



# Implementasi dan Evaluasi Kinerja Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Menggunakan WARP

Hasan

2212106007

Dosen Pembimbing:

Dr. Ir. Suwadi, MT

Dr. Ir. Titiek Suryani, MT



# Outline

---

- **Pendahuluan**

- Latar Belakang
- Tujuan
- Batasan Masalah

- **Dasar Teori**

- OFDM
- WARP dan WARPLab

- **Implementasi Sistem**

- OFDM

- Estimasi Kanal

- Estimasi Fasa

- Struktur Frame

- **Pengukuran**

- **Kesimpulan**



# Pendahuluan (1/3)

- Latar Belakang

- Bagaimana menciptakan  $R_s \uparrow = B_s \uparrow < B_c$
- Salah satu solusi yaitu menggunakan transmisi *multicarrier*.
- OFDM merupakan transmisi *multicarrier* dengan keunggulan lebih efisien.



# Pendahuluan (2/3)

## ■ Tujuan

- Mengimplemetasikan sistem OFDM pada modul WARP
- Mengetahui kinerja sistem OFDM
- Menganalisa pengaruh jarak, kondisi dan lingkungan pengukuran



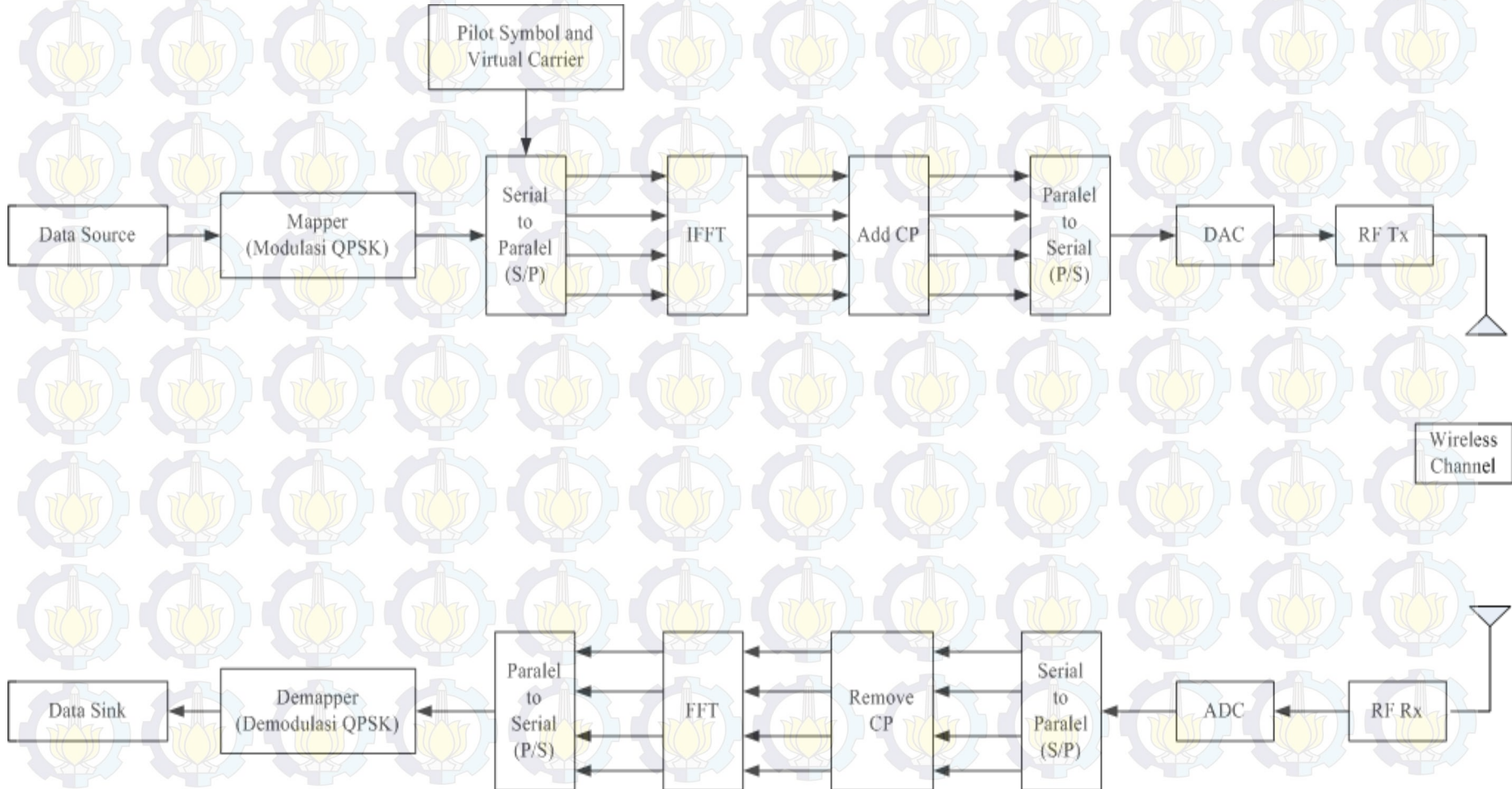
# Pendahuluan (3/3)

- Batasan Masalah

- Standar system untuk OFDM yang digunakan yaitu IEEE 802.11.
- Modulasi *baseband* yang digunakan yaitu QPSK.
- Daerah pengukuran dibatasi dalam lingkungan indoor, lorong dan outdoor dengan berbagai macam kondisi seperti perubahan jarak dan obstacle.



# OFDM secara teori





# WARP dan WARPLab

WARP

SDR berbasis  
FPGA

Terdiri dari

- Board
- Radio Board

WARPLab

Media  
Pemrograman  
WARP

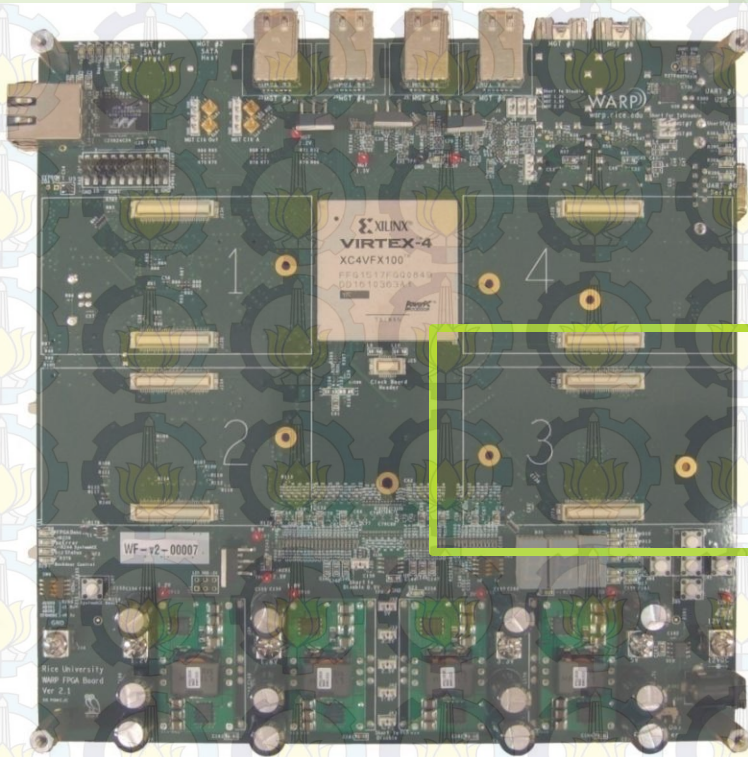
Berbasis  
MATLAB

Prototype  
dilakukan pada  
WARP

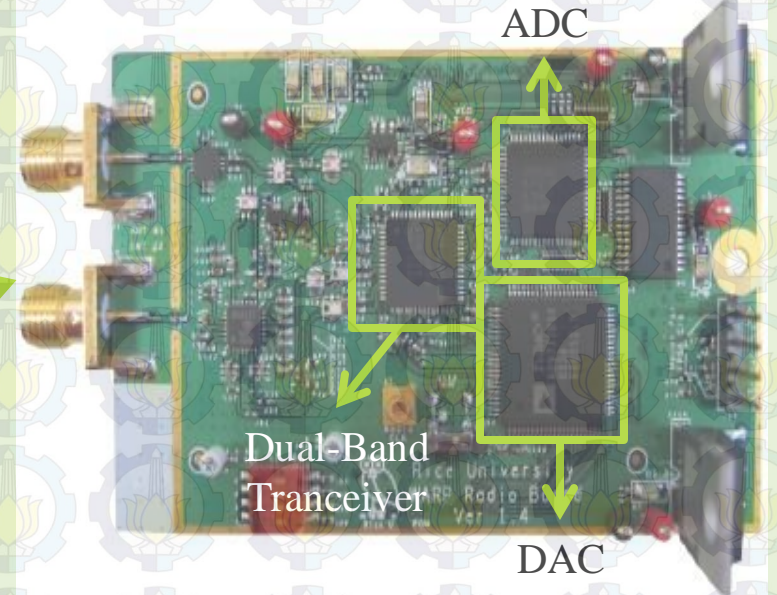


# WARP Board dan Radio Board

## WARP FPGA Board



## Radio Board







# WARP Lab Arsitektur

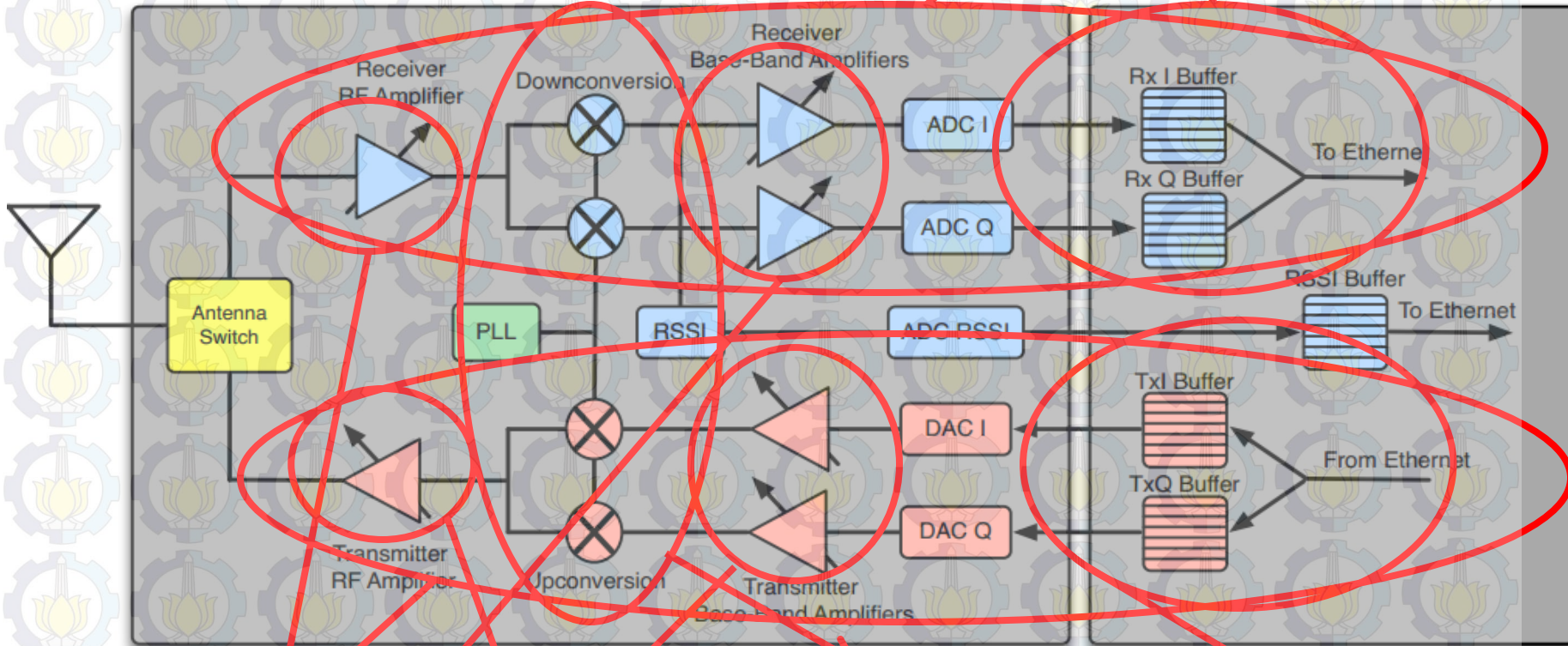
**RX I/Q buffer  
16384 samples  
each**

**RX Path**

**FPGA**

**Radio Board**

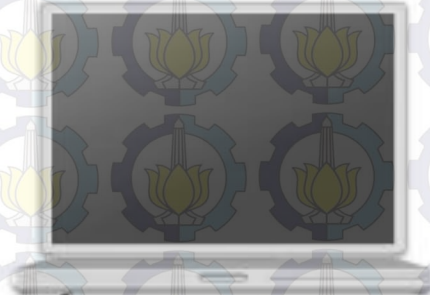
**WARPLab Sysgen Core**



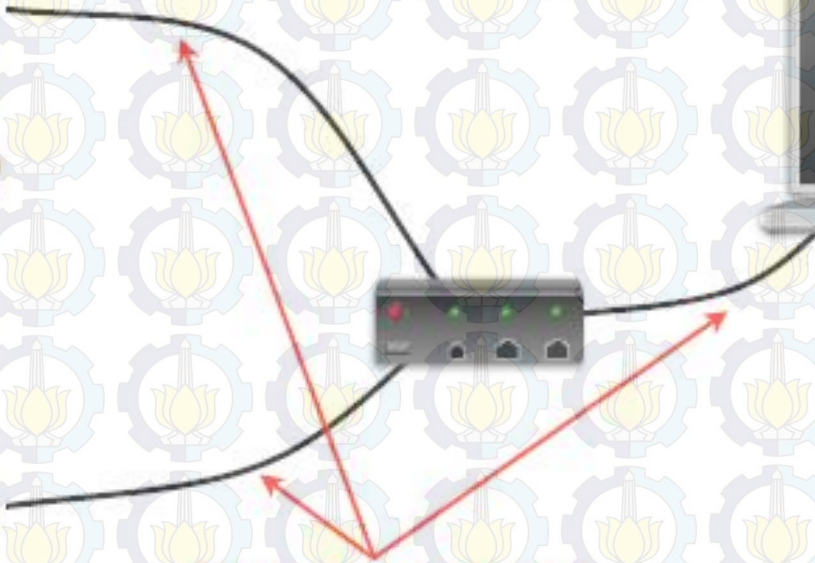
**Variable gain Rx  
Tx path variable gain  
amplifier** **BB dan RF  
amplifier** **Variable  
conversion/downconversion  
frequency carrier** **Tx I/Q buffer  
16384 samples  
each**



# WARPLab Overview

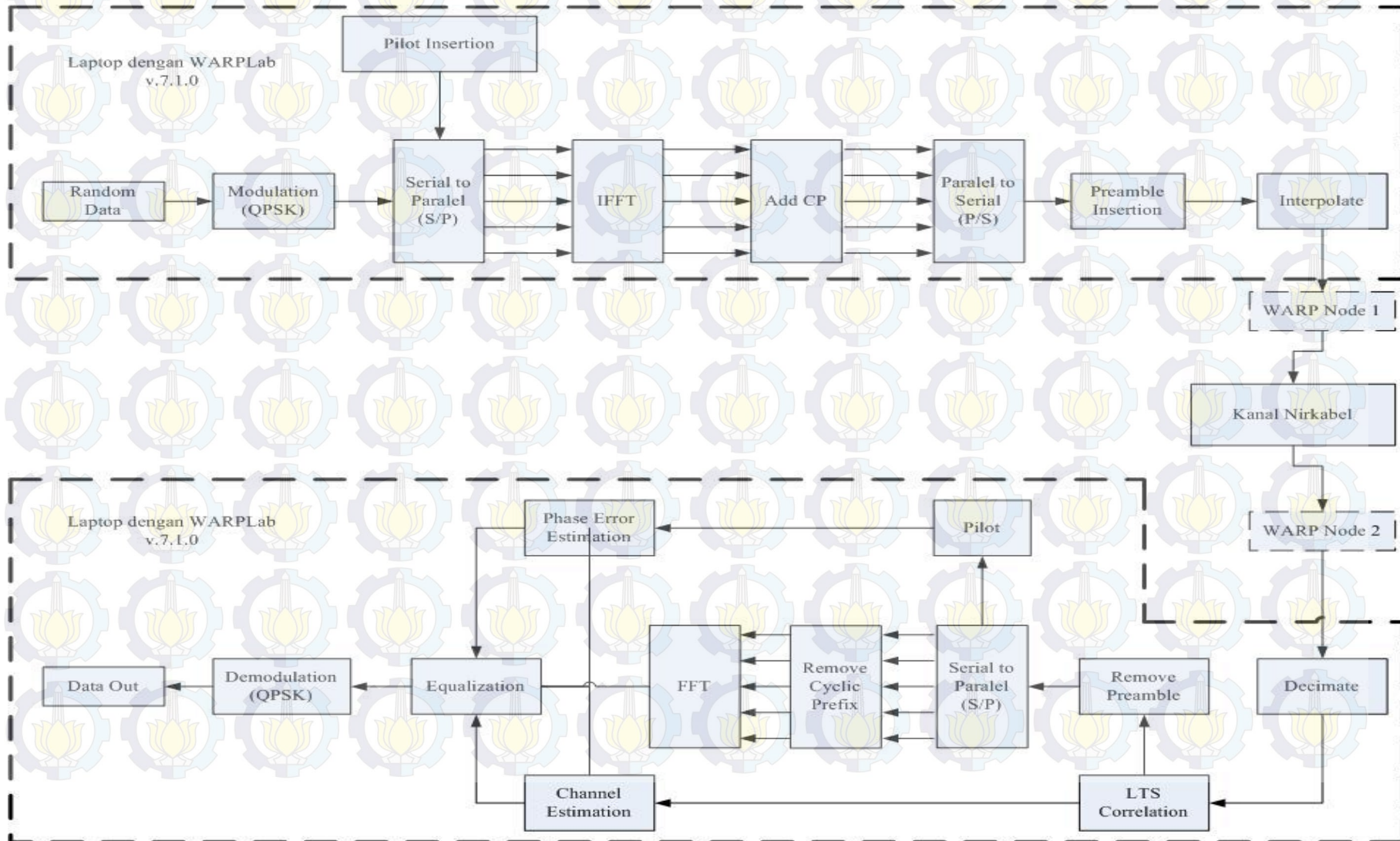


Ethernet links

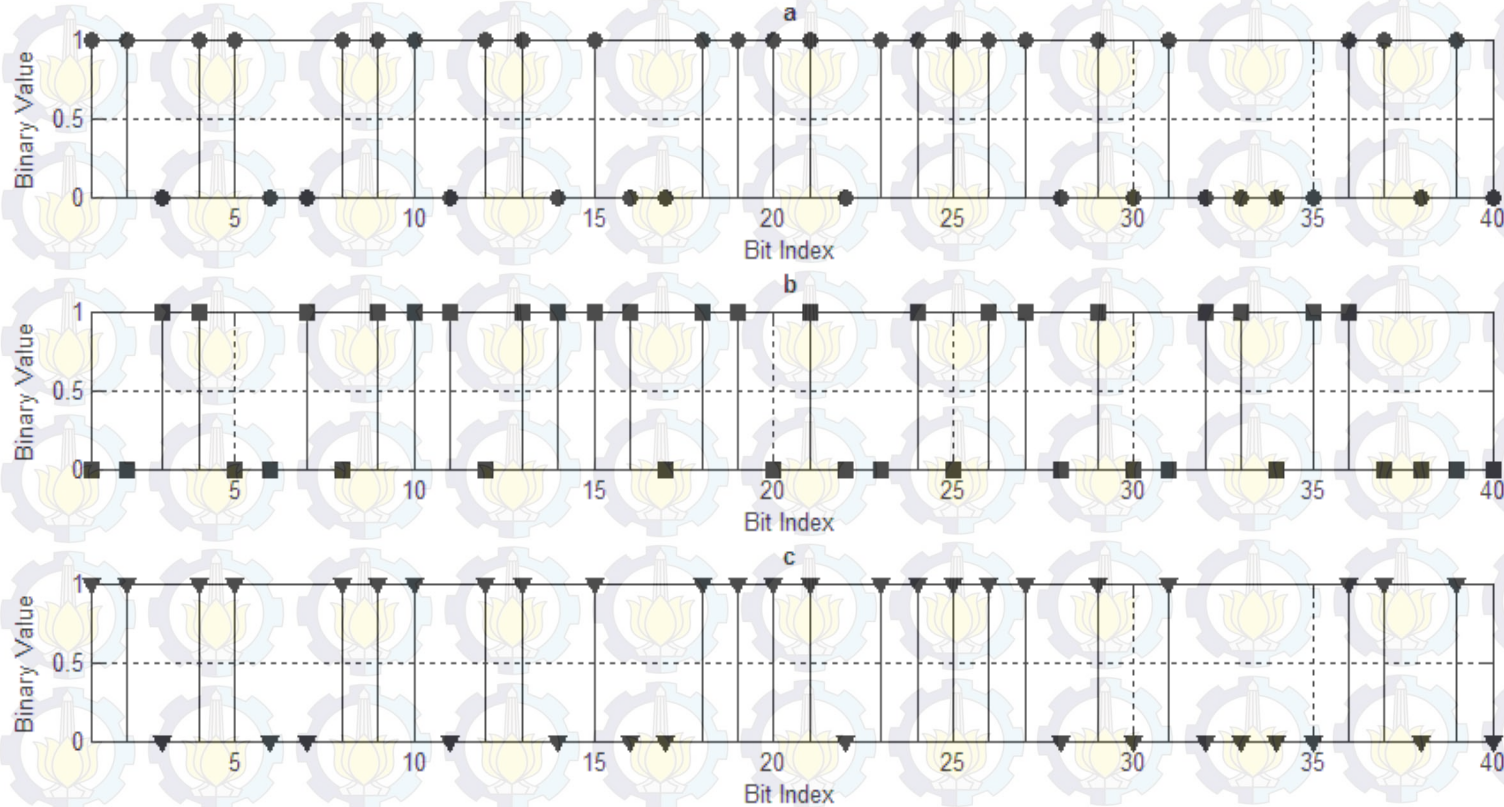




# OFDM pada WARP



# Perbandingan Bit Input dan Bit Output



(a) Bit yang dikirim

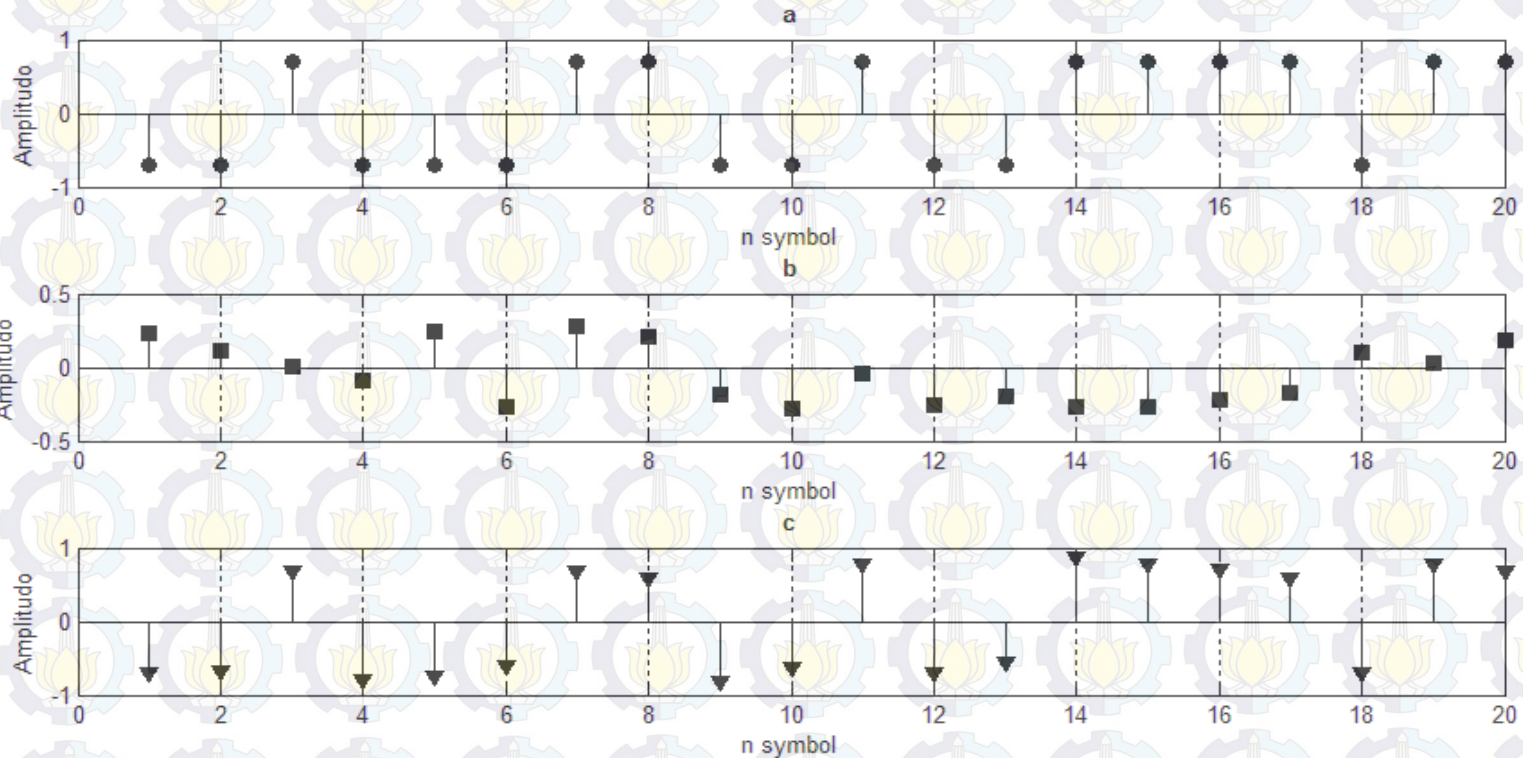
(c) Bit yang diterima dengan estimasi

(b) Bit yang diterima tanpa estimasi



# Perbandingan Hasil Modulasi *Baseband* (1/2)

## □ Inphase



(a) Bit yang dikirim

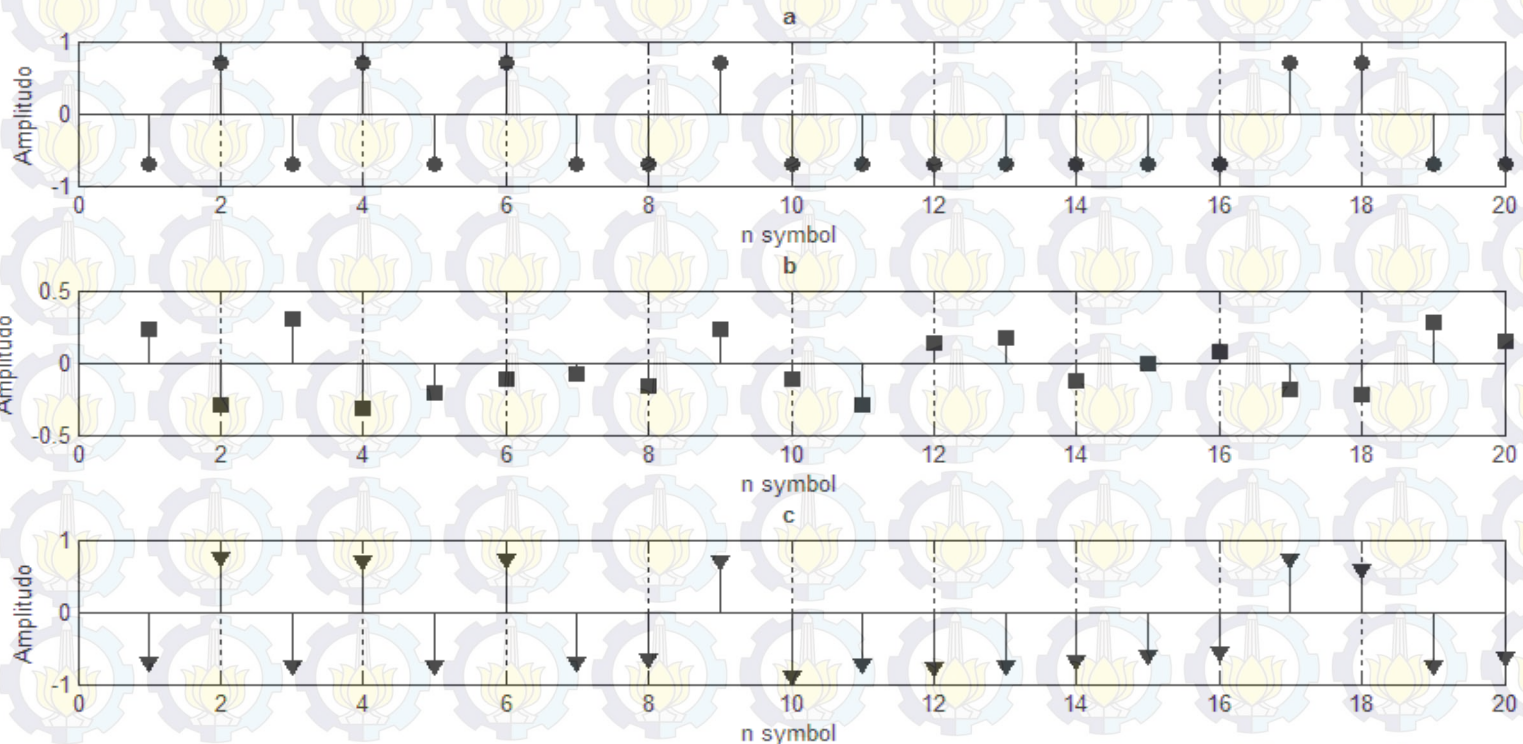
(c) Bit yang diterima dengan estimasi

(b) Bit yang diterima tanpa estimasi



# Perbandingan Hasil Modulasi *Baseband* (2/2)

## □ Quadrature



(a) Bit yang dikirim

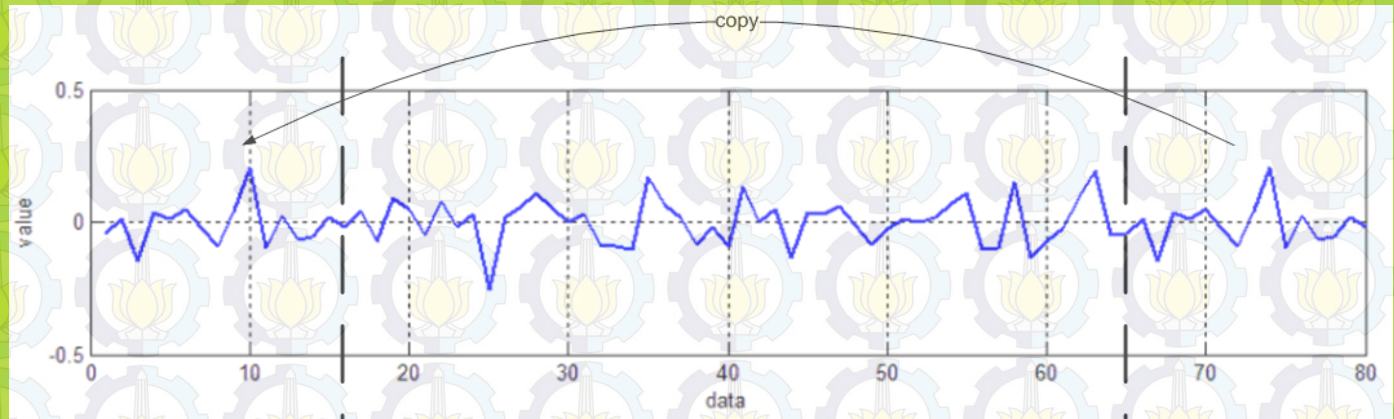
(b) Bit yang diterima tanpa estimasi

(c) Bit yang diterima dengan estimasi

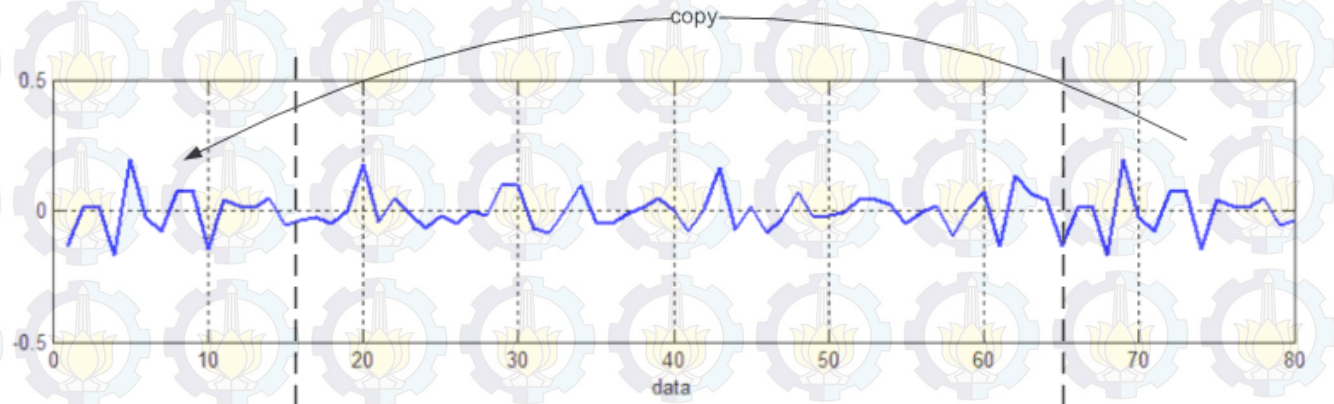


# Perbandingan Sinyal FFT & cyclic prefix

Inphase



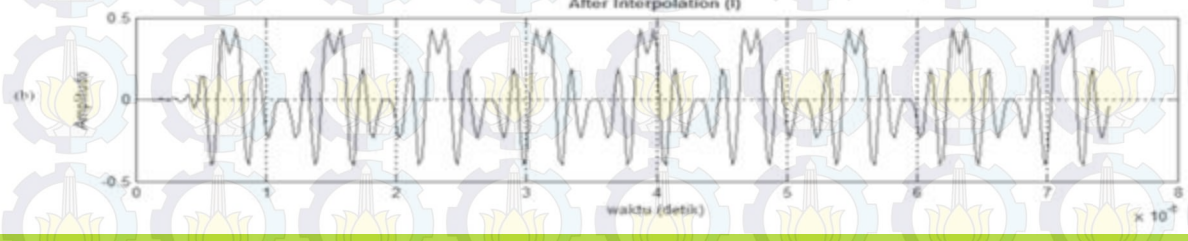
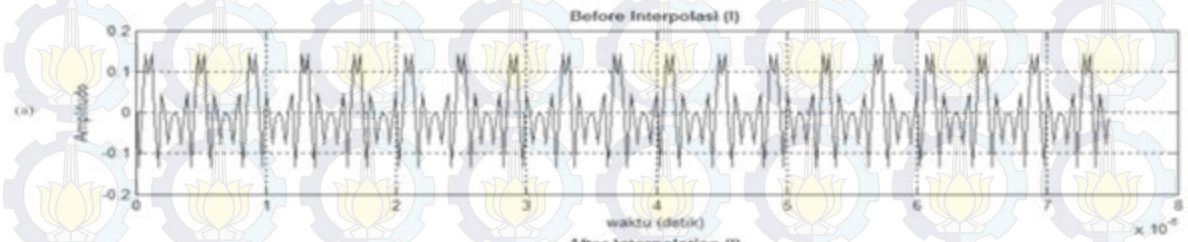
Quadrature



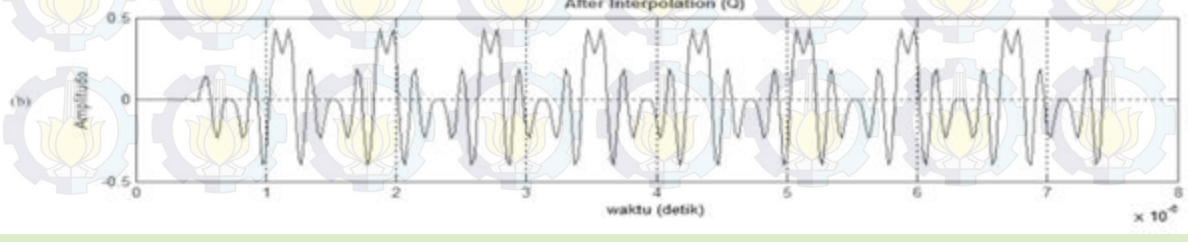
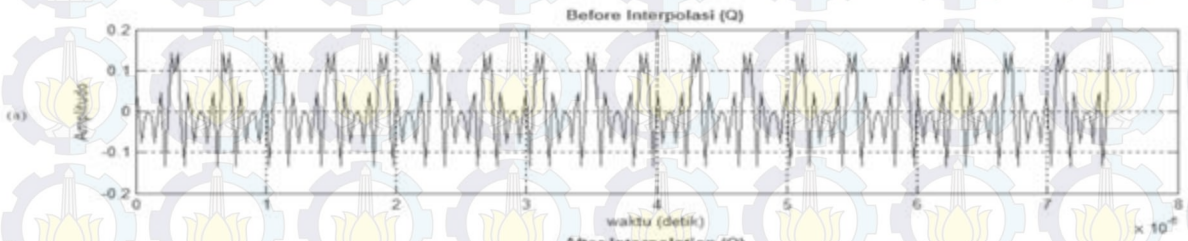


# Interpolasi

Inphase



Quadrature

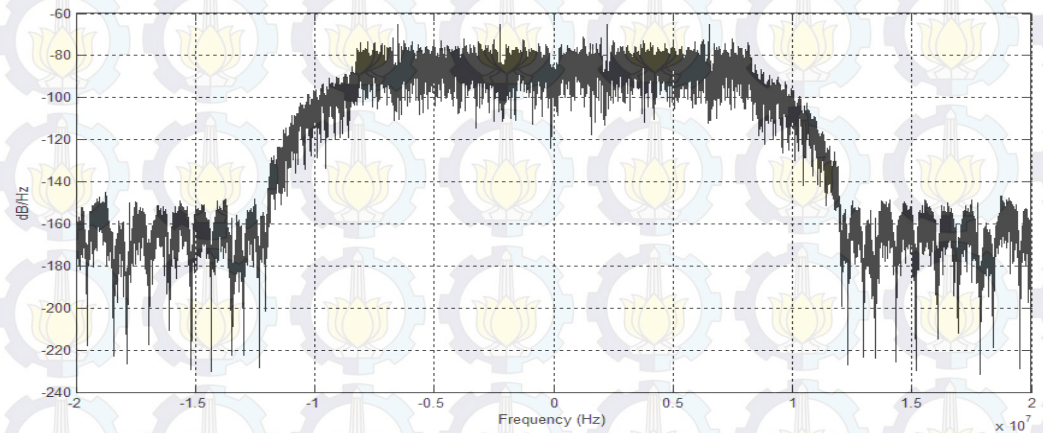




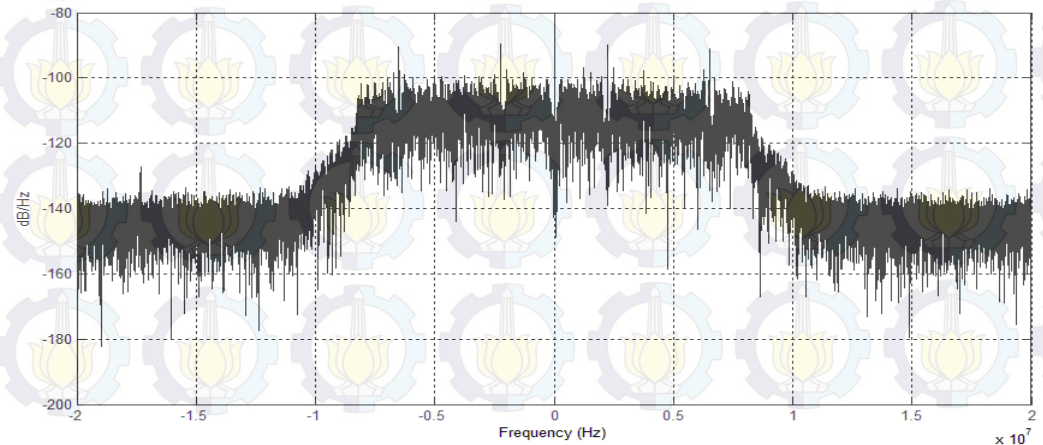


# Spektrum Sinyal

Spektrum Sinyal  
Pancar



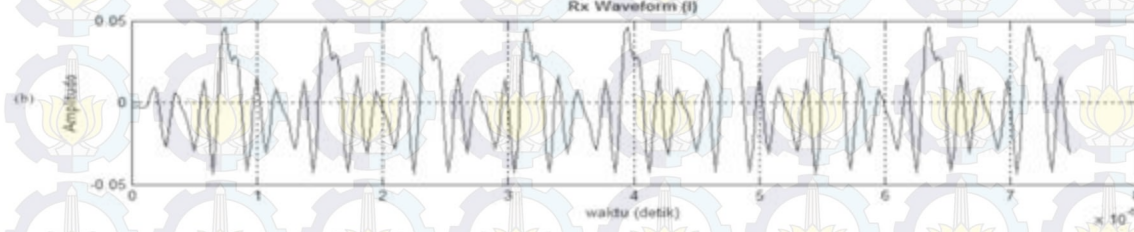
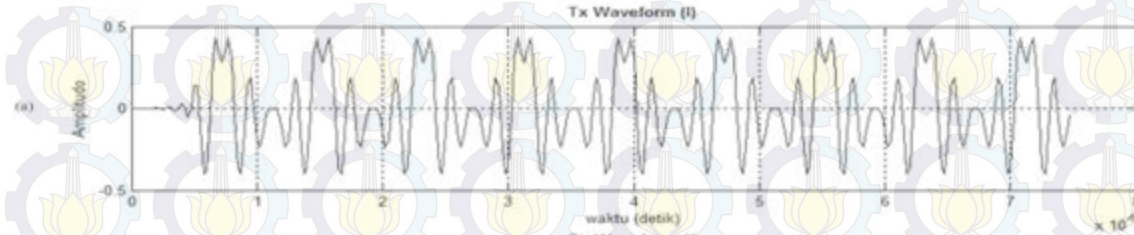
Spektrum Sinyal  
Terima



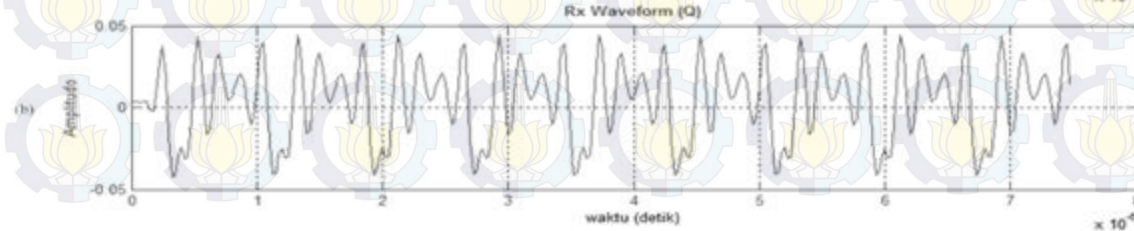
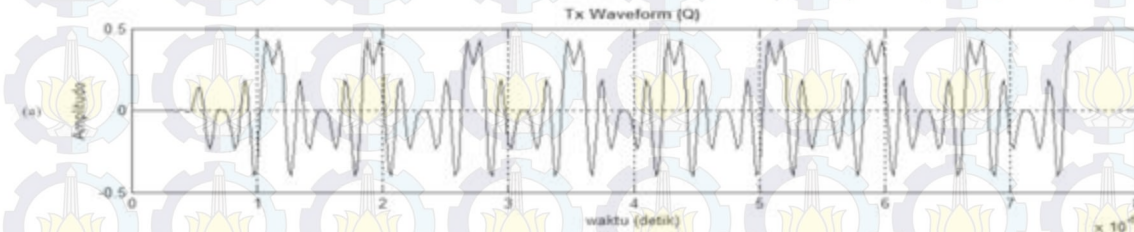


# Perbandingan Sinyal Pancar dan Terima

Inphase



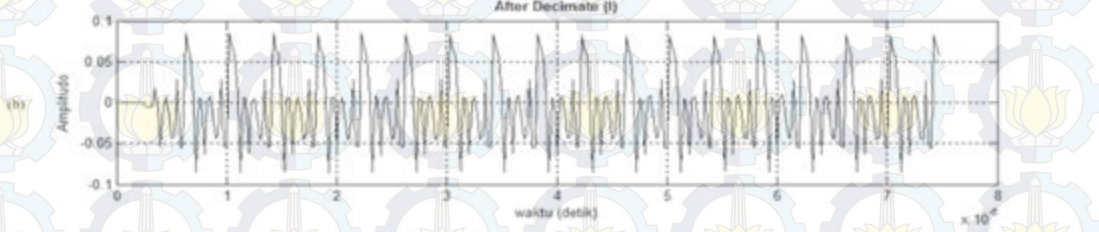
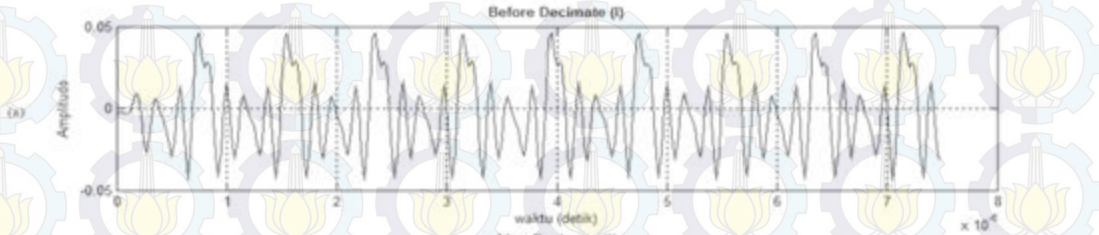
Quadrature



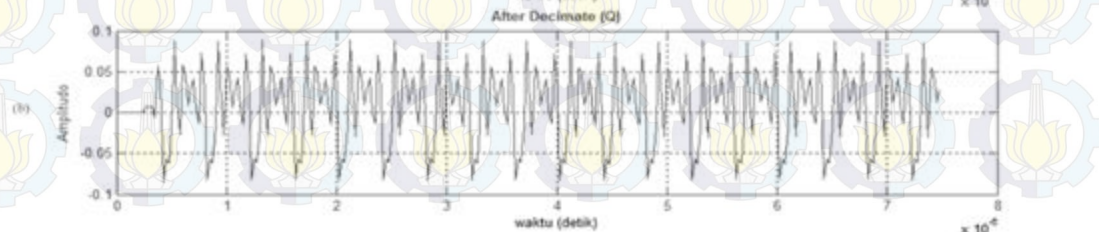
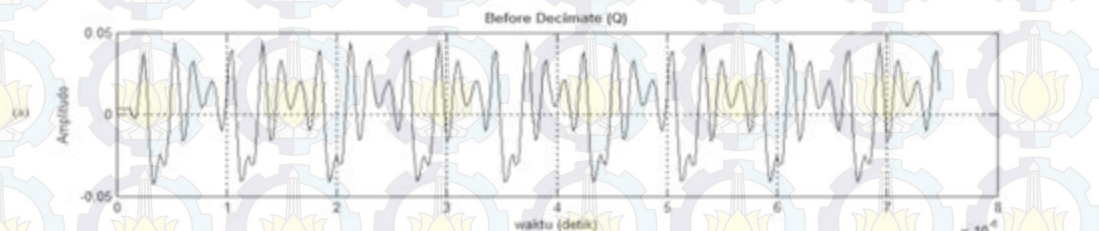


# Desimasi

Inphase



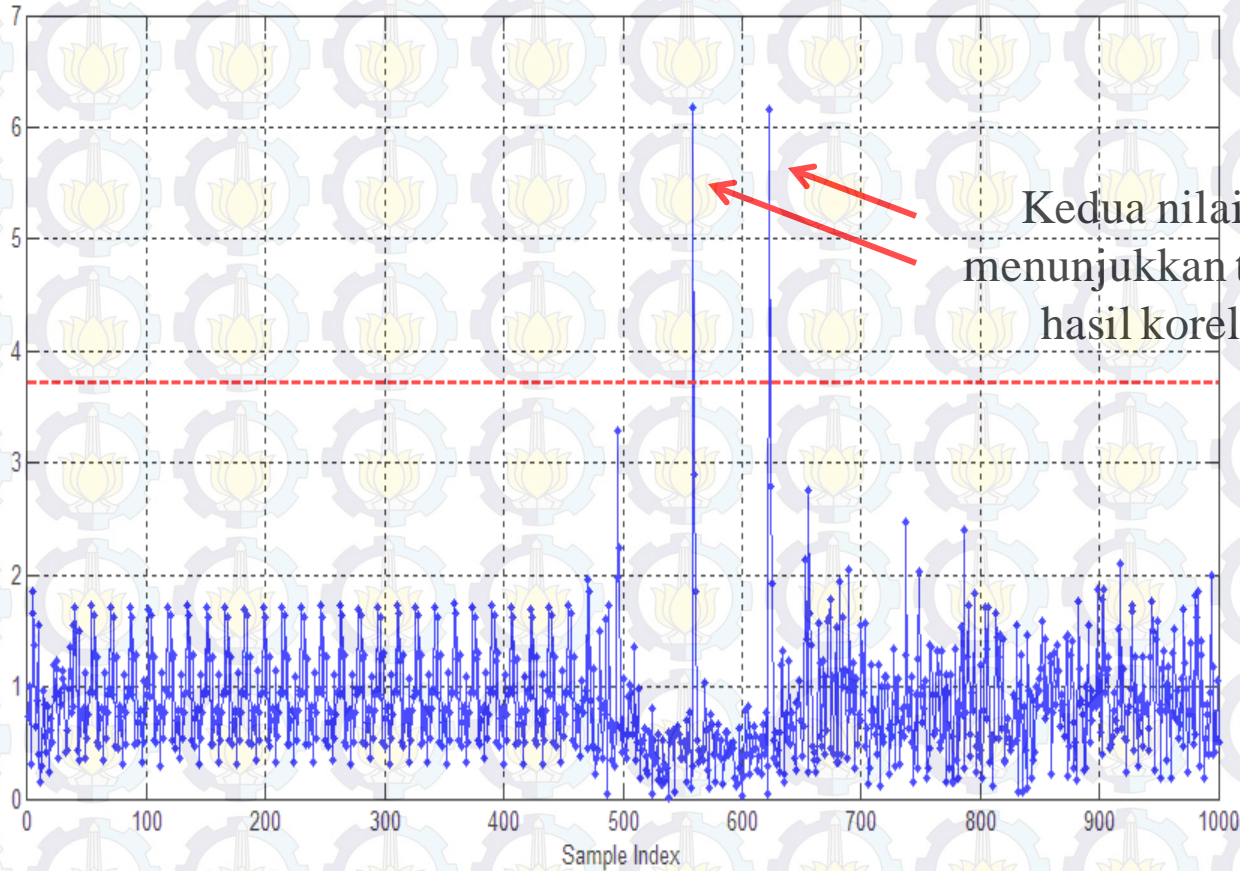
Quadrature





# Hasil Korelasi LTS

LTS Correlation and Threshold



Kedua nilai tersebut menunjukkan titik puncak hasil korelasi LTS

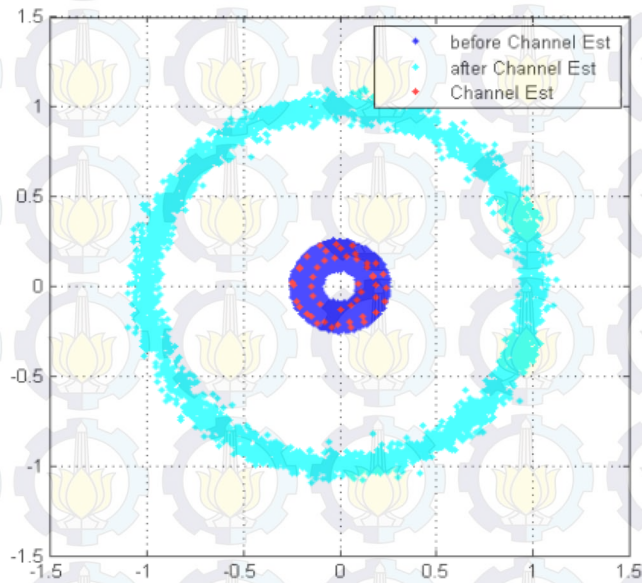


## Estimasi Kanal (1/2)

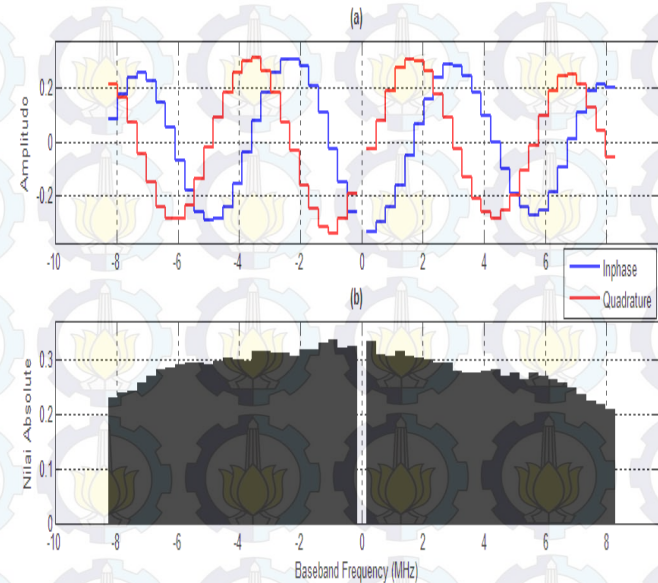
- Digunakan untuk mengkompensasi dari pengurangan nilai *magnitude* yang disebabkan oleh frekuensi selektif dari kanal *multipath* dan juga *noise*.
- Nilai estimasi diambil dari nilai LTS yang ada pada penerima.
- Proses ekualisasi jika sudah didapat nilai estimasi yaitu:

$$xe(k) = \frac{x(k)}{\hat{H}_k}$$

## Perubahan Konstelasi



## Nilai Estimasi Kanal (real-imaginer dan magnitudo)



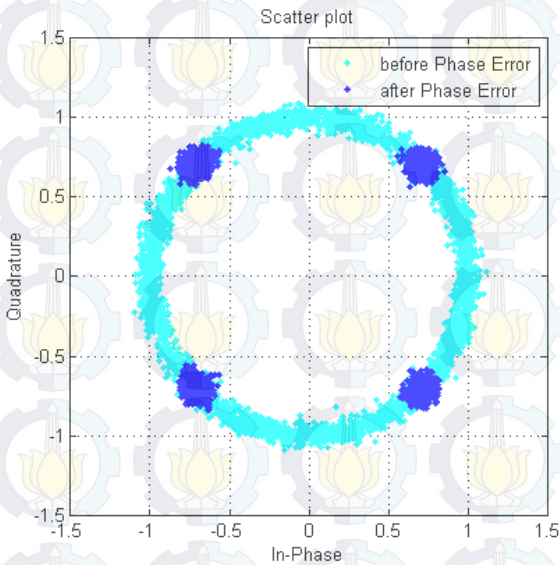


## Estimasi Fasa Error (1/2)

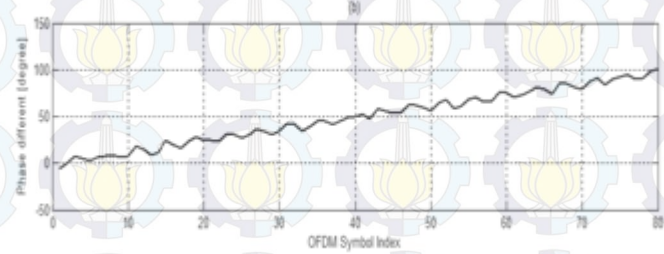
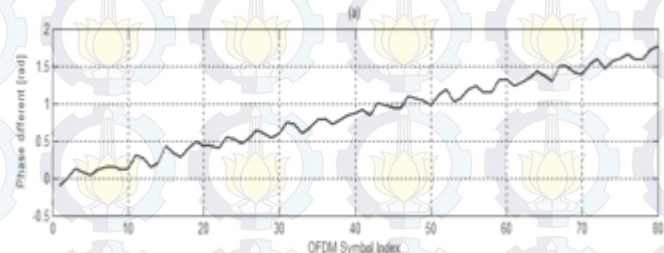
- Nilai estimasi ini dilakukan dengan menggunakan pilot yang terdapat 4 buah pada masing-masing symbol OFDM.
- Proses perbaikan fasa dilakukan dengan persamaan:

$$s'(k) = s(k) \times e^{-j\theta}$$

## Perubahan Konstelasi



## Nilai Estimasi Kanal (real-imaginer dan magnitudo)



- (a) Dalam radian
- (b) Dalam degree





## Struktur Frame (1/2)

- Batasan pada *buffer* WARP mengharuskan pengiriman informasi dengan jumlah sampel terbatas yaitu 16384 sampel.

- Perlunya:

- Preamble

Untuk menentukan awal dari frame OFDM & estimasi kanal. Susunan dari *preamble* yaitu:



- Zero Padding

Untuk *delay* antara *trigger* pada Ethernet untuk proses pengiriman dan penerimaan data.



## Struktur Frame (2/2)

Ukuran Buffer WARP  
 $L = 16384$  sampel

Preamble  
640 sample

Payload  
12800 sample

Zero Padding  
2944 sample

Symbol  
OFDM - 1

Symbol  
OFDM - 2

...

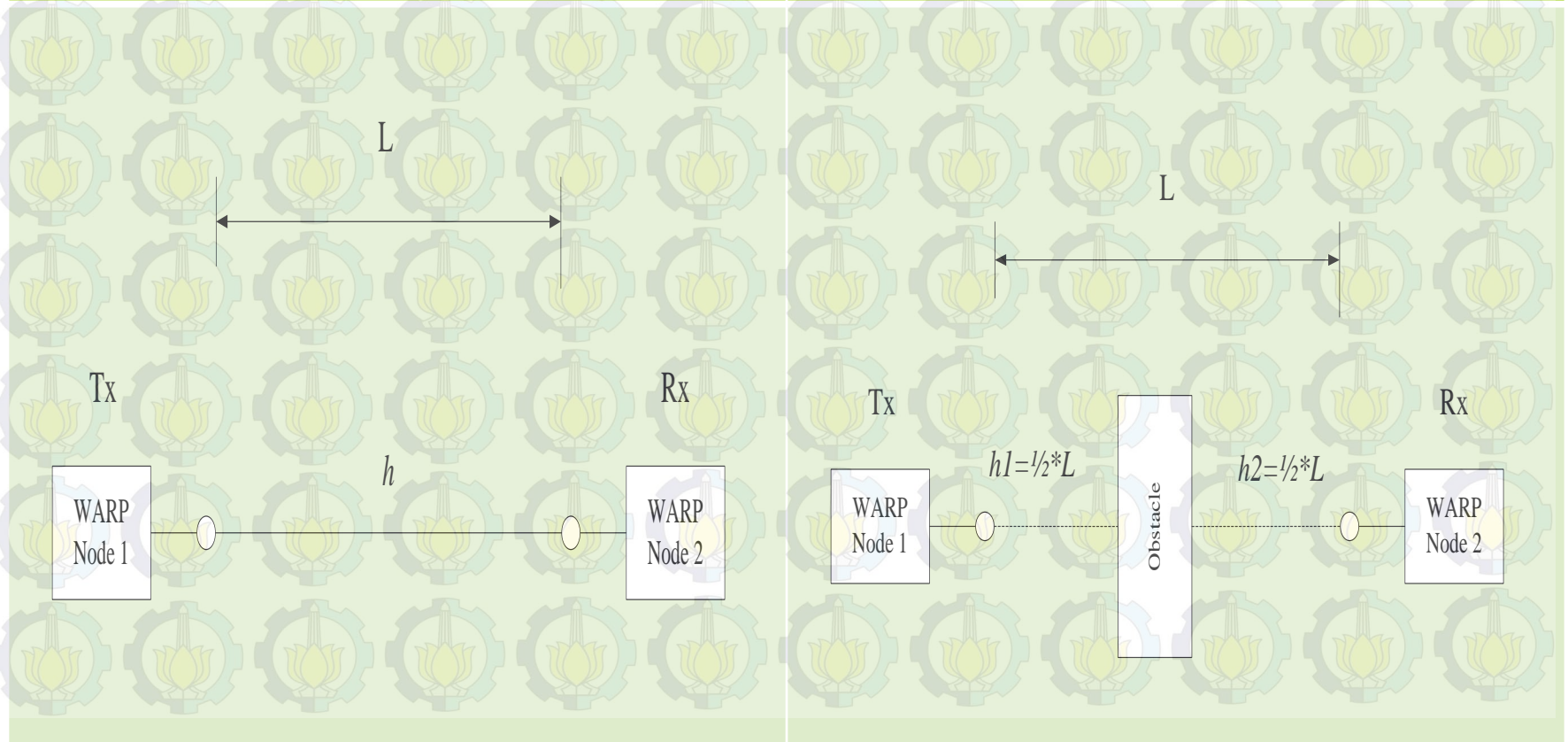
Symbol  
OFDM - 80



# Diagram Pengukuran

Line of Sight (LoS)

Non-Line of Sight (NLOS)



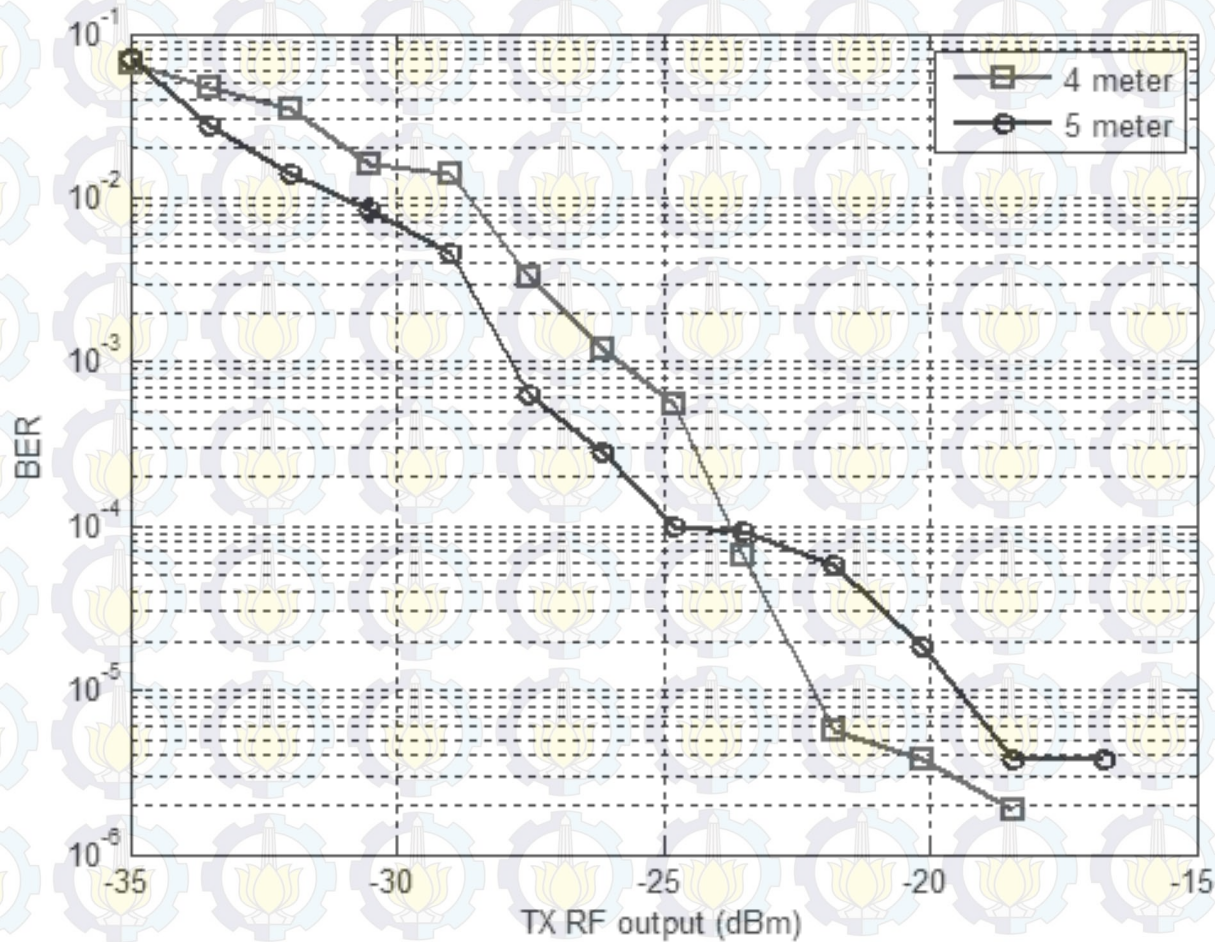


# Perbandingan BER dalam berbagai Kondisi Pengukuran

- Tujuan pengukuran yaitu untuk menganalisa kinerja dari OFDM dari berbagai kondisi pengukuran tersebut.
- Membandingkan BER pada kondisi-kondisi tertentu, seperti:
  - Perbandingan jarak pada lingkungan yang sama
  - Perbandingan saat ada atau tidaknya *obstacle*
  - Perbandingan untuk lingkungan yang berbeda.

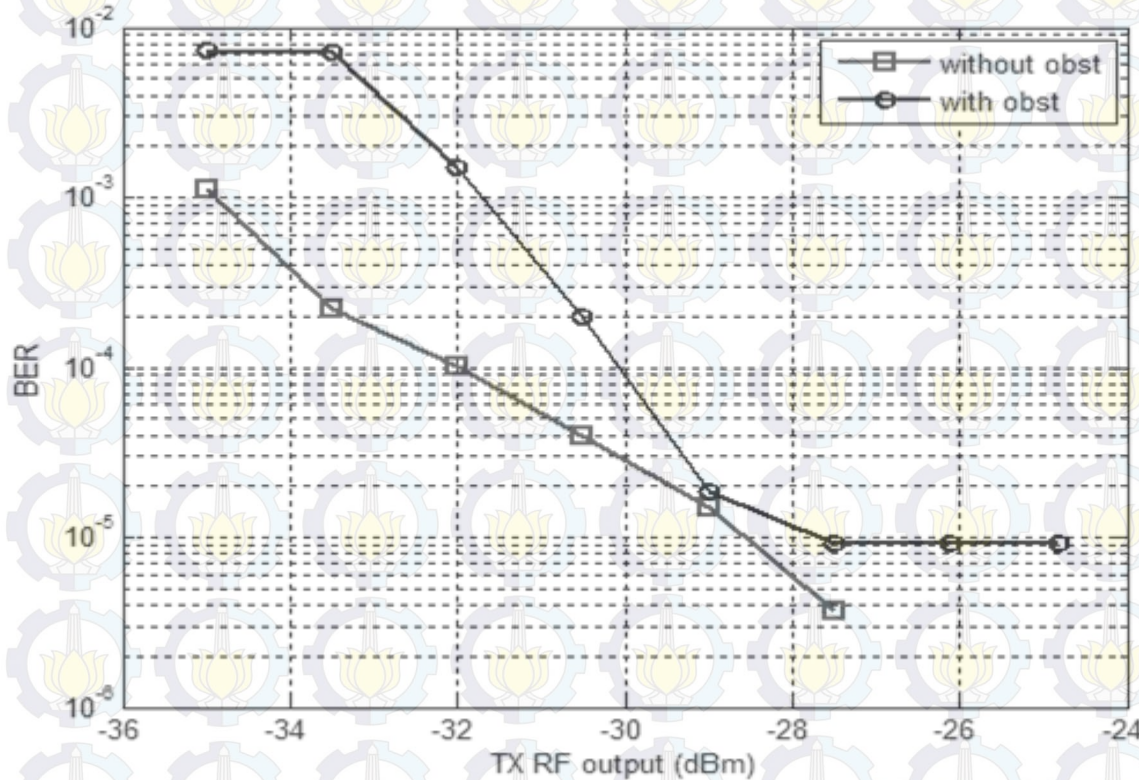


# Perbandingan Jarak untuk Kondisi LoS dan Lingkungan Lorong



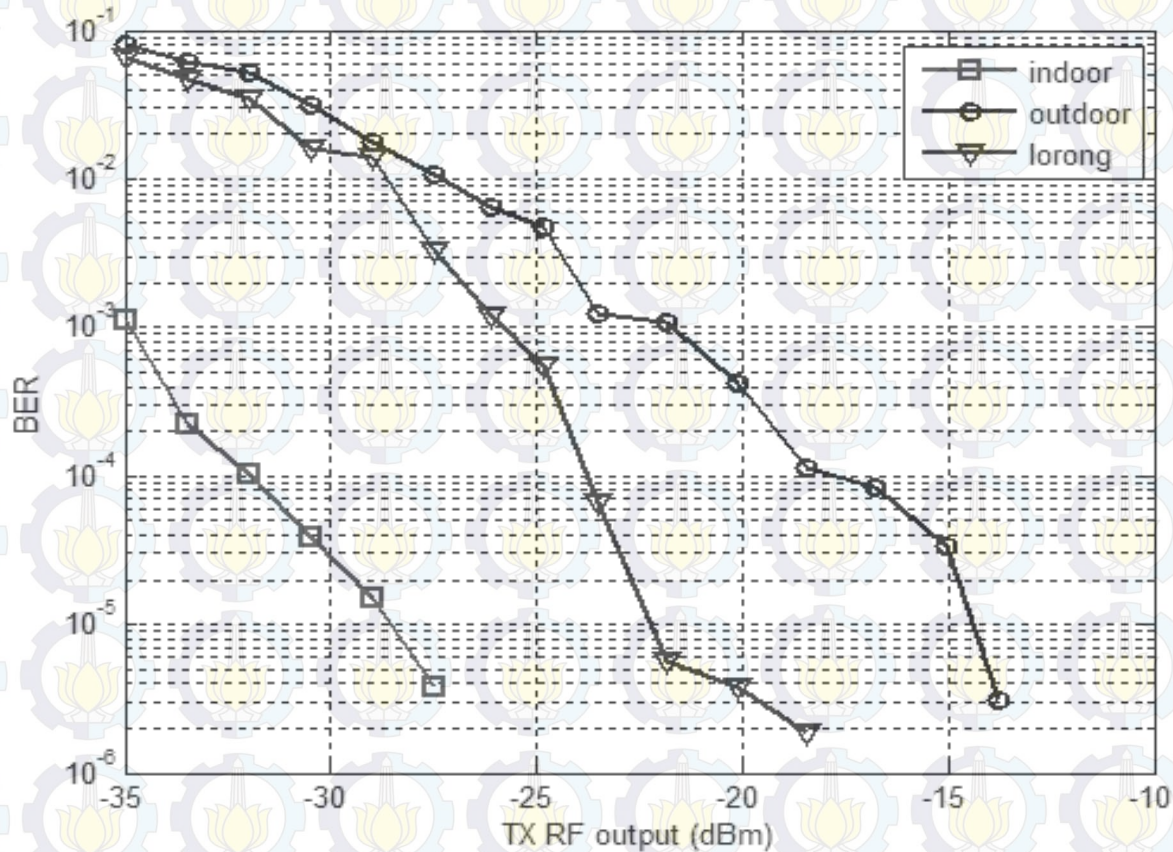


# Perbandingan antara LoS dan NLoS dengan Jarak dan Lingkungan yang sama





# Perbandingan Lingkungan untuk Kondisi LoS dengan Jarak 4 meter





## Kesimpulan

- Untuk perbandingan jarak  $d \uparrow \neq \text{BER} \uparrow$ .
- Untuk perbandingan kondisi LoS dan NLoS,  $\text{BER}_{\text{LoS}} < \text{BER}_{\text{NLoS}}$ .
- Untuk perbandingan lingkungan,  $\tau_{\text{rms}} \downarrow = \text{BER} \downarrow$





Terima Kasih