

# Pengukuran Kinerja *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) Pada *Sbx Daughter Board* Menggunakan Labview dan USRP N-210

Bambang Bagus H<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Penerbangan Surabaya  
Jl. Jemur Andayani I, No. 73 Surabaya 60236  
Email : [Bambangfarzard@gmail.com](mailto:Bambangfarzard@gmail.com)

## ABSTRAK

Salah satu permasalahan dalam perkembangan teknologi telekomunikasi yaitu bagaimana mencapai *data rate* yang besar namun dengan *bandwidth* yang tidak lebih besar dari *bandwidth* koheren kanal untuk menghindari terjadinya *Inter-Symbol Interference* (ISI). Salah satu solusi yang ditawarkan yaitu transmisi *multi-carrier*. Cara kerja transmisi *multi-carrier* yaitu membagi total *bandwidth* signal yang tersedia menjadi beberapa *subcarrier-subcarrier* dengan *bandwidth* yang sempit. Sehingga *bandwidth* masing-masing *subcarrier* yang dihasilkan tersebut menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan *bandwidth* koheren kanal. Salah satu transmisi *multicarrier* yang terbaru yaitu *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) dimana *subcarrier-subcarrier* dapat saling tegak lurus satu sama lain sehingga *bandwidth* yang dibutuhkan menjadi lebih efisien jika dibandingkan dengan *multicarrier* konvensional seperti FDM. Sistem OFDM dapat diimplementasikan pada USRP yang merupakan salah satu jenis SDR (*Software Defined Radio*). SDR merupakan sistem pemancar dan penerima yang menggunakan pemrosesan sinyal digital untuk *coding*, *decoding*, modulasi dan demodulasi data. USRP tersebut digunakan sebagai model pemancar dan penerima pada pengukuran kualitas unjuk kerja sistem OFDM dengan berbagai kondisi. Pengukuran ini akan membandingkan hasil performansi parameter – parameter pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz. Spesifikasi sistem OFDM yang digunakan pada penelitian ini menggunakan software Labview dan dilakukan pada lingkungan indoor pada jarak 3m dan *bandwidth* 1 MHz. Hasil dari implementasi dan pengukuran menunjukkan bahwa parameter yang ditunjukkan oleh frekwensi 910 MHz lebih baik dari pada nilai parameter yang ditunjukkan oleh frekwensi 2.4

**Kata Kunci :** OFDM, USRP, Propagasi Indoor

## LATAR BELAKANG

Dengan Berkembangnya teknologi komunikasi, permintaan akan layanan *data rate* yang lebih besar/cepat seperti multimedia, voice dan data baik yang melalui kabel dan wireless juga meningkat. Untuk mencapai *data rate* yang lebih besar tentu saja membutuhkan *bandwidth* dalam transmisi single carrier karena *bandwidth* minimum yang dibutuhkan sama dengan  $R_s/2$  (Hz) dimana  $R_s$  yaitu symbol rate. Ketika *bandwidth* sinyal menjadi lebih besar dibandingkan dengan *bandwidth* koheren pada kanal wireless, maka sinyal tersebut akan terkena *multi-path fading* sehingga mengakibatkan terjadinya *Inter-Symbol Interference* (ISI). Secara umum ada *adaptive equalizer* yang dikembangkan untuk mengatasi ISI yang terjadi akibat kanal *multi-path fading*. Tetapi semakin meningkatnya *data rate* maka semakin kompleks pula *equalizer* yang didesain sehingga akan sangat sulit untuk diimplementasikan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, maka solusi yang tepat untuk *data rate* yang tinggi digunakanlah transmisi *multi-carrier*. Karena pada transmisi *multi-carrier* total *bandwidth* yang tersedia dalam spectrum dibagi menjadi *sub band-sub band* untuk transmisi *multi-carrier* dalam bentuk parallel sehingga *bandwidth* untuk masing-masing *sub band* relative lebih kecil jika dibandingkan dengan *bandwidth* koheren. Sebagai contoh transmisi

*multicarrier* yaitu OFDM, dimana pada OFDM ini memungkinkan *carrier-carrier* tersebut memiliki jarak yang sempit bahkan hingga saling *overlapped* sehingga lebih hemat *bandwidth* jika dibandingkan dengan *multicarrier* yang lain seperti *Frequency Division Multiplexing* (FDM). OFDM sendiri sudah diterapkan untuk berbagai standar sistem telekomunikasi baik dalam teknologi *wireless* maupun *wireline* sebagai contoh yaitu IEEE802.11g untuk standar (WiFi) *Wireless LANs*.

Pada paper ini, proses implementasi dan evaluasi kinerja OFDM menggunakan komunikasi SISO (*SingleInput Single-Output*) sehingga hanya menggunakan antenna pemancar dan penerima masing-masing satu buah. Komunikasi tersebut dapat diimplementasikan pada sebuah SDR sebagai contoh yaitu USRP. USRP yang merupakan model sistem komunikasi nirkabel tersebut akan diimplementasikan untuk teknik OFDM dengan berbagai kondisi pengukuran.

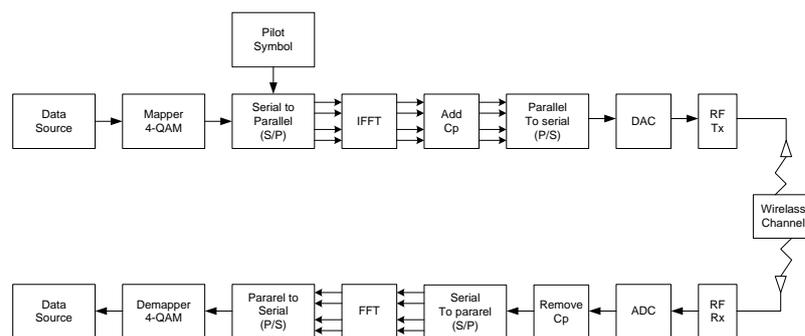
### BENTUK PENELITIAN

Hasil penelitian ini berupa Pengukuran Kinerja *Orthogonal Frekwency Division Multiplexing* (OFDM) pada *SBX Daughter Board* Menggunakan Labview dan USRP N-210 dan membandingkan parameter output FFT , phase dan magnitude hasil pengukuran pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz

### RANCANGAN PENELITIAN

Untuk desain sistem OFDM pada USRP memang tidak terlalu berbeda jauh dengan sistem OFDM secara keseluruhan. Untuk blok diagram secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 1. Penjelasannya sebagai berikut. Bit-bit acak dibangkitkan, kemudian dimodulasi 4- QAM. Pada modulasi QAM, sinyal hasil modulasi *baseband* dipetakan ke dalam dua komponen yang masing-masing komponen dikalikan dengan suatu fungsi basis yang memiliki beda fasa sebesar  $90^0$  dan kemudian dijumlahkan. Basis pertama,  $\psi_1(t)$ , disebut dengan komponen *inphase*, sedangkan basis ke dua,  $\psi_2(t)$ , disebut juga dengan komponen *quadrature*. Proses ini bertujuan untuk mengubah bentuk bit informasi menjadi symbol

$$\psi_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \cos(2\pi f_c t) \quad (1) , \quad \psi_2(t) = \sqrt{\frac{2}{T}} \sin(2\pi f_c t) \quad (2.)$$



**Gambar 1.** Blok Diagram Rancangan

Kemudian sinyal serial diubah ke bentuk sinyal paralel. Lalu masing-masing sinyal paralel masuk ke blok IFFT. Sinyal yang keluar dari blok IFFT merupakan sinyal *multicarrier*. Sinyal *multicarrier* tersebut ditambahkan CP untuk mengurangi ISI. Sebelum dikirim, sinyal OFDM paralel diubah ke bentuk sinyal OFDM serial. Setelah melewati kanal, sinyal OFDM diubah kembali ke bentuk sinyal paralel. Pada sisi penerima, CP akan dibuang, kemudian sinyal *multicarrier* tersebut masuk ke blok FFT. Pada blok FFT sinyal *multicarrier*

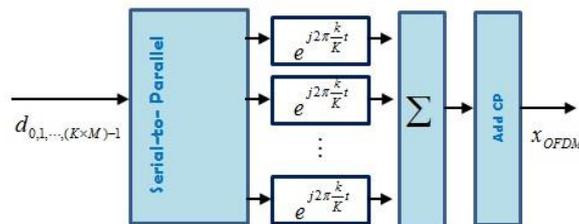
tersebut akan diubah menjadi sinyal *subcarrier* yang paralel. Sinyal *subcarrier* informasi akan masuk ke blok P/S, kemudian dilakukan demodulasi untuk mendapatkan bit informasi kembali.

Algoritma IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) dan FFT (*Fast Fourier Transform*) berfungsi sebagai modulator dan demodulator pada OFDM. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan: data biner yang telah dipetakan dalam mapper 4-QAM akan menghasilkan simbol hasil mapper. Simbol tersebut dipecah dalam bentuk serial to paralel dan dimodulasi oleh sinyal *subcarrier* dengan frekuensi tertentu, sehingga dihasilkan sinyal yang saling *orthogonal*. Kemudian semua sinyal tersebut ditambahkan sehingga dihasilkan simbol OFDM

$$s(t) = \sum_{k=0}^{K-1} s(k) \sin\left(\frac{2\pi t k}{K}\right) + j \sum_{k=0}^{K-1} s(k) \cos\left(\frac{2\pi t k}{K}\right) \quad (3)$$

Dengan :

- K = Jumlah point IFFT (*subcarrier* total)
- $s(t)$  = Nilai sinyal pada domain waktu
- $s(k)$  = Nilai dari spektrum ke-k (domain frekuensi)



Gambar 2. Modulator OFDM

Pada demodulator OFDM digunakan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) yang bertujuan untuk pengurai simbol OFDM. Pada algoritma FFT, simbol akan diubah dari domain waktu menjadi domain frekuensi seperti yang ditunjukkan pada persamaan

$$s(k) = \sum_{k=0}^{K-1} s(t) \sin\left(\frac{2\pi t k}{K}\right) - j \sum_{k=0}^{K-1} s(t) \cos\left(\frac{2\pi t k}{K}\right) \quad (4)$$

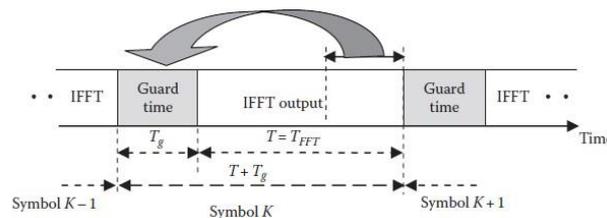
Dengan :

- K = Jumlah point FFT (*subcarrier* total)
- $s(t)$  = nilai sinyal pada domain waktu
- $s(k)$  = nilai dari spektrum ke-k (domain frekuensi)

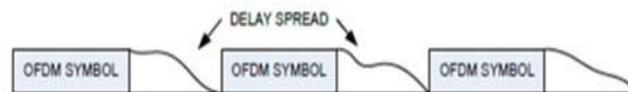
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa ke-orthogonalitas simbol OFDM dapat dipertahankan dengan menerapkan FFT pada sisi *receiver*. Hal ini dapat tercapai bila tidak terjadi *Intersymbol Interference* (ISI) dan *Intercarrier Interference* (ICI) yang diakibatkan oleh kanal transmisi. Namun, hal ini sangat sulit tercapai karena pada umumnya kanal transmisi *nirkabel* dapat menyebabkan lintasan jamak pada sinyal yang ditransmisikan. Hal ini mengakibatkan diterimanya sinyal asli yang mengalami *delay* pada *receiver*. Dengan demikian, suatu simbol dapat

mengakibatkan interferensi pada simbol berikutnya atau suatu simbol dapat mengalami interferensi dari simbol sebelumnya.

Suatu cara untuk mengatasi ISI oleh kanal *multipath* ialah dengan melakukan penyisipan *guard interval* pada setiap simbol OFDM. *Guard interval* dapat berupa CP (*cyclic prefix*). Dalam sistem OFDM, CP memegang peranan penting untuk mempertahankan orthogonalitas *subcarrier* OFDM pada situasi kanal yang selektif frekuensi. CP adalah deretan bit yang dibentuk dengan menyalin ulang sebagian bit-bit suatu simbol OFDM, kemudian menempatkan bit-bit tersebut di awal simbol. Dengan adanya tambahan CP ini, sinyal OFDM tidak akan mengalami ISI selama besar *delay spread* kanal lebih pendek dari durasi CP yang ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4

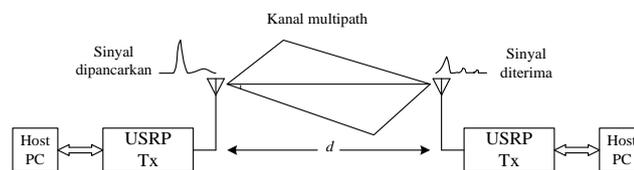


Gambar 3. Penyisipan *Guard Interval* pada Simbol OFDM



Gambar 4. Ilustrasi *Delay Spread*

## KONSEP RANCANGAN PENGUKURAN



Gambar 5. Konsep Rancangan Pengukuran

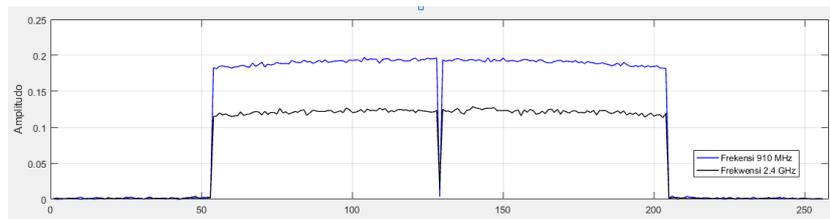
Pada gambar 5 menunjukkan konfigurasi pengukuran kanal. Host-PC sebagai digital signal processing berisi software LabVIEW yang di pasang untuk bisa mengirimkan sinyal secara multicarrier. Kemudian Host PC dihubungkan dengan USRP dan memancarkan sinyal melalui antenna dengan frekwensi 2,4 GHz. Sinyal yang dikirimkan akan diterima oleh USRP yang bertindak sebagai RX dan sinyal informasi diolah oleh host PC sebagai sistem penerimanya, data yang diterima akan di ambil output FFT , phase dan magnitude hasil pengukuran pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz

## ANALISA DAN HASIL PENGUKURAN

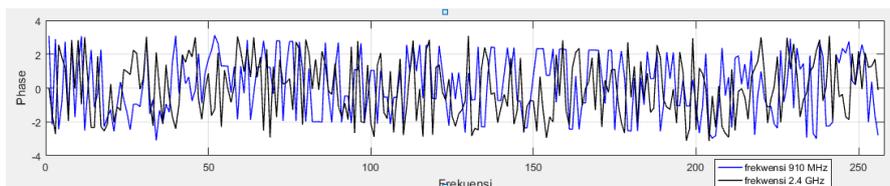
Hasil pengukuran-pengukuran berikut bertujuan untuk menganalisa *performance* OFDM dalam berbagai macam kondisi. Parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Kondisi pengukuran yang dilakukan mengacu pada Gambar 5. Berhubung banyaknya kondisi pengukuran yang dilakukan, maka yang akan ditunjukkan pada bagian ini beberapa *sample* pengukuran yang bisa dijadikan sebagai suatu kesimpulan.

Tabel 1. Parameter Pengukuran

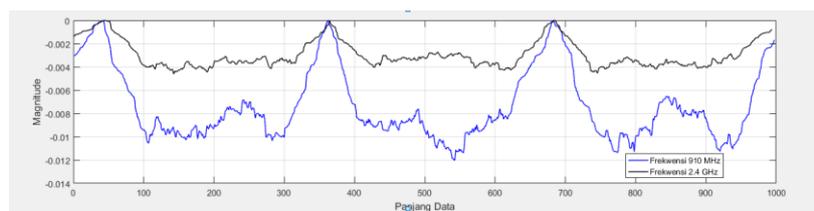
Parameter Pengukuran	Nilai
Frekwensi carrier	910 MHz dan 2,4 GHz
Bandwidth kanal	1 MHz
Panjang maksimum respon impuls	200 ns
Daya terima minimum	-87 dBm
Jarak TX dan Rx	3 m
Pathloss Exponent	2



Gambar 6a. Perbandingan Output FFT pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz



Gambar 6b. Perbandingan Output Phase pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz



Gambar 6c. Perbandingan Output Magnitude pada frekwensi 910 MHz dan 2.4 GHz

Pada gambar 6a. memperlihatkan kinerja dari sistem yang ditawarkan. pada frekwensi 910 MHz nilai amplitudo FFT 0.175 sedangkan amplitudo pada frekwensi 2.4 GHz mempunyai nilai 0.125 sedangkan pada gambar 6b. Memperlihatkan perbedaan phase modulasi OFDM pada frekwensi yang diusulkan terlihat perbedaan fase antar frekwensi. Hal ini disebabkan oleh propagasi multipath pada lingkungan indoor. Pada gambar 6c di perlihatkan hasil performasi magnitude yang menunjukkan rentang magnitude pada frekwensi 910 MHz adalah -0.01 sedangkan rentang magnitude frekwensi 2.4GHz adalah 0.004.

## **KESIMPULAN**

Pada Pengukuran komunikasi OFDM diperlihatkan hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa penggunaan frekwensi 910 MHz menunjukkan parameter - parameter yang lebih baik dari pada frekwensi 2.4 GHz

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Lui, Cheuk Kwan, “Method of Synchronization Using IEEE 802.11a OFDM Training Structure For Indo Applications”, Simon Fraser University, 2004.
- [2] Vercimak, Luke., Karl Weyeneth., “Software Defined Radio”,Bradley University.
- [3] Hayes, Monson H., “Schaum’s Outline of Theory and Problems of Digital Signal Processing”, USA, 1999.
- [4] Hwang, Taewon., Chenyang Yang., Gang Wu., Shaoqian Li.,Geoffrey Ye Li., “OFDM and Its Wireless Applications: A Survey”, IEEE Transactions On Vehicular Technology, vol. 58, no. 4, Mei 2009.
- [5] Wang, Xun., Ying Xu., Zhiyong Feng., “Physical Coding in OFDM System: Analysis and Performance”, Beijing University of Post and Telecommunications, China, 2012.