0	0.02919	0.5038
16	0	0.02919	0.5042
20	0	0.02915	0.5042

## V. Kesimpulan

Pada penelitian ini diperoleh bahwa sistem OFDM yang dirancang bekerja dengan baik pada kanal AWGN. Pengujian sistem untuk *multipath* bawah air dapat bekerja dengan tingkat keberhasilan 97%. Namun pada pengujian kanal bawah air secara keseluruhan tingkat keberhasilan sistem OFDM yang dibuat sebesar 50%. Sehingga diperlukan proses sinkronisasi dan estimasi kanal yang lebih baik lagi. Penelitian selanjutnya kami akan merancang sistem OFDM yang lebih handal dan kompleks untuk kanal bawah air sehingga dapat diimplementasikan secara real-time.

## Referensi

- [1] Heidemann, J.; Stojanovic, M. & Zorzi, M. *Underwater sensor networks: applications, advances and challenges*. Philos. Trans. R. Soc., 2012
- [2] K. Tu, "Multi-Carrier Communications over Underwater Acoustic Channels," Doctor of Philosophy, Arizona State University, Phoenix, 2011.
- [3] Andreja, R.; Rameez, A.; Tolga, John, P. & Milica, S. *Adaptive OFDM modulation for underwater acoustic communications: Design considerations and experimental results*. IEEE J. Oceanic Eng., 2014
- [4] Xavier, J. 'Modulation Analysis for an Underwater Communication Channel'. FEUP, Oktober 2012.
- [5] Deepak Sharma, Praveen Srivastava, "OFDM Simulator Using MATLAB", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 3, Issue 9, September.2013.
- [6] Etter, Paul C., "Underwater Acoustic Modeling and Simulation Fourth edition", CRC Press, 2013.
- [7] Sklar, Bernard. "Digital Communications Fundamentals and applications". Prentice Hall. California. 2001.