



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 141599

**IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA KODE
WALSH HADAMARD PADA *CODE DIVISION MULTIPLE
ACCES (CDMA)* MENGGUNAKAN *WIRELESS OPEN-
ACCESS RESEARCH PLATFORM(WARP)***

Fadhila Andam Dewi
NRP 2213105076

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT- TE 141599

**IMPLEMENTATION AND PERFORMANCE EVALUATION
OF WALSH HADAMARD CODE IN CODE DIVISION
MULTIPLE ACCES (CDMA) USING WIRELESS OPEN-
ACCESS RESEARCH PLATFORM (WARP)**

Fadhila Andam Dewi
NRP 2213105076

Supervisors

Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**IMPLEMENTASI DAN EVALUASI KINERJA KODE WALSH
HADAMARD PADA CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS
(CDMA) MENGGUNAKAN WIRELESS OPEN-ACCESS
RESEARCH PLATFORM (WARP)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.

NIP. 196411301989032001

Dr. Ir. Suwadi, MT.

NIP. 196808181993031002

**SURABAYA
JULI 2015**

Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada Division Code Multiple Access (CDMA) Menggunakan Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

Nama : Fadhila Andam Dewi
Pembimbing : Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak di masa yang akan datang banyak bertumpu pada *Code Division Multiple Access* (CDMA), dimana setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling *ortogonal*. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain.

Pengiriman pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan bisa menimbulkan *Multi user Inteferece*. Salah satu sistem yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah Walsh Hadamard yang memiliki sifat *orthogonal*. Sistem ini dapat diimplementasikan pada *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) yang merupakan salah satu dari jenis *Software Define Radio* (SDR). Dengan WARP dapat terlihat unjuk kerja sistem secara *real* pada kanal nirkabel. Modul WARP mampu diprogram secara langsung dengan *software* MATLAB, sehingga pemodelan sistem *baseband*, *passband* pada pengirim dan penerima dapat dilakukan dengan mudah.

Hasil dari implementasi dan pengukuran menunjukkan bahwa nilai BER berpengaruh terhadap banyaknya user yang dikirim karena ketika jumlah user yang dikirim lebih banyak nilai BER semakin besar. Sementara dalam hal jarak nilai BER berpengaruh terhadap perubahan jarak dimana nilainya akan lebih baik saat jarak 3 meter daripada jarak 5 meter dan 7 meter. Seperti saat daya pancar -35 dbm nilai BER saat 3 meter 0.0093, jarak 5 meter 0.024 dan 7 meter 0.275.

Kata kunci : Bit Error Rate, CDMA, Software Defined Radio, Walsh Hadamard, Wireless Open-Access Research Platform.

Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada Division Code Multiple Access (CDMA) Menggunakan Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

Nama : Fadhila Andam Dewi
Pembimbing : Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak di masa yang akan datang banyak bertumpu pada *Code Division Multiple Access* (CDMA), dimana setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling *ortogonal*. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain.

Pengiriman pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan bisa menimbulkan *Multi user Interference*. Salah satu sistem yang dapat mengatasi masalah tersebut adalah Walsh Hadamard yang memiliki sifat *orthogonal*. Sistem ini dapat diimplementasikan pada *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) yang merupakan salah satu dari jenis *Software Define Radio* (SDR). Dengan WARP dapat terlihat unjuk kerja sistem secara *real* pada kanal nirkabel. Modul WARP mampu diprogram secara langsung dengan *software* MATLAB, sehingga pemodelan sistem *baseband*, *passband* pada pengirim dan penerima dapat dilakukan dengan mudah.

Hasil dari implementasi dan pengukuran menunjukkan bahwa nilai BER berpengaruh terhadap banyaknya user yang dikirim karena ketika jumlah user yang dikirim lebih banyak nilai BER semakin besar. Sementara dalam hal jarak nilai BER berpengaruh terhadap perubahan jarak dimana nilainya akan lebih baik saat jarak 3 meter daripada jarak 5 meter dan 7 meter. Seperti saat daya pancar -35 dbm nilai BER saat 3 meter 0.0093, jarak 5 meter 0.024 dan 7 meter 0.275.

Kata kunci : Bit Error Rate, CDMA, Software Defined Radio, Walsh Hadamard, Wireless Open-Access Research Platform.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Implementation and Performance Evaluation Of Walsh Hadamard Code In Code Division Multiple Access (CDMA) Using Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

Name : Fadhila Andam Dewi
Supervisors : Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT.

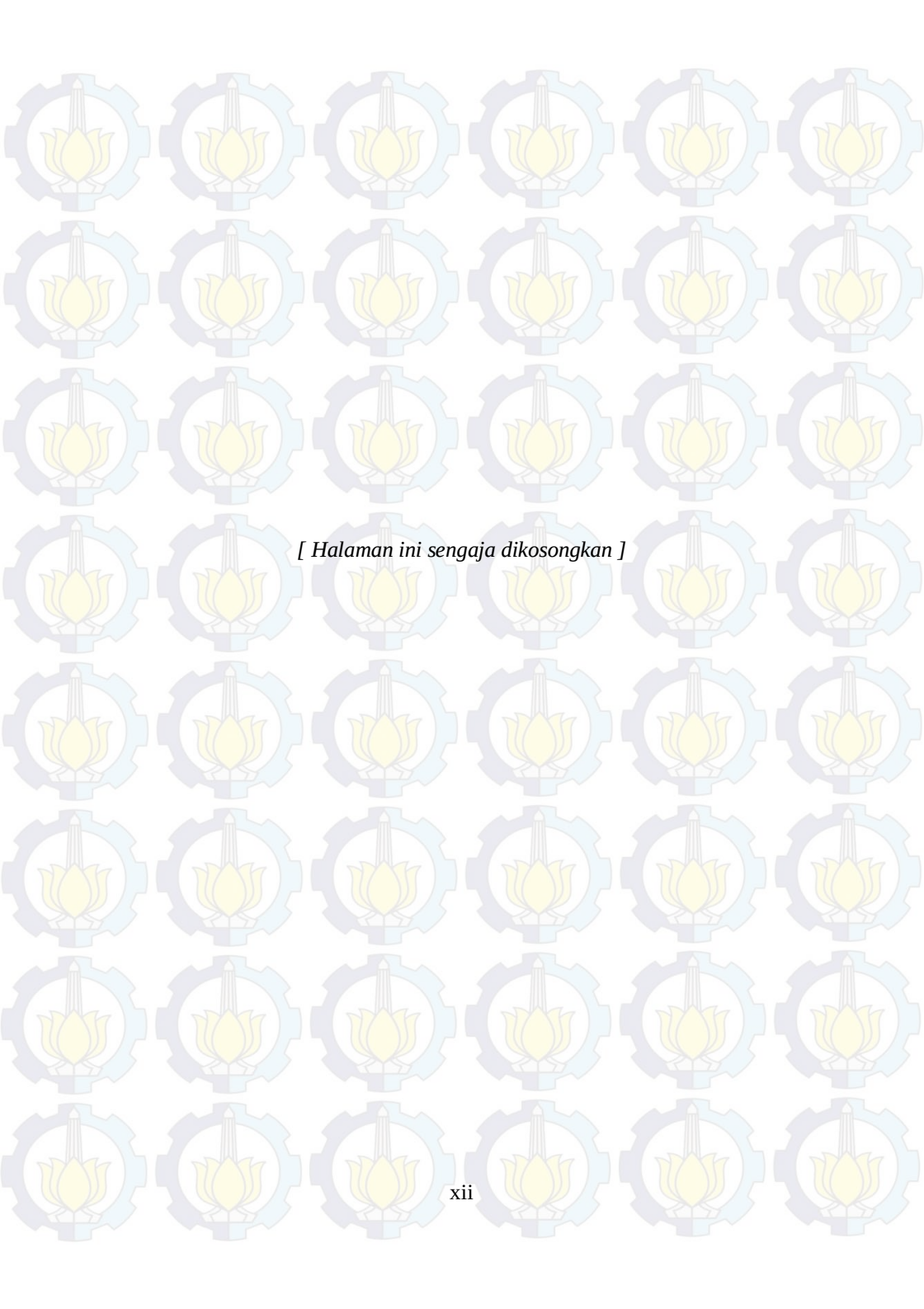
ABSTRACT

The development of mobile communications technology in the future mostly relies on Code Division Multiple Access (CDMA), where each user is using the same frequency at the same time but use unique passwords that are orthogonal. These ciphers differentiate between the user with other users.

Delivery users using the same frequency at the same time can cause the user Multi Inteferece. One system that can solve the problem is Walsh Hadamard who have orthogonal properties. This system can be implemented in the Wireless Open-Access Research Platform (WARP), which is one of the types of Software Define Radio (SDR). With WARP can be seen in real system performance on the wireless channel. WARP module is able to be programmed directly with MATLAB software, so that the baseband system modeling, the sender and receiver passband can be done easily.

Results of the implementation and measurement shows that the value of BER effect on the number of users who sent because when the number of users that sent more value the greater the BER. While in terms of BER values within a distance where the effect on the change in value would be better at a distance than the distance 5meter 3meter and 7meter. Such as when the transmit power -35 dbm BER value when 3 meter 0.0093, a distance of 5 meters and 7 meters 0024 0275.

Keyword : Bit Error Rate , CDMA, Software Defined Radio, Walsh Hadamard, Wireless Open-Access Research Platform.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

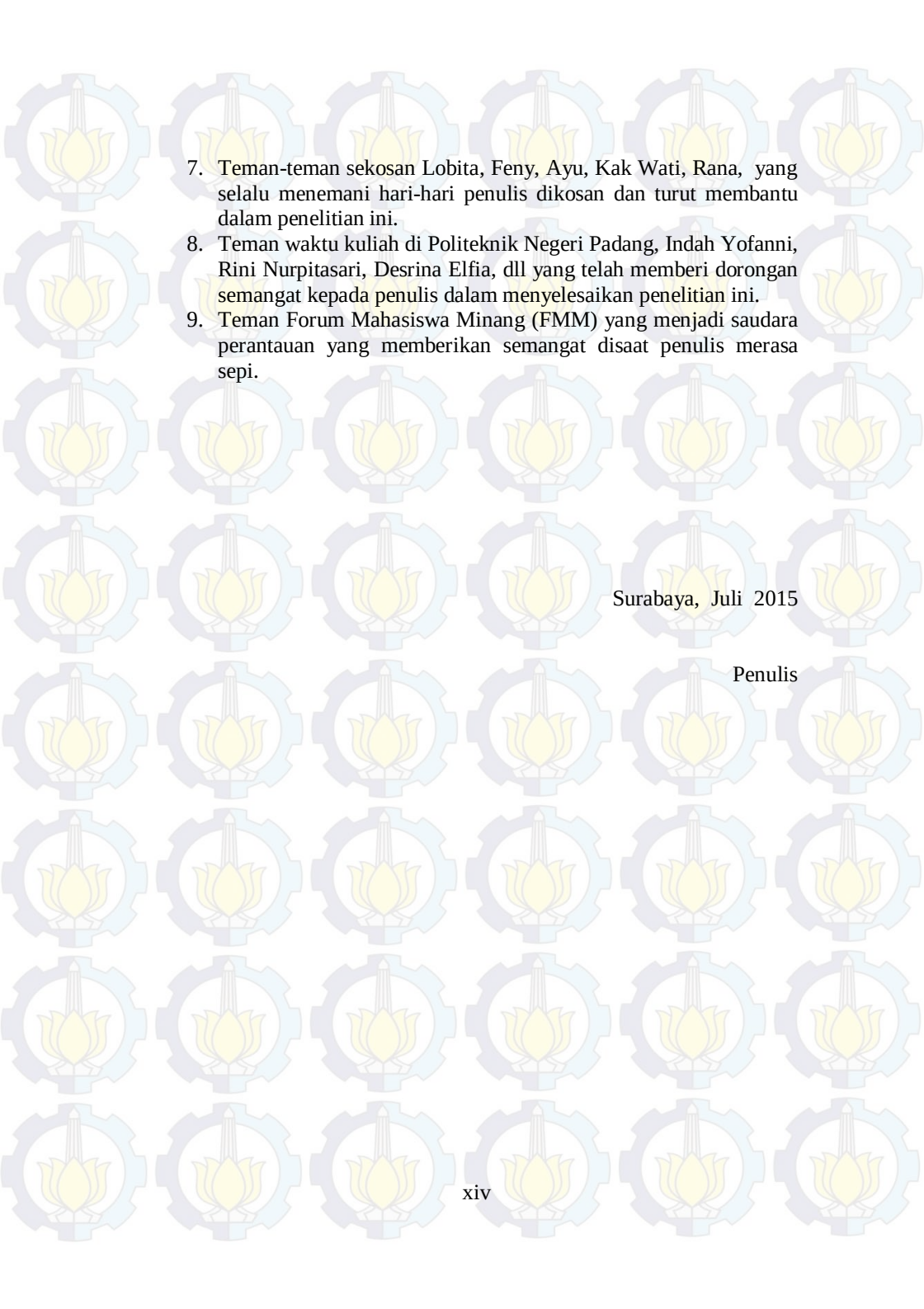
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan YME, atas segala kasih dan berkat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir dan penelitian dengan judul :

Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamarad Pada Division Code Multiple Access (CDMA) menggunakan Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan program strata 1 pada jurusan teknik elektro, fakultas teknologi industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang sudah membantu, antara lain :

1. Kedua orangtua, Munasri dan Atiyanti, SPd. , Adikku Farhan Febrian S.P , Fauzan Budi Mulia S.Pd , Farah Najma Alia yang telah memberikan dorongan semangat dan mimpi-mimpi kelak dalam kehidupan sehingga penulis menjadi lebih bersemangat
2. Ibu Dr. Ir.Titiek Suryani, MT., dan Bapak Dr. Ir. Suwadi, MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan teknis ketika penulis mengalami permasalahan dalam penelitian.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS dan Bapak Ibu dosen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis.
4. Teman-teman Laboratorium Komunikasi Multimedia B-304, Ariadna Najmy, Afridani Satiawan, Nadya Noor Oktarini, Amilatul Husna, Rina Asmorowati, Ifa afidah Rosuliya, Silvi Oktavia N.S, Mas Galih Permana Putra, Amelia Puspasariyang selalu membantu penulis saat melakukan perancangan dan pengukuran sehingga pekerjaan menjadi terasa lebih ringan.
5. Teman-teman Lab B-306, Dwi Indah Setiani, Gustadewi Haryuni Premiaswari, Nurman Khakim, yang telah memberikan masukan dalam penelitian ini.
6. Teman-teman yang lain, Frezza Oktaviana yang telah turut membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

- 
7. Teman-teman sekosan Lobita, Feny, Ayu, Kak Wati, Rana, yang selalu menemani hari-hari penulis dikosan dan turut membantu dalam penelitian ini.
 8. Teman waktu kuliah di Politeknik Negeri Padang, Indah Yofanni, Rini Nurpitasari, Desrina Elfia, dll yang telah memberi dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
 9. Teman Forum Mahasiswa Minang (FMM) yang menjadi saudara perantauan yang memberikan semangat disaat penulis merasa sepi.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Manfaat	4
BAB II	5
TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i>	5
2.2 <i>Pseudo Noise (PN) Code</i>	8
2.3 Kode Walsh-Hadamard.....	9
2.4 Ortogonalitas	10
2.5 Multiple Acces	11
2.6 Parameter Sinyal PN.....	11
2.6.1 <i>Korelasi Diri (Autokorelasi)</i>	11
2.6.2 Fungsi Cross Correlation	12
2.7 Bit Rate.....	13
2.8 Chip rate.....	13
2.9 Modul BPSK	13
2.9.1 BER Pada Modulasi BPSK	14
2.10 Software Defined Radio.....	15
2.11 Wireless Open Access Research Platform (WARP)	15
2.11.1 Hardware WARP	15
2.11.1.1 FPGA Board.....	16
2.11.1.2 Radio Board.....	16
2.11.1.3 Clock Board.....	17

2.11.2 WARPLab.....	19
BAB III.....	21
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	21
3.1 Pendahuluan	21
3.2 Integrasi <i>Personal Computer</i> dengan Modul WARP	23
3.3 Skenario Penelitian	26
3.3.1 Skenario Pengukuran.....	26
3.4 Desain Sistem Komunikasi Pada WARP	28
3.4.1 Proses Pada Blok Desain Transmitter.....	30
3.4.1.1 Pembangkitan Bit Informasi	30
3.4.1.2 Mapping	31
3.4.1.3 Pembangkitan PN Kode Hadamard.....	32
3.4.1.4 Spreading.....	34
3.4.1.5 Penambahan Pilot Untuk Estimasi Kanal	35
3.4.1.6 Desain Frame	35
3.4.1.7 Penambahan Preamble Untuk Timing Synchronization	36
3.4.1.8 Upsample.....	37
3.4.1.9 Upconvert	39
3.4.2 Proses Pengiriman Dengan WARP.....	40
3.4.2.1 Downconvert	41
3.4.2.2 Match Filter	41
3.4.2.3 Remove preamble, Downsample Remove Pilot.....	42
3.4.2.4 Despreading.....	43
3.4.2.5 Demapping	44
3.5 Pada Kanal	44
3.5.1 Kanal Nirkabel	44
3.6 Perhitungan Nilai Eb/No.....	46
BAB IV.....	49
HASIL DAN ANALISA DATA.....	49
4.1 Skenario Pengujian	49
4.2 Analisis kinerja sistem terhadap <i>Multiuser Inteferece</i>	50
4.3 Analisis kinerja Sistem Terhadap Perubahan Jarak	53
4.4 Analisis kinerja sistem terhadap <i>Hadamard</i> 16,32,64... ..	55
4.5 Analisa BER Terhadap Eb/No.....	60
4.5.1 Multiuser Hadamard.....	60
4.5.2 Perbandingan Hadamard 16,32 dan 64	62
4.6 Pengukuran Spektrum Sinyal Tanpa Dengan Direct Sequence Spread Spectrum Dengan Spectrum Analyzer	64

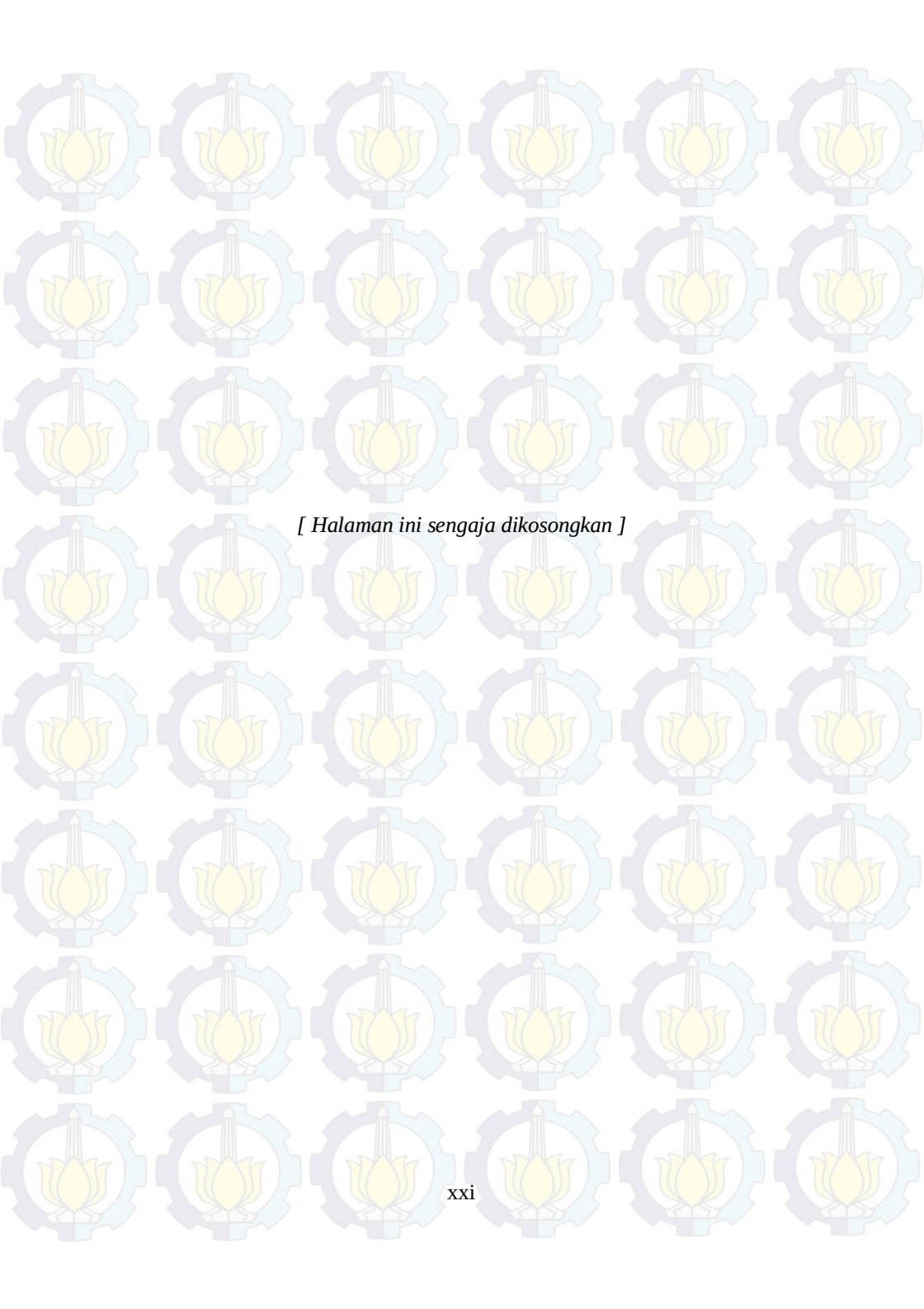
4.6.1 Spektrum Sinyal Tanpa Sinyal DS-SS.....	64
4.6.2 Spektrum Sinyal Dengan Sinyal DS-SS	66
BAB V	69
PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN A.....	73
PROPOSAL.....	73
LAMPIRAN B.....	75
LISTING PROGRAM.....	75
RIWAYAT HIDUP PENULIS	89



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel3. 1 Desain parameter sistem komunikasi	29
Tabel3. 2 Parameter desain <i>raised cosine filter matched filter</i>	37
Tabel 4. 1 BER saat Pengiriman 4 User Hadamard 16 bersamaan 50	
Tabel 4. 2 BER saat Pengiriman 6 User Hadamard 16 bersamaan52	
Tabel 4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak berbeda	54
Tabel 4. 4 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 3 meter	56
Tabel 4. 5 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 5 meter	57
Tabel 4. 6 Data pengukuran 1User Hadamard dalam 7meter	57
Tabel 4. 7 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 7 meter	60
Tabel 4. 8 Data Simulasi Hadamard 16,32 dan 64	62



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kanal FDMA, TDMA, CDMA	5
Gambar 2. 2 Blok Diagram CDMA [3]	6
Gambar 2. 3 Proses Perkalian dengan PN code.....	8
Gambar 2. 4 Autokorelasi.....	12
Gambar 2. 5 Konstelasi modulasi BPSK	14
Gambar 2. 6 Arsitektur <i>hardware</i> WARP [10].	16
Gambar 2. 7 Modul WARP [10].	17
Gambar 2. 8 <i>Radio Board</i> [10].....	17
Gambar 2. 9 Arsitektur <i>radio board</i> [10].....	18
Gambar 2. 10 <i>Clock board</i> [10].....	18
Gambar 2. 11 Logic clock board [7].....	18
Gambar 2. 12 <i>Radio clock board</i> [10].	19
Gambar 2. 13 Arsitektur WARPLab[10]	19
Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan sistem.....	22
Gambar 3. 2 Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO Pada WARP	23
Gambar 3. 3 Pengaturan <i>IP Address</i>	24
Gambar 3. 4 <i>Cmd</i>	24
Gambar 3. 5 Kondisi Ping antara <i>Node 3</i> dan <i>Node 4</i>	25
Gambar 3.6 Indikator Keberhasilan Koneksi WARP dengan PC	25
Gambar 3. 7 Skenario Pengukuran.....	26
Gambar 3. 8 TxOutput Power vs Gain Setting MAX2829 [9]	27
Gambar 3. 9 Gain RX <i>Baseband</i> pada MAX2829 [6]	28
Gambar 3. 10 Blok desain implementasi sistem <i>transmitter</i>	29
Gambar 3. 11 Blok desain implementasi sistem <i>receiver</i>	30
Gambar 3.12 Bit yang dibangkitkan Quadrature dan Inphase.....	30
Gambar 3. 13 Sinyal hasil modulasi BPSK.....	31
Gambar 3. 14 Diagram konstelasi BPSK.....	31
Gambar 3. 15 Gambar data input 3 user	32
Gambar 3. 16 Gambar kode Hadamard 8.....	33
Gambar 3. 17 Hasil proses <i>spreading</i> data user	33
Gambar 3. 18 Hasil penambahan semua user.....	34
Gambar 3. 19 Hasil proses <i>despreading</i> data user.....	34
Gambar 3. 20 Hasil proses <i>spreading</i>	35
Gambar 3. 21 Susunan <i>pilot</i> dan symbol	35
Gambar 3. 22 Struktur <i>Frame</i> Komunikasi.....	36

Gambar 3. 23 Setelah penambahan preamble Quadrature Inphase	37
Gambar 3. 24 Hasil filter SRRC	38
Gambar 3. 25 (a) Hasil Filer SRRC pada simbol inphase.....	38
Gambar 3. 26 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah di <i>upcovert</i> ..	39
Gambar 3. 27 Sinyal yang upconvert Quadrature dan Inphase.....	40
Gambar 3. 28 Sinyal diterima setelah downconvert Quadrature ...	41
Gambar 3. 29 Pendektesiaann Simbol <i>Preamble</i>	42
Gambar 3. 30 Hasil proses downsample.....	43
Gambar 3. 31 Hasil Despreading.....	43
Gambar 3. 32 Kondisi kanal <i>nirkabel indoor jarak= 3meter</i>	44
Gambar 3. 33 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 5 meter	45
Gambar 3. 34 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 7 meter	45
Gambar 3. 35 Konstelasi BPSK	47
Gambar 3. 36 Kordinat Inphase	47
Gambar 3. 37 Variansi Noise	48
Gambar4. 1 Grafik BER saat Pengiriman 4 User bersamaan	51
Gambar4. 2 Grafik BER saat Pengiriman 6 User bersamaan	52
Gambar4. 3 BER User 4 Hadamard 16 jarak yang berbeda	55
Gambar4. 4 Grafik BER 1 User Hadamard dalam 3 meter	56
Gambar4. 5 Grafik BER 1 user Hadamard dalam 5 meter	58
Gambar4. 6 Grafik BER 1User Hadamard dalam7 meter	59
Gambar4. 7 Grafik BER User 1 Dalam Berbagai Pengiriman	62
Gambar4. 8 Grafik BER 1 user Hadamard	63
Gambar4. 9 Bandwidth <i>passband</i> 15 Mhz	65
Gambar4. 10 Frekuensi <i>Center</i> 24446.6 Mhz	65
Gambar4. 11 Bandwidth <i>passband</i> 15 Mhz	66
Gambar4. 12 Frekuensi <i>Center</i> 2.447 Ghz.....	67

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Fadhila Andam Dewi adalah anak pertama dari empat bersaudara yang lahir di Padang, Sumatera Barat, 7 Januari 1990. Mengawali pendidikan di SD Baiturrahmah Padang, yang lulus pada tahun 2002. Melanjutkan ke SMP Negeri 7 Padang, yang lulus pada tahun 2005, kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 12 Padang dan lulus pada tahun 2008. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Diploma-III di Politeknik Negeri Padang dan lulus pada tahun 2011. Penulis merasa harus melanjutkan pendidikan sehingga memutuskan untuk melanjutkan ke jenjang Sarjana dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada bulan 2013 melalui program Lintas Jalur, dan mengambil bidang studi Telekomunikasi Multimedia. Email fadhilaandamdewi0701@gmail.com



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak di masa yang akan datang banyak bertumpu pada *Code Division Multiple Access* (CDMA), dimana setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling *orthogonal*. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pengiriman setiap pengguna secara bersamaan akan mengakibatkan terjadinya MUI (*Multi user Inteferece*). Efek MUI akan menimbulkan kesalahan informasi yang diterima oleh user, sehingga dapat menurunkan unjuk kerja sistem. Untuk itu digunakan sandi unik yang saling *orthogonal*.

Ada bermacam-macam kode PN , yaitu *M-sequences*, kode Gold, kode Kasami, dan kode Walsh Hadamard. Tiap kode PN mempunyai karakteristik berbeda-beda, seperti autokorelasi dan korelasi silang yang berbeda-beda. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem keseluruhan. Kode Walsh Hadamard yang memiliki sifat *orthogonal* satu sama lain dan digunakan sebagai penyandi kanal untuk memberikan identitas yang berbeda pada tiap pengguna. Korelasi silang dari kode Walsh Hadamard dapat juga bernilai tidak nol dan tidak sinkron yang menyebabkan pengguna dapat berinterferensi satu sama lain.

Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan CDMA pada *Wireless Open Access Research Paltform* (WARP) menggunakan kode Walsh Hadamard dengan bantuan *software* MatLab. WARP yang merupakan salah satu dari perangkat yang bisa digunakan untuk implementasi proses pengiriman dan penerimaan sinyal informasi. Hasil yang diharapkan adalah mengetahui evaluasi kinerja BER terhadap jumlah user yang bisa dilayani secara bersamaan sehingga menghasilkan MUI yang dapat ditoleransi.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang diharapkan untuk ditemukan solusinya melalui tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh kode Walsh Hadamard terhadap kinerja CDMA
2. Pengaruh MUI terhadap penambahan jumlah user
3. Performansi sistem yang diamati adalah *Bit Error Rate* (BER)

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada, maka dalam Tugas Akhir ini akan dibatasi seperti:

1. Matlab yang digunakan merupakan matlab versi 2011.
2. WARP yang digunakan merupakan WARP versi 7.
3. Modulasi yang digunakan yaitu BPSK
4. Kode penyebar yang digunakan adalah *Walsh Code* 16,32 dan 64
5. Pengukuran dilakukan dalam kanal real dengan jarak 3,5,7 meter
6. Daerah pengukuran dibatasi dalam lingkungan *indoor*
7. Analisa berdasarkan nilai *Bit Error Rate* (BER) yang didapatkan

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat yang diharapkan tercapai setelah selesainya tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui prinsip kerja kode Walsh Hadamard terhadap CDMA.
2. Mengetahui kualitas kerja kode Walsh Hadamard jika diimplementasikan dengan menggunakan WARP

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur yaitu dengan mengumpulkan bahan dan mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan tugas akhir ini seperti simulasi sistem komunikasi Walsh Hadamard, desain teknik modulasi digital, referensi pemrograman modul WARP, referensi WARPLab. Desain teknik modulasi digital, referensi pemrograman modul WARP, referensi WARPLab.

2. Perumusan parameter yang digunakan untuk menunjukan kualitas unjuk kerja sistem komunikasi, dirumuskan dan ditentukan metode pengukurannya. Pada tahapan ini, akan ditentukan misalnya, band frekuensi pengukuran, informasi yang akan dipancarkan, jumlah-jumlah bit yang akan ditransmisikan, kondisi frame yang dipancarkan, proses pengukuran kanal, Parameter yang diambil sebagai acuan performansi adalah *Bit error rate* (BER).
3. Simulasi sistem komunikasi, akan dilakukan pada MATLAB untuk mengetahui algoritma yang digunakan agar sesuai dengan teori sistem komunikasi.
4. Tahap perancangan dan implementasi, pada tahap ini dilakukan perancangan sistem modulasi dan demodulasi sistem serta integrasi antara software WARPLab versi 7 dan hardware sehingga sistem yang telah dibuat dapat diimplementasikan kedalam modul WARP dengan kondisi kanal yang *real*.
5. Tahap pengujian sistem dan analisa, pada tahapan ini sistem yang
6. sudah dirancang akan diimplementasikan secara *real* kedalam software WARPLab versi 7 sehingga dapat berfungsi sebagai *modulator*, *demodulator*, maupun *transceiver*.
7. Dokumentasi penelitian adapun dalam tahapan akhir ini meliputi pembuatan laporan yang dibuat berupa buku tugas akhir dan jurnal ilmiah yang telah sesuai dengan format yang berlaku.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab dengan rincian :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang berkaitan dengan pengerjaan dan penyusunan, serta hasil yang diinginkan dalam tugas akhir ini.

BAB II : DASAR TEORI

Dikemukakan berbagai macam dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori tentang modulasi dan

demodulasi sistem, konsep WARPLab 7 serta modul WARP.

BAB III : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASISISTEM
Berisi tentang tahap-tahap perancangan sistem modulasi dan demodulasi sistem dan penambahan *user* pada sistem, integrasi *software* MATAB denganWARP Labversi 7 dan *hardware*, dan implementasi sistem pada modul WARP.

BAB IV : PENGUKURAN DAN ANALISA SISTEM
Pada bab ini dibahas mengenai pengukuran dari sistem yang telah diimplementasikan dan analisa data berdasarkan parameter yang ditetapkan.

BAB V : PENUTUP
Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dalam tugas akhir ini..

1.7 Manfaat

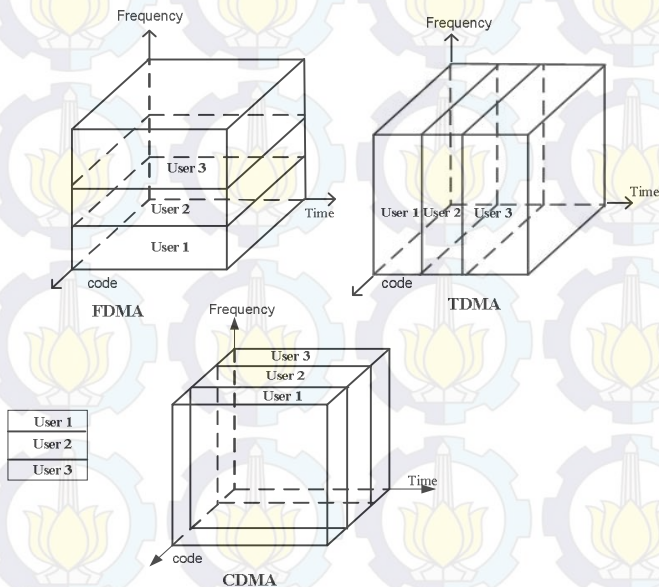
Manfaat yang diharapkan tercapai pada proses penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kendala dalam proses desain sisem komunikasi dan mampu menyelesaikannya.
2. Memahami kualitas kerja kode Walsh Hadamard jika diimplementasikan dengan menggunakan WARP
4. Mengetahui MUI terhadap pertambahan jumlah user

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 *Code Division Multiple Access (CDMA)*

CDMA mengubah mengubah sistem komunikasi yang berbasis analog menjadi sistem komunikasi yang berbasis digital. Pada komunikasi konvensional pembagian kanal komunikasi menggunakan proses pemfilteran didalam domain frekuensi atau yang biasa disebut dengan *Frequency Division Multiple Access (FDMA)*, atau pembagian kanal komunikasi berdasarkan waktu atau *Time Division Multiple access (TDMA)*. User pada CDMA menggunakan waktu dan frekuensi secara bersamaan. Untuk membedakan setiap kanal atau pengguna maka digunakan kode yang unik yang juga digunakan untuk melebarkan sinyal, sehingga dapat menghemat penggunaan kanal komunikasi dibawah ini adalah beberapa kelebihan sistem CDMA.



Gambar 2. 1 Kanal FDMA, TDMA, CDMA

Setiap user pada CDMA akan memperoleh kode PN sendiri. Sinyal informasi akan dikirimkan dalam bentuk deretan *spreading*. Pemilihan kode yang digunakan sangat penting, karena nilai autokorelasi dan nilai korelasi silang serta panjang periode dari kode PN memiliki pengaruh. Kode *spreading* yang orthogonal merupakan suatu keunggulan, karena kode-kode tersebut mengurangi MAI.

CDMA menggunakan sistem spread spectrum adalah teknik akses yang memungkinkan beberapa sinyal menduduki bandwidth RF yang sama untuk dikirimkan secara bersamaan tanpa mengganggu satu sama lain. Dalam skema ini, masing-masing pengguna N diberikan kode sendiri, $g_i(t)$ dimana $i = 1, 2, \dots, N$. Kode user bersifat orthogonal, sehingga korelasi silang antar dua kode yang berbeda sama dengan nol. Keuntungan dari sistem CDMA adalah semua user dapat saling berbagi spectrum penuh.

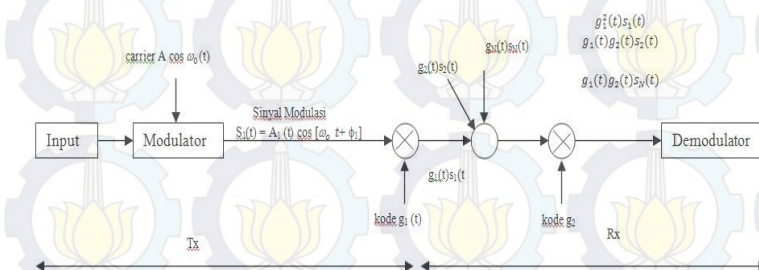
Blok diagram CDMA dapat dilihat pada gambar dibawah, blok pertama menunjukan ilustrasi dari data modulasi *carrier*, $A_1 \cos \omega_0 t$. Output dari data modulator adalah data user 1 yaitu

$$S_1(t) = A_1(t) \cos [\omega_0 t + \Phi_1(t)] \quad (2.1)$$

Dimana : $A_1 \cos \omega_0 t$ = data modulasi *carrier*

$S_1(t)$ = user 1

$g_i(t)$ = kode PN user 1



Gambar 2. 2 Blok Diagram CDMA [3]

Kemudian data sinyal modulasi akan dikalikan dengan sinyal spreading user 1 $g_1(t)$, dan dihasilkan sinyal $g_1(t)s_1(t)$ yang ditransmisikan melalui kanal. Secara simultan user 2 sampai user ke-N sinyal mereka kalikan dengan fungsi kode mereka sendiri. Biasanya, setiap fungsi kode dirahasiakan, dan penggunaannya terbatas pada komunitas pengguna yang berwenang. Sinyal pada penerima adalah kombinasi linier dari masing-masing pengguna. Dengan mengabaikan penundaan sinyal, kita menunjukkan kombinasi linier ini sebagai

$$\mathbf{s}(t) = \mathbf{g}_1(t)\mathbf{s}_1(t) + \mathbf{g}_2(t)\mathbf{s}_2(t) + \mathbf{g}_3(t)\mathbf{s}_3(t) + \dots + \mathbf{g}_N(t)\mathbf{s}_N(t) \quad (2.2)$$

Perkalian $s_1(t)$ dengan $g_1(t)$ menghasilkan sinyal spektrum yang merupakan konvolusi dari spektrum $s_1(t)$ dengan spektrum $g_1(t)$. Asumsikan juga bahwa kode $g_1(t)$ dihasilkan pada penerima, disinkronkan dengan sinyal penerima pengguna pertama. tahap pertama dari penerima mengalikan persamaan sinyal yang masuk oleh $g_1(t)$. Output dari perkalian akan menghasilkan sinyal yang diinginkan (autokorelasi) adalah :

$$R_C = g_1^2(t)s_1(t) \quad (2.3)$$

Ditambahkan sinyal yang tidak diinginkan (cross korelasi) :

$$R_{CC} = g_1(t)g_2(t)s_2(t) + g_1(t)g_3(t)s_3(t) + g_1(t)g_4(t)s_4(t) + \dots + g_1(t)g_N(t)s_N(t) \quad (2.4)$$

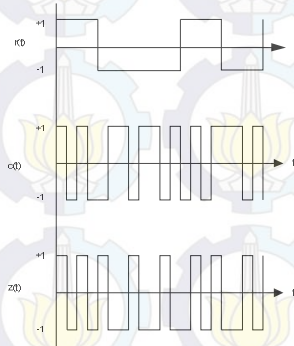
fungsi kode g_1 dipilih dengan sifat orthogonal, sinyal yang diinginkan dapat diperoleh dengan sempurna tanpa adanya noise karena $\int_0^T g_1^2(t) dt = 1$, sinyal yang tidak diinginkan dan mudah ditolak karena $\int_0^T g_i(t)g_j(t) dt = 0$ dengan nilai $i \neq j$, nilai i dan j adalah bilangan integer positif. Dalam praktek, kode tidak sepenuhnya orthogonal, maka korelasi silang antara kode pengguna menyebabkan penurunan kinerja yang membatasi jumlah maksimum pengguna secara simultan.

2.2 Pseudo Noise (PN) Code

Pada CDMA sinyal di-*spreading* dengan cara mengalikan dengan *Pseudo-Noise code* (PN code). Kode PN adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai polar dari 1 ke -1 atau non polar 1 ke 0. Kode PN yang mempunyai satuan chip, merupakan sinyal penyebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan yang lainnya. Pemilihan kode PN harus dilakukan dengan hati-hati dengan memperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut:

- Harus berbeda antara satu dengan yang lain, tetapi yang digunakan pada sisi pengirim dan pada sisi penerima harus sama.
- Harus acak, tetapi memiliki pola tertentu
- Mempunyai autokorelasi yang baik
- Harga korelasi silang yang rendah. Dengan semakin rendah harga korelasi silang maka jumlah kanal dalam satu pita frekuensi semakin tinggi.

Pemakaian sejumlah *chip* kode ini dimaksudkan untuk mendapat sinyal-sinyal dalam bit-bit kecil dalam kode PN dari sinyal asli. Hal ini dengan mengalikan sinyal asli termodulasi dengan kode PN berkecepatan tinggi yang akan membagi sinyal menjadi bit-bit kecil, oleh karena itu lebar band menjadi bertambah. Pelebaran bandwidth yang terjadi akibat proses *spreading* berbanding lurus dengan jumlah *chip* yang digunakan.



Gambar 2. 3 Proses Perkalian dengan PN code

Pada gambar 2.3, sinyal paling atas adalah bit data. Bit data tersebut dikalikan dengan kode PN yaitu ditengah yang akan menghasilkan sinyal *spreading* di bagian bawah. Bila bit data bernilai 1 maka sinyal keluaran memiliki bentuk sama dengan kode PN. Bila bit data bernilai 0 maka sinyal keluaran memiliki bentuk berlawanan dengan kode PN.

2.3 Kode Walsh-Hadamard

Kode Walsh Hadamard merupakan kode orthogonal yang dipergunakan untuk memisahkan kanal-kanal untuk sistem CDMA. Sebuah simbol Walsh adalah sebuah baris atau kolom yang ada pada *hadamard* matrik. Setiap simbol Walsh terdiri atas chip-chip Walsh, dikarenakan matriks Hadamard berukuran $M \times M$ dimana $M = 2^a$ dan a panjang data input Walsh maka setiap simbol Walsh memiliki panjang M bit dan total simbol Walsh dalam matrik Hadamard adalah sebanyak M simbol. Karakteristik dari matriks Hadamard adalah antar baris atau antar kolom saling orthogonal. Dengan kata lain korelasi antar baris atau antar kolom menghasilkan nilai sama dengan nol. Hal tersebut dapat di jelaskan sebagai berikut.

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dalam hal ini diambil elemen-elemen yang ada pada baris 2 dan baris 3. Melalui perhitungan berikut dapat dilihat bahwa baris 2 dan 3 saling orthogonal.

$$1x1 + -1x1 + 1x-1 + -1x-1 = 1 + (-1) + (-1) + 1 = 0$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa perkalian antar elemen yang bersesuaian (baris yang berbeda tetapi kolom yang sama) menghasilkan nilai 0. Korelasi antar pasangan baris berbeda menghasilkan nilai 0 dimana ini menunjukan bahwa antar baris berbeda pada matriks Hadamard adalah saling orthogonal. Hal yang sama juga berlaku untuk korelasi antar kolom berbeda pada matriks Hadamard. Dengan memperhatikan karakteristik dari matriks

Hadamard ini maka simbol Walsh yang berbeda adalah juga saling orthogonal karena kumpulan simbol Walsh dibentuk dari matrik Hadamard.

Kode Walsh Hadamard dibangkitkan dari penerapan transformasi matrik Hadamard. Berikut adalah transformasi Walsh Hadamard didapatkan dari persamaan :

$$H_1=[1]$$

$$H_{2N}=\begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Dimana H_{2N} adalah invers dari H_N

$$H_2=\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_4=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

2.4 Orthogonalitas

Kode-kode orthogonal memiliki crosskorelasi yang kecil. Kode-kode ini sangat cocok dikategorikan ke dalam kelompok kode PN yang memiliki nilai *crosskorelasi* yang kecil mendekati nol, tetapi ini tidaklah berguna nantinya. Nilai *crosskorelasi* yang kecil hanya digunakan untuk saat tidak adanya rugi-rugi antara kode-kode tersebut. Namun pada kenyataanya, kode-kode tersebut memiliki harga *crosskorelasi* dengan kerugian yang berbeda-beda. Kode-kode orthogonal ini sangat bagus diterapkan untuk sistem-sistem sinkronisasi seperti pada *forward link* komunikasi bergerak.

2.5 Multiple Acces

CDMA merupakan metode akses jamak dimana setiap pengguna bisa dilayani pada waktu yang bersamaan dimana frekuensi yang digunakan juga sama. Salah satu teknik yang digunakan dalam CDMA yaitu *spread spectrum*. *Spread spectrum* adalah metode yang bisa digunakan dalam teknik multiple acces seperti CDMA, untuk saling berkomunikasi diantara banyak pengguna secara terkoordinasi. Seperti yang disebutkan teknik CDMA user yang simultan bisa bekerja serempak karena menggunakan kode signaling yang unik. Salah satu kemampuan multiple access adalah memberikan keamanan komunikasi antara pengguna dengan menggunakan signal spreading yang berbeda. Untuk user unauthorized (user yang tidak memiliki hak akses spreading kode) tidak bisa memonitor komunikasi dari user authorized.

2.6 Parameter Sinyal PN

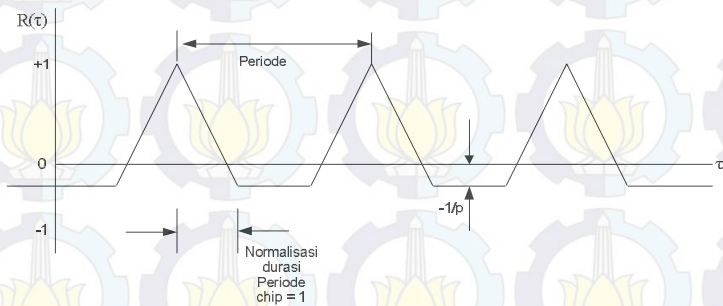
Untuk merencanakan suatu kode PN yang digunakan pada aplikasi sistem *spread spectrum* maka harus diperhatikan parameter-parameter berikut, yaitu:

2.6.1 Korelasi Diri (Autokorelasi)

Fungsi autokorelasi adalah fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara sebuah sinyal dan tiruan phasenya yang digeser.

$$R_c(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T g(t) \cdot c(t + \tau) dt \quad (2.6)$$

Fungsi autokorelasi ternormalisasi untuk suatu *sequence maximal length* $R_c(t)$ diberikan pada gambar 2.4. pada gambar terlihat untuk $t = 0$ bentuk perulangan terjadi dan kedua sinyal *matched* seara sempurna sehingga autokorelasinya $R_c(t) = 1$.



Gambar 2. 4 Autokorelasi

Parameter ini penting dalam pemilihan deretan kode karena dapat memperkecil kesalahan pada penerima. Autokorelasi dalam *spread spectrum* menyatakan tingkat kesesuaian suatu urutan kode PN dengan replika kode itu sendiri yang berbeda phase. Dengan demikian akan diperoleh selisih antara jumlah *chip* yang sesuai (*agreement*) dengan jumla *chip* yang tidak sesuai (*disagreement*) untuk setiap pergeseran phase antara kedua kode tersebut.

Pada kode urutan maksima, kondisi *agreement* untuk seluruh chip dalam satu periode panjang kode dicapai saat kedua kode dalam kondisi satu phase atau sinkron dengan magnitude dari fungsi korelasi berharga $-1/(2^n - 1)$.

2.6.2 Fungsi Cross Correlation

Fungsi korelasi silang adalah fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara dua buah kode yang berbeda. Hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$R_{CC}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T c_i(t) \cdot c_j(t + \tau) dt \quad (2.7)$$

Untuk mendapatkan kode PN yang bagus maka harus didapatkan kode yang memiliki nilai korelasi silang yang rendah. Hal ini untuk menghindari interferensi antar kode yang digunakan pada sistem CDMA.

2.7 Bit Rate

Pengertian bit rate adalah suatu kecepatan dalam pengiriman data pada transmisi dan bit rate itu sendiri dinyatakan dalam perhitungan satu siklus transmisi perdetik (bps). Dalam menganalisa bit rate pada sistem komunikasi dilakukan dengan cara :

$$R_b = \frac{1}{T_b} \quad (2.8)$$

Dimana : R_b = Bit Rate dalam WARP 4×10^6 Mhz
 T_b = Periode Bit

2.8 Chip rate

Adalah laju chip atau chip rate adalah jumlah chip perdetik

$$R_c = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{\frac{T_b}{L}} = L \times R_b \quad (2.9)$$

Dimana : R_c = Chip Rate
 T_c = lebar chip
 L = panjang Kode PN

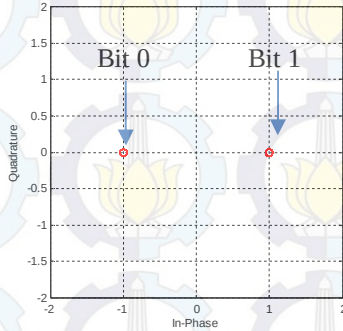
2.9 Modul BPSK

Modulasi merupakan proses *switching* antara sinyal yang berbeda untuk mentransmisikan informasi yang sudah dikodekan. Secara umum gelombang pembawa modulasi dapat dinyatakan oleh persamaan berikut [2] :

$$S(t) = A \sin(2\pi f_c t + \theta) \quad (2.10)$$

Pada proses modulasi terdapat modulator dan demodulator digital yang berguna untuk memetakan deretan informasi biner menjadi menjadi sinyal yang nantinya dikirimkan. Demodulator pada sisi penerima bertugas memproses sinyal yang telah rusak karena proses di kanal dengan mempresentasikannya menjadi beberapa estimasi

simbol data sesuai yang dikirimkan. Tipe modulasi yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah modulasi *Binari Phase Shift Keying* (BPSK). Modulasi BPSK dapat dipresentasikan dalam suatu konstelasi pada sistem koordinat dua dimensi. Sebagai contoh bisa dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Konstelasi modulasi BPSK

2.8.1 BER Pada Modulasi BPSK

Dalam pengiriman bit, pada bagian penerima dapat terjadi kesalahan yang biasa disebut *probabilitas error bit* $P(b)$. Untuk menunjukkan kinerja sistem, digunakan probabilitas error yang nantinya didapatkan nilai *bit error rate*. Pada modulasi yang dilakukan oleh sistem *transmitter* BPSK dapat dinyatakan bahwa bit “0” dikirim oleh sinyal modulasi dengan amplitudo V_0 dan bit “1” dengan amplitudo V_1 . Sedangkan pada sistem *receiver* bit “0” diterima dengan amplitudo S_0 dan bit “1” dengan amplitudo S_1 .

Pada sistem BPSK diketahui bahwa amplitudo dari masing-masing bit yang diterima terdistribusi secara acak dengan nilai rata-rata sama dengan nilai amplitudo pada proses pengiriman dan nilai variansi sama dengan besar level *noise*. Sehingga setelah diturunkan persamaan akhir BER pada sistem modulasi BPSK adalah [3] :

$$P(b) = Q\left(\sqrt{\frac{2Eb}{No}}\right) \text{ atau } P(b) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{Eb}{No}}\right) \quad (2.11)$$

Dimana :

E_b : Energi bit (*Joule*)

N_0 : Rapat Daya Noise (dB/Hz atau Watt/Hz)

Erfc : Fungsi error

2.10 Software Defined Radio

Software define radio (SDR) merupakan sebuah pemancar atau penerima radio yang menggunakan teknologi yang dapat mengubah parameter jenis modulasi, frekuensi pembawa, daya output atau RF menggunakan *software*.

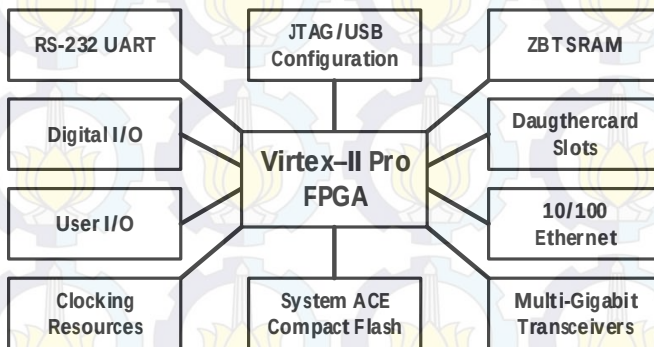
Software define radio menerapkan perangkat digital yang dapat diprogram sehingga dapat melakukan pemrosesan sinyal yang diperlukan untuk mengirim dan menerima informasi baseband pada frekuensi radio. Perangkat digital yang digunakan seperti *digital signal processor* (DSP) dan *field programmable gate array* (FPGA) membutuhkan sebuah fungsi untuk melakukan pemrosesan data. Teknologi ini memungkinkan fleksibilitas yang tinggi dan penggunaan yang lebih lama, karena dapat di *upgrade* dengan biaya yang murah menggunakan *software*.

2.11 Wireless Open Access Research Platform (WARP)

Wireless Open Access Research Platform (WARP) merupakan salah satu perangkat radio yang dapat diprogram untuk membuat *prototype* jaringan *wireless* yang dikembangkan di laboratorium CMC di universitas Rice, Amerika. WARP menggabungkan perangkat dengan kemampuan tinggi yang dapat diprogram dengan *repository open-source*.

2.10.1 Hardware WARP

Komponen utama *hardware* dari WARP adalah *FPGA board*, *radio board* dan *clock board*. *FPGA board* terdiri dari *FPGA chips*, *4Mb onboard memory* dan memiliki *peripheral I/O* yaitu *multi gigabit transceiver*, *USB port*, *JTAG header*, *ethernet port*, *daughtercard connectors*, *compact flash slot*. Arsitektur *hardware* WARP dapat dilihat pada gambar 2.6.



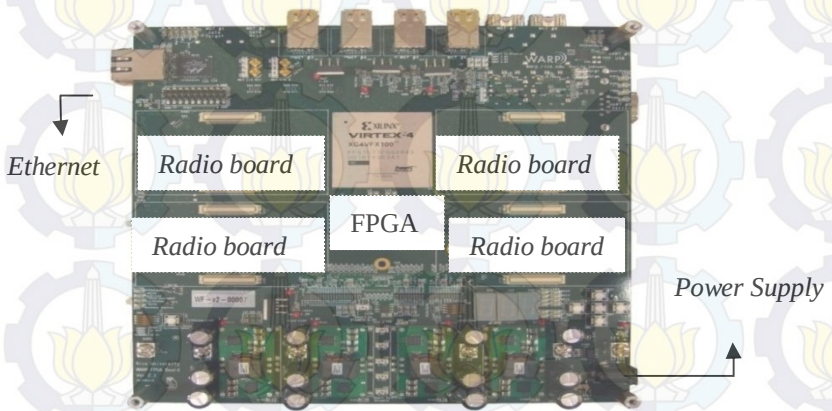
Gambar 2. 6 Arsitektur *hardware* WARP [10].

2.10.1.1 FPGA Board

Dalam *board* ini merupakan inti dari pemrosesan SDR yang dirancang menggunakan FPGA Xilinx Virtex-4 XC4VF100FFG1517-11C. WARP *board* mempunyai empat slot daughtercard yang dapat dipasang beberapa perangkat pendukung seperti analog *board*, video *board*, radio *board*serta user I/O *board* yang memiliki tampilan LCD. WARP *board* dengan empat slot *daughtercard*ditampilkan pada gambar 2.9.

2.10.1.2 Radio Board

Radio board merupakan interface dari domain digital ke domain analog. *Radio board* pada WARP didesain menggunakan IC Maxim MAX2829, pada proses konversi dari digital ke analog atau sebaliknya, *radio board* menggunakan A/D (Analog to Digital) dan D/A (Digital-to-Analog) converter. *Radio board* juga melakukan proses modulasi dan demodulasi *baseband*. Bentuk fisik dari *radio board* dapat dilihat pada gambar 2.8 dan arsitektur dari *radio board* WARP dapat dilihat pada gambar 2.9.



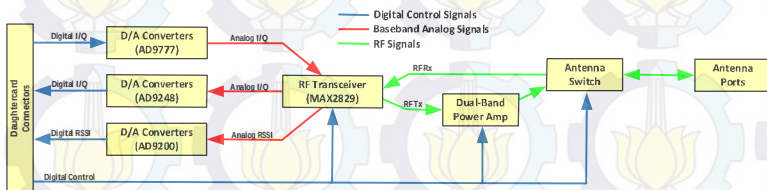
Gambar 2. 7 Modul WARP [10].

2.10.1.3 Clock Board

Clock board mempunyai fungsi sebagai sumber *logic clock* ADC/DAC dan sumber *radio clock* untuk *upconversion/downconversion* pada *radio board*. *Clock board* menghasilkan *logic clock* pada frekuensi 40 MHz dan *radio clock* pada frekuensi 20 MHz. Bentuk fisik dari *clock board* dapat dilihat pada gambar 2. 10, blok *logic clock* pada gambar 2. 11 dan blok *radio clock* pada gambar 2.12 .



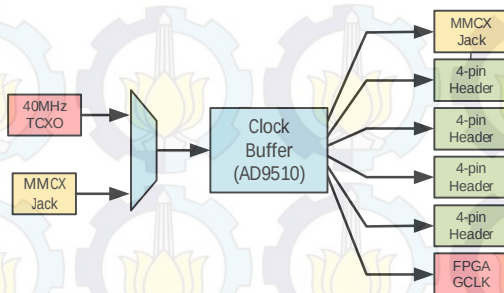
Gambar 2. 8 Radio Board [10].



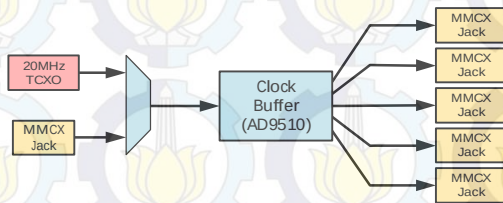
Gambar 2. 9 Arsitektur *radio board* [10].



Gambar 2. 10 *Clock board* [10].



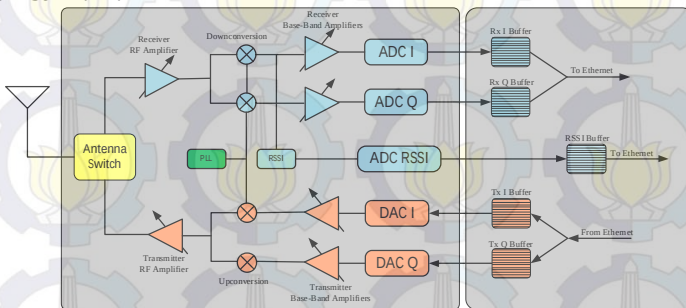
Gambar 2. 11 *Logic clock board* [7].



Gambar 2. 12 Radio clock board [10].

2.10.2 WARPLab

WARPLab merupakan kerangka kerja yang digunakan untuk *prototype* PHY dengan MATLAB dan *hardware* WARP. Dengan WARPLab dimungkinkan membangkitkan sinyal dari MATLAB secara langsung dan ditransmisikan secara *realtime* melalui kanal udara menggunakan node WARP. Kerangka kerja yang digunakan mempunyai fleksibilitas untuk pengembangan sistem dengan menggunakan banyak *node*. Arsitektur WARPLab ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 13 Arsitektur WARPLab[10]



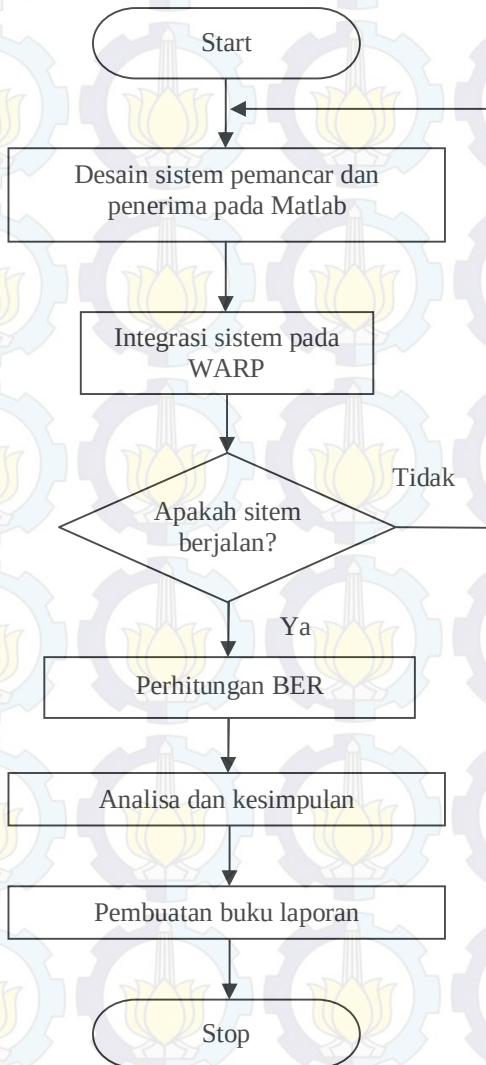
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Pendahuluan

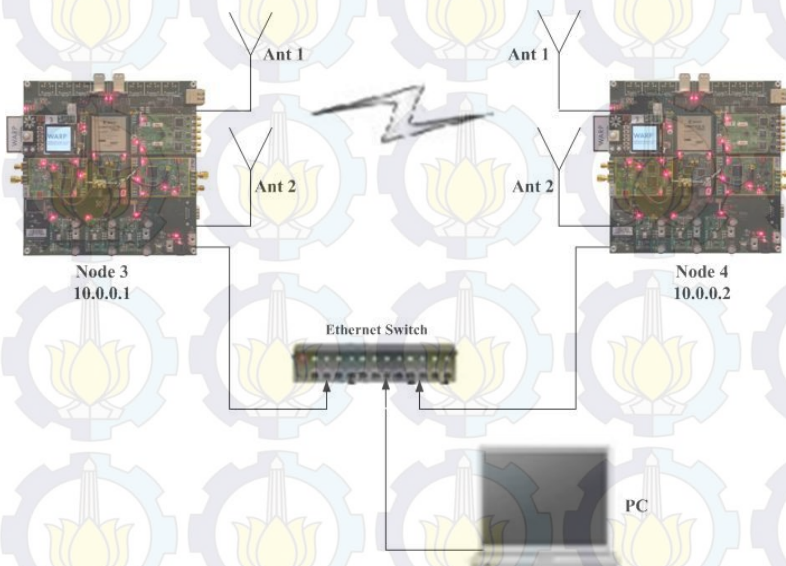
Pada bab ini akan dibahas tentang proses perancangan dan implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* dengan menggunakan WARP. Untuk memudahkan proses perancangan implementasi diperlukan langkah-langkah yang harus dilakukan pada saat mengerjakan Tugas Akhir, seperti pada Gambar 3.1. Dalam melakukan perancangan sistem perlu dilakukan beberapa langkah-langkah diantaranya adalah integrasi *Personal Computer* (PC) dengan modul WARP, tahap kedua adalah pemodelan sistem komunikasi SISO dengan *Kode Walsh Hadamard* penerapan model menggunakan program Matlab untuk mengolah data sebelum dikirim dan setelah diterima. Tahap selanjutnya adalah skenario pengujian sistem yang akan dilakukan di *indoor* dalam kondisi *Line Of Sight*. Dalam tahap pengujian pada sistem *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* menggunakan kode Walsh Hadamard 16,32 dan 64. Dengan menggunakan kode Hadamard yang ada kita menganalisa kinerja kode Walsh Hadamard terhadap *Multi User Inteferece* (MUI). Untuk menganalisis hal ini terdapat beberapa model sistem yang dapat dianalisa dari Tugas Akhir ini yaitu Kinerja sistem terhadap Multiuser Inteferece antar user dalam kode Hadamard, Kinerja sistem terhadap perubahan jarak dan Kinerja sistem terhadap ketiga kode Hadamard 16,32, dan 64. Dengan menetapkan skenario pengujian selanjutnya dapat menganalisa serta mengevaluasi sistem yang telah dibuat untuk melihat tingkat keberhasilan sistem tersebut. Sehingga pada akhirnya dapat dilakukan perhitungan serta analisa nilai *Bit Error Rate* (BER) terhadap kinerja sistem. Untuk proses pengukuran implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* dengan menggunakan WARP dilakukan di lingkungan indoor di ruang Laboratorium Komunikasi Multimedia B.304.



Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan sistem

3.2 Integrasi *Personal Computer* (PC) dengan Modul WARP

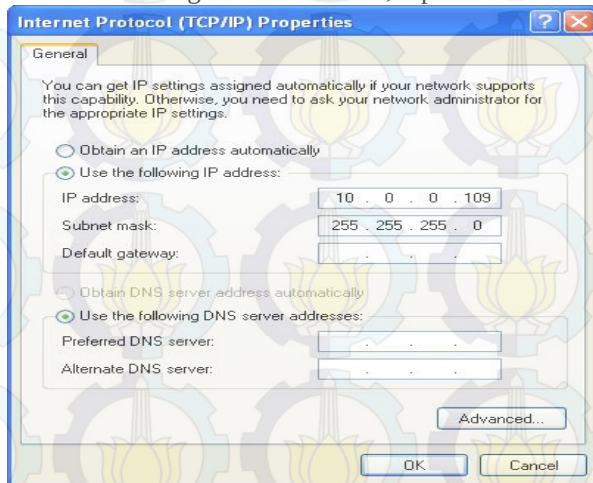
Implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard* Pada CDMA pada penelitian ini menggunakan modul WARP versi 2. Untuk mengintegrasikan PC dengan WARP menggunakan *Ethernet switch* dan kabel LAN. Penelitian ini menggunakan WARPLab, yang merupakan sebuah *frame work* yang bisa mengintegrasikan modul WARP dengan program Matlab secara langsung. Modul WARPLab berfungsi agar sinyal yang dibangkitkan melalui program Matlab bisa dikirimkan secara *real-time* melalui udara dengan menggunakan *node* WARP pemancar dan penerima menggunakan *switch ethernet* untuk sistem komunikasi langsung dari pemancar ke penerima. Pada pengujian ini data dikirim melalui dua Node WARP, seperti Gambar 3.2 menunjukan node 3 (pemancar) ke node 4 (penerima) melalui udara, dimana antara node dihubungkan menggunakan *switch ethernet*.



Gambar 3. 2 Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO Pada WARP

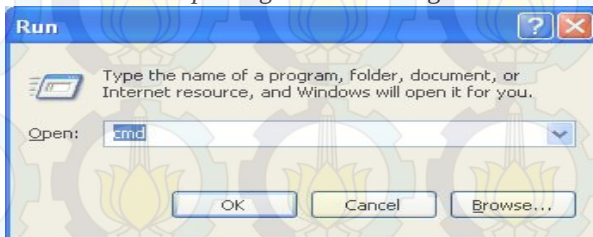
Langkah-langkah untuk mengintegrasikan PC dengan modul WARP versi 2 adalah sebagai berikut :

1. Menghubungkan PC dengan modul WARP dengan *switch ethernet* menggunakan kabel LAN yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.
2. Mengatur IP Address LAN pada PC yaitu misalnya 10.0.0.109 dan Subnet mask dengan 255.255.255.0, seperti Gambar 3.3.



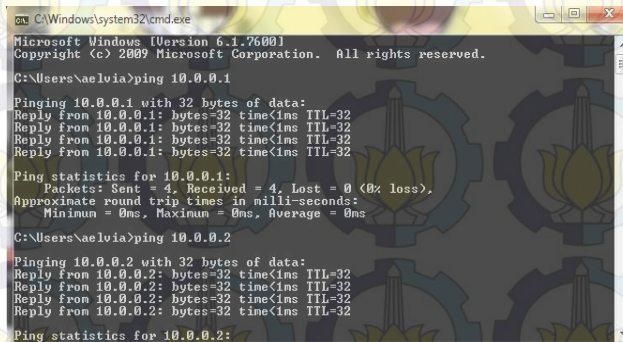
Gambar 3. 3 Pengaturan IP Address

3. Memeriksa konfigurasi *Address Resolution Protocol* (ARP) pada *Command Prompt* dengan masuk sebagai administrator.



Gambar 3. 4 Cmd

4. Selanjutnya untuk memeriksa *routing Address Resolution Protocol* (ARP) antara WARP dan PC dengan cara melakukan ping terhadap IP *node* 3 (pengirim) dengan IP 10.0.0.1 dan *node* 4 (penerima) dengan IP 10.0.0.2, seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5.



```
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\aelvia>ping 10.0.0.1

Pinging 10.0.0.1 with 32 bytes of data:
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32

Ping statistics for 10.0.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

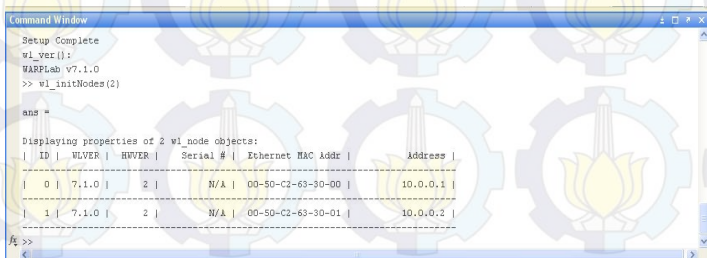
C:\Users\aelvia>ping 10.0.0.2

Pinging 10.0.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32

Ping statistics for 10.0.0.2:
```

Gambar 3.5 Kondisi Ping antara *Node* 3 dan *Node* 4

5. Setelah itu memeriksa koneksi antara *Node* WARP dan PC dengan cara pertama buka Matlab, kedua melakukan *setup* WARPLab dengan mengetikkan *wl_setup* dan tekan tombol “Enter” sampai selesai prosesnya, selanjutnya melakukan cek koneksi dengan cara mengetikkan *wl_initNodes(2)*. Angka 2 berarti ada 2 buah WARP yang sedang terkoneksi. Untuk indikator berhasilnya koneksi WARP dengan PC dapat dilihat pada output *Command Window Matlab* seperti pada Gambar 3.6.



```
Command Window

Setup Complete
wl_ver():
WARPLab V7.1.0
>> wl_initNodes(2)

ans =

Displaying properties of 2 wl_node objects:


| ID | HWVER | HWVER | Serial # | Ethernet MAC Addr | Address  |
|----|-------|-------|----------|-------------------|----------|
| 0  | 7.1.0 | 2     | N/A      | 00-50-C2-63-30-00 | 10.0.0.1 |
| 1  | 7.1.0 | 2     | N/A      | 00-50-C2-63-30-01 | 10.0.0.2 |


f1>>
```

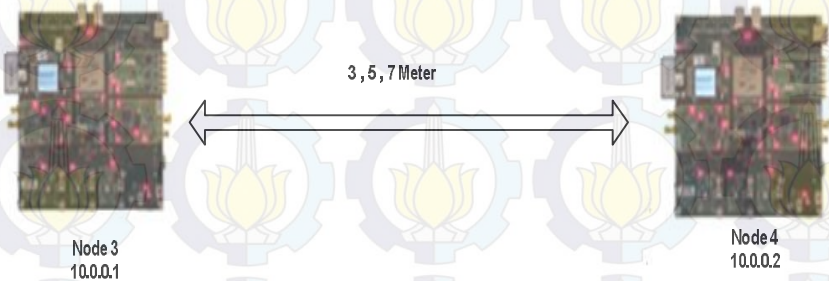
Gambar 3.6 Indikator Keberhasilan Koneksi WARP dengan PC

3.3 Skenario Penelitian

Pada penelitian modul WARP versi 2 yang digunakan ada sebagai pemancar dan penerima. Kondisi untuk melakukan pengukuran dilakukan di ruang B.304 atau Laboratorium Komunikasi Multimedia. Sebelumnya yang sudah dijelaskan pada bab 1 bahwa tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan dan evaluasi kinerja *Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* menggunakan WARP. Parameter yang diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah nilai *Bit Error Rate* (BER) fungsi daya pancar dan fungsi jarak dari pengukuran terhadap perbandingan Walsh Hadamard 16,32 dan 64.

3.3.1 Skenario Pengukuran

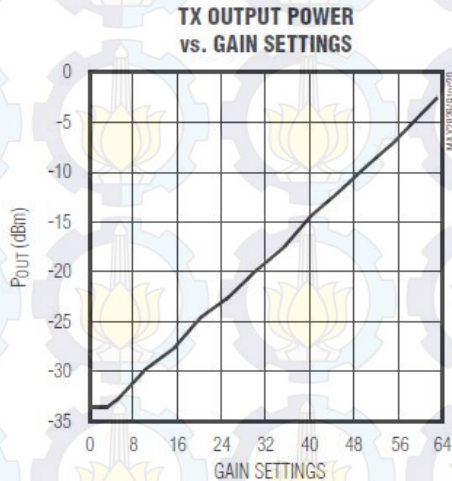
Pada sistem pengukuran dilakukan pada jarak 3,5,dan 7 meter antara *node* 3 (pemancar) dan *node* 4 (penerima), karena jarak maksimal dalam pengiriman SISO adalah 10 meter. Seperti ditunjukan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Skenario Pengukuran

Untuk mengetahui pengaruh nilai daya pancar terhadap BER maka nilai daya pancar diubah-ubah. Pada modul WARP, perubahan nilai daya pancar ditentukan oleh pengaturan gain pemancar pada WARPLab. Secara umum, pengaturan gain dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Transmitter Radio Frequency Gain



Gambar 3. 8 TxOutput Power vs Gain Setting pada MAX2829 [9]

Berdasarkan datasheet MAX2829, karakteristik *baseband* gain memiliki kaitan sebagai berikut :

1. Nilai gain linear pada range 4 hingga 63.
2. Daya output dinyatakan dalam persamaan terhadap gain setting sebagai berikut :

$$P_{out} = 0.5252x - 36.1017 \quad (3.1)$$

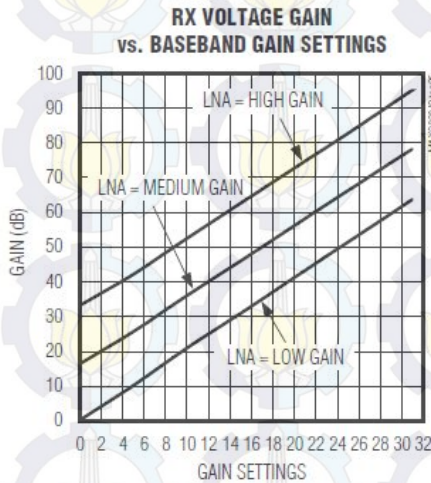
dengan x adalah gain setting dengan range 4 hingga 63.

b) Transmitter baseband gain

Dalam *baseband* gain, terdapat 3 level pengaturan melalui WARPLab.[9]

c) Receiver baseband gain

Gain *baseband receiver*, terdapat 31 level, grafik level pengaturan *baseband* dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Gain RX Baseband pada MAX2829 [6]

d) Receiver RF gain

Pengaturan RF gain di penerima, *node* WARP memiliki tiga level LNA masing-masing sebagai LNA = Low Gain, Medium Gain dan High Gain. Besar penguatan juga mengacu pada gambar 3.9. Besar penguatan LNA sekitar 0 dB untuk low gain, 15 dB untuk medium gain dan 30 dB untuk high gain.

3.4 Desain Sistem Komunikasi Pada WARP

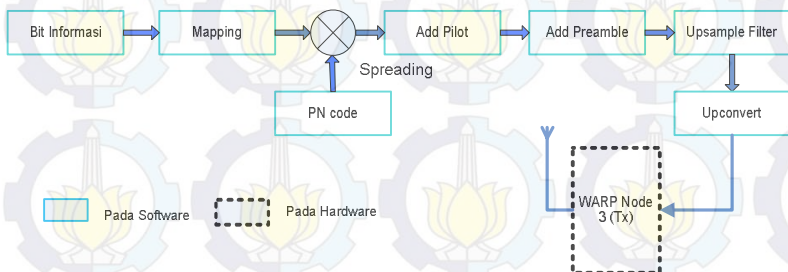
Pada bab ini akan dijelaskan tentang pemodelan dari sistem pengiriman dan penerimaan sinyal informasi menggunakan teknik komunikasi SISO Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard. Pemodelan sistem menggunakan WARP dan model umum sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Pada bagian ini adalah bagian awal dari sistem yang dirancang, perlu dilakukan tahapan seperti perencanaan dan implementasi sistem. Perencanaan dibuat untuk memudahkan pengerjaan dari implementasi yang akan dirancang, sehingga analisa terhadap implementasi dapat dipahami. Untuk mengetahui seberapa besar bit yang dikirim dan bagaimana parameter sistem dari akan dijelaskan pada tabel 3.1.

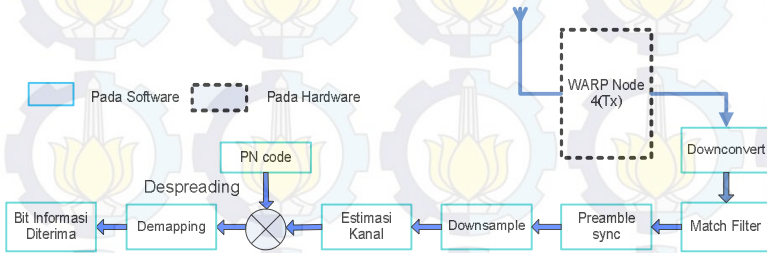
Tabel 3. 1 Desain parameter sistem komunikasi

Parameter	Nilai
Bit yang dikirim	10.000 bit
Frekuensi <i>Upconvert</i>	5 MHz
Symbol Rate	$4 \times 10^6 / s$
Frekuensi Carrier	2.447 Ghz
Periode Kode Walsh Hadamard	$1562 \times 10^{-8} / s$, $781 \times 10^{-9} / s$, $39 \times 10^{-9} / s$
Chip Rate	64×10^6 chip/s , 128×10^6 chip/s , 256×10^6 chip/s
Filter : - Orde filter - Rolloff factor - Upsample rate	6 0.9 10 sample
Setting gain WARP : - Tx baseband - Tx RF - Rx baseband - Rx RF gain	1 0 – 60 (-35 dBm s/d -4.7143 dBm) 1 1
Modulasi	BPSK

Secara keseluruhan, tahapan perancangan sistem komunikasi SISO Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard ditunjukkan pada blok diagram yang ditunjukkan oleh gambar 3.10 Tahapan tersebut akan menggambarkan proses mulai bit dibangkitkan, bit dikirim menggunakan perangkat WARP *node transmitter* hingga bit diterima pada WARP *node receiver* .



Gambar 3. 10 Blok desain implementasi sistem *transmitter*



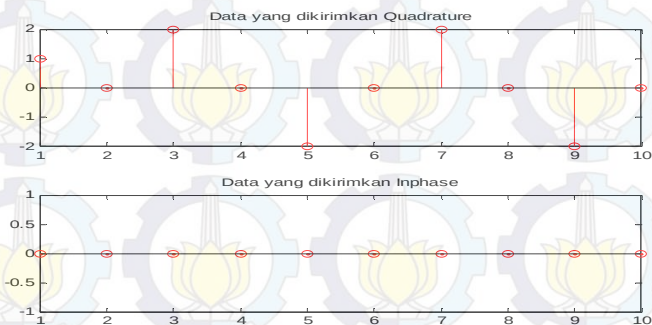
Gambar 3. 11 Blok desain implementasi sistem *receiver*

3.4.1 Proses Pada Blok Desain Transmitter

3.4.1.1 Pembangkitan Bit Informasi

Pada sistem ini, proses pembangkitan bit informasi dibangkitkan secara acak atau *random* dalam bentuk biner. Bit informasi dibangkitkan dengan menggunakan perintah ‘rand seed’ pada Matlab. Setiap bit informasi yang dibangkitkan saling bebas dan tidak mempengaruhi satu sama lain serta memungkinkan tidak terjadinya pengulangan atau mendapatkan nilai bit yang sama.

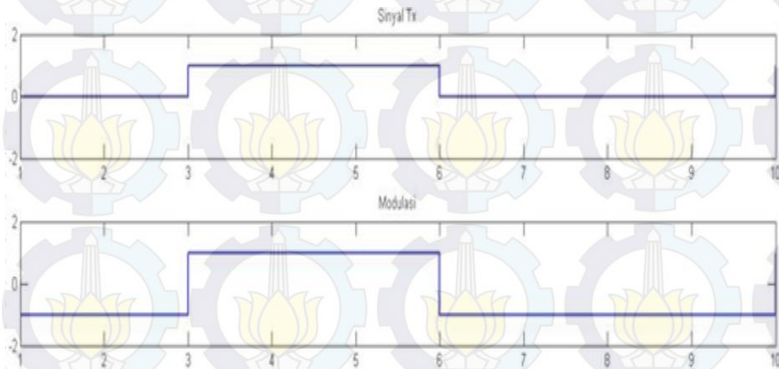
Dalam sistem ini dibangkitkan bit informasi sebanyak 10.000 bit secara acak, bit yang dibangkitkan mempunyai nilai ‘0’ dan ‘1’ yang merupakan representasi sinyal digital. Bit yang dihasilkan berupa deretan bit secara acak tersebut misalnya (1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0).



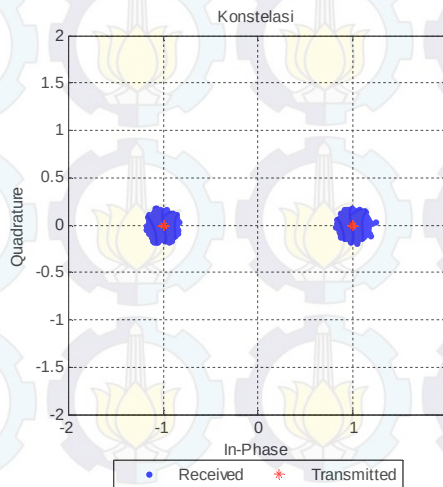
Gambar 3.12 Bit yang dibangkitkan acak Quadrature dan Inphase

3.4.1.2 Mapping

Bit yang dibangkitkan secara acak berupa bernilai '1' dan '0' ini, sebelum dimodulasi bit tersebut dikonversikan ke bentuk NRZ (-1 dan 1) dan dimodulasi dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Hasil dari modulasi ini berupa simbol yang terdiri dari nilai real dan Deretan simbol hasil modulasi sebagai berikut 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 1



Gambar 3.13 Sinyal hasil modulasi BPSK



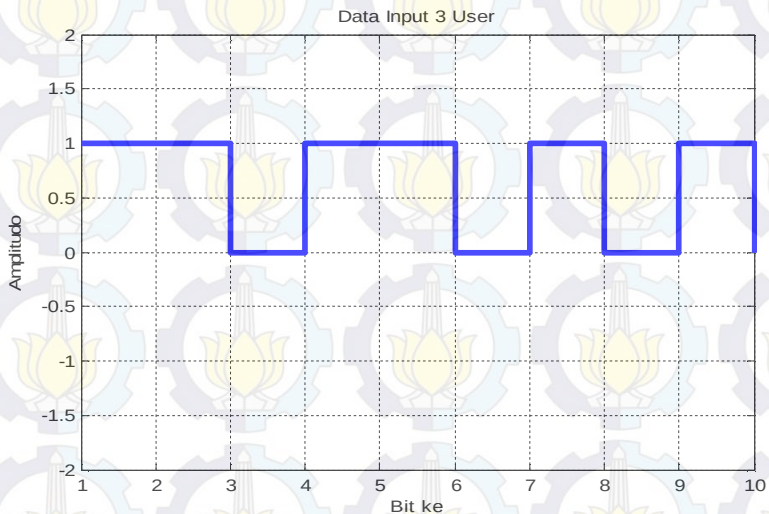
Gambar 3.14 Diagram konstelasi BPSK

3.4.1.3 Pembangkitan PN Kode Hadamard

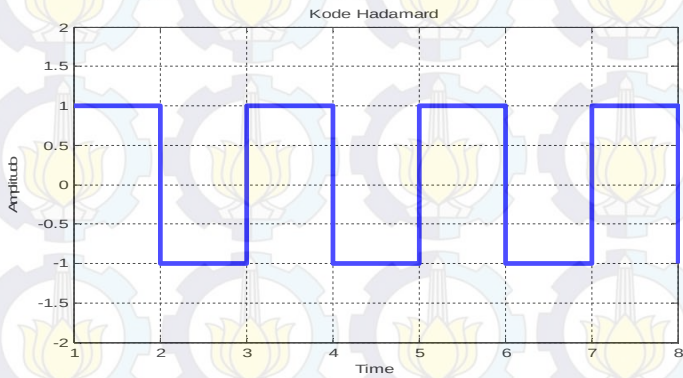
PN kode yang digunakan yaitu Hadamard. Kode Hadamard yang digunakan yaitu 16, 32 dan 64 . Kode-kode ini dibangkitkan dengan sintak 'Hadamard (16), Hadamard (32), dan Hadamard (32)' pada Matlab, maka akan tampil barisan matrik dengan nilai '1 dan -1' . Selain itu Hadamard juga bisa dibangkitkan dengan perintah

```
%hw2=[1 1;1 -1];  
%hw4=[hw2 hw2;hw2 -hw2]  
%hw8=[hw2 hw2;hw2 -hw2]  
%hw16=[hw8 hw8;hw8 -hw8]  
%hw32=[hw32 hw32;hw32 -hw32]  
%hw64=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
```

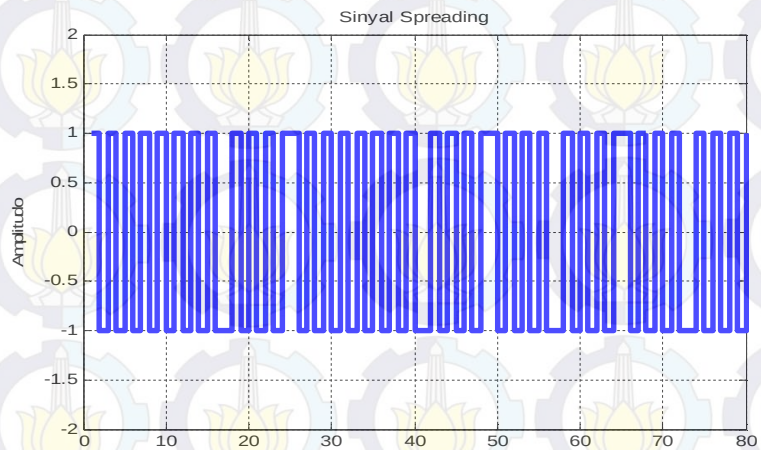
Gambar berikut merupakan hasil pembangkitan kode Walsh Hadamard untuk 3 user dengan panjang kode Hadamard 8



Gambar 3. 15 Gambar data input 3 user

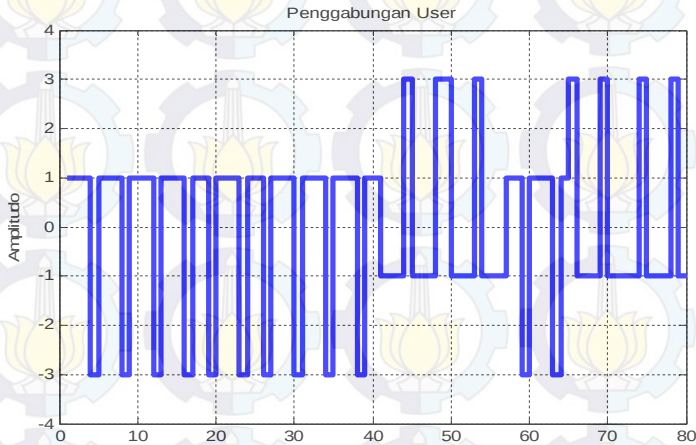


Gambar 3.16 Gambar kode Hadamard 8

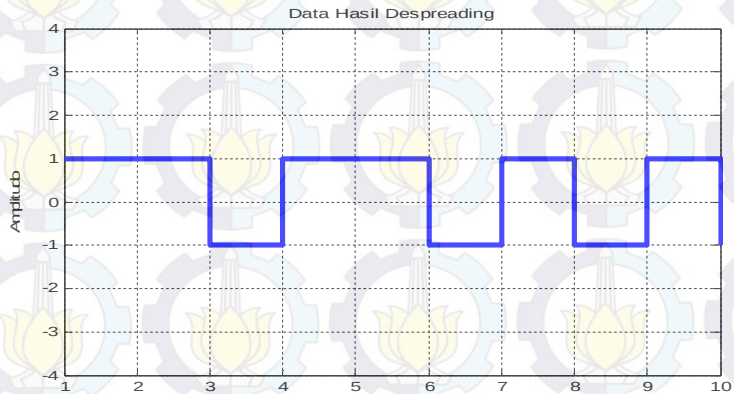


Gambar 3.17 Hasil proses *spreading* data user

Setelah data input mengalami proses *spreading*, hasilnya *spreading* semua user tadi akan digabungkan atau ditambahkan .



Gambar 3. 18 Hasil penambahan semua user

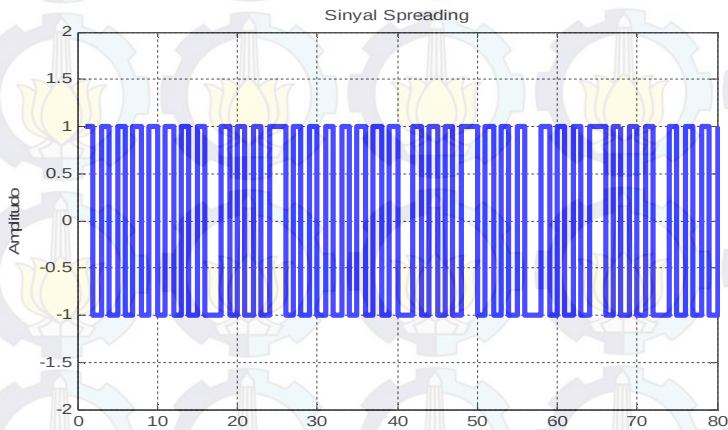


Gambar 3. 19 Hasil proses *despreading* data user

3.4.1.4 Spreading

Spreading merupakan proses dimana sinyal informasi yang telah dimodulasi dikalikan dengan kode PN yang telah dibangkitkan sehingga 1 bit sinyal informasi menghasilkan deretan bit sebanyak panjang kode yang digunakan. Bit informasi yang kita bangkitkan ada 10 bit dengan bit

acak 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 . Bit ini kita kalikan dengan kode PN Hadamard 8 untuk setiap bit nya sehingga dihasilkan 80 bit.



Gambar 3. 20 Hasil proses *spreading*

3.4.1.5 Penambahan Pilot Untuk Estimasi Kanal

Deretan simbol hasil modulasi tersebut akan ditambah dengan simbol pilot yang digunakan untuk respon estimasi kanal di penerima. Simbol pilot ini disisipkan setiap 9 simbol secara periodik, dimana susunan pilot dan simbol ditunjukkan sebagai berikut.

P_0	$S_0 - S_8$	P_1	$S_9 - S_{16}$	...	P_i	$S_{n-9} - S_n$
-------	-------------	-------	----------------	-----	-------	-----------------

Gambar 3. 21 Susunan *pilot* dan simbol

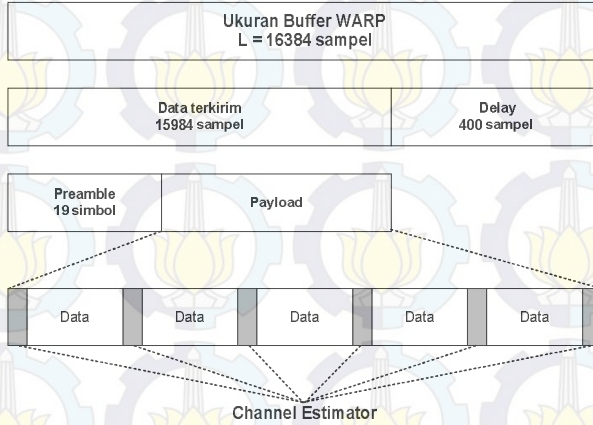
3.4.1.6 Desain Frame

Desain *frame* komunikasi pada WARP mengacu pada batasan-batasan yang diambil dari [10]:

- *Buffer* WARP terbatas sebanyak 2^{14} atau 16384 sampel
- Frekuensi sampling sistem: 40 MHz

Terlepas dari beberapa batasan tersebut, karena karakteristik dari komunikasi melalui *Ethernet*, maka dalam keseluruhan *frame* harus dialokasikan beberapa sample untuk *delay*. Hal ini menjadi penting karena antara pemancar dan penerima akan terjadi *delay* yang disebabkan proses transmisi dan akusisi data pada WARP [10]. Pada proses penentuan desain *frame* komunikasi, akan dialokasikan *delay*

sebesar 400 sampel. *Delay* akan diletakkan pada bagian belakang *frame* bernilai 0, sehingga *delay* ini bisa disebut juga sebagai *zero padding*.

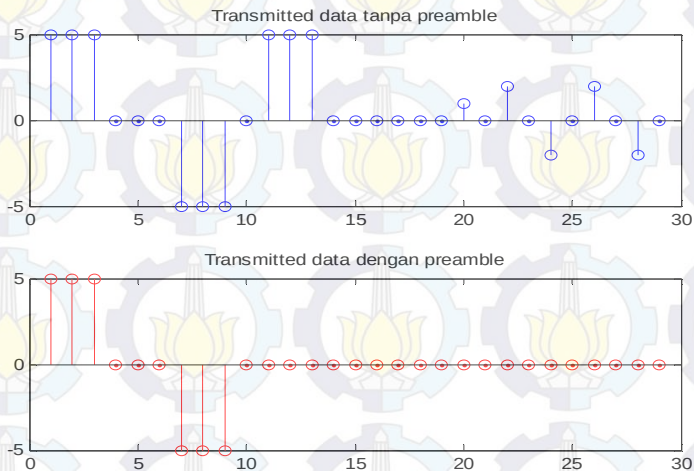


Gambar 3. 22 Struktur *Frame* Komunikasi

3.4.1.7 Penambahan *Preamble* Untuk *Timing Synchronization*

Deretan simbol – simbol yang telah disisipi dengan simbol pilot, kemudian ditambah dengan *preamble*. *Preamble* merupakan deretan simbol yang digunakan sebagai sinkronisasi untuk mengetahui simbol pertama yang dikirimkan oleh *transmitter* pada bagian penerima. Penambahan simbol *preamble* ditunjukkan persamaan 3.2

$$\underbrace{pr_1, pr_2, pr_3, pr_4, \dots, pr_{19}}_{\text{preamble}} \underbrace{p_0, s_1 - s_{12}, \dots, p_i, s_{n-11} - s_n}_{\text{simbol + pilot}}$$



Gambar 3. 23 Setelah penambahan preamble Quadrature Inphase

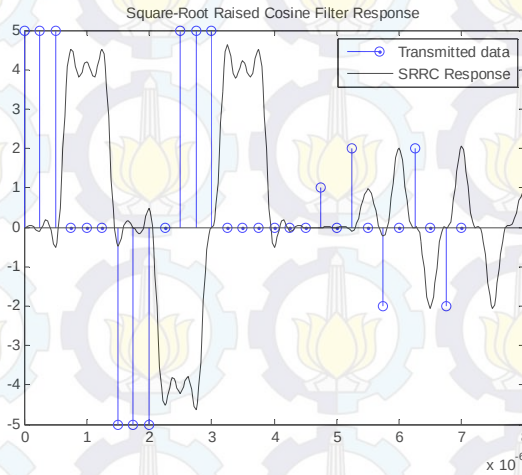
3.4.1.8 Upsample

Proses selanjutnya yaitu pembentukan pulsa dan upsampling. Proses pembentukan pulsa dan upsampling ini dilakukan dengan melewati filter *Square Root Raised Cosine* (SRRC) dengan *upsample rate* sebanyak 10 berdasarkan konfigurasi yang digunakan.

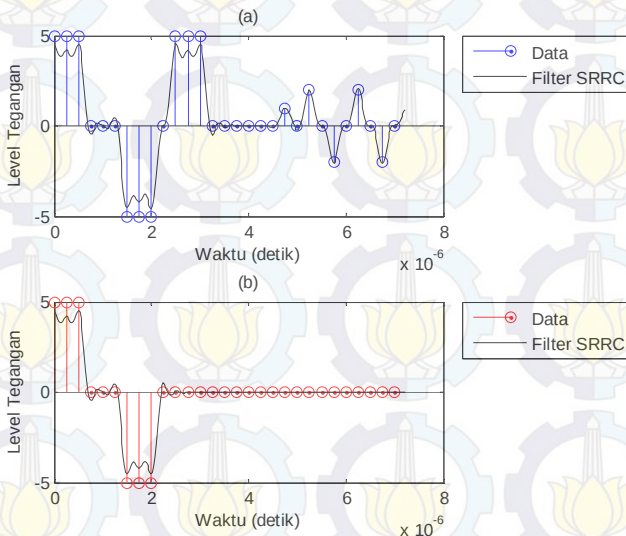
Parameter desain filter *pulse shaping* dengan filter *raised-cosine* dan *matched filter* ditunjukkan pada tabel 3.3 dan pada gambar 3.24.

Tabel 3. 2 Parameter desain *raised cosine filter matched filter*

Parameter	Nilai	Keterangan
Nsamp	10	Sample/symbol
Filt_order	64	Filter Order
Roll_off	0,9	Rolloff factor filter
Symbol Rate	5 Msym/s	



Gambar 3. 24 Hasil filter SRRC



Gambar 3. 25 (a) Hasil Filer SRRC pada simbol inphase
(b) Hasil Filter SRRC pada simbol quadrature

3.4.1.9 Upconvert

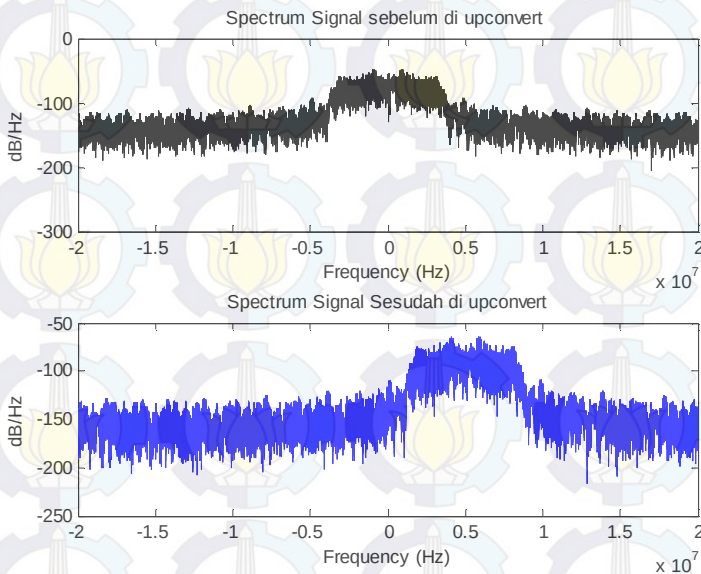
Sebelum dikirimkan melalui WARP, data yang akan dikirim harus melalui proses *Upconvert*. Proses *Upconvert* ini dilakukan pada sinyal *baseband* dengan cara menggeser frekuensi dari 0 ke 5 MHz yang mempunyai tujuan untuk menghindari redaman dari radio DC. Sinyal yang dilewatkan filter *raised-cosine* akan dilewatkan *upconvert* dengan cara setiap sample sinyal akan dikalikan dengan persamaan 3.3.

$$Tup(t) = Sss(t) \times \exp(\sqrt{-1} \times 2\pi f_c t) \quad (3.3)$$

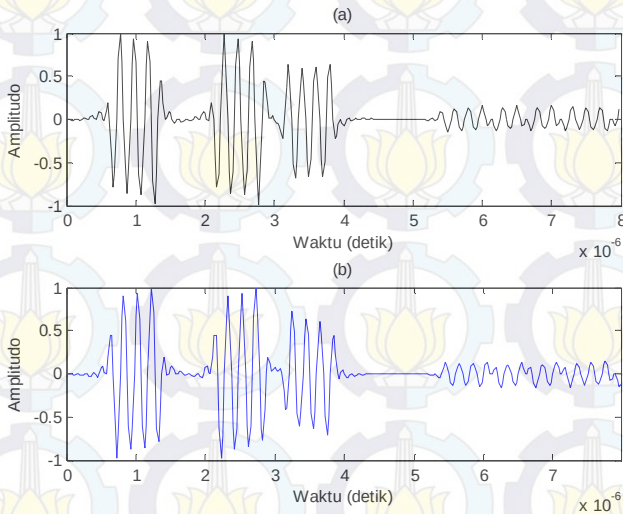
Dimana :

f_c : frekuensi carrier

t : waktusampling



Gambar 3. 26 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah di *upconvert*



Gambar 3. 27 Sinyal yang upconvert Quadrature dan Inphase

3.4.2 Proses Pengiriman Dengan WARP

Pada proses pengiriman data menggunakan WARP, sinyal yang akan dikirim disimpan didalam *buffer* Tx melalui ethernet. Sinyal yang dikirimkan ini merupakan sinyal kompleks yang terdiri dari bagian real dan imajiner. Bagian real merupakan *in-phase* sedangkan bagian real merupakan sinyal *quadrature*. Setelah proses penyimpanan pada *buffer* Tx selesai, dilakukan persiapan pengiriman dan penerimaan data dengan menyalakan radio pada node pengiriman dan penerima.

Proses sistem komunikasi dilakukan dengan mengirimkan paket trigger kepada semua *node* secara bersamaan. Ketika *node transmitter* dalam kondisi *enable*, maka *node* tersebut akan mengirimkan sinyal yang terdapat pada *buffer*. Dan ketika *node receiver* dalam kondisi *enable* maka *node receiver* tersebut siap untuk menerima sinyal yang dipancarkan dari *transmitter* melalui kanal Wi-fi tertentu sesuai dengan kanal yang digunakan. Setelah data yang dikirimkan diterima pada *node Rx*, proses selanjutnya yaitu pengambilan data yang dilakukan dengan membaca data yang diterima pada *buffer node Rx*.

3.4.2.1 Downconvert

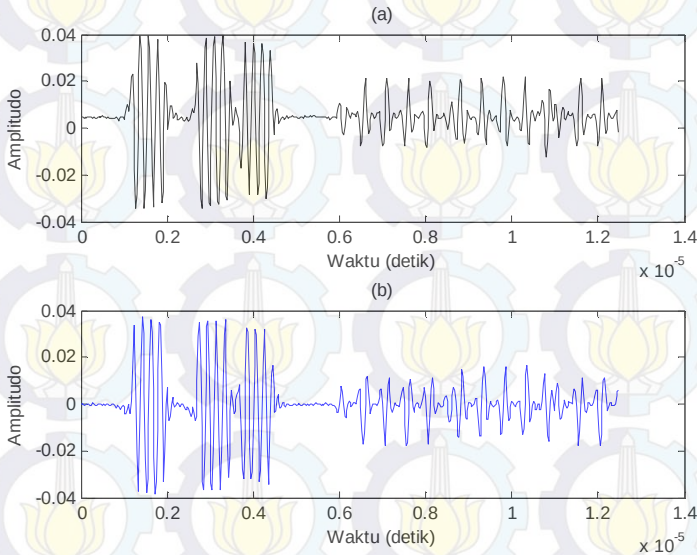
Pada sisi penerima, sinyal yang diterima WARP *node receiver* akan dilakukan proses *downconvert* untuk mengembalikan ke frekuensi *baseband* semula. Proses *downconvert* ini dilakukan dengan mengalikan sinyal yang diterima dengan konjugat dari frekuensi *upconvert*.

$$R_{down}(t) = S_{ss}(t) \times \exp(-\sqrt{-1} \times 2\pi f_c t) \quad (3.4)$$

Dimana :

f_c : frekuensicarrier

t : waktusampling



Gambar 3. 28 Sinyal yang diterima setelah downconvert Quadrature Inphase

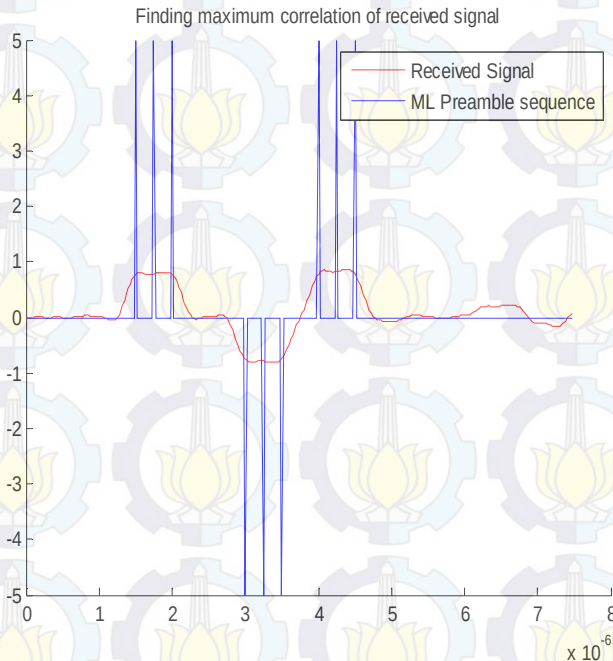
3.4.2.2 Match Filter

matched filtering untuk menghilangkan frekuensi tinggi yang dihasilkan dari proses *downconvert* agar sesuai dengan bentuk pulsa *raised cosine* di *transmitter*.

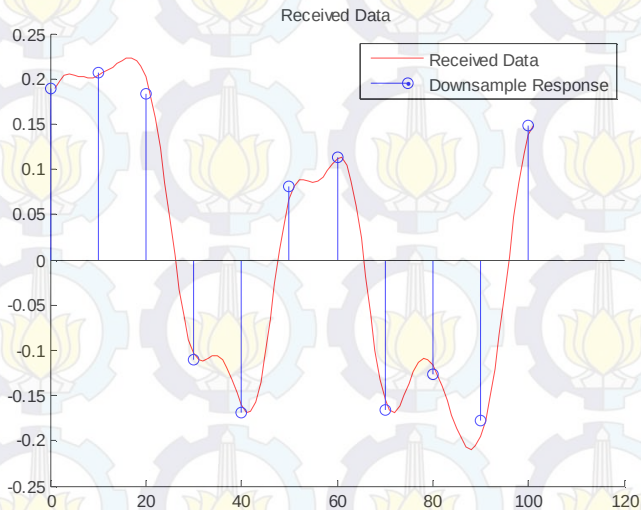
3.4.2.3 Remove preamble, Downsample dan Remove Pilot

Sebelum dilakukan proses *downsample*, proses yang dilakukan yaitu pendeteksian simbol pertama *preamble* berdasarkan korelasi tertinggi antara sampel sinyal yang diterima dengan sampel *preamble*. Setelah diperoleh posisi *preamble* berdasarkan korelasi tertinggi, maka sinyal akan di *downsample* dengan jumlah sampel 10 sesuai dengan jumlah sampel pada proses *upsample*.

Simbol hasil dari proses *downsample* akan dilakukan proses estimasi kanal dengan cara memisahkan *channel information state* (CSI) yang diwakili dengan menggunakan simbol *pilot squence* di pemancar dengan *received signals* (y). CSI merupakan respon kanal hasil estimasi dipenerima yang digunakan untuk memperoleh simbol estimasi



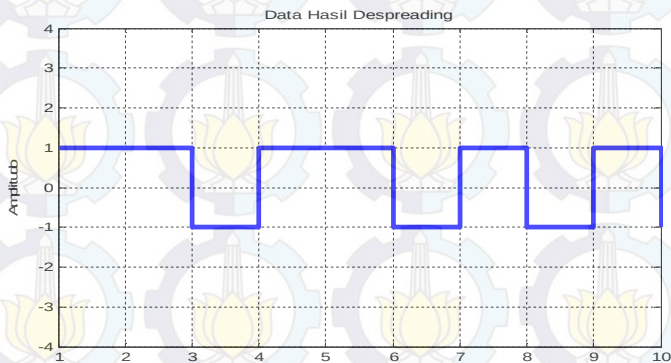
Gambar 3. 29 Pendektesiann Simbol *Preamble*



Gambar 3. 30 Hasil proses downsample

3.4.2.4 *Despreading*

pada bagian ini adalah kebalikan dari *spreading*, dimana sinyal informasi yang diterima akan dikalikan dengan PN Code yang sama pada saat proses pengiriman.



Gambar 3. 31 Hasil Despreading

3.4.2.5 Demapping

Pada bagian penerima sinyal hasil despreading di demodulasi, sehingga menghasilkan sinyal yang sesuai dengan sinyal awal yang dibangkitkan. Sinyal inilah yang akan dibandingkan, sehingga menghasilkan *bit error rate* yang nantinya akan ditampilkan dalam grafik.

3.5 Pada Kanal

Kanal yang digunakan dalam perancangan *spread spectrum* ini adalah kanal yang real, artinya dalam metode ini menggunakan kanal udara yang sesungguhnya. Hal ini dilakukan sebagai pendekatan sistem komunikasi sesungguhnya, sehingga kita dapat menganalisa dan dapat menentukan parameter dalam perancangan ini.

3.5.1 Kanal Nirkabel

Dapat dilihat pada gambar 3.21 bahwa pada perancangan ini menggunakan kanal nirkabel pada jarak 3, 5, dan 7 meter yang mempunyai pendekatan dengan sistem komunikasi yang real. Pembagian



Gambar 3. 32 Kondisi kanal *nirkabel* diruangan *indoor* jarak= 3meter



Gambar 3. 33 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 5 meter



Gambar 3. 34 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 7 meter

3.6 Perhitungan Nilai Eb/No

Setiap orang yang mempelajari komunikasi analog mengetahui istilah *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang merupakan perbandingan rata-rata antara daya sinyal terhadap *noise*. Dalam komunikasi digital, kita lebih sering menyebutnya dengan istilah Eb/No, bentuk dari normalisasi Eb/No adalah SNR. Eb adalah energi bit per detik yang dideskripsikan sebagai *power sinyal* S , bit per detik T_b . No adalah *noise power spectral density* [3]

Pada implementasi menggunakan modul WARP pengukuran dilakukan dengan memvariasikan daya pancar. Sehingga dapat diketahui nilai BER terhadap daya pancar. Namun untuk analisa lebih lanjut, maka nilai daya pancar tersebut perlu direpresentasikan dalam bentuk Eb/No.

Dalam perhitungan Eb/No data yang diambil adalah data setelah proses despreading, karena data yang diterima setelah proses despreading sudah dalam bentuk data asli.

Tahapan mendapatkan nilai Eb/no adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai Eb/No, untuk modulasi BPSK diambil nilai real dari konstelasi sinyal yang diterima.
2. Dari nilai real tersebut, kemudian dihitung nilai rata-rata energi simbolnya (E_s). Karena masih dalam energi simbol, maka diubah ke energi bit dengan cara :

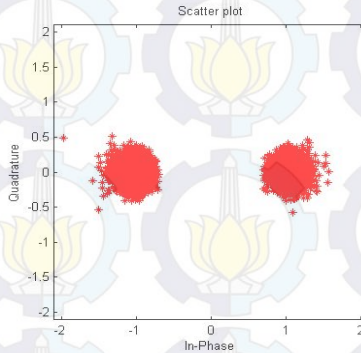
$$\begin{aligned} E_b &= E_{s1} + E_{s2} \\ &= a^2 + a^2 \\ &= a^2 \end{aligned}$$

Dimana : E_s = energi simbol, $E_s = a^2$
 E_b = Rata energi bit

3. Kemudian dapatkan nilai noise dengan cara menghitung variance dari energi bit atau simbol konstelasi.
4. Setelah mendapatkan nilai energi simbol dan energi noise dilakukan perbandingan antara kedua sinyal tersebut dan dikonversi ke satuan dB.

Dari proses implementasi yang dilakukan bisa melakukan perhitungan Eb/No pada modulasi BPSK.

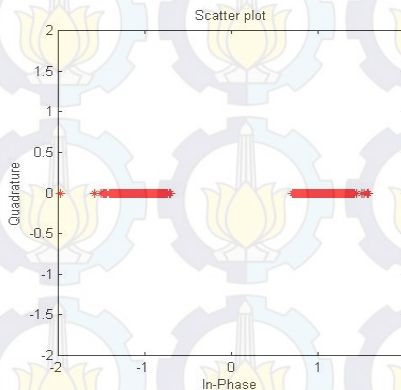
a Mengambil nilai real dari konstelasi sinyal yang diterima



Gambar 3. 35 Konstelasi BPSK

b Dari nilai real yang diambil maka akan menghasilkan daerah keputusan berdasarkan *inphase*. Dengan mendapatkan nilai real kemudian dihitung nilai rata-rata energi simbol (E_s)

$$E_s = \text{abs}(a^2) + \text{abs}(a^2)$$



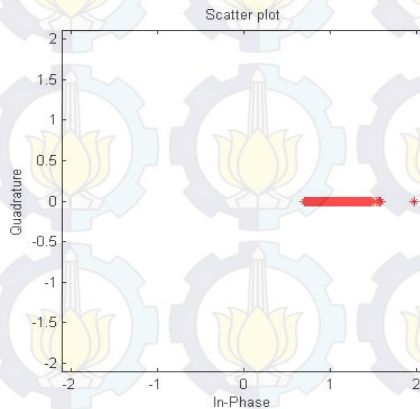
Gambar 3. 36 Kordinat Inphase

- c Nilai yang kita dapatkan masih dalam energi simbol, maka diubah ke dalam bentuk energi bit dengan cara :

$$\begin{aligned} E_b &= E_{s1} + E_{s2} \\ &= a^2 + a^2 \\ &= a^2 \end{aligned}$$

- d Dengan mengabsolutkan nilai real yang telah didapatkan dari proses despreading konstelasi sinyal BPSK maka kita dapatkan nilai variansi noise

$$\tau^2 = \text{var} [n(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{N_0}{2} \right) df$$



Gambar 3. 37 Variansi Noise

- e Selanjutnya menghitung perbandingan antara kedua sinyal nilai energi simbol dan energi noise

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{E_b}{N_o} \\ \gamma \text{ (dB)} &= 10 \log_{10} \gamma \end{aligned}$$

BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil dari pengukuran dan analisa dari Kinerja *Kode Walsh Hadamard* Pada *Code Division Multiple Acces* (CDMA) menggunakan *Wireless Open Acces Research Platform* (WARP). Hasil dari pengukuran kinerja sistem ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dbm). Dengan menggunakan kode hadamard yang ada kita menganalisa kinerja Kode Walsh Hadamard terhadap *Multi User Inteferece* (MUI). Untuk menganalisis hal ini terdapat beberapa model sistem yang dapat dianalisa dari Tugas Akhir ini yaitu Kinerja sistem terhadap Multiuser Inteferece antar user dalam kode Hadamard, Kinerja sistem terhadap perubahan jarak dan Kinerja sistem terhadap ketiga kode Hadamard 16,32, dan 64.

Pada implementasi sistem ini dilakukan beberapa kali pengujian. Kondisi lingkungan pengukuran dilakukan diruang B.304 Laboratorium Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro dengan jarak antara node pengirim (WARP node 3) dan penerima (WARP node 4) sejauh 3m, 5m dan 7m. Pada perancangan ketiga model tersebut menggunakan kanal nirkabel secara real.

4.1 Skenario Pengujian

Pada bagian ini akan dilakukan skenario metode pengukuran dari sistem Pada bagian ini akan dilakukan skenario metode pengukuran dari sistem yang telah dibuat. Kinerja sistem yang diimplementasikan pada modul WARP menggunakan parameter pengujian dengan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1. Dimana Tx RF memiliki ekivalensi nilai yang sama dengan Ptx (dbm). Untuk hasil pengujian pada modul WARP dalam sistem ini akan disajikan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dBm). Pada pengukuran ini perlu kita atur daya pancar pada nilai berapa sehingga didapat nilai BER paling sedikit. Untuk mendapatkan nilai BER akan dibandingkan antara sinyal yang dikirim dengan sinyal yang diterima. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 merupakan diagram alur pengukuran kinerja sistem. Dalam pengukuran ini menggunakan *radio board* yang mempunyai

spesifikasi perangkat menurut standar yang telah dijelaskan pada gambar 2.10 .

4.2 Analisis kinerja sistem terhadap *Multiuser Interference*

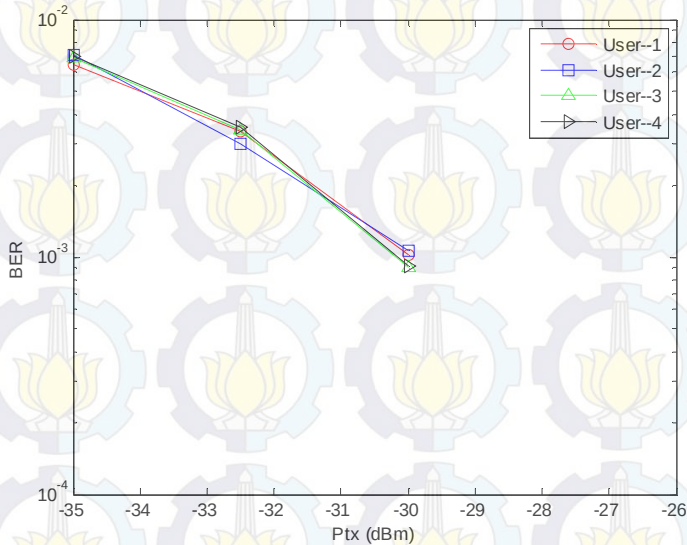
Pada pengukuran sistem yang diimplementasikan pada modul WARP menggunakan parameter pengujian dengan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1, dimana Tx RF memiliki ekivalensi nilai yang sama dengan Ptx (dbm). Untuk hasil pengujian pada modul WARP dalam sistem ini akan disajikan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dBm). Unjuk kerja sistem akan ditampilkan dalam *bit error rate* (BER) yang diketahui dengan membandingkan antara bit yang dikirim dan diterima. Untuk memudahkan pengerjaan digunakan *software* MATLAB dalam menghitung nilai dari BER. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.2 dan tabel 4.1 yang menunjukkan hasil pengukuran.

Tabel 4. 1 BER saat Pengiriman 4 User Hadamard 16 bersamaan

Ptx(dbm)	Bit Error Rate			
	User			
	User 1	User 2	User 3	user 4
-35	0.00648	0.00706	0.0069	0.007
-32.5	0.00336	0.003	0.00342	0.0035
-30	0.00102	0.00106	0.0009	0.00092
-27.5	0	0	0	0

Pada gambar 4.1 dan Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem *Kode Walsh Hadamard* terganggu dengan adanya *Multiuser Interference*. Hal ini dapat kita lihat dari pengiriman 4 user yang kita lakukan, antara user saling menginterferensi. Dari tabel juga dapat kita lihat bahwa rata-rata nilai BER hampir sama untuk masing-masing user. Hal ini disebabkan karena MAI dari sistem yang membuat data rusak tiap-tiap user. Dapat kita lihat pada saat Ptx -35 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00648, BER user 2 0.00706, BER user 3 0.0069 dan BER user 4 0.007 .Pada saat Ptx -32.5dbm nilai BER yang dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00336, BER user 2 0.003, BER user 3 0.00342 dan BER user 4 0.0035. Pada saat Ptx -30 dbm nilai BER yang

dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00102, BER user 2 0.00106, BER user 3 0.0009 dan BER user 4 0.00092. Interferensi antar user terjadi saat daya pancar yang dihasilkan sebesar -35 dbm, -32.5 dbm serta -30 dbm.



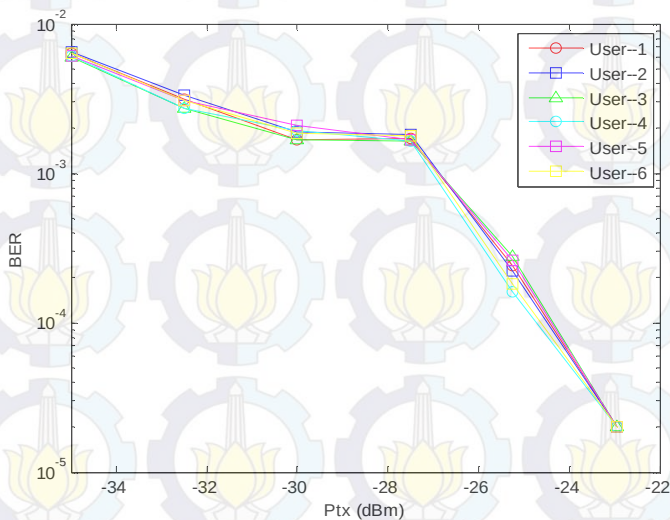
Gambar4. 1 Grafik BER saat Pengiriman 4 User bersamaan

Kode Hadamard secara teori memiliki sifat yang *orthogonal*. Tapi dalam bahwa pengukuran didapatkan *Hadamard* tidak sepenuhnya *orthogonal* karena adanya *crosskorelasi* yang menyebabkan terjadinya penurunan kinerja terhadap sistem. Hal ini dapat dilihat dari nilai BER yang kita dapatkan. Dengan jumlah data yang kita kirimkan 10.000 bit dengan pengiriman 4 user terdapat *error* pada data yang diterima. Dapat dilihat juga dari tabel 4.1 jika data yang kita kirimkan dengan daya pancar besar dari -27 dbm maka dalam proses pengiriman data tidak terdapat data *error* yang diterima. Pada pengukuran ini digunakan kanal *real*, yang dilakukan dilaboratorium komunikasi multimedia B.304.

Hal ini tidak hanya terjadi pada saat pengiriman 4 *user* secara bersamaan, tapi juga terjadi pada saat pengiriman *user* secara bersamaan lainnya, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 2 BER saat Pengiriman 6 User Hadamard 16 bersamaan

Ptx(dBm)	Bit Error Rate					
	User					
	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6
-35	0.00634	0.0065	0.00598	0.00608	0.00608	0.00638
-32.5	0.00316	0.0033	0.00274	0.00274	0.00306	0.00304
-30	0.00166	0.00188	0.00164	0.00192	0.00168	0.00178
-27.5	0.0017	0.00182	0.00168	0.00164	0.00208	0.00184
-25.25	0.00024	0.00022	0.00028	0.00016	0.00026	0.00018
-22.9375	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
-20.125	0	0	0	0	0	0



Gambar4. 2 Grafik BER saat Pengiriman 6 User bersamaan

Pengiriman user secara bersamaan ternyata menimbulkan *Multiuser Inteferece* antara user dalam sistem. *Multiuser Inteferece* tidak dapat dihindari meskipun sinyal user dapat dipisahkan dengan mengalikan sinyal gabungan semua user dengan PN user yang bersangkutan. Dengan semakin banyak jumlah user, inteferensi antar user juga semakin besar sehingga kesalahan atau *error* yang muncul pada sinyanya terima bertambah banyak.

4.3 Analisis kinerja Sistem Terhadap Perubahan Jarak

Pada pengukuran ini dilakukan pengamatan terhadap kinerja sistem untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak antara penerima dan pemancar pada sebuah sistem komunikasi. Secara teori, semakin jauh jarak antara antena pemancar dan penerima maka semakin melemah sinyal yang dikirimkan sehingga *error* yang terjadi juga akan semakin besar. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan jarak antar pemancar dan penerima 3 meter, 5 meter, dan 7 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.3, bagaimana pengaruh dari jarak dalam sistem dengan menggunakan WARP yang telah disajikan dalam nilai *bit error rate* (BER) terhadap perubahan nilai dari *power transmit* (Ptx) antara sistem yang menggunakan Hadamard 16, dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) yang dapat dilihat pada gambar 4.4.

Dalam pengukuran sistem menggunakan parameter pengujian dengan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1, dimana Tx RF memiliki ekivalensi nilai terhadap Ptx. Untuk pengujian sistem, akan dikirimkan 10.000 bit kemudian dilihat nilai errornya. Data dikirimkan dalam pengujian dilakukan pada kanal 8 dengan frekuensi pada kanal itu adalah 2.447 Ghz.

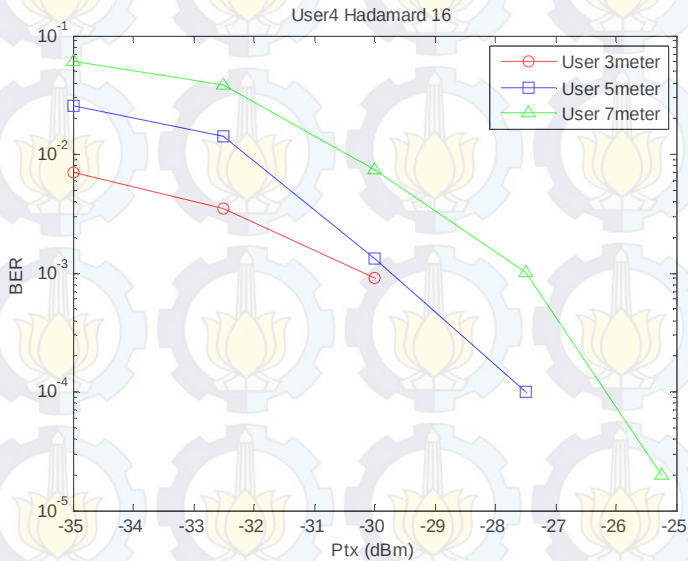
Pada gambar 4.4 dan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem kode Walsh Hadamard mengalami gangguan terhadap jarak. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 4 user pada jarak yang berbeda. Pada saat Tx Rf bernilai 0 nilai BER yang dihasilkan untuk jarak 3 meter adalah 0.007, jarak 5 meter adalah 0.02542 dan jarak 7 meter adalah 0.06074. Tingginya *Bit error rate* yang didapatkan karena daya pancar yang diberikan kecil yaitu sebesar -35 dbm dalam pengiriman data. Apalagi dengan perubahan jarak yang terjadi, semakin jauh jarak penguatan daya pancar yang diberikan harus lebih besar. Berbeda pada saat Tx Rf

bernilai 5 dengan daya pancar yang dihasilkan -32.5 nilai BER yang dihasilkan untuk jarak 3 meter 0.0035 , untuk jarak 5 meter 0.0143, dan untuk jarak 7 meter 0.0387 lebih baik. Untuk Tx Rf 10 dengan daya pancar yang dihasilkan -30 dbm menghasilkan nilai BER yang semakin kecil karena daya pancar yang diberikan juga tinggi. Terjadi sedikit perbedaan saat Tx Rf bernilai 15 dengan daya pancar yang dihasilkan -27.5 dbm, saat jarak 3 meter nilai dari BER jumlah data yang dikirimkan sudah tidak ada yaitu nol, jarak 5 meter sebesar 0.0001 dan jarak 7 meter sebesar 0.00102. Saat Tx Rf 20 yang mewakili daya pancar -25.25 dbm nilai BER untuk jarak 5 meter dan 3 meter sudah nol sedangkan dalam jarak 7 meter nilai BER masih tinggi , hal ini terjadi karena pengaruh jarak tadi. Untuk Tx Rf besar dari 20 yang daya pancarnya sebanding dengan -20.1250 dbm untuk jarak 3 meter, 5 meter dan 7 meter bit error rate sudah memiliki nilai yang kecil. Untuk lebih jelasnya nilai dari BER dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.3

Ternyata nilai dari *power transmit* (P_{tx}) juga mempunyai pengaruh yang besar. Semakin besar P_{tx} menyebabkan nilai BER juga semakin kecil, sebaliknya semakin kecil nilai P_{tx} maka nilai BER semakin besar.

Tabel 4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak berbeda

Hadamard	$P_{tx}(\text{dbm})$	Bit Error Rate Jarak (meter)		
		3	5	7
16	-35	0.007	0.02542	0.06074
	-32.5	0.0035	0.0143	0.0387
	-30	0.00092	0.00134	0.00738
	-27.5	0	0.0001	0.00102
	-25.25	0	0	0.00002



Gambar4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak yang berbeda

Dari hasil pengukuran terhadap fungsi jarak, pada Hadamard seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan gambar 4.4 jarak 3 meter menghasilkan BER yang lebih kecil dibandingkan pada jarak 5 meter dan 7 meter pada panjang kode yang digunakan sama yaitu Hadamard 16. Hal ini menandakan bahwa jarak dan daya pancar mempengaruhi kualitas kerja sistem komunikasi. Semakin jauh jarak antara antena pemancar dan penerima maka sinyal yang di transmisikan dengan daya pancar yang tetap akan mengalami pelemahan sehingga nilai BER semakin besar.

4.4 Analisis kinerja sistem terhadap kode *Hadamard* 16,32,64

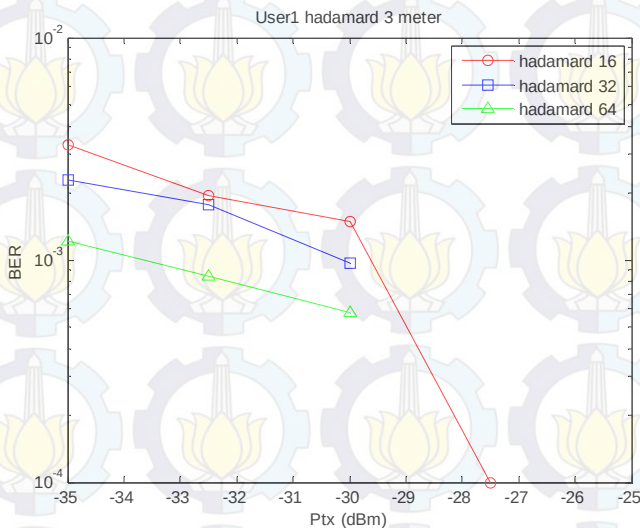
Pengukuran menggunakan *node* WARP bertujuan sebagai pendekatan sistem komunikasi secara real. Perancangan yang telah dibuat pada bab 3 akan diukur menggunakan *node* WARP dimana *node* (3) berada pada jarak 3 meter dari *node* (4). Parameter pengujian dengan menggunakan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1, Tx RF sebanding dengan nilai Ptx (dbm). Untuk pengujian sistem,

akan dikirimkan 10.000 bit kemudian dilihat perbandingan bit yang dikirim terhadap bit yang diterima dari perubahan kode Hadamard dan jarak yang dilakukan. Masing – masing kode mempunyai panjang chip rate yang berbeda.

Pada pengukuran ini digunakan kanal 8 , hal ini didasari pada tempat dimana dilakukan pengukuran, laboratorium komunikasi multimedia B.304 terdapat kanal *wireless* yang dapat menimbulkan interferensi.

Tabel 4. 4 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 3 meter

Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.00328	0.0023	0.00122
-32.5	0.00194	0.00176	0.00084
-30	0.00148	0.00096	0.00082



Gambar4. 4 Grafik BER 1 User Hadamard dalam 3 meter

Dalam P_{tx} yang sama dan jumlah user yang sama nilai BER Hadamard 64 mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dari ketiga kode Hadamard. Kinerja Hadamard yang terbaik dimulai dari 64, 32 dan 16.

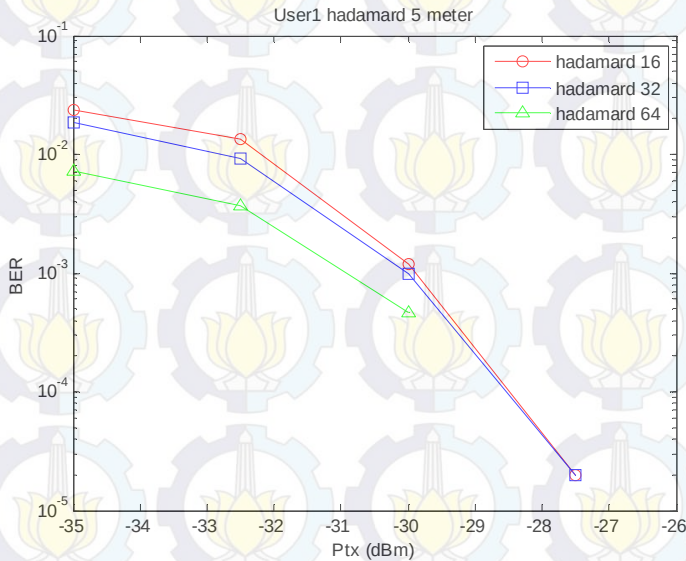
Ternyata daya pancar berpengaruh terhadap nilai BER sistem yang didapat. Jika daya pancar semakin kecil maka akan sebanding dengan nilai BER, begitu juga ketika daya pancar semakin besar nilai BER pada sistem yang didapatkan akan kecil pula. Untuk hadamard 16, 32 dan 64 dibutuhkan daya pancar sebesar ≥ -30 dbm untuk mencapai nilai terbaiknya.

Tabel 4. 5 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 5 meter

Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.02394	0.01846	0.00726
-32.5	0.01352	0.00916	0.00374
-30	0.00118	0.001	0.00046
-27.5	0.00002	0.00002	0
-25.25	0	0	0

Tabel 4. 6 Data pengukuran 1User Hadamard dalam 7meter

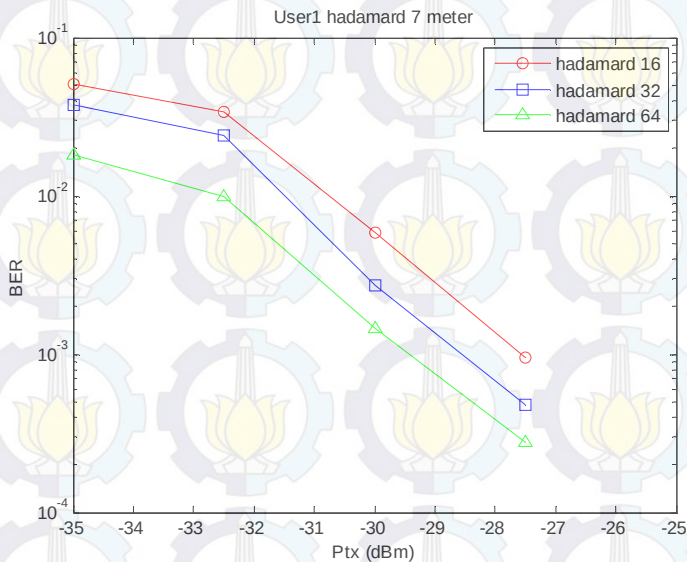
Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.05068	0.03788	0.0181
-32.5	0.03404	0.02428	0.00994
-30	0.00584	0.00272	0.00146
-27.5	0.00096	0.00048	0.00028
-25.25	0	0	0



Gambar4. 5 Grafik BER 1 user Hadamard dalam 5 meter

Pada Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 1 user pada jarak yang sama, dengan banyak bit yang dikirim 10.000 dimana setiap bit akan di *upsample* menjadi 10. Semakin panjang kode yang digunakan maka ketahanan data semakin bagus. Dari tabel dapat kita lihat bahwa dalam Hadamard mempunyai nilai BER yang lebih baik dibanding dari 2 kode Hadamard lainnya. Pada saat Ptx -35 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.02394, dengan Ptx yang sama -35 dbm Hadamard 32 memiliki nilai BER adalah 0.0023 dan Hadamard 64 adalah 0.00122. Ptx -35 dbm pada jarak 5 meter nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.02394, Hadamard 32 adalah 0.01846 dan Hadamard 64 adalah 0.00726. Begitu juga saat Ptx -27.5 dbm nilai BER masih terlihat di Hadamard 16 0.00002, Hadamard 32 0.00002 dan untuk Hadamard 64 sudah mencapai nilai terbaik yaitu 0. Untuk Ptx besar dari 27.5 dbm nilai BER dari masing Hadamard akan semakin kecil yang artinya jika daya pancar yang dibangkitkan semakin besar maka nilai BER akan semakin kecil.

Setelah melihat Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dan membandingkannya dengan Tabel 4.5 dan gambar 4.5 terlihat disini adanya perbedaan jarak yang cukup jauh sehingga berpengaruh terhadap besarnya *Bit Error* dan MUI yang didapatkan. Berdasarkan data diatas kita dapat menyimpulkan bahwa dengan jarak yang semakin jauh dibutuhkan daya pancar yang lebih besar untuk mengirimkan sinyal. Dibutuhkan daya pancar yang lebih besar saat jarak yang jauh karena *noise* dan MUI yang dihasilkan juga semakin besar maka untuk itu dibutuhkan daya pancar yang lebih besar.



Gambar4. 6 Grafik BER 1User Hadamard dalam7 meter

Pada Tabel 4.6 dan gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Dalam jarak 7 meter nilai BER saat Ptx -35 dbm Hadamard 16 0.05068, Hadamard 32 0.03788 dan Hadamard 64 0.0181. Pada saat Ptx -32.5 dbm sampai Ptx -27.5 dbm nilai BER yang dihasilkan akan mengalami penurunan berdasarkan kenaikan daya yang di pancarkan, baik pada Hadamard 16,32 dan 64. Walaupun ketiga Hadamard memiliki nilai BER kecil ketika daya pancar sama besar atau lebih dari -27.5 dbm Hadamard 64 memiliki performa yang

terbaik. Ptx -32.5 Hadamard 16 nilai BER 0.03404, dengan Ptx yang sama nilai BER Hadamard 32 0.02428 dan Hadamard 64 nilai BER 0.00994. Untuk jarak 5 meter nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.01352, Hadamard 32 0.0023 adalah 0.00916 dan Hadamard 64 adalah 0.00994. Dengan Ptx yang sama untuk jarak 3 meter Hadamard 16 0.00328, Hadamard 32 , Hadamard 64 0.00122.

Setelah melihat Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dan membandingkannya dengan Tabel 4.5 dan gambar 4.5 serta Tabel 4.6 dan gambar 4.6 terlihat disini adanya perbedaan jarak yang cukup jauh sehingga berpengaruh terhadap besarnya *Bit Error Error* yang didapatkan.

4.5 Analisa BER Terhadap Eb/No

4.5.1 Multiuser Hadamard

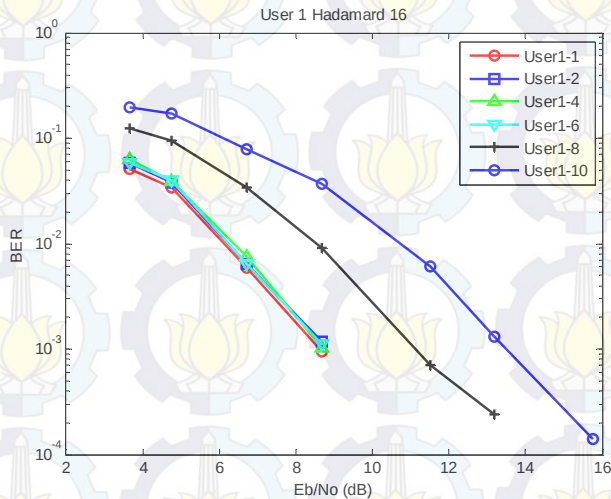
Pada pengukuran diatas parameter yang diuji yaitu melakukan pengukuran BER berdasarkan variasi daya pancar disisi pemancar. Pengukuran tersebut dirasa masih kurang mewakili, dikarenakan daya yang dikirim belum tentu dapat diterima dengan baik oleh penerima. Ketika sinyal dikirimkan, hal yang paling mempengaruhi baik tidaknya sinyal yang diterima adalah besarnya *noise*. Semakin banyak gangguan-gangguan yang ada *noise*, maka sinyal yang diterima juga akan semakin jelek. Nilai energi bit (Eb) dan noise (No) yang diterima dihitung dari simbol konstelasi di penerima setelah proses despreading.

Tabel 4. 7 Data Pengukuran 1 User Hadamard dalam 7 meter

Eb/No (db)	Bit Error Rate					
	User 1 Saat Pengiriman					
	1 User	2 User	4 User	6 User	8 User	10 User
3.6559	0.05068	0.05888	0.06298	0.0584	0.12366	0.19758
4.7631	0.03404	0.03838	0.03926	0.03974	0.09536	0.1697
6.70944	0.00584	0.00644	0.00744	0.00646	0.0339	0.0788
8.6879	0.00096	0.00118	0.00102	0.00112	0.00904	0.0366
11.5174	0	0	0	0	0.0007	0.006
13.1978	0	0	0	0	0.00024	0.0013

Eb/No (db)	Bit Error Rate					
	User 1 Saat Pengiriman					
	1 User	2 User	4 User	6 User	8 User	10 User
15.7547	0	0	0	0	0	0.00014

Pada Tabel 4.7 tersebut merupakan tabel data BER sistem untuk user 1 saat pengiriman 1 user, pengiriman 2 user, pengiriman 4 user, pengiriman 6 user, pengiriman 8 user dan pengiriman 10 user. Dari tabel 4.6 dapat diamati bahwa untuk user 1 pengiriman 1 user, user 1 saat pengiriman 2 user, 4 user, 6 user maka untuk nilai $E_b/N_0 \leq$ dari 8.6879 db, nilai BER sistem tidak ada yang mencapai nol. ini artinya masih terdapat inteferensi dalam sistem baik itu *noise*, dan *Multiuser Inteference* yang terjadi dalam proses pengiriman. Dengan kata lain, untuk $E_b/N_0 \leq 8.6879$ db *noise*, dan *Multiuser Inteference* masih memberikan kontribusi terhadap munculnya *error* dalam sistem. Nilai BER sistem baru mencapai nol untuk $E_b/N_0 \geq 8.6879$ db. Ini berarti untuk nilai $E_b/N_0 \geq 8.6879$ efek *noise*, dan *Multiuser Inteference* terhadap sinyal yang dikirimkan dapat diatasi sepenuhnya sehingga receiver menerima data pada penerima tanpa adanya error. Sementara untuk user 1 saat pengiriman 8 user dan 10 user untuk mencapai nilai BER nol diperlukan nilai $E_b/N_0 \geq 13.1978$ db. Jadi untuk mencapai nilai BER=0, sistem dengan pengiriman 8 user dan pengiriman 10 user membutuhkan nilai E_b/N_0 yang lebih besar dibandingkan dengan sistem pengiriman 1 user, 2 user, 4 user dan 6 user. Dengan kata lain makin banyak user jumlah user yang ada dalam *Code Division Multiple Acces* (CDMA) makin besar pula nilai E_b/N_0 minimum yang dibutuhkan oleh sistem agar tidak terjadi kesalahan dalam penerimaan data. Sistem CDMA yang digunakan merupakan Asinkron CDMA diimplementasikan dalam proses *downlink*, sehingga BER untuk user 1 pengiriman 1, 2 dan 4 user tidak beda jauh. Selain tabel, juga diberikan data BER yang direpresentasikan dalam bentuk grafik BER seperti terlihat pada gambar 4.7. Melalui grafik pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa sistem dengan user 1 saat pengiriman 1 user lebih baik dibandingkan unjuk kerja sistem pengiriman 2 user, pengiriman 4 user, pengiriman 6 user, pengiriman 8 user, pengiriman 10 user.



Gambar4. 7 Grafik BER User 1 Dalam Berbagai Pengiriman

4.5.2 Perbandingan Hadamard 16,32 dan 64

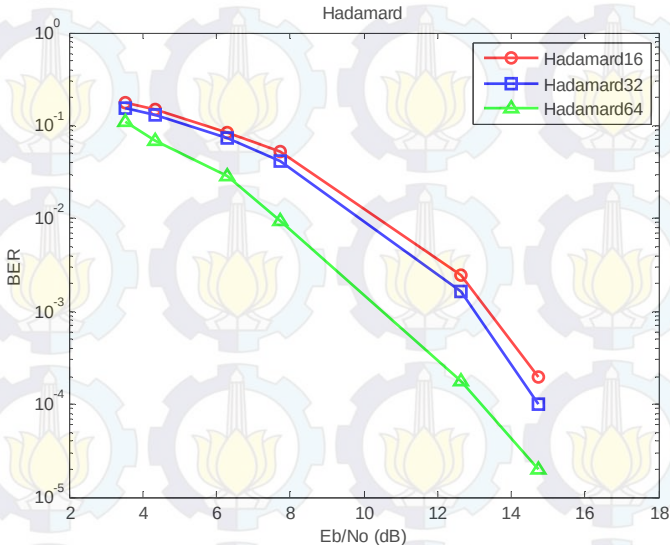
Dalam pengukuran terhadap perbandingan kerja kode Hadamard menggunakan WARP kita dapatkan bahwa kinerja kode Hadamard 64 lebih baik dari dua kode Hadamard 32 dan 16. Hal ini tidak jauh berbeda dari hasil simulasi yang kita lakukan dengan besar E_b/N_0 yang sama 3.5245 dB untuk BER Hadamard 64 0.10905, Hadamard 32 dan 16 sebesar 0.15252 0.17704. Untuk hasil lebih jelas kita bisa melihat di tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Simulasi Hadamard 16,32 dan 64

Eb/No (dB)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
3.5245	0.17704	0.15252	0.1095
4.3312	0.14796	0.12932	0.06844
6.2811	0.08454	0.07268	0.02848
7.7158	0.0534	0.04216	0.0094
12.6198	0.00242	0.00162	0.00018

Eb/No (dB)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
14.7274	0.0002	0.0001	0.00002
17.8559	0	0	0

Pada Tabel 4.8 dan gambar 4.8 dapat disimpulkan, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 1 user dengan banyak bit yang dikirim 10.000 . Semakin panjang kode yang digunakan maka ketahanan data semakin bagus. Dari tabel dapat kita lihat 64 bahwa dalam hadamard mempunyai nilai BER yang lebih baik dibanding dari 2 kode Hadamard lainnya. Pada saat Eb/No 4.3312 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.14796, dengan Eb/No yang Hadamard 32 memiliki nilai BER adalah 0.12932 dan Hadamard 64 adalah 0.06844. BER dari masing Hadamard akan semakin kecil yang artinya jika Eb/No yang diberikan semakin besar maka nilai BER akan berbanding lurus dengan penurunan nilai BER.



Gambar4. 8 Grafik BER 1 user Hadamard

4.6 Pengukuran Spektrum Sinyal Tanpa Dengan Direct Sequence Spread Spectrum Dengan Spectrum Analyzer

Teknik Code Division Multiple Acces adalah tekniks akses jamak yang menggunakan sistem *spread spectrum* yang memungkinkan setiap pengguna mengakses frekuensi yang sama pada waktu bersamaan. Untuk membedakan masing-masing pengguna digunakan kode PN yang bisa juga digunakan untuk menghemat kanal.

Dalam penelitian ini ada 10.000 bit informasi yang kita bangkitkan yang berupa bilangan “ 1 0 1 0 1 0 sampai dengan 10000 “. Setiap bit yang kita bangkitkan akan dikalikan dengan kode PN yang kita gunakan, artinya setiap 1 bit itu akan sama besarnya dengan panjang kode PN yang kita gunakan. Dengan adanya perkalian bit informasi dengan kode PN menyebabkan bandwidth dari sinyal yang dikirimkan akan semakin besar, inilah yang disebut dengan teknik *spreading*.

Pengiriman data dalam WARP mempunyai batasan dalam pengiriman datanya yaitu sebesar sebesar 2^{14} sampel atau 16384 sampel. Ketika bit yang dikirimkan melebihi jumlah itu, misalkan 100000 bit yang dikirimkan, maka diperlukan *frame-frame buffer* agar semua bit yang dibangkitkan bisa dikirimkan semua. Oleh karena itu, proses *spreading* tidak terlihat dalam pengiriman data karena kita mengikuti standar pengiriman yang digunakan oleh WARP.

4.6.1 Spektrum Sinyal Tanpa Sinyal DS-SS

Dalam pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui secara real bagaimana unjuk kerja dari sistem yang ditampilkan dalam sebuah spectrum analyzer. Pada penelitian ini digunakan frekuensi kerja wireless yaitu 2.4 Ghz (IEEE 802.11g) dan menggunakan kanal 8 atau frekuensi kerja 2.447 Ghz. Pada pengukuran ini akan ditampilkan gambar pada saat suatu sistem sebagai pemancar dan penerima.



Gambar4. 9 Bandwidth passband 15 Mhz



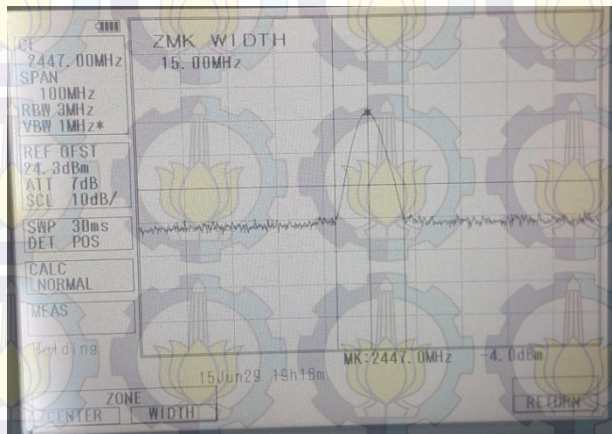
Gambar4. 10 Frekuensi Center 24446.6 Mhz

Pada gambar 4.9 terlihat *spectrum* dari sinyal yang dikirimkan, parameter yang diberikan adalah diberikan level penguatan pada *Radio Frekuensi* (RF) adalah 0, dapat kita lakukan konversi menjadi -3.8 dBm. Pada pengukuran terlihat pada *bandwidth* gambar 4.10 sinyal passband 15 Mhz dan frekuensi center menunjukkan berada pada 2446.80 Mhz.

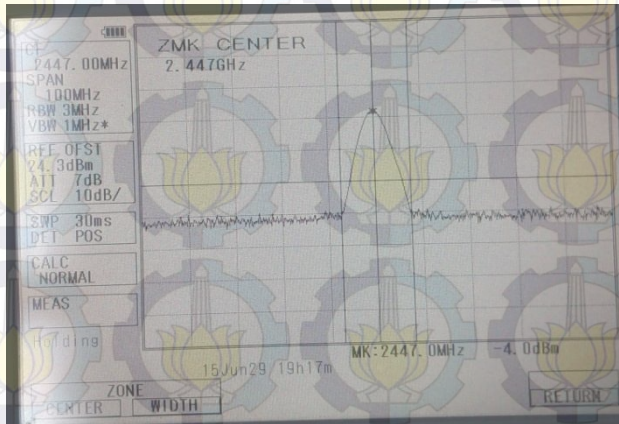
4.6.2 Spektrum Sinyal Dengan Sinyal DS-SS

Sama halnya dengan pengukuran yang dilakukan pada sinyal tanpa spread spectrum, tidak terlihat perbedaan yang jauh untuk nilai *Bandwidth* dan frekuensi *center* yang terlihat di *spectrum analyzer*. Dalam gambar 4.11 terlihat nilai bandwidth dalam pengiriman sinyal sebesar 15 Mhz dengan frekuensi *center* 2.447 Ghz.

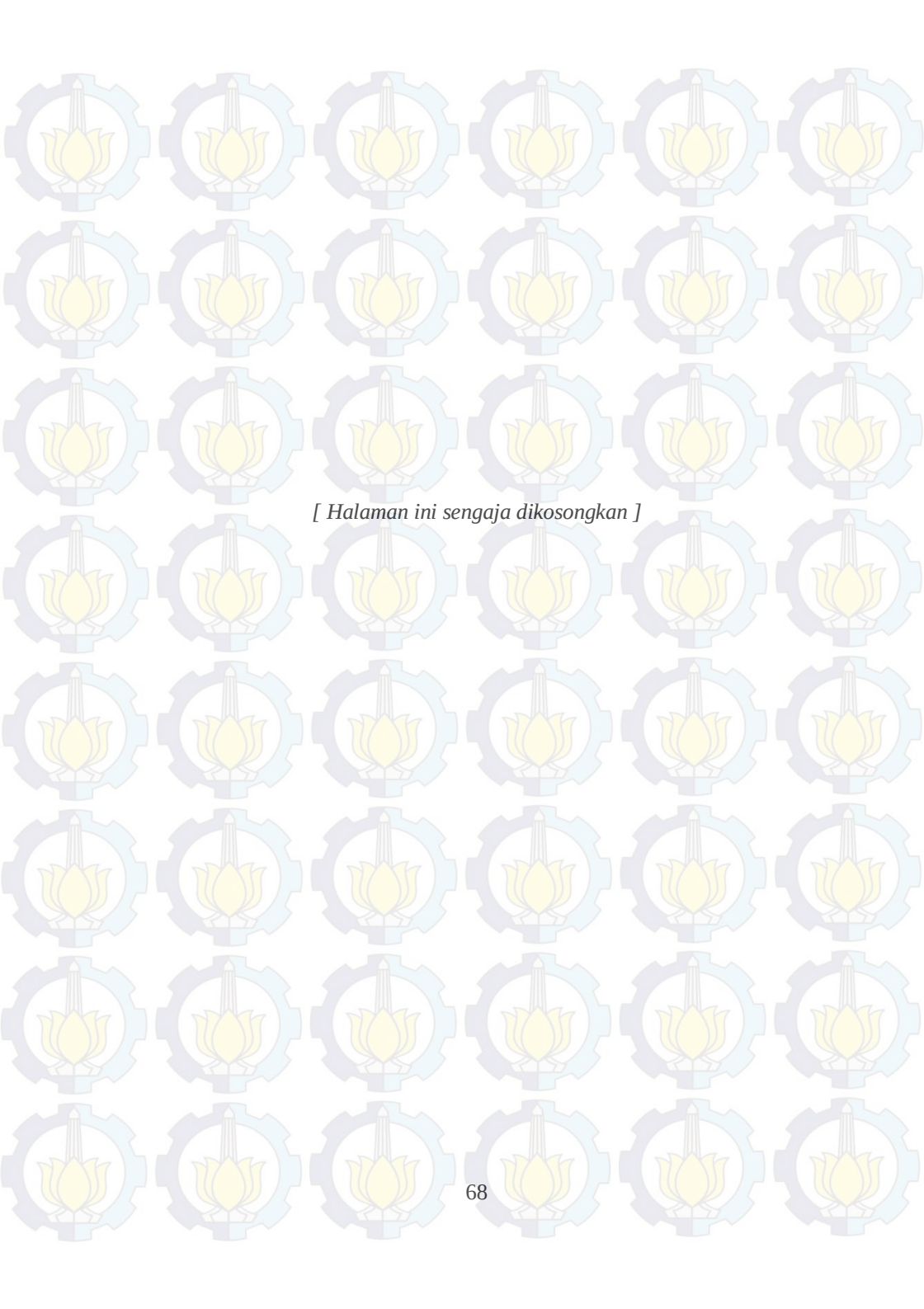
Pengiriman dengan sinyal DS-SS dilakukan dengan menggunakan kode Hadamard 16,32 dan 64. Masing-masing kode Hadamard mempunyai nilai chip rate yang berbeda . Berdasarkan tabel 3.1 nilai chip rate untuk Hadamard 16 sebesar 64×10^6 chip/s , 128×10^6 chip/s untuk Hadamard 32 dan untuk Hadamard 64 didapatkan sebesar 256×10^6 chip/s . Bandwidth WARP sebesar 20 Mhz, yang kita gunakan dalam pengukuran mengikuti standar IEEE 802.11g yang merupakan frekuensi kanal Wi-fi. Dalam pengukuran bandwidth yang terukur pada spectrum analyzer sebesar 15 Mhz.



Gambar4. 11 Bandwidth *passband* 15 Mhz



Gambar4. 12 Frekuensi Center 2.447 Ghz



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

1. **Torrieri, Don.**, “*Principle of Spread Spectrum Communication Systems*”. Springer. New York. 2005.
2. **Proakis, John G.**, “*Digital Communications Fourth Edition*”, Prentice Hall. California. 2001.
3. **Sklar, Bernard.**, “*Digital Communications Fundamentals and Applications*”. Prentice Hall. California. 2001.
4. **Xia Yongxiang., Pu Li., Xiuming Shan., Yong Ren.**, “*Cyclically Orthogonal Subsets Of Walsh Functions*” , *IEEE* , The 8th International Conferences, *Communitation System, ICCS*. 2002.
5. **Wilson S.G., M. Lakshman.**, “*Autocorrelation and power spectrum of Hadamard signaling*” , *IEEE*, *Communications, Radar and Signal Processing*, 1988.
6. **Seberry Jennifer., Beata J Wysocki., Tadeuz A Wysocki.**, “ *On Some Application of Hadamard matrices*” , *IEEE Transactions on Information Theory*, 2005.
7. **Tsai Shang-Ho., Yuan-Pei Lin., C.-C. Jay Kuo., Fellow** “ *MAI-Free MC-CDMA System Based on Hadamard-Walsh Codes*” . *IEEE*, *Signal Processing*, 2006
8. **Dinan Esmael H., Bijan Jabbari.**, “*Spreading Codes For Dirrect Spectrum CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks*”, *IEEE*, *Communications Magazine*, 1998.
9. **Maxim Integrated Product Inc.** MAX2828/2829 Single-/Dual-Band 802.11a/b/g World-band Transceiver ICs Datasheet. 2004.
10. **WARP Project - Wireless Open Access Research Platform.** [Online] Desember 2014. [Disunting: April 15, 2015.] <http://warp.rice.edu/trac/wiki/about>.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan proses implementasi, pengukuran dan analisis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kode Walsh Hadamard tidak sepenuhnya bersifat *orthogonal*. Dalam pengukuran 4 user dan 6 user secara bersamaan, *Multiuser interference* terjadi terlihat dalam kinerja sistem. Nilai BER untuk pengiriman 4 user $6,86 \times 10^{-3}$ sedangkan untuk pengiriman 6 user $6,22 \times 10^{-3}$
2. Hasil implementasi sistem Walsh Hadamard terhadap variasi jarak berpengaruh terhadap nilai BER yang dihasilkan, semakin jauh jarak yang digunakan akan semakin besar juga nilai BER yang dihasilkan. Misalnya saat pengukuran 3 meter menghasilkan nilai BER 0.007, 5 meter didapatkan nilai BER yang lebih besar 0.02542 untuk jarak 7 meter menghasilkan nilai BER yang terbesar diantara ketiga jarak ini yaitu 0.06074.
3. Pada pengukuran didapatkan kinerja Hadamard dengan kode yang berbeda 16, 32, dan 64, kode Hadamard 64 memiliki performansi yang lebih baik dari kode 16 dan 32. ketika $P_{tx} -30$ dBm untuk kode Hadamard 16 BER 0.00328 dan kode Hadamard 32 BER 0.0023 terdapat selisih BER sebesar 0.00098, untuk Hadamard 64 BER 0.00122 terdapat selisih yang semakin jauh yaitu sebesar 0.00206 .

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya dari Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode *Walsh Hadamard* Pada *Code Division multiple Access* (CDMA) Menggunakan *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan implementasi sistem kinerja *Walsh Hadamard* yang diterapkan pada aplikasi yang lebih lanjut seperti MC-CDMA.
2. Pengukuran pada pengujian sistem dilakukan di *outdoor*.
3. Mengetahui kinerja sistem berdasarkan parameter gain antara sinyal informasi dengan sinyal *spreading*



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN A PROPOSAL

Jurusan Teknik Elektro – FTI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Fadhila Andam Dewi
Nomor pokok : 2213105076
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas diberikan : Semester Genap 2014/2015
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Titiek Suryani, MT
2. Dr. Ir. Suwadi, MT

12 FEB 2015

Judul Tugas Akhir : **Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA Menggunakan WARP**
(Implementation and Performance Evaluation of Walsh Hadamard codes In CDMA Using WARP)

Uraian Tugas Akhir :

CDMA adalah metode akses jamak dimana setiap *user* memiliki kode yang bersifat orthogonal dan pengguna berkomunikasi dengan menggunakan kanal frekuensi yang sama dan waktu yang sama. Dalam CDMA sinyal data di kalikan dengan pn code sehingga menjadi acak sebelum ditransmisikan ke udara. Ada bermacam-macam *pn Code* yang digunakan yaitu *M-sequences*, *Gold Code*, *Kasami Code*, dan *Walsh Hadamard Code*. Dari semua PN Code yang ada *Walsh Hadamard* memiliki Orthogonal yang lebih baik. Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan CDMA pada *Wireless Open Access Research Platform (WARP)* menggunakan kode *Walsh Hadamard* dengan bantuan *software* MatLab. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi kinerja BER terhadap jumlah *user* yang bisa dilayani secara bersamaan dengan *Multi User Interferensi (MUI)* yang dapat ditoleransi.

Kata Kunci : CDMA, Walsh Hadamard Code, Pn-Code, WARP

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
NIP. 19641130 1989032 001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS

Ketua,

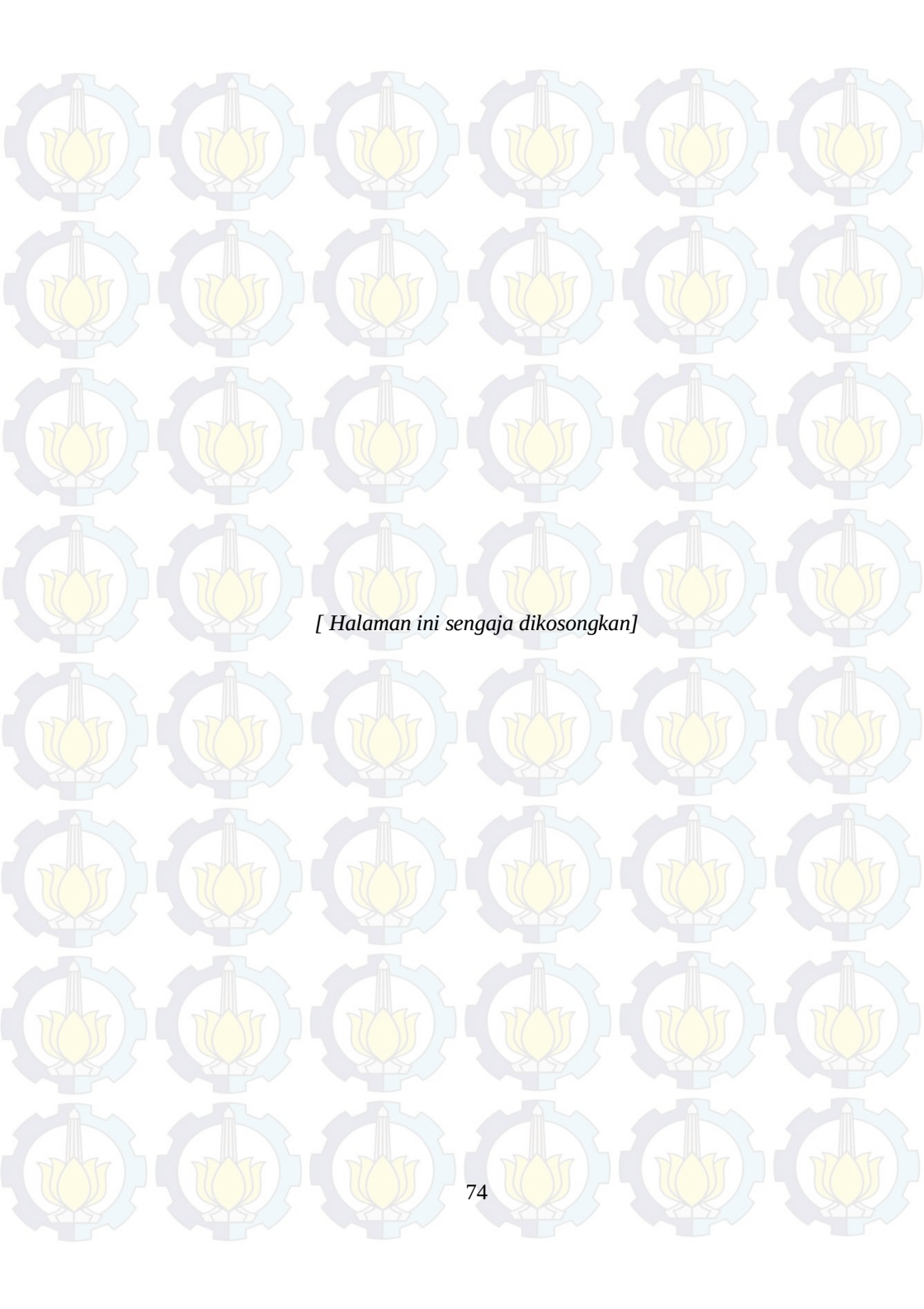

Dr. Tri Arief Sardjono, ST, MT.
NIP. 19700212 1995121 001

Dosen Pembimbing II


Dr. Ir. Suwadi, MT.
NIP. 19680818 1993031 002

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi
Multimedia
Koordinator,


Dr. Ir. Endroyono, DEA.
NIP. 19650404 1991021 001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM

Dalam pengukuran ini digunakan program MATLAB, sehingga dapat membantu merealisasi sistem Evaluasi dan Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada Code Division Multiple Access sesuai dengan keadaan yang nyata, yang dikonfigurasi dengan modul WARP. Berikut merupakan listing program yang akan dibagi menurut blok dari sistem :

1. Program Pengiriman

```
clearall;
closeall;
clc;
%Pengirim
%% Inisialisasi
% user = 4;
% input = 1000;          % input sebelum di modulasi
% data_input = rand ([0
1],('seed',2),user,input); % data input acak
4x100
%masukan tiap user secara manual
% rand('seed',1);user1 = randint(1,input);
% rand('seed',2);user2 = randint(1,input);
% rand('seed',3);user3 = randint(1,input);
% rand('seed',4);user4 = randint(1,input);
% data_input = [user1;user2;user3;user4];

%masukan data user dengan menggunakan fungsi for
% ta_init;
user =1;
bit_input = 10;
input = bit_input*1000; %jumlah input
for i=1:user;
rand('seed',i);data(i,:)=randi([01],1,input);
end
data_input = data;
% data_pake= data_input (1,:)% data 1x100
```

2. Modulasi

```
%% Modulasi
%y = pskmod(data_input,2)
% x=data_input*2-1;
% for i=1:user
%     n_syms = input/k;
%     n_sym = reshape(data_input(i,:),n_syms,k);
%     n_dat(:,i)= bi2de(n_sym,'left-msb');
% end
%
% % Modulasi
% data_modulasi = (modulate(h_bb_mod,n_dat));
data_modulasi = (2*data_input-1);
```

3. Program Pembangkitan Kode Walsh Hadamard

```
%% Pembangkitan Walsh Hadamard
hadamard (2);
hadamard (4);
hadamard (8);
hadamard (16); % Matrik yang digunakan
hadamard (32); % Matrik yang digunakan
hadamard (64); % Matrik yang digunakan
% Pembangkitan Manual
%hw2=[1 1;1 -1];
%hw4=[hw2 hw2;hw2 -hw2]
%hw8=[hw2 hw2;hw2 -hw2]
%hw16=[hw8 hw8;hw8 -hw8]
%hw32=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
%hw64=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
```

4. Spreading (Modulasi x PN Code)

```
%% Spreading (Modulasi x PN Code)
% tukar= reshape(x,100,[]) % Data input reshape
Ubah ukuran matrik 1x100 menjadi 100x1
matrik = hadamard (16);
lm = length(matrik(1,:));%panjang matrikhadamard
```

```

% matrik_use= matrik (2,:) % ukuran matrik yang
digunakan baris kedua 1x16
% spreading= tukar * matrik_use % hasinya
matrik ukuran 100x16

for i=1:user;
    spreading = matrik(i+2,:)'*
data_modulasi(i,:); % perkalian matrik yang
digunakan dengan data modulasi (user1= baris
3*data_m modulasi ; user2= baris
4*data_modulasi)a
    spreading_data(i,:) =
reshape((spreading),1,[]);
end
data_spreading =
(ones(1,user)*spreading_data).';
n_spreading = length(data_spreading);

```

5. Implementasi Pada WARP

```

%% Vektor waktu
Fs = 40e6;
Ts = 1/Fs;
L = 2^14; %16384
t = (0:L-1)/Fs; %pengaruh di data_sym

%Hitung total data payload yang dibutuhkan,
setelah dikurangi preamble,
%txDelay dan CSI bits
%Tentukan symbol rate, cari nilai upsample rate
untuk SRRC Filter. Satuan
%symbol rate adalah symbol/s
Rsym = 4e6;
% Rsym = 5e6;
nsamp = floor(Fs/Rsym);
%Nilai nsamp harus integer, setelah pembulatan
kebawah, hitung rate simbol sebenarnya.
Rsym = Fs/nsamp;
% Pembentukan Preamble

```



```

% Preamble bertujuan untuk penentuan titik
sampling pertama pada penerima.
pream = 5*[1+1i;1+1i;1+1i;0;0;0;-1-1i;-1-1i;-1-
1i;0;1+0i;1+0i;1+0i;0;0;0;0;0;0];
pream_len = length(pream);

%Correlation Matrix
% Pembentukan matriks korelasi preamble
corr_win = 300 %paling tidak corr_win >=
pream_len*nsamp
pream_up = upsample(pream,nsamp);
ref_vect = zeros(corr_win,1);
ref_vect(1:length(pream_up)) = pream_up;
ref_matx =
toeplitz(ref_vect,circshift(ref_vect(corr_win:-
1:1),1));

%Definisi Transmission delay
% Panjang frame L akan dikurangi sejumlah delay
untuk menangani
% transmission delay. Jika semua frame terisi
informasi, ketika terjadi
% delay pada proses transmisi, maka akan ada
data yang tidak tertangkap
% pada penerima. Sehingga diperlukan delay
transmisi. Satuan : sampel
txDelay = 400;

%Phase ambiguity detector/ Channel State
Information sequence
% Bertujuan untuk menangani ambiguitas
fasa/perputaran pada konstellasi.
% Agar sistem SIMO bisa berfungsi dengan baik,
data yang diterima harus
% terletak pada kuadran yang sesuai. Gunakan CSI
dengan nilai 1
CSI_syms = 150; %Jumlah simbol untuk CSI
CSI_dat = ones(CSI_syms,1);

```

```

%Desain Square Root Raised Cosine
%Parameter desain menggunakan nsamp sebagai
upsample rate, N_SRRRC sebagai
%orde filter dan roll-off factor R_SRRRC
shape = 'Square Root Raised Cosine';
N_Ord = 6; %Genap
R_SRRRC = 0.9; %[0-1]
SRRRC_spec =
fdesign.pulseshaping(nsamp, shape, 'Nsym, Beta', N_Ord, R_SRRRC);
h_SRRRC = design(SRRRC_spec);
flt_delay = h_SRRRC.order/2; %or nsamp*N_Ord
norm_factor = max(h_SRRRC.numerator);
h_SRRRC.numerator = h_SRRRC.numerator/norm_factor;
%Normalisasi filter

```

```

%Jumlah simbol maksimum yang bisa dimuat dalam
satu transmission frame,
%data_sym mencakup CSI dan data yang
ditransmisikan
data_sym = floor((L-(pream_len*nsamp)-txDelay-
flt_delay)/nsamp);

```

```

%Bit stuffing and frame construction
% Bit stuffing adalah memasukan symbol 1 (CSI)
secara periodik dalam 1
% frame transmisi. Fungsi bit stuffing ini
adalah sebagai metode untuk
% melakukan interpolasi dan estimasi kanal pada
penerima. Dalam satu frame
% transmisi akan memiliki total simbol <=
data_sym tergantung dari jumlah
% symbol CSI yang digunakan.
% Representasi grafis bit stuffing:
% |-----data_sym-----|
% CSI - <sub-frames> -- CSI - <sub-frames> --
... - <sub-frames> -- CSI

```

```

%Tentukan jumlah simbol data diantara simbol CSI
sym_size = floor(data_sym/(CSI_syms-1))-1;
%Tentukan total sub-frame data
sub_frame = CSI_syms-1;
%Total panjang frame aktual dengan stuffed bits
fr_len = sub_frame*sym_size + CSI_syms;
%Update nilai data_sym
data_sym = fr_len - CSI_syms;
%Hitung total frame data, hitung padding,
tambahkan bit stuffing
n_frames = ceil(n_spreading/data_sym)

stuff_sym = [upsample(CSI_dat(1:CSI_syms-
1),sym_size+1);CSI_dat(end)];
n_dat_fr = repmat(stuff_sym,1,n_frames);
pad = n_frames*data_sym - n_spreading;
% Tambahkan zero padding pada symbol
n_sym_dat = [data_spreading;zeros(pad,1)];
%Reshape n_sym_dat
n_sym_dat =
reshape(n_sym_dat,data_sym,n_frames);

%Bagi data menjadi beberapa frame, tambahkan bit
stuffing
for ii=1:n_frames
    n_dat_fr(:,ii) =
sym_stuffing(n_dat_fr(:,ii),n_sym_dat(:,ii),sym_
size);
end

%Tambahkan preamble
temp_mat1 = repmat(pream,1,n_frames);
xt_dat = [temp_mat1;n_dat_fr];
data_up = upsample(xt_dat,nsamp);
data_lu= length(data_up);
%Interpolasi, matched filtering, tambahkan
filter delay

```



```

xt_mf_bb =
filter(h_SRRc,[data_up;zeros(flt_delay,n_frames)
]);
xt_mf = zeros(size(xt_mf_bb));
% plot(xt_mf_bb);
%Clear unused variables
clear temp_mat1stuff_symn_sym

%Upconvert semua frame, normalisasi
time = [(0:length(xt_mf)-1)/Fs].';
f = 5e6;
for ii=1:n_frames
    xt_mf(:,ii) =
xt_mf_bb(:,ii).*exp(1i*2*pi*f*time);
    norm_fact = max( [ max(real(xt_mf(:,ii))) ,
max(imag(xt_mf(:,ii))) ] );
%Normalize frame
    xt_mf(:,ii) = xt_mf(:,ii)./norm_fact;
end

```

6. Pengiriman Pada WARP

```

%Initialize
clear all;
close all;
clc;
warning off;

tx;
%Transmisi data melalui WARP 2x2, Mode transmisi
SISO
% Buat Awgn
% snr = 10:5:20;
%% WARP
tx_rf_gain = 0:5:60; %0:63 ~= 0:31 dB
for jj=1:length(tx_rf_gain); %ganti snr =
tx_rf_gain
tx_bb_gain = 1;
% tx_rf_gain = 60; %0:63 ~= 0:31 dB

```

```

rx_bb_gain = 1; %15%1
rx_rf_gain = 1; %3
% Perulangan
[rx_IQ,rx_RSSI,rx_gains]
=warp_transmit(xt_mf,tx_bb_gain,tx_rf_gain(jj),r
x_bb_gain,rx_rf_gain);
% Sekali
% [rx_IQ,rx_RSSI,rx_gains] =
warp_transmit(xt_mf,tx_bb_gain,tx_rf_gain,rx_bb_
gain,rx_rf_gain);

%Kanal AWGN
% rx_IQ=awgn(xt_mf,snr(jj)); %Pengutan jika
penguatan = 0 berarti penguatannya sedikit data
yg diterima semakin banyak error % AWGN
% rx_IQ=xt_mf;
rx;%Initialize
% Num_err = num_err
% BER = BER_SISO

% h =
scatterplot(data_scatterplot(1,:),1,0,'b*');
% hold on;
% scatterplot(data_modulasi(1,:),1,0,'gp',h);
% hold off;
% grid on;
% axis([-2 2 -2 2]);

Num_err(:,jj) = num_err
BER(:,jj) = BER_SISO
End

```

7. Penerimaan Pada WARP

```

%% Sinkronisasi dan Downconvert semua frame
time = ((0:length(rx_IQ)-1)/Fs).';
rx_IQ_disp = rx_IQ;
for ii=1:n_frames
%vco_sig = syn_frame(rx_IQ(:,ii),f,Fs);
vco_sig = exp(1i*2*pi*f*time);

```

```

    rx_IQ(:,ii) = rx_IQ(:,ii).*conj(vco_sig);
end

%Sinkronisasi fasa

%Matched filtering
hrx_SRRC = design(SRRC_spec);
hrx_SRRC.numerator = hrx_SRRC.numerator *
(norm_factor*nsamp);
yt_mf =
filter(hrx_SRRC,[rx_IQ;zeros(flt_delay,n_frames)
]);

yt_rx_data = zeros(size(n_dat_fr));
z_sym = zeros(size(n_sym_dat));
ch_est = zeros(size(n_dat_fr));

%Deteksi simbol pertama pada tiap-tiap frame
for ii=1:n_frames
    temp_vct1 = yt_mf(:,ii);

    %      multip = max([
    max(real(temp_vct1(1:corr_win))) ...
    %      max(imag(temp_vct1(1:corr_win))))];
    %      temp_vct1(1:corr_win) =
    temp_vct1(1:corr_win)./multip;

%Cari korelasi tertinggi
    correlation = abs( (temp_vct1(1:corr_win)')
    * ref_matx );
    pream_start = find(correlation ==
max(correlation));
    %      pream_start = 49;
    first_sample = pream_start+length(pream_up);

%Downsampling
    temp_vct2 = temp_vct1(first_sample:end);

```



```

%Determine Maximum likelihood first optimum
sampling point
%ML_samp = ML_first_sym(temp_vct2,nsamp);
%Start sampling at initial point
    temp_vct3 =
downsample(temp_vct2(1:end),nsamp);

%Trim
    temp_vct3 = temp_vct3(1:fr_len); %data
informasi yang masih ada csi

%Save trimmed vector
    yt_rx_data(:,ii) = temp_vct3;

%Estimasi kanal
    ch_est(:,ii) =
estimate_chan(yt_rx_data(:,ii),sym_size);
%ch_e = conj(ch_est(:,ii))./(
abs(ch_est(:,ii)).^2 );

%Hasil kali yr_rx_data dengan konjugat dari
estimasi kanal
%    yt_rx_data(:,ii) = yt_rx_data(:,ii).*exp(-
1i*angle(ch_est(:,ii)));

%Received symbols:
    temp_vct3 =
yt_rx_data(:,ii).*conj(ch_est(:,ii));
%    temp_vct32 =
yt_rx_data2(:,ii).*conj(ch_est2(:,ii));
    multip = [abs(ch_est(:,ii)).^2];
%    multip = sum(multip,2);
    yt_rx_data(:,ii) = (temp_vct3)./multip;

%Symbol de-stuffing
    temp_vct3 =
sym_destuffing(yt_rx_data(:,ii),sym_size);

```

```

%Potong semua frame CSI, kumpulkan hasil data
pada matriks tertentu
    z_sym(:,ii) = temp_vct3;
end

% %Save memory
% clear temp_vct1 temp_vct2 temp_vct3
% Save more memory

%Ubah yt_rx_data menjadi vektor, potong yt_syms
yt_syms = reshape(z_sym,[],1);
yt_syms2 = (yt_syms(1:n_spreading)); %hilangkan
zerro padding
yt_syms3 = (reshape((yt_syms2),lm,[]));
nilai_eb(:,jj) = yt_syms2.';

```

8. Despreading

```

%% Despreading
%yt_syms = reshape(yt_syms,user,[]);
% %multiuser pada TX
% user_rx = 3; %data user ke " " yang dipilih
untuk diterima
% data_terima =
reshape((yt_syms(user_rx,:).'),N,[]);
% data_despreading =
(GenCodeGold(13,:)*data_terima);

% matrik_use_tukar= matrik_use.' % PN code
direshape 1x16 menjadi 16x1
% despreading = kanal * matrik_use_tukar %
100x16 dikali 16x1
% bagi_panjang = despreading/length(matrik);
% ubah =bagi_panjang.'
% data_despreading= ((data_terima)/16).'
% data_yg_akan_di_demod = data_despreading/16;
%data_terima = reshape((yt_syms. '), lm, []).';

%despreading;

```

```

% data_despreading = reshape((yt.'),1,[]);
%melakukan despreading dengan metode pemisahan
data yang awalnya telah
%dijumlah
for k=1:user;
    data_despread(k,:)= (matrik(k+2,:) *
yt_syms3);
end
data_despreading = real(data_despread);
data_scatterplot = data_despread

```

9. Demodulasi

```

%% Demodulasi
%melakukan demodulasi(lanjutan proses
despreading metode pemisahan)
for j=1:user
    data_demodulasi = data_despreading(j,:);
    for i=1:input
        if data_demodulasi(:,i) < 0
            hasil = 0;
        else
            hasil = 1;
        end
        hasil_terima(:,i) = hasil;
    end
    hasil_data(j,:) = hasil_terima;
end
data_output = hasil_data;

```

10. BER

```

%% CHECK BIT ERROR
% i=1;
% [num_err, BER_SISO] =
biterr(data_terima_akhir(1,:),data_input(1,:))
for ik=1:user

```




```
% [num_err, BER_SISO] =  
biterr(data_terima_akhir(1,:),data_input(1,:))  
[num_err(ik,:), BER_SISO(ik,:)] =  
biterr(data_output(ik,:),data_input(ik,:));  
End% end
```



[Halaman ini sengaja dikosongkan]



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

Implementation and Performance Evaluation Of Walsh Hadamard Code In Code Division Multiple Access (CDMA) Using Wireless Open-Access Research Platform (WARP)

Name : Fadhila Andam Dewi
Supervisors : Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
Dr. Ir. Suwadi, MT.

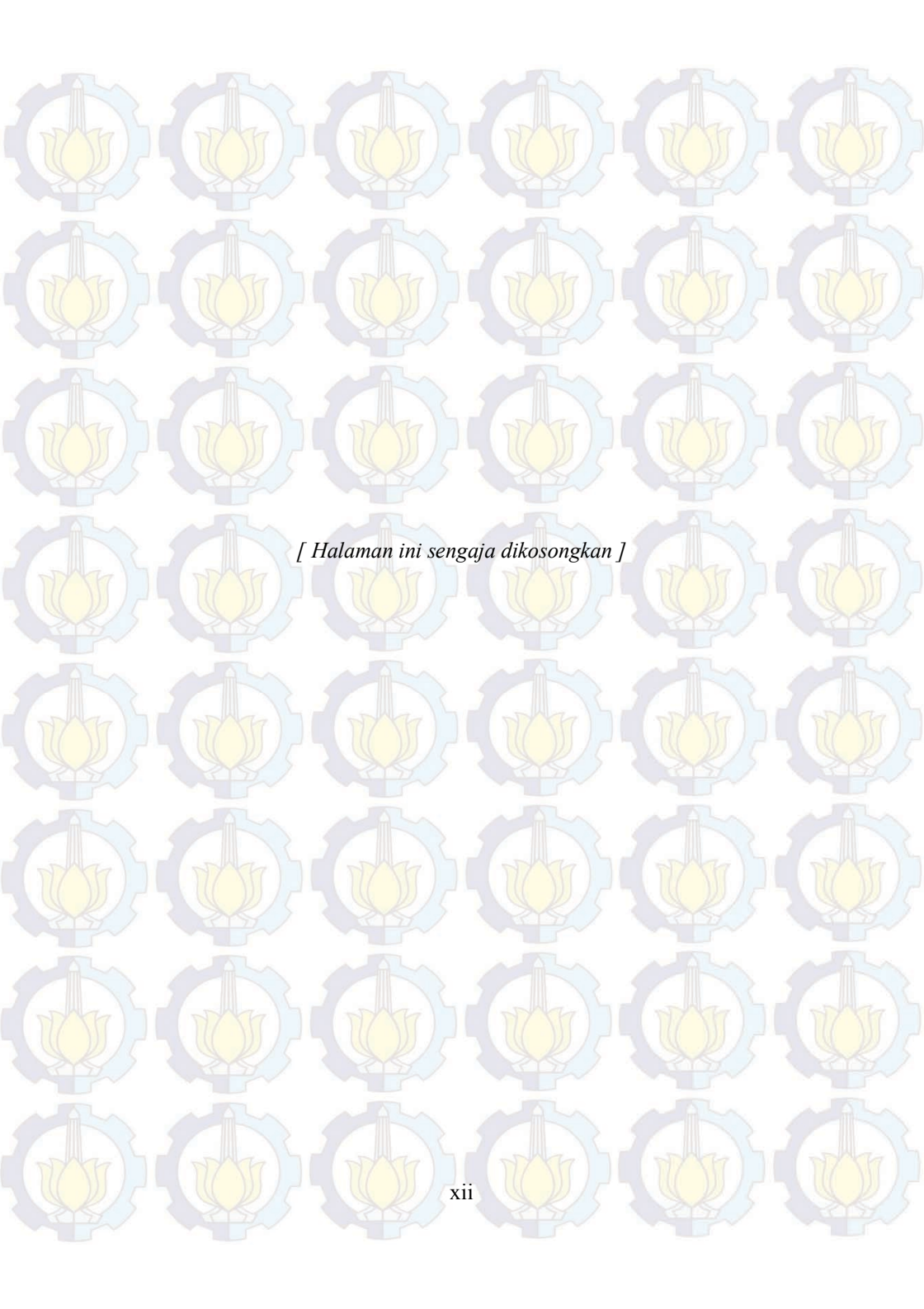
ABSTRACT

The development of mobile communications technology in the future mostly relies on Code Division Multiple Access (CDMA), where each user is using the same frequency at the same time but use unique passwords that are orthogonal. These ciphers differentiate between the user with other users.

Delivery users using the same frequency at the same time can cause the user Multi Inteferece. One system that can solve the problem is Walsh Hadamard who have orthogonal properties. This system can be implemented in the Wireless Open-Access Research Platform (WARP), which is one of the types of Software Define Radio (SDR). With WARP can be seen in real system performance on the wireless channel. WARP module is able to be programmed directly with MATLAB software, so that the baseband system modeling, the sender and receiver passband can be done easily.

Results of the implementation and measurement shows that the value of BER effect on the number of users who sent because when the number of users that sent more value the greater the BER. While in terms of BER values within a distance where the effect on the change in value would be better at a distance than the distance 5meter 3meter and 7meter. Such as when the transmit power -35 dbm BER value when 3 meter 0.0093, a distance of 5 meters and 7 meters 0024 0275.

Keyword : Bit Error Rate , CDMA, Software Defined Radio, Walsh Hadamard, Wireless Open-Access Research Platform.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

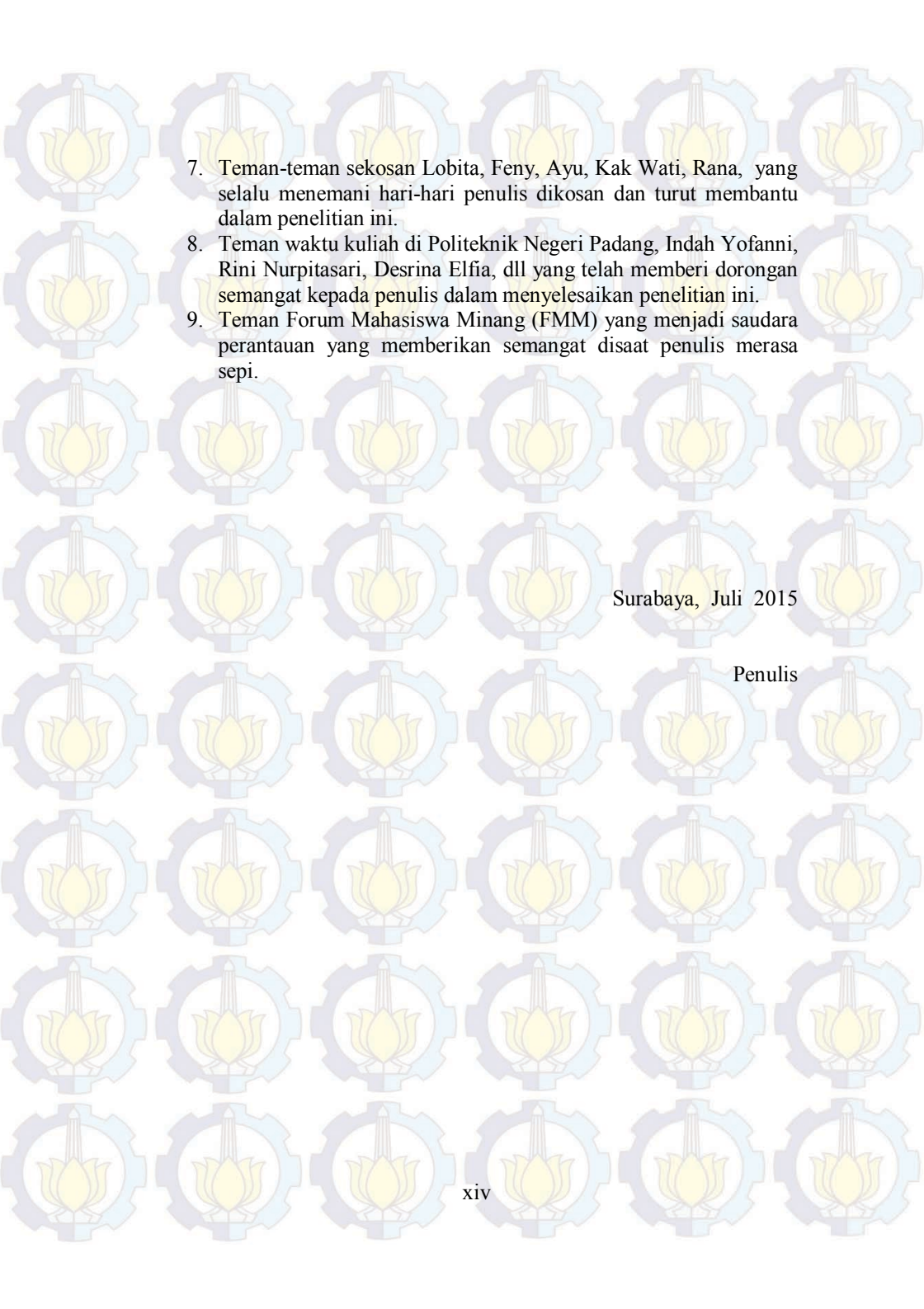
KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan YME, atas segala kasih dan berkat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir dan penelitian dengan judul :

Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode *Walsh Hadamarad* Pada *Division Code Multiple Access (CDMA)* menggunakan *Wireless Open-Access Research Platform (WARP)*

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan program strata 1 pada jurusan teknik elektro, fakultas teknologi industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada beberapa pihak yang sudah membantu, antara lain :

1. Kedua orangtua, Munasri dan Atiyanti, SPd. , Adikku Farhan Febrian S.P , Fauzan Budi Mulia S.Pd , Farah Najma Alia yang telah memberikan dorongan semangat dan mimpi-mimpi kelak dalam kehidupan sehingga penulis menjadi lebih bersemangat
2. Ibu Dr. Ir.Titiek Suryani, MT., dan Bapak Dr. Ir. Suwadi, MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bantuan teknis ketika penulis mengalami permasalahan dalam penelitian.
3. Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS dan Bapak Ibu dosen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis.
4. Teman-teman Laboratorium Komunikasi Multimedia B-304, Ariadna Najmy, Afridani Satiawan, Nadya Noor Oktarini, Amilatul Husna, Rina Asmorowati, Ifa afidah Rosuliya, Silvi Oktavia N.S, Mas Galih Permana Putra, Amelia Puspasariyang selalu membantu penulis saat melakukan perancangan dan pengukuran sehingga pekerjaan menjadi terasa lebih ringan.
5. Teman-teman Lab B-306, Dwi Indah Setiani, Gustadewi Haryuni Premiaswari, Nurman Khakim, yang telah memberikan masukan dalam penelitian ini.
6. Teman-teman yang lain, Frezza Oktaviana yang telah turut membantu dalam pengerjaan penelitian ini.

- 
7. Teman-teman sekosan Lobita, Feny, Ayu, Kak Wati, Rana, yang selalu menemani hari-hari penulis dikosan dan turut membantu dalam penelitian ini.
 8. Teman waktu kuliah di Politeknik Negeri Padang, Indah Yofanni, Rini Nurpitasari, Desrina Elfia, dll yang telah memberi dorongan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
 9. Teman Forum Mahasiswa Minang (FMM) yang menjadi saudara perantauan yang memberikan semangat disaat penulis merasa sepi.

Surabaya, Juli 2015

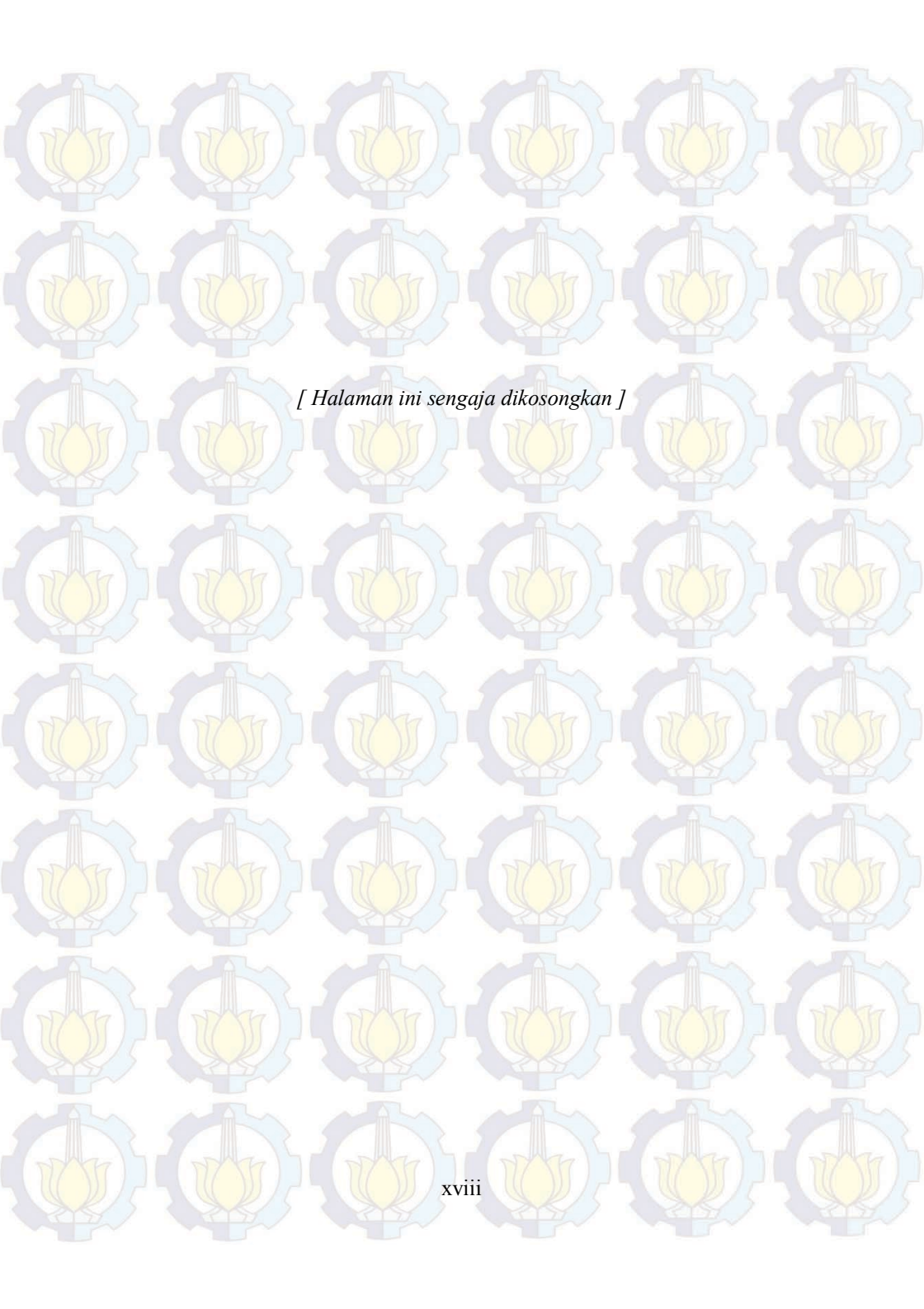
Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Metodologi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Manfaat	4
BAB II	5
TEORI PENUNJANG	5
2.1 <i>Code Division Multiple Access (CDMA)</i>	5
2.2 <i>Pseudo Noise (PN) Code</i>	8
2.3 Kode Walsh-Hadamard	9
2.4 Ortogonalitas	10
2.5 Multiple Acces	11
2.6 Parameter Sinyal PN	11
2.6.1 <i>Korelasi Diri (Autokorelasi)</i>	11
2.6.2 Fungsi Cross Correlation	12
2.7 Bit Rate	13
2.8 Chip rate	13
2.9 Modul BPSK	13
2.9.1 BER Pada Modulasi BPSK	14
2.10 Software Defined Radio	15
2.11 Wireless Open Access Research Platform (WARP)	15
2.11.1 Hardware WARP	15
2.11.1.1 FPGA Board	16
2.11.1.2 Radio Board	16
2.11.1.3 Clock Board	17

2.11.2 WARPLab.....	19
BAB III.....	21
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM.....	21
3.1 Pendahuluan.....	21
3.2 Integrasi <i>Personal Computer</i> dengan Modul WARP.....	23
3.3 Skenario Penelitian.....	26
3.3.1 Skenario Pengukuran.....	26
3.4 Desain Sistem Komunikasi Pada WARP.....	28
3.4.1 Proses Pada Blok Desain Transmitter.....	30
3.4.1.1 Pembangkitan Bit Informasi.....	30
3.4.1.2 Mapping.....	31
3.4.1.3 Pembangkitan PN Kode Hadamard.....	32
3.4.1.4 Spreading.....	34
3.4.1.5 Penambahan Pilot Untuk Estimasi Kanal.....	35
3.4.1.6 Desain Frame.....	35
3.4.1.7 Penambahan Preamble Untuk Timing Synchronization.....	36
3.4.1.8 Upsample.....	37
3.4.1.9 Upconvert.....	39
3.4.2 Proses Pengiriman Dengan WARP.....	40
3.4.2.1 Downconvert.....	41
3.4.2.2 Match Filter.....	41
3.4.2.3 Remove preamble, Downsample Remove Pilot.....	42
3.4.2.4 Despreading.....	43
3.4.2.5 Demapping.....	44
3.5 Pada Kanal.....	44
3.5.1 Kanal Nirkabel.....	44
3.6 Perhitungan Nilai Eb/No.....	46
BAB IV.....	49
HASIL DAN ANALISA DATA.....	49
4.1 Skenario Pengujian.....	49
4.2 Analisis kinerja sistem terhadap <i>Multiuser Inteferece</i>	50
4.3 Analisis kinerja Sistem Terhadap Perubahan Jarak.....	53
4.4 Analisis kinerja sistem terhadap <i>Hadamard</i> 16,32,64.....	55
4.5 Analisa BER Terhadap Eb/No.....	60
4.5.1 Multiuser Hadamard.....	60
4.5.2 Perbandingan Hadamard 16,32 dan 64.....	62
4.6 Pengukuran Spektrum Sinyal Tanpa Dengan Direct Sequence Spread Spectrum Dengan Spectrum Analyzer.....	64

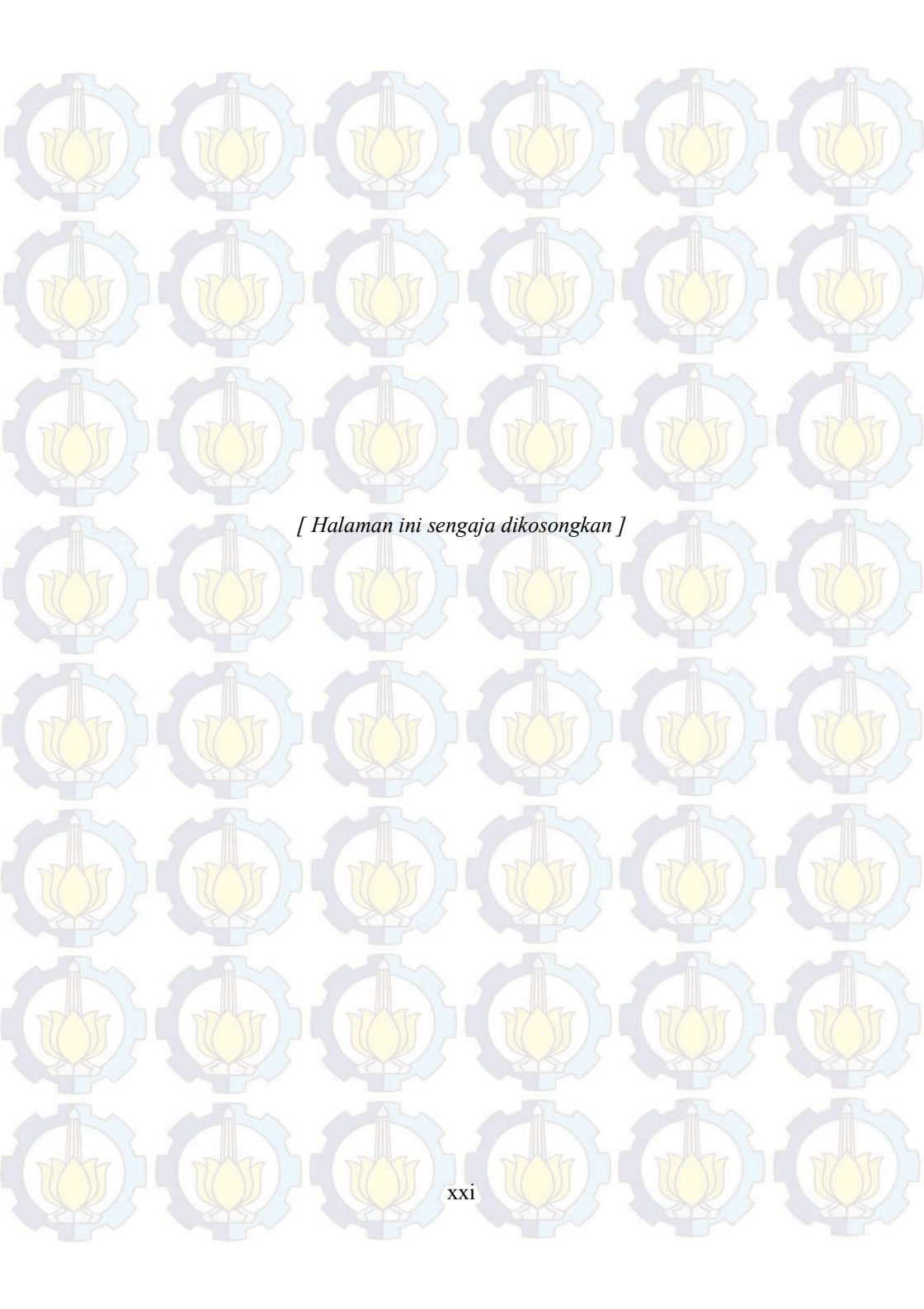
4.6.1 Spektrum Sinyal Tanpa Sinyal DS-SS	64
4.6.2 Spektrum Sinyal Dengan Sinyal DS-SS	66
BAB V	69
PENUTUP	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN A	73
PROPOSAL	73
LAMPIRAN B	75
LISTING PROGRAM	75
RIWAYAT HIDUP PENULIS	89



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel3. 1 Desain parameter sistem komunikasi	29
Tabel3. 2 Parameter desain <i>raised cosine filter matched filter</i>	37
Tabel 4. 1 BER saat Pengiriman 4 User Hadamard 16 bersamaan 50	
Tabel 4. 2 BER saat Pengiriman 6 User Hadamard 16 bersamaan52	
Tabel 4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak berbeda	54
Tabel 4. 4 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 3 meter.....	56
Tabel 4. 5 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 5 meter.....	57
Tabel 4. 6 Data pengukuran 1User Hadamard dalam 7meter.....	57
Tabel 4. 7 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 7 meter.....	60
Tabel 4. 8 Data Simulasi Hadamard 16,32 dan 64	62



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

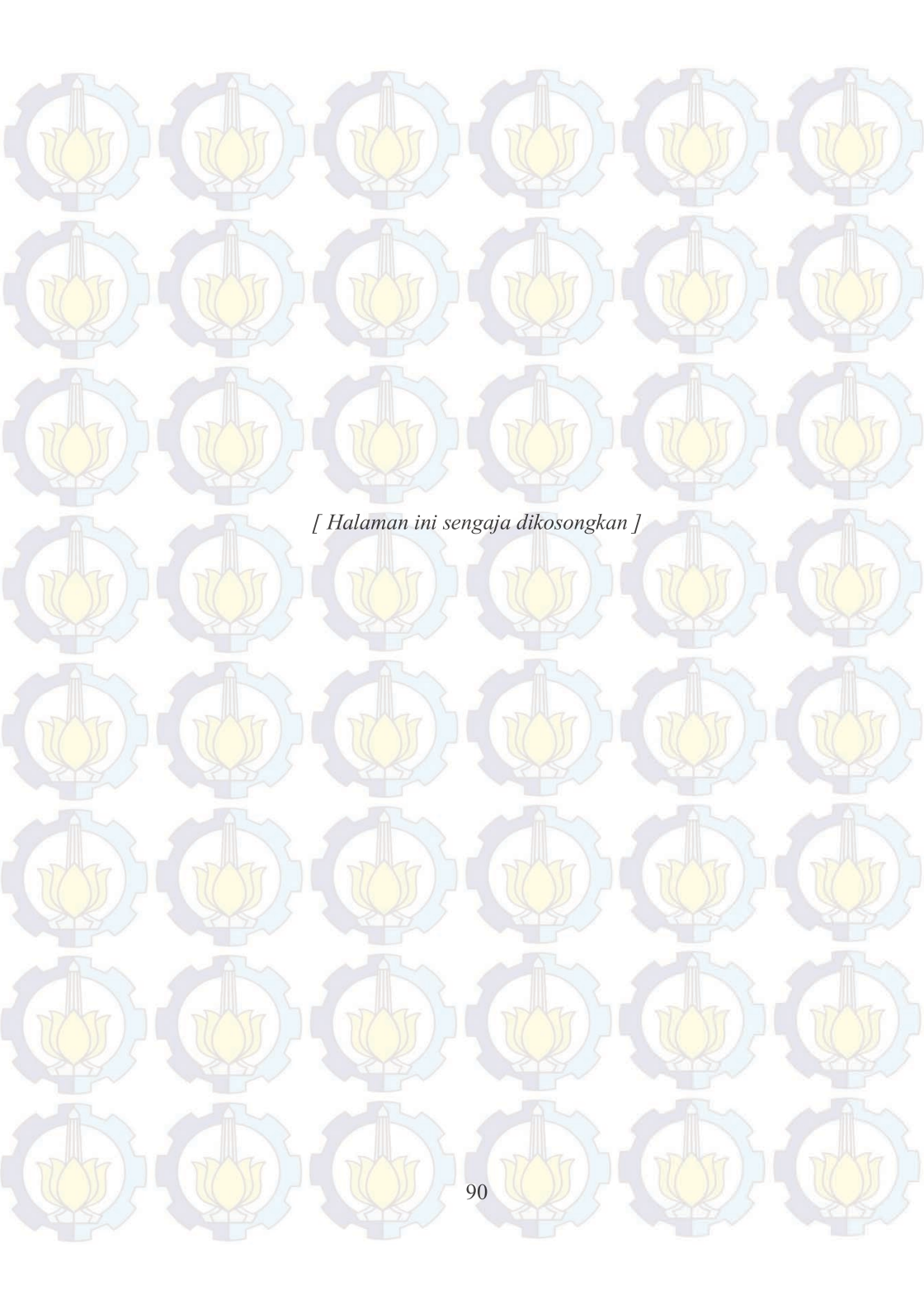
Gambar 2. 1 Kanal FDMA, TDMA, CDMA	5
Gambar 2. 2 Blok Diagram CDMA [3]	6
Gambar 2. 3 Proses Perkalian dengan PN code.....	8
Gambar 2. 4 Autokorelasi.....	12
Gambar 2. 5 Konstelasi modulasi BPSK	14
Gambar 2. 6 Arsitektur <i>hardware</i> WARP [10].	16
Gambar 2. 7 Modul WARP [10].	17
Gambar 2. 8 <i>Radio Board</i> [10].....	17
Gambar 2. 9 Arsitektur <i>radio board</i> [10].....	18
Gambar 2. 10 <i>Clock board</i> [10].....	18
Gambar 2. 11 Logic clock board [7].....	18
Gambar 2. 12 <i>Radio clock board</i> [10].	19
Gambar 2. 13 Arsitektur WARPLab[10]	19
Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan sistem.....	22
Gambar 3. 2 Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO Pada WARP	23
Gambar 3. 3 Pengaturan <i>IP Address</i>	24
Gambar 3. 4 <i>Cmd</i>	24
Gambar 3. 5 Kondisi Ping antara <i>Node 3</i> dan <i>Node 4</i>	25
Gambar 3.6 Indikator Keberhasilan Koneksi WARP dengan PC	25
Gambar 3. 7 Skenario Pengukuran.....	26
Gambar 3. 8 TxOutput Power vs Gain Setting MAX2829 [9]	27
Gambar 3. 9 Gain RX <i>Baseband</i> pada MAX2829 [6]	28
Gambar 3. 10 Blok desain implementasi sistem <i>transmitter</i>	29
Gambar 3. 11 Blok desain implementasi sistem <i>receiver</i>	30
Gambar 3.12 Bit yang dibangkitkan Quadrature dan Inphase.....	30
Gambar 3. 13 Sinyal hasil modulasi BPSK.....	31
Gambar 3. 14 Diagram konstelasi BPSK.....	31
Gambar 3. 15 Gambar data input 3 user	32
Gambar 3. 16 Gambar kode Hadamard 8.....	33
Gambar 3. 17 Hasil proses <i>spreading</i> data user	33
Gambar 3. 18 Hasil penambahan semua user.....	34
Gambar 3. 19 Hasil proses <i>despreading</i> data user.....	34
Gambar 3. 20 Hasil proses <i>spreading</i>	35
Gambar 3. 21 Susunan <i>pilot</i> dan symbol	35
Gambar 3. 22 Struktur <i>Frame</i> Komunikasi.....	36

Gambar 3. 23 Setelah penambahan preamble Quadrature Inphase	37
Gambar 3. 24 Hasil filter SRRC	38
Gambar 3. 25 (a) Hasil Filer SRRC pada simbol inphase.....	38
Gambar 3. 26 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah di <i>upcovert</i> ..	39
Gambar 3. 27 Sinyal yang upconvert Quadrature dan Inphase.....	40
Gambar 3. 28 Sinyal diterima setelah downconvert Quadrature ...	41
Gambar 3. 29 Pendektesiann Simbol <i>Preamble</i>	42
Gambar 3. 30 Hasil proses downsample.....	43
Gambar 3. 31 Hasil Despreading.....	43
Gambar 3. 32 Kondisi kanal <i>nirkabel indoor jarak= 3meter</i>	44
Gambar 3. 33 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 5 meter	45
Gambar 3. 34 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 7 meter	45
Gambar 3. 35 Konstelasi BPSK	47
Gambar 3. 36 Kordinat Inphase	47
Gambar 3. 37 Variansi Noise.....	48
Gambar4. 1 Grafik BER saat Pengiriman 4 User bersamaan	51
Gambar4. 2 Grafik BER saat Pengiriman 6 User bersamaan.....	52
Gambar4. 3 BER User 4 Hadamard 16 jarak yang berbeda.....	55
Gambar4. 4 Grafik BER 1 User Hadamard dalam 3 meter.....	56
Gambar4. 5 Grafik BER 1 user Hadamard dalam 5 meter	58
Gambar4. 6 Grafik BER 1User Hadamard dalam7 meter.....	59
Gambar4. 7 Grafik BER User 1 Dalam Berbagai Pengiriman	62
Gambar4. 8 Grafik BER 1 user Hadamard	63
Gambar4. 9 Bandwidth <i>passband</i> 15 Mhz.....	65
Gambar4. 10 Frekuensi <i>Center</i> 24446.6 Mhz	65
Gambar4. 11 Bandwidth <i>passband</i> 15 Mhz	66
Gambar4. 12 Frekuensi <i>Center</i> 2.447 Ghz.....	67

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Fadhila Andam Dewi adalah anak pertama dari empat bersaudara yang lahir di Padang, Sumatera Barat, 7 Januari 1990. Mengawali pendidikan di SD Baiturrahmah Padang, yang lulus pada tahun 2002. Melanjutkan ke SMP Negeri 7 Padang, yang lulus pada tahun 2005, kemudian melanjutkan ke SMA Negeri 12 Padang dan lulus pada tahun 2008. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan Diploma-III di Politeknik Negeri Padang dan lulus pada tahun 2011. Penulis merasa harus melanjutkan pendidikan sehingga memutuskan untuk melanjutkan ke jenjang Sarjana dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada bulan 2013 melalui program Lintas Jalur, dan mengambil bidang studi Telekomunikasi Multimedia. Email fadhilaandamdewi0701@gmail.com



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi komunikasi bergerak di masa yang akan datang banyak bertumpu pada *Code Division Multiple Access* (CDMA), dimana setiap pengguna menggunakan frekuensi yang sama dalam waktu bersamaan tetapi menggunakan sandi unik yang saling *orthogonal*. Sandi-sandi ini membedakan antara pengguna satu dengan pengguna yang lain. Pengiriman setiap pengguna secara bersamaan akan mengakibatkan terjadinya MUI (*Multi user Inteferece*). Efek MUI akan menimbulkan kesalahan informasi yang diterima oleh user, sehingga dapat menurunkan unjuk kerja sistem. Untuk itu digunakan sandi unik yang saling *orthogonal*.

Ada bermacam-macam kode PN , yaitu *M-sequences*, kode Gold, kode Kasami, dan kode Walsh Hadamard. Tiap kode PN mempunyai karakteristik berbeda-beda, seperti autokorelasi dan korelasi silang yang berbeda-beda. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem keseluruhan. Kode Walsh Hadamard yang memiliki sifat *orthogonal* satu sama lain dan digunakan sebagai penyandi kanal untuk memberikan identitas yang berbeda pada tiap pengguna. Korelasi silang dari kode Walsh Hadamard dapat juga bernilai tidak nol dan tidak sinkron yang menyebabkan pengguna dapat berinterferensi satu sama lain.

Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan CDMA pada *Wireless Open Access Research Platform* (WARP) menggunakan kode Walsh Hadamard dengan bantuan *software* MatLab. WARP yang merupakan salah satu dari perangkat yang bisa digunakan untuk implementasi proses pengiriman dan penerimaan sinyal informasi. Hasil yang diharapkan adalah mengetahui evaluasi kinerja BER terhadap jumlah user yang bisa dilayani secara bersamaan sehingga menghasilkan MUI yang dapat ditoleransi.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang diharapkan untuk ditemukan solusinya melalui tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh kode Walsh Hadamard terhadap kinerja CDMA
2. Pengaruh MUI terhadap pertambahan jumlah user
3. Performansi sistem yang diamati adalah *Bit Error Rate* (BER)

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang ada, maka dalam Tugas Akhir ini akan dibatasi seperti:

1. Matlab yang digunakan merupakan matlab versi 2011.
2. WARP yang digunakan merupakan WARP versi 7.
3. Modulasi yang digunakan yaitu BPSK
4. Kode penyebar yang digunakan adalah *Walsh Code* 16,32 dan 64
5. Pengukuran dilakukan dalam kanal real dengan jarak 3,5,7 meter
6. Daerah pengukuran dibatasi dalam lingkungan *indoor*
7. Analisa berdasarkan nilai *Bit Error Rate* (BER) yang didapatkan

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat yang diharapkan tercapai setelah selesainya tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui prinsip kerja kode Walsh Hadamard terhadap CDMA.
2. Mengetahui kualitas kerja kode Walsh Hadamard jika diimplementasikan dengan menggunakan WARP

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur yaitu dengan mengumpulkan bahan dan mempelajari buku-buku yang berkaitan dengan tugas akhir ini seperti simulasi sistem komunikasi Walsh Hadamard, desain teknik modulasi digital, referensi pemrograman modul WARP, referensi WARPLab. Desain teknik modulasi digital, referensi pemrograman modul WARP, referensi WARPLab.

2. Perumusan parameter yang digunakan untuk menunjukan kualitas unjuk kerja sistem komunikasi, dirumuskan dan ditentukan metode pengukurannya. Pada tahapan ini, akan ditentukan misalnya, band frekuensi pengukuran, informasi yang akan dipancarkan, jumlah-jumlah bit yang akan ditransmisikan, kondisi frame yang dipancarkan, proses pengukuran kanal, Parameter yang diambil sebagai acuan performansi adalah *Bit error rate* (BER).
3. Simulasi sistem komunikasi, akan dilakukan pada MATLAB untuk mengetahui algoritma yang digunakan agar sesuai dengan teori sistem komunikasi.
4. Tahap perancangan dan implementasi, pada tahap ini dilakukan perancangan sistem modulasi dan demodulasi sistem serta integrasi antara software WARPLab versi 7 dan hardware sehingga sistem yang telah dibuat dapat diimplementasikan kedalam modul WARP dengan kondisi kanal yang *real*.
5. Tahap pengujian sistem dan analisa, pada tahapan ini sistem yang
6. sudah dirancang akan diimplementasikan secara *real* kedalam software WARPLab versi 7 sehingga dapat berfungsi sebagai *modulator*, *demodulator*, maupun *transceiver*.
7. Dokumentasi penelitian adapun dalam tahapan akhir ini meliputi pembuatan laporan yang dibuat berupa buku tugas akhir dan jurnal ilmiah yang telah sesuai dengan format yang berlaku.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab dengan rincian :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang berkaitan dengan pengerjaan dan penyusunan, serta hasil yang diinginkan dalam tugas akhir ini.

BAB II : DASAR TEORI

Dikemukakan berbagai macam dasar teori yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori tentang modulasi dan

demodulasi sistem, konsep WARPLab 7 serta modul WARP.

BAB III : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASISISTEM
Berisi tentang tahap-tahap perancangan sistem modulasi dan demodulasi sistem dan penambahan *user* pada sistem, integrasi *software* MATAB dengan WARP Lab versi 7 dan *hardware*, dan implementasi sistem pada modul WARP.

BAB IV : PENGUKURAN DAN ANALISA SISTEM
Pada bab ini dibahas mengenai pengukuran dari sistem yang telah diimplementasikan dan analisa data berdasarkan parameter yang ditetapkan.

BAB V : PENUTUP
Berisi tentang kesimpulan dan saran yang diperoleh dalam tugas akhir ini..

1.7 Manfaat

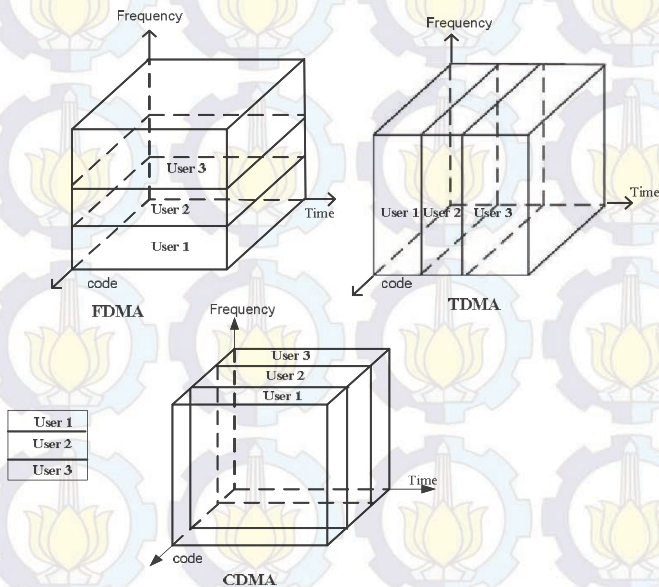
Manfaat yang diharapkan tercapai pada proses penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kendala dalam proses desain sisem komunikasi dan mampu menyelesaikannya.
2. Memahami kualitas kerja kode Walsh Hadamard jika diimplementasikan dengan menggunakan WARP
4. Mengetahui MUI terhadap pertambahan jumlah user

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 *Code Division Multiple Access (CDMA)*

CDMA mengubah mengubah sistem komunikasi yang berbasis analog menjadi sistem komunikasi yang berbasis digital. Pada komunikasi konvensional pembagian kanal komunikasi menggunakan proses pemfilteran didalam domain frekuensi atau yang biasa disebut dengan *Frequency Division Multiple Access* (FDMA), atau pembagian kanal komunikasi berdasarkan waktu atau *Time Division Multiple access* (TDMA). User pada CDMA menggunakan waktu dan frekuensi secara bersamaan. Untuk membedakan setiap kanal atau pengguna maka digunakan kode yang unik yang juga digunakan untuk melebarkan sinyal, sehingga dapat menghemat penggunaan kanal komunikasi dibawah ini adalah beberapa kelebihan sistem CDMA.



Gambar 2. 1 Kanal FDMA, TDMA, CDMA

Setiap user pada CDMA akan memperoleh kode PN sendiri. Sinyal informasi akan dikirimkan dalam bentuk deretan *spreading*. Pemilihan kode yang digunakan sangat penting, karena nilai autokorelasi dan nilai korelasi silang serta panjang periode dari kode PN memiliki pengaruh. Kode *spreading* yang orthogonal merupakan suatu keunggulan, karena kode-kode tersebut mengurangi MAI.

CDMA menggunakan sistem spread spectrum adalah teknik akses yang memungkinkan beberapa sinyal menduduki bandwidth RF yang sama untuk dikirimkan secara bersamaan tanpa mengganggu satu sama lain. Dalam skema ini, masing-masing pengguna N diberikan kode sendiri, $g_i(t)$ dimana $i = 1, 2, \dots, N$. Kode user bersifat orthogonal, sehingga korelasi silang antar dua kode yang berbeda sama dengan nol. Keuntungan dari sistem CDMA adalah semua user dapat saling berbagi spectrum penuh.

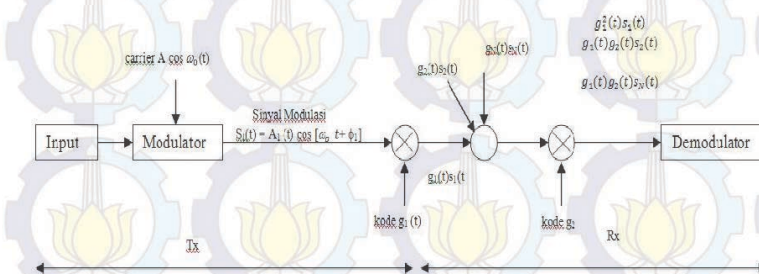
Blok diagram CDMA dapat dilihat pada gambar dibawah, blok pertama menunjukan ilustrasi dari data modulasi *carrier*, $A_1 \cos \omega_0 t$. Output dari data modulator adalah data user 1 yaitu

$$S_1(t) = A_1(t) \cos [\omega_0 t + \Phi_1(t)] \quad (2.1)$$

Dimana : $A_1 \cos \omega_0 t$ = data modulasi *carrier*

$S_1(t)$ = user 1

$g_i(t)$ = kode PN user 1



Gambar 2. 2 Blok Diagram CDMA [3]

Kemudian data sinyal modulasi akan dikalikan dengan sinyal spreading user 1 $g_1(t)$, dan dihasilkan sinyal $g_1(t)s_1(t)$ yang ditransmisikan melalui kanal. Secara simultan user 2 sampai user ke-N sinyal mereka kalikan dengan fungsi kode mereka sendiri. Biasanya, setiap fungsi kode dirahasiakan, dan penggunaannya terbatas pada komunitas pengguna yang berwenang. Sinyal pada penerima adalah kombinasi linier dari masing-masing pengguna. Dengan mengabaikan penundaan sinyal, kita menunjukkan kombinasi linier ini sebagai

$$\mathbf{s}(t) = \mathbf{g}_1(t)\mathbf{s}_1(t) + \mathbf{g}_2(t)\mathbf{s}_2(t) + \mathbf{g}_3(t)\mathbf{s}_3(t) + \dots + \mathbf{g}_N(t)\mathbf{s}_N(t) \quad (2.2)$$

Perkalian $s_1(t)$ dengan $g_1(t)$ menghasilkan sinyal spektrum yang merupakan konvolusi dari spektrum $s_1(t)$ dengan spektrum $g_1(t)$. Asumsikan juga bahwa kode $g_1(t)$ dihasilkan pada penerima, disinkronkan dengan sinyal penerima pengguna pertama. tahap pertama dari penerima mengalikan persamaan sinyal yang masuk oleh $g_1(t)$. Output dari perkalian akan menghasilkan sinyal yang diinginkan (autokorelasi) adalah :

$$R_C = \mathbf{g}_1^2(t)\mathbf{s}_1(t) \quad (2.3)$$

Ditambahkan sinyal yang tidak diinginkan (cross korelasi) :

$$R_{CC} = \mathbf{g}_1(t)\mathbf{g}_2(t)\mathbf{s}_2(t) + \mathbf{g}_1(t)\mathbf{g}_3(t)\mathbf{s}_3(t) + \mathbf{g}_1(t)\mathbf{g}_4(t)\mathbf{s}_4(t) + \dots + \mathbf{g}_1(t)\mathbf{g}_N(t)\mathbf{s}_N(t) \quad (2.4)$$

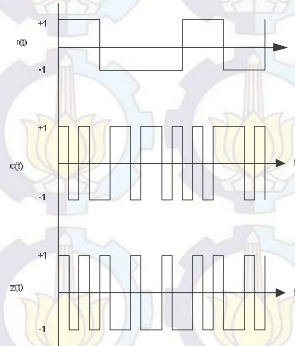
fungsi kode g_1 dipilih dengan sifat orthogonal, sinyal yang diinginkan dapat diperoleh dengan sempurna tanpa adanya noise karena $\int_0^T g_1^2(t) dt = 1$, sinyal yang tidak diinginkan dan mudah ditolak karena $\int_0^T g_i(t)g_j(t) dt = 0$ dengan nilai $i \neq j$, nilai i dan j adalah bilangan integer positif. Dalam praktek, kode tidak sepenuhnya orthogonal, maka korelasi silang antara kode pengguna menyebabkan penurunan kinerja yang membatasi jumlah maksimum pengguna secara simultan.

2.2 Pseudo Noise (PN) Code

Pada CDMA sinyal di-*spreading* dengan cara mengalikan dengan *Pseudo-Noise code* (PN code). Kode PN adalah rangkaian bit dengan kecepatan tinggi yang bernilai polar dari 1 ke -1 atau non polar 1 ke 0. Kode PN yang mempunyai satuan chip, merupakan sinyal penyebar sinyal informasi dan digunakan untuk membedakan antara kanal/pengguna satu dengan yang lainnya. Pemilihan kode PN harus dilakukan dengan hati-hati dengan memperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut:

- Harus berbeda antara satu dengan yang lain, tetapi yang digunakan pada sisi pengirim dan pada sisi penerima harus sama.
- Harus acak, tetapi memiliki pola tertentu
- Mempunyai autokorelasi yang baik
- Harga korelasi silang yang rendah. Dengan semakin rendah harga korelasi silang maka jumlah kanal dalam satu pita frekuensi semakin tinggi.

Pemakaian sejumlah *chip* kode ini dimaksudkan untuk mendapat sinyal-sinyal dalam bit-bit kecil dalam kode PN dari sinyal asli. Hal ini dengan mengalikan sinyal asli termodulasi dengan kode PN berkecepatan tinggi yang akan membagi sinyal menjadi bit-bit kecil, oleh karena itu lebar band menjadi bertambah. Pelebaran bandwidth yang terjadi akibat proses *spreading* berbanding lurus dengan jumlah *chip* yang digunakan.



Gambar 2. 3 Proses Perkalian dengan PN code

Pada gambar 2.3, sinyal paling atas adalah bit data. Bit data tersebut dikalikan dengan kode PN yaitu ditengah yang akan menghasilkan sinyal *spreading* di bagian bawah. Bila bit data bernilai 1 maka sinyal keluaran memiliki bentuk sama dengan kode PN. Bila bit data bernilai 0 maka sinyal keluaran memiliki bentuk berlawanan dengan kode PN.

2.3 Kode Walsh-Hadamard

Kode Walsh Hadamard merupakan kode orthogonal yang dipergunakan untuk memisahkan kanal-kanal untuk sistem CDMA. Sebuah simbol Walsh adalah sebuah baris atau kolom yang ada pada *hadamard* matriks. Setiap simbol Walsh terdiri atas chip-chip Walsh, dikarenakan matriks Hadamard berukuran $M \times M$ dimana $M = 2^a$ dan a panjang data input Walsh maka setiap simbol Walsh memiliki panjang M bit dan total simbol Walsh dalam matriks Hadamard adalah sebanyak M simbol. Karakteristik dari matriks Hadamard adalah antar baris atau antar kolom saling orthogonal. Dengan kata lain korelasi antar baris atau antar kolom menghasilkan nilai sama dengan nol. Hal tersebut dapat di jelaskan sebagai berikut.

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Dalam hal ini diambil elemen-elemen yang ada pada baris 2 dan baris 3. Melalui perhitungan berikut dapat dilihat bahwa baris 2 dan 3 saling orthogonal.

$$1 \times 1 + -1 \times 1 + 1 \times -1 + -1 \times -1 = 1 + (-1) + (-1) + 1 = 0$$

Dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa perkalian antar elemen yang bersesuaian (baris yang berbeda tetapi kolom yang sama) menghasilkan nilai 0. Korelasi antar pasangan baris berbeda menghasilkan nilai 0 dimana ini menunjukan bahwa antar baris berbeda pada matriks Hadamard adalah saling orthogonal. Hal yang sama juga berlaku untuk korelasi antar kolom berbeda pada matriks Hadamard. Dengan memperhatikan karakteristik dari matriks

Hadamard ini maka simbol Walsh yang berbeda adalah juga saling orthogonal karena kumpulan simbol Walsh dibentuk dari matrik Hadamard.

Kode Walsh Hadamard dibangkitkan dari penerapan transformasi matrik Hadamard. Berikut adalah transformasi Walsh Hadamard didapatkan dari persamaan :

$$\begin{aligned} H_1 &= [1] \\ H_{2N} &= \begin{bmatrix} H_N & H_N \\ H_N & \overline{H_N} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dimana H_{2N} adalah invers dari H_N

$$\begin{aligned} H_2 &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \\ H_4 &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

2.4 Orthogonalitas

Kode-kode orthogonal memiliki crosskorelasi yang kecil. Kode-kode ini sangat cocok dikategorikan ke dalam kelompok kode PN yang memiliki nilai *crosskorelasi* yang kecil mendekati nol, tetapi ini tidaklah berguna nantinya. Nilai *crosskorelasi* yang kecil hanya digunakan untuk saat tidak adanya rugi-rugi antara kode-kode tersebut. Namun pada kenyataanya, kode-kode tersebut memiliki harga *crosskorelasi* dengan kerugian yang berbeda-beda. Kode-kode orthogonal ini sangat bagus diterapkan untuk sistem-sistem sinkronisasi seperti pada *forward link* komunikasi bergerak.

2.5 Multiple Acces

CDMA merupakan metode akses jamak dimana setiap pengguna bisa dilayani pada waktu yang bersamaan dimana frekuensi yang digunakan juga sama. Salah satu teknik yang digunakan dalam CDMA yaitu *spread spectrum*. *Spread spectrum* adalah metode yang bisa digunakan dalam teknik multiple acces seperti CDMA, untuk saling berkomunikasi diantara banyak pengguna secara terkoordinasi. Seperti yang disebutkan teknik CDMA user yang simultan bisa bekerja serempak karena menggunakan kode signaling yang unik. Salah satu kemampuan multiple access adalah memberikan keamanan komunikasi antara pengguna dengan menggunakan signal spreading yang berbeda. Untuk user unauthorized (user yang tidak memiliki hak akses spreading kode) tidak bisa memonitor komunikasi dari user authorized.

2.6 Parameter Sinyal PN

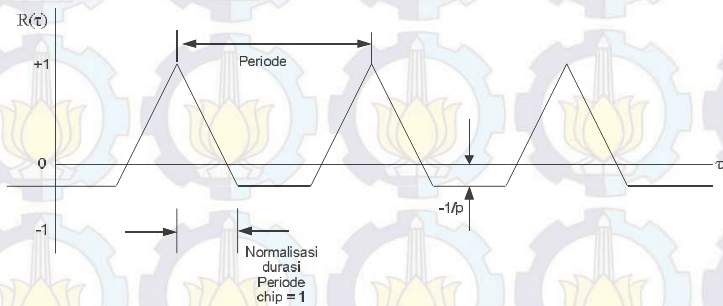
Untuk merencanakan suatu kode PN yang digunakan pada aplikasi sistem *spread spectrum* maka harus diperhatikan parameter-parameter berikut, yaitu:

2.6.1 Korelasi Diri (Autokorelasi)

Fungsi autokorelasi adalah fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara sebuah sinyal dan tiruan phasenya yang digeser.

$$R_c(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T g(t) \cdot c(t + \tau) dt \quad (2.6)$$

Fungsi autokorelasi ternormalisasi untuk suatu *sequence maximal length* $R_c(t)$ diberikan pada gambar 2.4. pada gambar terlihat untuk $t = 0$ bentuk perulangan terjadi dan kedua sinyal *matched* seara sempurna sehingga autokorelasinya $R_c(t) = 1$.



Gambar 2. 4 Autokorelasi

Parameter ini penting dalam pemilihan deretan kode karena dapat memperkecil kesalahan pada penerima. Autokorelasi dalam *spread spectrum* menyatakan tingkat kesesuaian suatu urutan kode PN dengan replika kode itu sendiri yang berbeda phase. Dengan demikian akan diperoleh selisih antara jumlah *chip* yang sesuai (*agreement*) dengan jumla *chip* yang tidak sesuai (*disagreement*) untuk setiap pergeseran phase antara kedua kode tersebut.

Pada kode urutan maksima, kondisi *agreement* untuk seluruh chip dalam satu periode panjang kode dicapai saat kedua kode dalam kondisi satu phase atau sinkron dengan magnitudo dari fungsi korelasi berharga $-1/(2^n - 1)$.

2.6.2 Fungsi Cross Correlation

Fungsi korelasi silang adalah fungsi yang menunjukkan ukuran kesamaan antara dua buah kode yang berbeda. Hal ini dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$R_{CC}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T c_i(t) \cdot c_j(t + \tau) dt \quad (2.7)$$

Untuk mendapatkan kode PN yang bagus maka harus didapatkan kode yang memiliki nilai korelasi silang yang rendah. Hal ini untuk menghindari interferensi antar kode yang digunakan pada sistem CDMA.

2.7 Bit Rate

Pengertian bit rate adalah suatu kecepatan dalam pengiriman data pada transmisi dan bit rate itu sendiri dinyatakan dalam perhitungan satu siklus transmisi perdetik (bps). Dalam menganalisa bit rate pada sistem komunikasi dilakukan dengan cara :

$$R_b = \frac{1}{T_b} \quad (2.8)$$

Dimana : R_b = Bit Rate dalam WARP 4×10^6 Mhz
 T_b = Periode Bit

2.8 Chip rate

Adalah laju chip atau chip rate adalah jumlah chip perdetik

$$R_c = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{\frac{T_b}{L}} = L \times R_b \quad (2.9)$$

Dimana : R_c = Chip Rate
 T_c = lebar chip
 L = panjang Kode PN

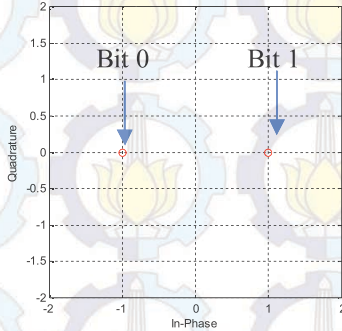
2.9 Modul BPSK

Modulasi merupakan proses *switching* antara sinyal yang berbeda untuk mentransmisikan informasi yang sudah dikodekan. Secara umum gelombang pembawa modulasi dapat dinyatakan oleh persamaan berikut [2] :

$$S(t) = A \sin(2\pi f_c t + \theta) \quad (2.10)$$

Pada proses modulasi terdapat modulator dan demodulator digital yang berguna untuk memetakan deretan informasi biner menjadi menjadi sinyal yang nantinya dikirimkan. Demodulator pada sisi penerima bertugas memproses sinyal yang telah rusak karena proses di kanal dengan mempresentasikannya menjadi beberapa estimasi

simbol data sesuai yang dikirimkan. Tipe modulasi yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah modulasi *Binari Phase Shift Keying* (BPSK). Modulasi BPSK dapat dipresentasikan dalam suatu konstelasi pada sistem koordinat dua dimensi. Sebagai contoh bisa dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Konstelasi modulasi BPSK

2.8.1 BER Pada Modulasi BPSK

Dalam pengiriman bit, pada bagian penerima dapat terjadi kesalahan yang biasa disebut *probabilitas error bit* $P(b)$. Untuk menunjukkan kinerja sistem, digunakan probabilitas error yang nantinya didapatkan nilai *bit error rate*. Pada modulasi yang dilakukan oleh sistem *transmitter* BPSK dapat dinyatakan bahwa bit “0” dikirim oleh sinyal modulasi dengan amplitudo V_0 dan bit “1” dengan amplitudo V_1 . Sedangkan pada sistem *receiver* bit “0” diterima dengan amplitudo S_0 dan bit “1” dengan amplitudo S_1 .

Pada sistem BPSK diketahui bahwa amplitudo dari masing-masing bit yang diterima terdistribusi secara acak dengan nilai rata-rata sama dengan nilai amplitudo pada proses pengiriman dan nilai variansi sama dengan besar level *noise*. Sehingga setelah diturunkan persamaan akhir BER pada sistem modulasi BPSK adalah [3] :

$$P(b) = Q\left(\sqrt{\frac{2Eb}{N_0}}\right) \text{ atau } P(b) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{Eb}{N_0}}\right) \quad (2.11)$$

Dimana :

E_b : Energi bit (*Joule*)

N_0 : Rapat Daya Noise (dB/Hz atau Watt/Hz)

Erfc : Fungsi error

2.10 Software Defined Radio

Software define radio (SDR) merupakan sebuah pemancar atau penerima radio yang menggunakan teknologi yang dapat mengubah parameter jenis modulasi, frekuensi pembawa, daya output atau RF menggunakan *software*.

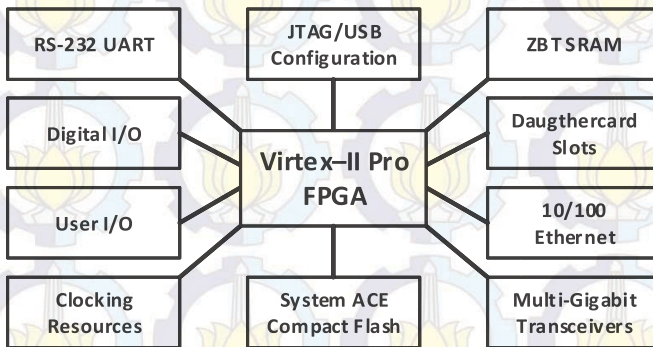
Software define radio menerapkan perangkat digital yang dapat diprogram sehingga dapat melakukan pemrosesan sinyal yang diperlukan untuk mengirim dan menerima informasi baseband pada frekuensi radio. Perangkat digital yang digunakan seperti *digital signal processor* (DSP) dan *field programmable gate array* (FPGA) membutuhkan sebuah fungsi untuk melakukan pemrosesan data. Teknologi ini memungkinkan fleksibilitas yang tinggi dan penggunaan yang lebih lama, karena dapat di *upgrade* dengan biaya yang murah menggunakan *software*.

2.11 Wireless Open Access Research Platform (WARP)

Wireless Open Access Research Platform (WARP) merupakan salah satu perangkat radio yang dapat diprogram untuk membuat *prototype* jaringan *wireless* yang dikembangkan di laboratorium CMC di universitas Rice, Amerika. WARP menggabungkan perangkat dengan kemampuan tinggi yang dapat diprogram dengan *repository open-source*.

2.10.1 Hardware WARP

Komponen utama *hardware* dari WARP adalah *FPGA board*, *radio board* dan *clock board*. *FPGA board* terdiri dari *FPGA chips*, 4Mb *onboard memory* dan memiliki *peripheral I/O* yaitu *multi gigabit transceiver*, *USB port*, *JTAG header*, *ethernet port*, *daughtercard connectors*, *compact flash slot*. Arsitektur *hardware* WARP dapat dilihat pada gambar 2.6.



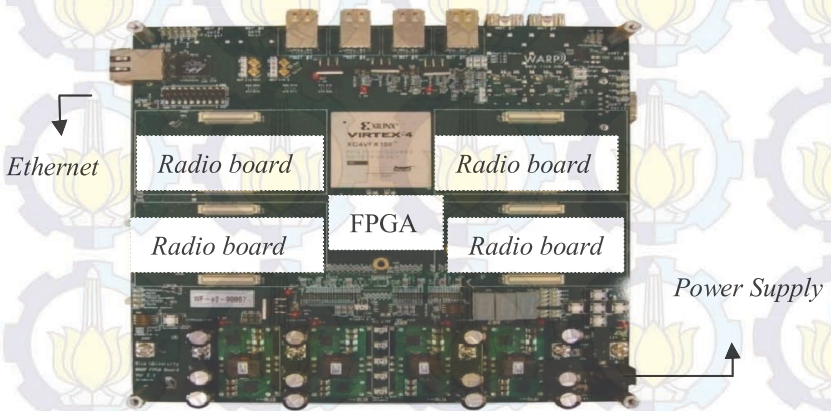
Gambar 2. 6 Arsitektur *hardware* WARP [10].

2.10.1.1 FPGA Board

Dalam *board* ini merupakan inti dari pemrosesan SDR yang dirancang menggunakan FPGA Xilinx Virtex-4 XC4VF100FFG1517-11C. WARP *board* mempunyai empat slot daughtercard yang dapat dipasang beberapa perangkat pendukung seperti analog *board*, video *board*, radio *board* serta user I/O *board* yang memiliki tampilan LCD. WARP *board* dengan empat slot daughtercard ditampilkan pada gambar 2.9.

2.10.1.2 Radio Board

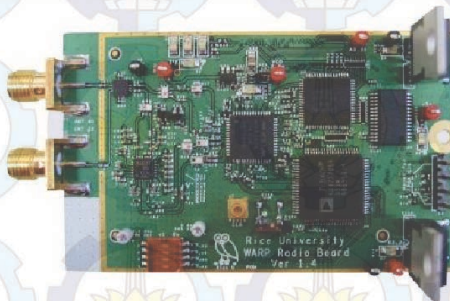
Radio board merupakan interface dari domain digital ke domain analog. *Radio board* pada WARP didesain menggunakan IC Maxim MAX2829, pada proses konversi dari digital ke analog atau sebaliknya, *radio board* menggunakan A/D (Analog to Digital) dan D/A (Digital-to-Analog) converter. *Radio board* juga melakukan proses modulasi dan demodulasi *baseband*. Bentuk fisik dari *radio board* dapat dilihat pada gambar 2.8 dan arsitektur dari *radio board* WARP dapat dilihat pada gambar 2.9.



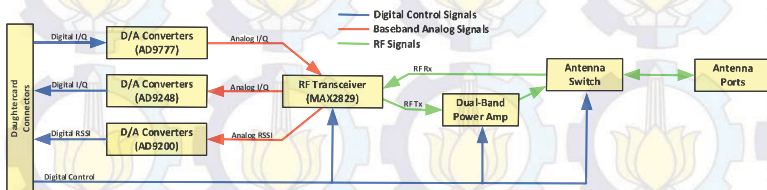
Gambar 2. 7 Modul WARP [10].

2.10.1.3 Clock Board

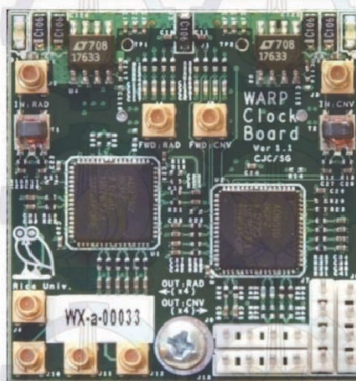
Clock board mempunyai fungsi sebagai sumber *logic clock* ADC/DAC dan sumber *radio clock* untuk *upconversion/downconversion* pada *radio board*. *Clock board* menghasilkan *logic clock* pada frekuensi 40 MHz dan *radio clock* pada frekuensi 20 MHz. Bentuk fisik dari *clock board* dapat dilihat pada gambar 2. 10, blok *logic clock* pada gambar 2. 11 dan blok *radio clock* pada gambar 2.12 .



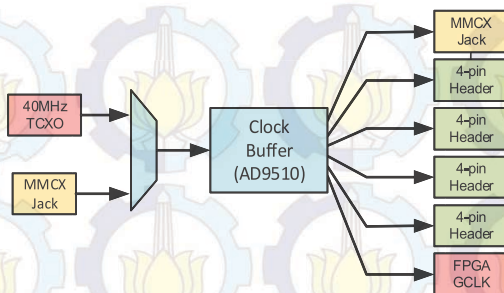
Gambar 2. 8 Radio Board [10].



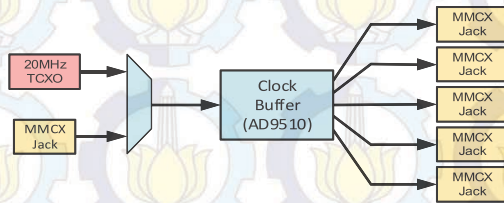
Gambar 2. 9 Arsitektur *radio board* [10].



Gambar 2. 10 *Clock board* [10].



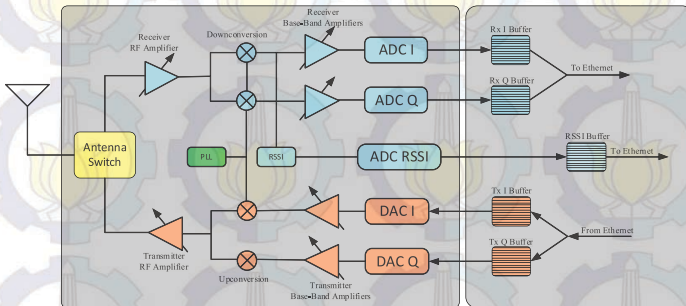
Gambar 2. 11 *Logic clock board* [7].



Gambar 2. 12 Radio clock board [10].

2.10.2 WARPLab

WARPLab merupakan kerangka kerja yang digunakan untuk *prototype* PHY dengan MATLAB dan *hardware* WARP. Dengan WARPLab dimungkinkan membangkitkan sinyal dari MATLAB secara langsung dan ditransmisikan secara *realtime* melalui kanal udara menggunakan node WARP. Kerangka kerja yang digunakan mempunyai fleksibilitas untuk pengembangan sistem dengan menggunakan banyak *node*. Arsitektur WARPLab ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2. 13 Arsitektur WARPLab[10]



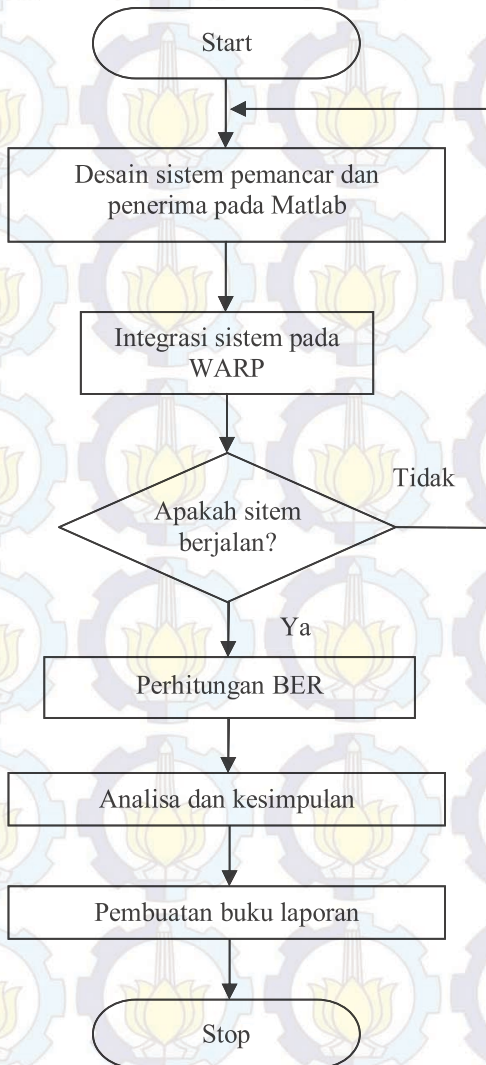
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Pendahuluan

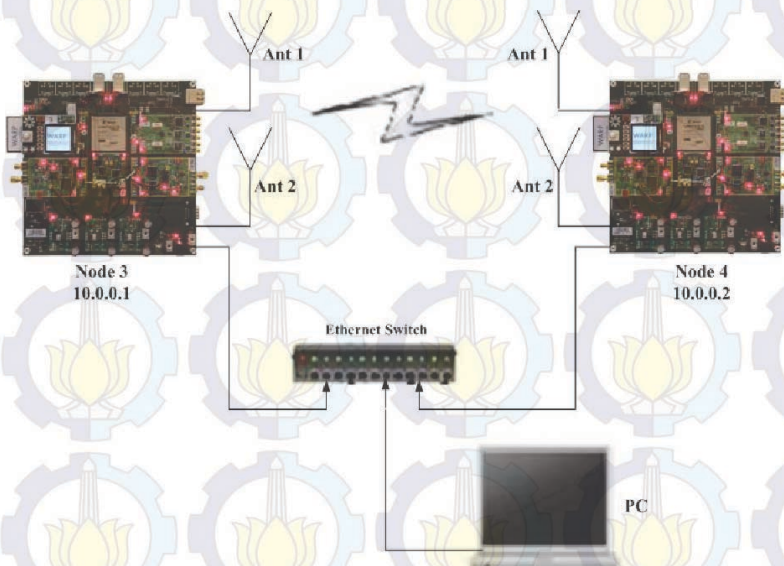
Pada bab ini akan dibahas tentang proses perancangan dan implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* dengan menggunakan WARP. Untuk memudahkan proses perancangan implementasi diperlukan langkah-langkah yang harus dilakukan pada saat mengerjakan Tugas Akhir, seperti pada Gambar 3.1. Dalam melakukan perancangan sistem perlu dilakukan beberapa langkah-langkah diantaranya adalah integrasi *Personal Computer* (PC) dengan modul WARP, tahap kedua adalah pemodelan sistem komunikasi SISO dengan *Kode Walsh Hadamard* penerapan model menggunakan program Matlab untuk mengolah data sebelum dikirim dan setelah diterima. Tahap selanjutnya adalah skenario pengujian sistem yang akan dilakukan di *indoor* dalam kondisi *Line Of Sight*. Dalam tahap pengujian pada sistem *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* menggunakan kode Walsh Hadamard 16,32 dan 64. Dengan menggunakan kode Hadamard yang ada kita menganalisa kinerja kode Walsh Hadamard terhadap *Multi User Inteferece* (MUI). Untuk menganalisis hal ini terdapat beberapa model sistem yang dapat dianalisa dari Tugas Akhir ini yaitu Kinerja sistem terhadap Multiuser Inteferece antar user dalam kode Hadamard, Kinerja sistem terhadap perubahan jarak dan Kinerja sistem terhadap ketiga kode Hadamard 16,32, dan 64. Dengan menetapkan skenario pengujian selanjutnya dapat menganalisa serta mengevaluasi sistem yang telah dibuat untuk melihat tingkat keberhasilan sistem tersebut. Sehingga pada akhirnya dapat dilakukan perhitungan serta analisa nilai *Bit Error Rate* (BER) terhadap kinerja sistem. Untuk proses pengukuran implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* dengan menggunakan WARP dilakukan di lingkungan indoor di ruang Laboratorium Komunikasi Multimedia B.304.



Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan sistem

3.2 Integrasi *Personal Computer* (PC) dengan Modul WARP

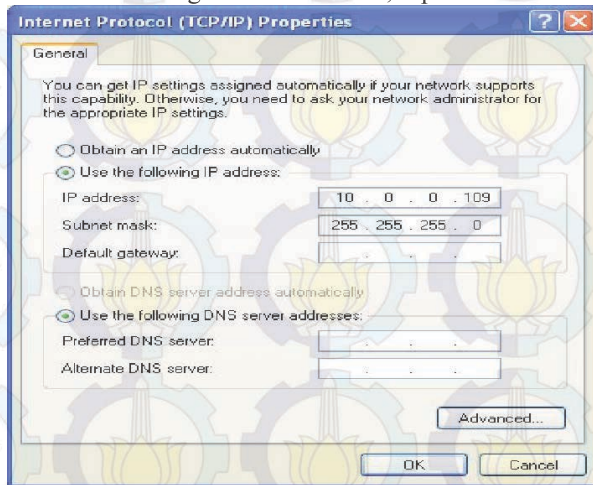
Implementasi *Kinerja Kode Walsh Hadamard* Pada CDMA pada penelitian ini menggunakan modul WARP versi 2. Untuk mengintegrasikan PC dengan WARP menggunakan *Ethernet switch* dan kabel LAN. Penelitian ini menggunakan WARPLab, yang merupakan sebuah *frame work* yang bisa mengintegrasikan modul WARP dengan program Matlab secara langsung. Modul WARPLab berfungsi agar sinyal yang dibangkitkan melalui program Matlab bisa dikirimkan secara *real-time* melalui udara dengan menggunakan *node* WARP pemancar dan penerima menggunakan *switch ethernet* untuk sistem komunikasi langsung dari pemancar ke penerima. Pada pengujian ini data dikirim melalui dua Node WARP, seperti Gambar 3.2 menunjukkan node 3 (pemancar) ke node 4 (penerima) melalui udara, dimana antara node dihubungkan menggunakan *switch ethernet*.



Gambar 3. 2 Konfigurasi Sistem Komunikasi SISO Pada WARP

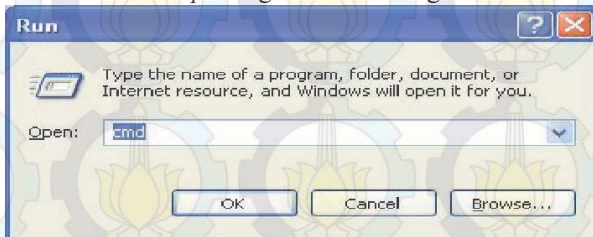
Langkah-langkah untuk mengintegrasikan PC dengan modul WARP versi 2 adalah sebagai berikut :

1. Menghubungkan PC dengan modul WARP dengan *switch ethernet* menggunakan kabel LAN yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.
2. Mengatur IP Address LAN pada PC yaitu misalnya 10.0.0.109 dan Subnet mask dengan 255.255.255.0, seperti Gambar 3.3.



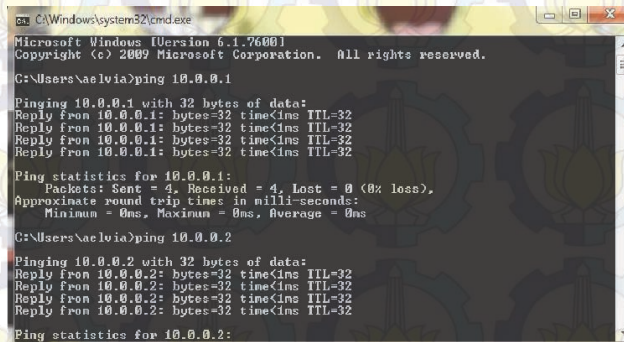
Gambar 3.3 Pengaturan IP Address

3. Memeriksa konfigurasi *Address Resolution Protocol* (ARP) pada *Command Prompt* dengan masuk sebagai administrator.



Gambar 3.4 Cmd

4. Selanjutnya untuk memeriksa *routing Address Resolution Protocol* (ARP) antara WARP dan PC dengan cara melakukan ping terhadap IP *node* 3 (pengirim) dengan IP 10.0.0.1 dan *node* 4 (penerima) dengan IP 10.0.0.2, seperti yang ditunjukkan Gambar 3.5.



```
ca: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\aelvia>ping 10.0.0.1

Pinging 10.0.0.1 with 32 bytes of data:
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.1: bytes=32 time<1ms TTL=32

Ping statistics for 10.0.0.1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\aelvia>ping 10.0.0.2

Pinging 10.0.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32
Reply from 10.0.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=32

Ping statistics for 10.0.0.2:
```

Gambar 3.5 Kondisi Ping antara *Node* 3 dan *Node* 4

5. Setelah itu memeriksa koneksi antara *Node* WARP dan PC dengan cara pertama buka Matlab, kedua melakukan *setup* WARPLab dengan mengetikkan *wl_setup* dan tekan tombol “Enter” sampai selesai prosesnya, selanjutnya melakukan cek koneksi dengan cara mengetikkan *wl_initNodes(2)*. Angka 2 berarti ada 2 buah WARP yang sedang terkoneksi. Untuk indikator berhasilnya koneksi WARP dengan PC dapat dilihat pada output *Command Window Matlab* seperti pada Gambar 3.6.



```
Command Window

Setup Complete
wl_ver():
WARPLab V7.1.0
>> wl_initNodes(2)

ans =

Displaying properties of 2 wl_node objects:


| ID | HWVER | HWVER | Serial # | Ethernet MAC Addr | Address  |
|----|-------|-------|----------|-------------------|----------|
| 0  | 7.1.0 | 2     | N/A      | 00-50-C2-63-30-00 | 10.0.0.1 |
| 1  | 7.1.0 | 2     | N/A      | 00-50-C2-63-30-01 | 10.0.0.2 |


P3 >>
```

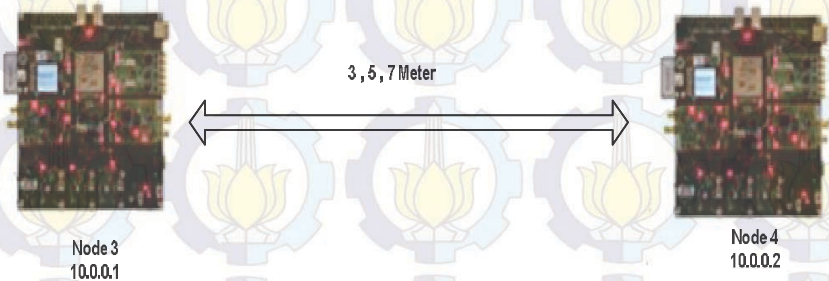
Gambar 3.6 Indikator Keberhasilan Koneksi WARP dengan PC

3.3 Skenario Penelitian

Pada penelitian modul WARP versi 2 yang digunakan ada sebagai pemancar dan penerima. Kondisi untuk melakukan pengukuran dilakukan di ruang B.304 atau Laboratorium Komunikasi Multimedia. Sebelumnya yang sudah dijelaskan pada bab 1 bahwa tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan dan evaluasi kinerja *Kode Walsh Hadamard Pada CDMA* menggunakan WARP. Parameter yang diteliti dalam Tugas Akhir ini adalah nilai *Bit Error Rate* (BER) fungsi daya pancar dan fungsi jarak dari pengukuran terhadap perbandingan Walsh Hadamard 16,32 dan 64.

3.3.1 Skenario Pengukuran

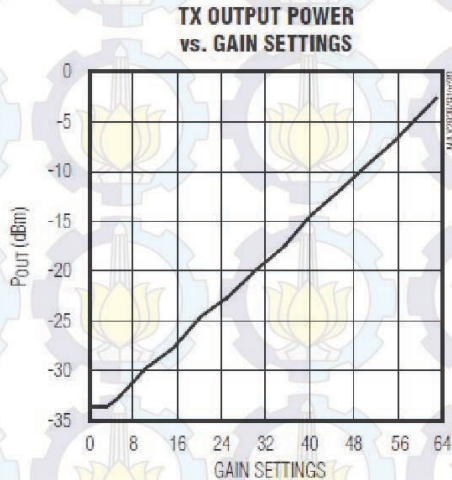
Pada sistem pengukuran dilakukan pada jarak 3,5,dan 7 meter antara *node* 3 (pemancar) dan *node* 4 (penerima), karena jarak maksimal dalam pengiriman SISO adalah 10 meter. Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Skenario Pengukuran

Untuk mengetahui pengaruh nilai daya pancar terhadap BER maka nilai daya pancar diubah-ubah. Pada modul WARP, perubahan nilai daya pancar ditentukan oleh pengaturan gain pemancar pada WARPLab. Secara umum, pengaturan gain dapat dijelaskan sebagai berikut:

a) Transmitter Radio Frequency Gain



Gambar 3. 8 TxOutput Power vs Gain Setting pada MAX2829 [9]

Berdasarkan datasheet MAX2829, karakteristik *baseband* gain memiliki kaitan sebagai berikut :

1. Nilai gain linear pada range 4 hingga 63.
2. Daya output dinyatakan dalam persamaan terhadap gain setting sebagai berikut :

$$P_{out} = 0.5252x - 36.1017 \quad (3.1)$$

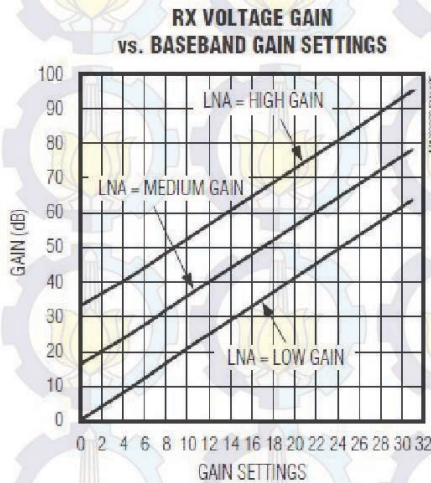
dengan x adalah gain setting dengan range 4 hingga 63.

b) Transmitter baseband gain

Dalam *baseband* gain, terdapat 3 level pengaturan melalui WARPLab.[9]

c) Receiver baseband gain

Gain *baseband receiver*, terdapat 31 level, grafik level pengaturan *baseband* dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Gain RX Baseband pada MAX2829 [6]

d) Receiver RF gain

Pengaturan RF gain di penerima, *node* WARP memiliki tiga level LNA masing-masing sebagai LNA = Low Gain, Medium Gain dan High Gain. Besar penguatan juga mengacu pada gambar 3.9. Besar penguatan LNA sekitar 0 dB untuk low gain, 15 dB untuk medium gain dan 30 dB untuk high gain.

3.4 Desain Sistem Komunikasi Pada WARP

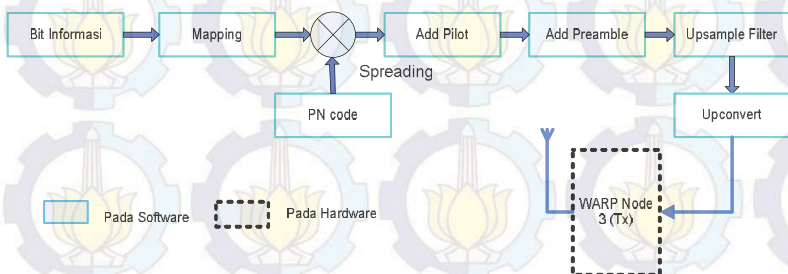
Pada bab ini akan dijelaskan tentang pemodelan dari sistem pengiriman dan penerimaan sinyal informasi menggunakan teknik komunikasi SISO Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard. Pemodelan sistem menggunakan WARP dan model umum sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Pada bagian ini adalah bagian awal dari sistem yang dirancang, perlu dilakukan tahapan seperti perencanaan dan implementasi sistem. Perencanaan dibuat untuk memudahkan pengerjaan dari implementasi yang akan dirancang, sehingga analisa terhadap implementasi dapat dipahami. Untuk mengetahui seberapa besar bit yang dikirim dan bagaimana parameter sistem dari akan dijelaskan pada tabel 3.1.

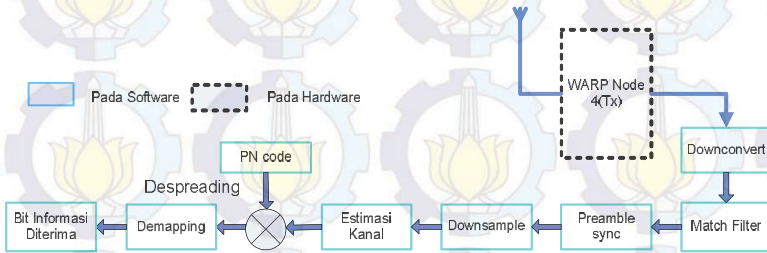
Tabel 3. 1 Desain parameter sistem komunikasi

Parameter	Nilai
Bit yang dikirim	10.000 bit
Frekuensi <i>Upconvert</i>	5 MHz
Symbol Rate	$4 \times 10^6 / s$
Frekuensi Carrier	2.447 Ghz
Periode Kode Walsh Hadamard	$1562 \times 10^{-8}/s$, $781 \times 10^{-9}/s$, $39 \times 10^{-9}/s$
Chip Rate	64×10^6 chip/s , 128×10^6 chip/s , 256×10^6 chip/s
Filter : - Orde filter - Rolloff factor - Upsample rate	6 0.9 10 sample
Setting gain WARP : - Tx baseband - Tx RF - Rx baseband - Rx RF gain	1 0 – 60 (-35 dBm s/d -4.7143 dBm) 1 1
Modulasi	BPSK

Secara keseluruhan, tahapan perancangan sistem komunikasi SISO Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard ditunjukkan pada blok diagram yang ditunjukkan oleh gambar 3.10 Tahapan tersebut akan menggambarkan proses mulai bit dibangkitkan, bit dikirim menggunakan perangkat WARP *node transmitter* hingga bit diterima pada WARP *node receiver* .



Gambar 3. 10 Blok desain implementasi sistem *transmitter*



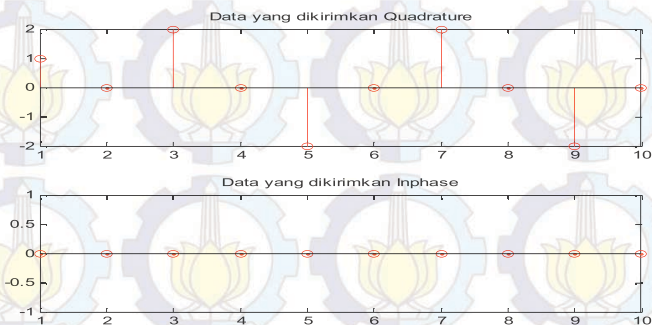
Gambar 3. 11 Blok desain implementasi sistem *receiver*

3.4.1 Proses Pada Blok Desain Transmitter

3.4.1.1 Pembangkitan Bit Informasi

Pada sistem ini, proses pembangkitan bit informasi dibangkitkan secara acak atau *random* dalam bentuk biner. Bit informasi dibangkitkan dengan menggunakan perintah ‘rand seed’ pada Matlab. Setiap bit informasi yang dibangkitkan saling bebas dan tidak mempengaruhi satu sama lain serta memungkinkan tidak terjadinya pengulangan atau mendapatkan nilai bit yang sama.

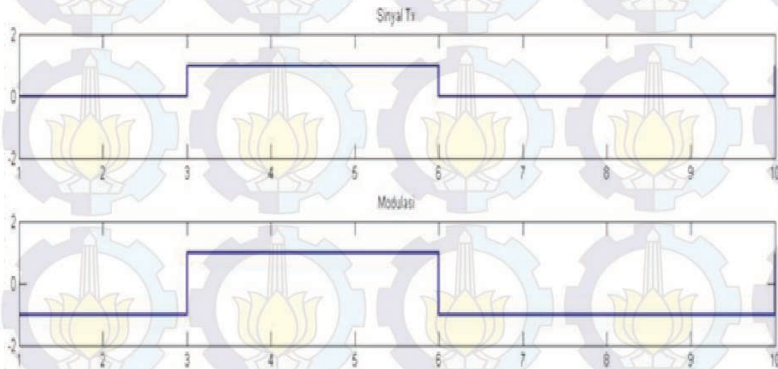
Dalam sistem ini dibangkitkan bit informasi sebanyak 10.000 bit secara acak, bit yang dibangkitkan mempunyai nilai ‘0’ dan ‘1’ yang merupakan representasi sinyal digital. Bit yang dihasilkan berupa deretan bit secara acak tersebut misalnya (1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0).



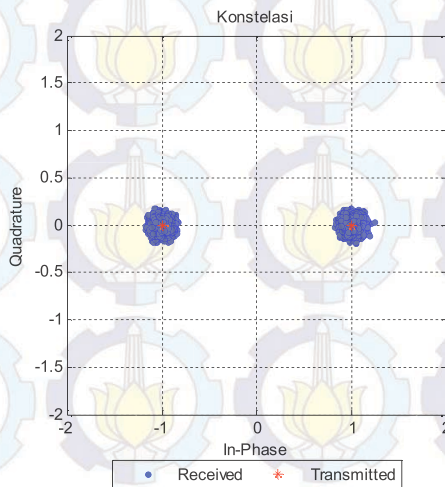
Gambar 3.12 Bit yang dibangkitkan acak Quadrature dan Inphase

3.4.1.2 Mapping

Bit yang dibangkitkan secara acak berupa bernilai '1' dan '0' ini, sebelum dimodulasi bit tersebut dikonversikan ke bentuk NRZ (-1 dan 1) dan dimodulasi dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK). Hasil dari modulasi ini berupa simbol yang terdiri dari nilai real dan Deretan simbol hasil modulasi sebagai berikut 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 1



Gambar 3.13 Sinyal hasil modulasi BPSK



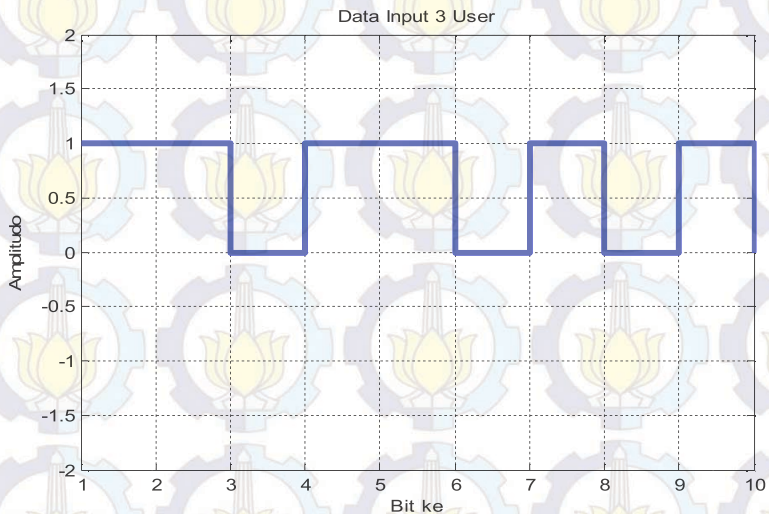
Gambar 3.14 Diagram konstelasi BPSK

3.4.1.3 Pembangkitan PN Kode Hadamard

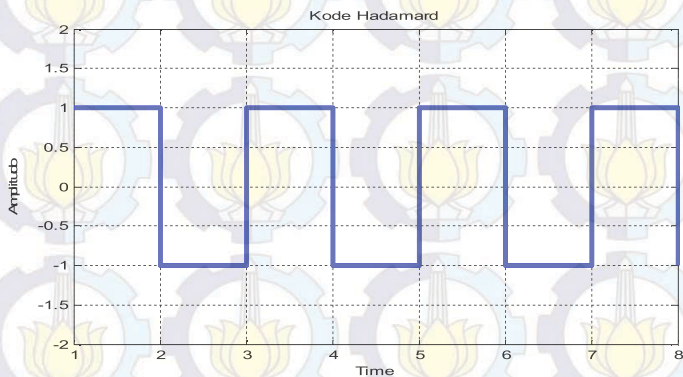
PN kode yang digunakan yaitu Hadamard. Kode Hadamard yang digunakan yaitu 16, 32 dan 64 . Kode-kode ini dibangkitkan dengan sintak 'Hadamard (16), Hadamard (32), dan Hadamard (32)' pada Matlab, maka akan tampil barisan matrik dengan nilai '1 dan -1'. Selain itu Hadamard juga bisa dibangkitkan dengan perintah

```
%hw2=[1 1;1 -1];  
%hw4=[hw2 hw2;hw2 -hw2]  
%hw8=[hw2 hw2;hw2 -hw2]  
%hw16=[hw8 hw8;hw8 -hw8]  
%hw32=[hw32 hw32;hw32 -hw32]  
%hw64=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
```

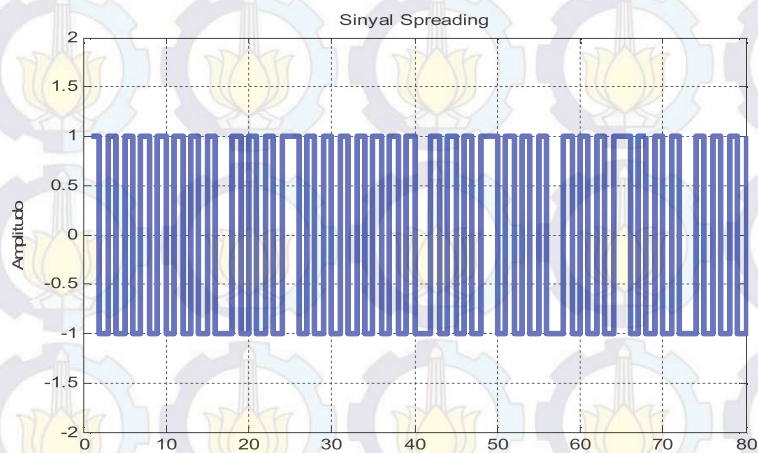
Gambar berikut merupakan hasil pembangkitan kode Walsh Hadamard untuk 3 user dengan panjang kode Hadamard 8



Gambar 3.15 Gambar data input 3 user

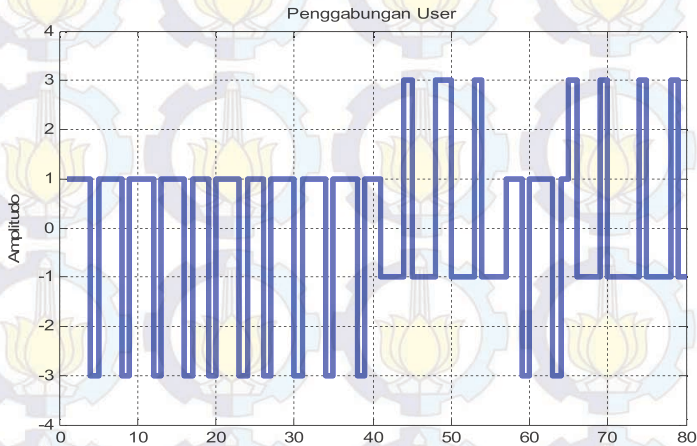


Gambar 3.16 Gambar kode Hadamard 8

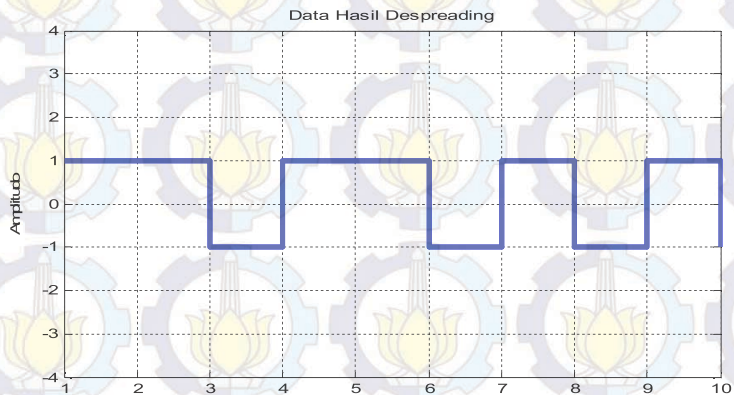


Gambar 3.17 Hasil proses *spreading* data user

Setelah data input mengalami proses *spreading*, hasilnya *spreading* semua user tadi akan digabungkan atau ditambahkan .



Gambar 3. 18 Hasil penambahan semua user

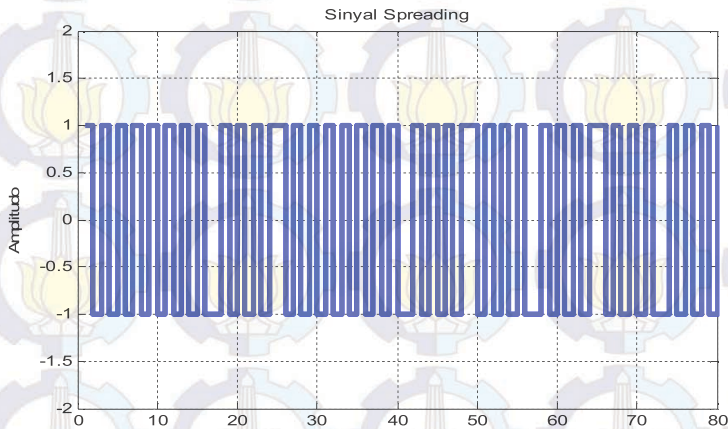


Gambar 3. 19 Hasil proses *despreading* data user

3.4.1.4 Spreading

Spreading merupakan proses dimana sinyal informasi yang telah dimodulasi dikalikan dengan kode PN yang telah dibangkitkan sehingga 1 bit sinyal informasi menghasilkan deretan bit sebanyak panjang kode yang digunakan. Bit informasi yang kita bangkitkan ada 10 bit dengan bit

acak 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 . Bit ini kita kalikan dengan kode PN Hadamard 8 untuk setiap bit nya sehingga dihasilkan 80 bit.



Gambar 3. 20 Hasil proses *spreading*

3.4.1.5 Penambahan Pilot Untuk Estimasi Kanal

Deretan simbol hasil modulasi tersebut akan ditambah dengan simbol pilot yang digunakan untuk respon estimasi kanal di penerima. Simbol pilot ini disisipkan setiap 9 simbol secara periodik, dimana susunan pilot dan simbol ditunjukkan sebagai berikut.

P_0	$S_0 - S_8$	P_1	$S_9 - S_{16}$	...	P_i	$S_{n-9} - S_n$
-------	-------------	-------	----------------	-----	-------	-----------------

Gambar 3. 21 Susunan *pilot* dan simbol

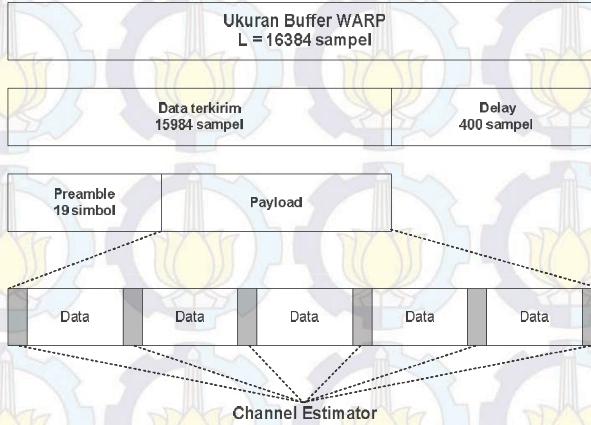
3.4.1.6 Desain Frame

Desain *frame* komunikasi pada WARP mengacu pada batasan-batasan yang diambil dari [10]:

- *Buffer* WARP terbatas sebanyak 2^{14} atau 16384 sampel
- Frekuensi sampling sistem: 40 MHz

Terlepas dari beberapa batasan tersebut, karena karakteristik dari komunikasi melalui *Ethernet*, maka dalam keseluruhan *frame* harus dialokasikan beberapa sample untuk *delay*. Hal ini menjadi penting karena antara pemancar dan penerima akan terjadi *delay* yang disebabkan proses transmisi dan akusisi data pada WARP [10]. Pada proses penentuan desain *frame* komunikasi, akan dialokasikan *delay*

sebesar 400 sampel. *Delay* akan diletakkan pada bagian belakang *frame* bernilai 0, sehingga *delay* ini bisa disebut juga sebagai *zero padding*.

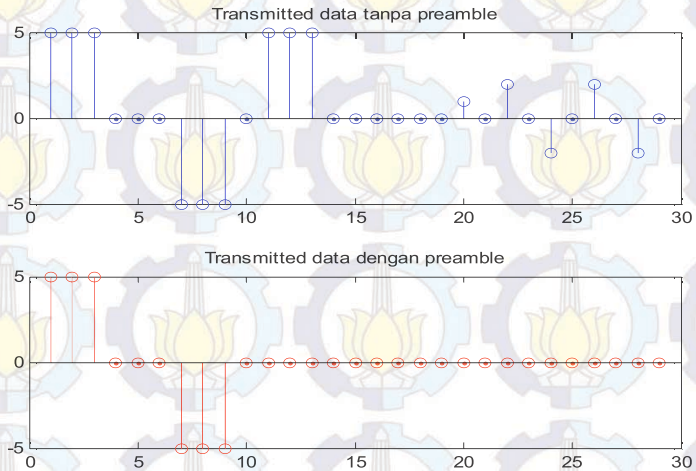


Gambar 3. 22 Struktur *Frame* Komunikasi

3.4.1.7 Penambahan *Preamble* Untuk *Timing Synchronization*

Deretan simbol – simbol yang telah disisipi dengan simbol pilot, kemudian ditambah dengan *preamble*. *Preamble* merupakan deretan simbol yang digunakan sebagai sinkronisasi untuk mengetahui simbol pertama yang dikirimkan oleh *transmitter* pada bagian penerima. Penambahan simbol *preamble* ditunjukkan persamaan 3.2

$$\underbrace{pr_1, pr_2, pr_3, pr_4, \dots, pr_{19}}_{\text{preamble}} \underbrace{p_0, s_1 - s_{12}, \dots, p_i, s_{n-11} - s_n}_{\text{simbol + pilot}}$$



Gambar 3. 23 Setelah penambahan preamble Quadrature Inphase

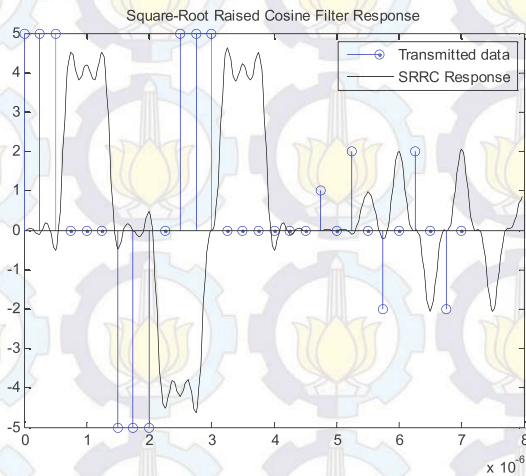
3.4.1.8 Upsample

Proses selanjutnya yaitu pembentukan pulsa dan upsampling. Proses pembentukan pulsa dan upsampling ini dilakukan dengan melewati filter *Square Root Raised Cosine* (SRRC) dengan *upsample rate* sebanyak 10 berdasarkan konfigurasi yang digunakan.

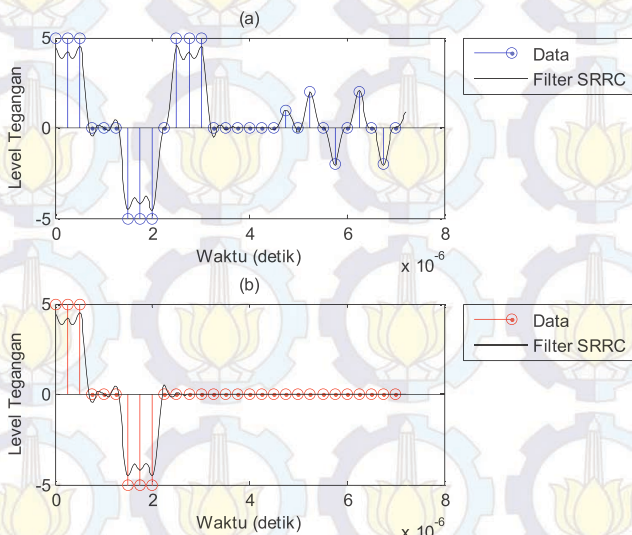
Parameter desain filter *pulse shaping* dengan filter *raised-cosine* dan *matched filter* ditunjukkan pada tabel 3.3 dan pada gambar 3.24.

Tabel 3. 2 Parameter desain *raised cosine filter matched filter*

Parameter	Nilai	Keterangan
Nsamp	10	Sample/symbol
Filt_order	64	Filter Order
Roll_off	0,9	Rolloff factor filter
Symbol Rate	5 Msym/s	



Gambar 3. 24 Hasil filter SRRC



Gambar 3. 25 (a) Hasil Filer SRRC pada simbol inphase
(b) Hasil Filer SRRC pada simbol quadrature

3.4.1.9 Upconvert

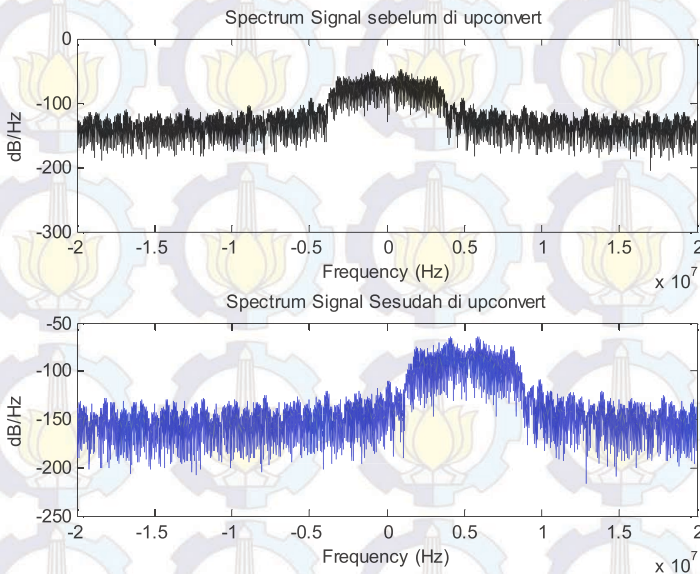
Sebelum dikirimkan melalui WARP, data yang akan dikirim harus melalui proses *Upconvert*. Proses *Upconvert* ini dilakukan pada sinyal *baseband* dengan cara menggeser frekuensi dari 0 ke 5 MHz yang mempunyai tujuan untuk menghindari redaman dari radio DC. Sinyal yang dilewatkan filter *raised-cosine* akan dilewatkan *upconvert* dengan cara setiap sample sinyal akan dikalikan dengan persamaan 3.3.

$$Tup(t) = Sss(t) \times \exp(\sqrt{-1} \times 2\pi f_c t) \quad (3.3)$$

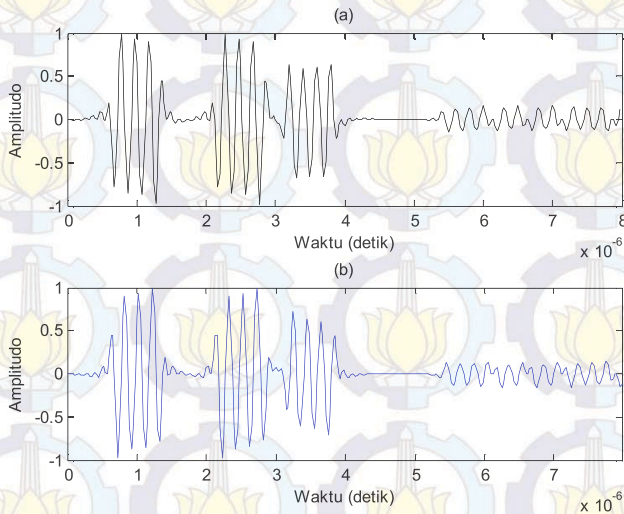
Dimana :

f_c : frekuensi carrier

t : waktusampling



Gambar 3. 26 Spektrum sinyal sebelum dan sesudah di *upconvert*



Gambar 3. 27 Sinyal yang upconvert Quadrature dan Inphase

3.4.2 Proses Pengiriman Dengan WARP

Pada proses pengiriman data menggunakan WARP, sinyal yang akan dikirim disimpan didalam *buffer* Tx melalui ethernet. Sinyal yang dikirimkan ini merupakan sinyal kompleks yang terdiri dari bagian real dan imajiner. Bagian real merupakan *in-phase* sedangkan bagian real merupakan sinyal *quadrature*. Setelah proses penyimpanan pada *buffer* Tx selesai, dilakukan persiapan pengiriman dan penerimaan data dengan menyalakan radio pada node pengiriman dan penerima.

Proses sistem komunikasi dilakukan dengan mengirimkan paket trigger kepada semua *node* secara bersamaan. Ketika *node transmitter* dalam kondisi *enable*, maka *node* tersebut akan mengirimkan sinyal yang terdapat pada *buffer*. Dan ketika *node receiver* dalam kondisi *enable* maka *node receiver* tersebut siap untuk menerima sinyal yang dipancarkan dari *transmitter* melalui kanal Wi-fi tertentu sesuai dengan kanal yang digunakan. Setelah data yang dikirimkan diterima pada *node* Rx, proses selanjutnya yaitu pengambilan data yang dilakukan dengan membaca data yang diterima pada *buffer node* Rx.

3.4.2.1 Downconvert

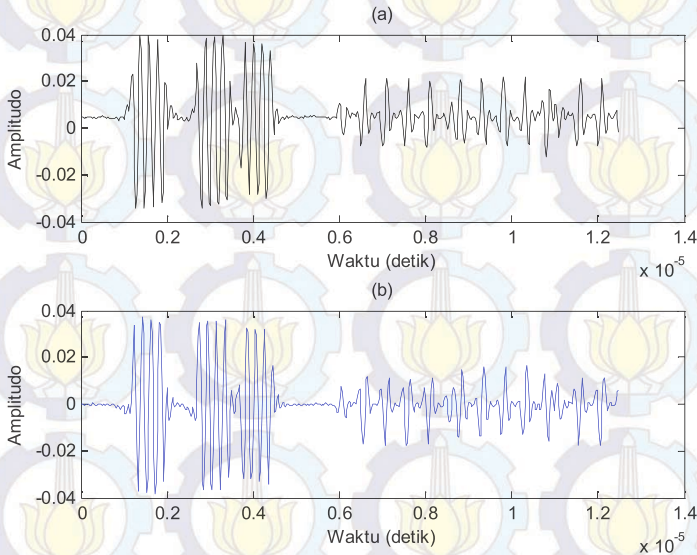
Pada sisi penerima, sinyal yang diterima WARP *node receiver* akan dilakukan proses *downconvert* untuk mengembalikan ke frekuensi *baseband* semula. Proses *downconvert* ini dilakukan dengan mengalikan sinyal yang diterima dengan konjugat dari frekuensi *upconvert*.

$$R_{down}(t) = S_{ss}(t) \times \exp(-\sqrt{-1} \times 2\pi f_c t) \quad (3.4)$$

Dimana :

f_c : frekuensi carrier

t : waktu sampling



Gambar 3. 28 Sinyal yang diterima setelah downconvert Quadrature Inphase

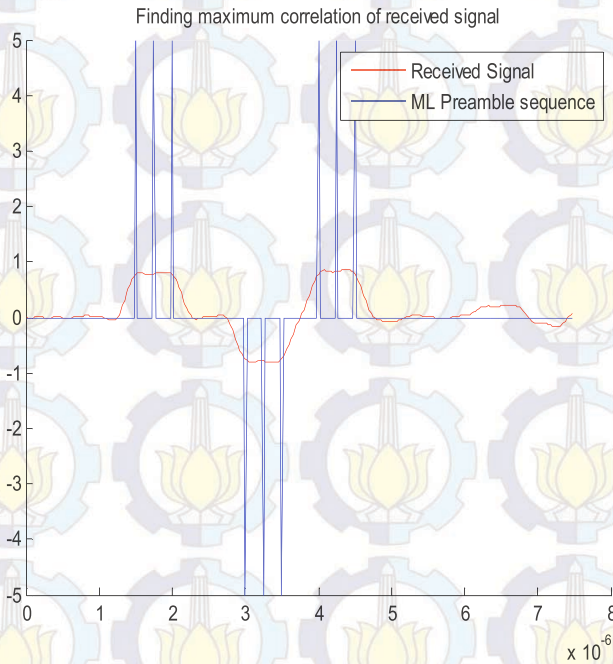
3.4.2.2 Match Filter

matched filtering untuk menghilangkan frekuensi tinggi yang dihasilkan dari proses *downconvert* agar sesuai dengan bentuk pulsa *raised cosine* di *transmitter*.

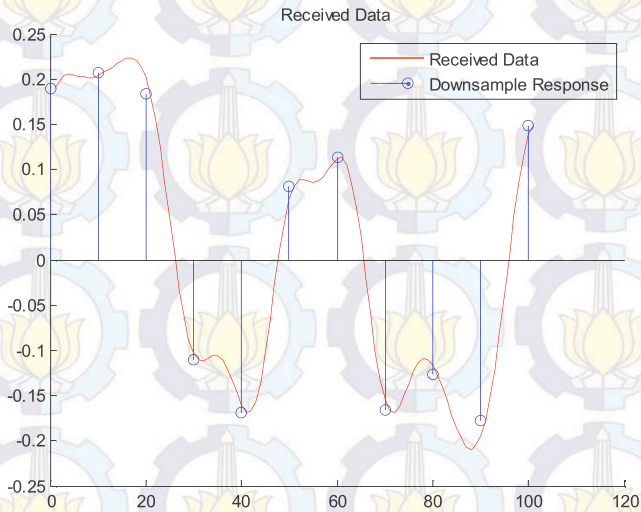
3.4.2.3 Remove preamble, Downsample dan Remove Pilot

Sebelum dilakukan proses *downsample*, proses yang dilakukan yaitu pendeteksian simbol pertama *preamble* berdasarkan korelasi tertinggi antara sampel sinyal yang diterima dengan sampel *preamble*. Setelah diperoleh posisi *preamble* berdasarkan korelasi tertinggi, maka sinyal akan di *downsample* dengan jumlah sampel 10 sesuai dengan jumlah sampel pada proses *upsample*.

Simbol hasil dari proses *downsample* akan dilakukan proses estimasi kanal dengan cara memisahkan *channel information state* (CSI) yang diwakili dengan menggunakan simbol *pilot squence* di pemancar dengan *received signals* (y). CSI merupakan respon kanal hasil estimasi dipenerima yang digunakan untuk memperoleh simbol estimasi



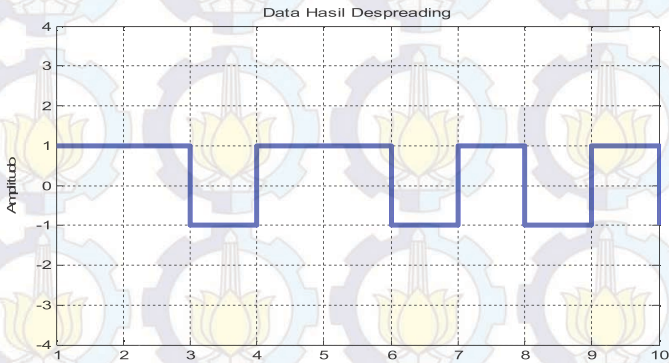
Gambar 3. 29 Pendektesiann Simbol *Preamble*



Gambar 3. 30 Hasil proses downsample

3.4.2.4 *Despreading*

pada bagian ini adalah kebalikan dari *spreading*, dimana sinyal informasi yang diterima akan dikalikan dengan PN Code yang sama pada saat proses pengiriman.



Gambar 3. 31 Hasil Despreading

3.4.2.5 Demapping

Pada bagian penerima sinyal hasil despreading di demodulasi, sehingga menghasilkan sinyal yang sesuai dengan sinyal awal yang dibangkitkan. Sinyal inilah yang akan dibandingkan, sehingga menghasilkan *bit error rate* yang nantinya akan ditampilkan dalam grafik.

3.5 Pada Kanal

Kanal yang digunakan dalam perancangan *spread spectrum* ini adalah kanal yang real, artinya dalam metode ini menggunakan kanal udara yang sesungguhnya. Hal ini dilakukan sebagai pendekatan sistem komunikasi sesungguhnya, sehingga kita dapat menganalisa dan dapat menentukan parameter dalam perancangan ini.

3.5.1 Kanal Nirkabel

Dapat dilihat pada gambar 3.21 bahwa pada perancangan ini menggunakan kanal nirkabel pada jarak 3, 5, dan 7 meter yang mempunyai pendekatan dengan sistem komunikasi yang real. Pembagian



Gambar 3. 32 Kondisi kanal *nirkabel* diruangan *indoor* jarak= 3meter



Gambar 3. 33 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 5 meter



Gambar 3. 34 Pengukuran Lingkungan Indoor jarak= 7 meter

3.6 Perhitungan Nilai Eb/No

Setiap orang yang mempelajari komunikasi analog mengetahui istilah *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang merupakan perbandingan rata-rata antara daya sinyal terhadap *noise*. Dalam komunikasi digital, kita lebih sering menyebutnya dengan istilah Eb/No, bentuk dari normalisasi Eb/No adalah SNR Eb adalah energi bit per detik yang dideskripsikan sebagai *power sinyal S* , bit per detik Tb. No adalah *noise power spectral density* [3]

Pada implementasi menggunakan modul WARP pengukuran dilakukan dengan memvariasikan daya pancar. Sehingga dapat diketahui nilai BER terhadap daya pancar. Namun untuk analisa lebih lanjut, maka nilai daya pancar tersebut perlu direpresentasikan dalam bentuk Eb/No.

Dalam perhitungan Eb/No data yang diambil adalah data setelah proses despreading, karena data yang diterima setelah proses despreading sudah dalam bentuk data asli.

Tahapan mendapatkan nilai Eb/no adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai Eb/No, untuk modulasi BPSK diambil nilai real dari konstelasi sinyal yang diterima.
2. Dari nilai real tersebut, kemudian dihitung nilai rata-rata energi simbolnya (E_s). Karena masih dalam energi simbol, maka diubah ke energi bit dengan cara :

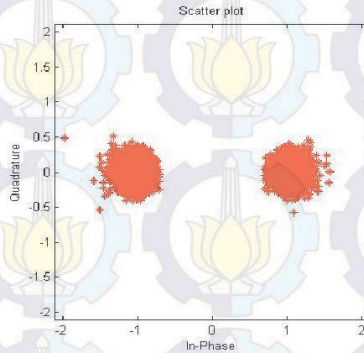
$$\begin{aligned} E_b &= E_{s1} + E_{s2} \\ &= a^2 + a^2 \\ &= a^2 \end{aligned}$$

Dimana : E_s = energi simbol , $E_s = a^2$
 E_b = Rata energi bit

3. Kemudian dapatkan nilai noise dengan cara menghitung variance dari energi bit atau simbol konstelasi.
4. Setelah mendapatkan nilai energi simbol dan energi noise dilakukan perbandingan antara kedua sinyal tersebut dan dikonversi ke satuan dB.

Dari proses implementasi yang dilakukan bisa melakukan perhitungan Eb/No pada modulasi BPSK.

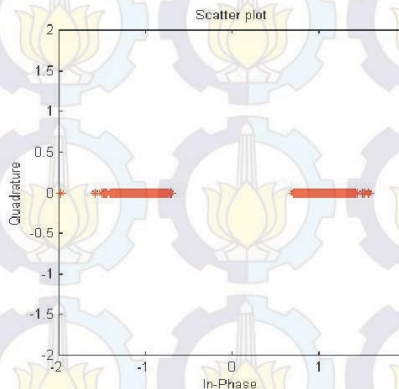
a Mengambil nilai real dari konstelasi sinyal yang diterima



Gambar 3. 35 Konstelasi BPSK

b Dari nilai real yang diambil maka akan menghasilkan daerah keputusan berdasarkan *inphase*. Dengan mendapatkan nilai real kemudian dihitung nilai rata-rata energi simbol (E_s)

$$E_s = \text{abs}(a^2) + \text{abs}(a^2)$$



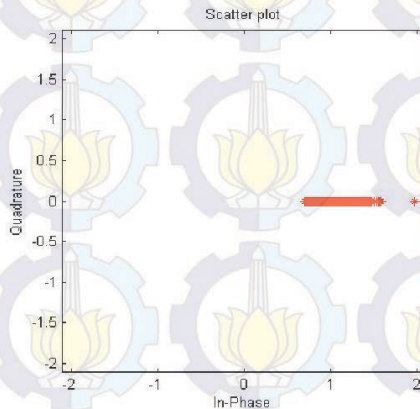
Gambar 3. 36 Kordinat Inphase

- c Nilai yang kita dapatkan masih dalam energi simbol, maka diubah ke dalam bentuk energy bit dengan cara :

$$\begin{aligned} E_b &= Es_1 + Es_2 \\ &= a^2 + a^2 \\ &= a^2 \end{aligned}$$

- d Dengan mengabsolutkan nilai real yang telah didapatkan dari proses despreading konstelasi sinyal BPSK maka kita dapatkan nilai variansi noise

$$\tau^2 = \text{var} [n(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{N_0}{2} \right) df$$



Gambar 3. 37 Variansi Noise

- e Selanjutnya menghitung perbandingan antara kedua sinyal nilai energi simbol dan energi noise

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{E_b}{N_o} \\ \gamma \text{ (dB)} &= 10 \log_{10} \gamma \end{aligned}$$

BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil dari pengukuran dan analisa dari Kinerja *Kode Walsh Hadamard* Pada *Code Division Multiple Acces* (CDMA) menggunakan *Wireless Open Acces Research Platform* (WARP). Hasil dari pengukuran kinerja sistem ini akan ditampilkan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dbm). Dengan menggunakan kode hadamard yang ada kita menganalisa kinerja Kode Walsh Hadamard terhadap *Multi User Inteferece* (MUI). Untuk menganalisis hal ini terdapat beberapa model sistem yang dapat dianalisa dari Tugas Akhir ini yaitu Kinerja sistem terhadap Multiuser Inteferece antar user dalam kode Hadamard, Kinerja sistem terhadap perubahan jarak dan Kinerja sistem terhadap ketiga kode Hadamard 16,32, dan 64.

Pada implementasi sistem ini dilakukan beberapa kali pengujian. Kondisi lingkungan pengukuran dilakukan diruang B.304 Laboratorium Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro dengan jarak antara node pengirim (WARP node 3) dan penerima (WARP node 4) sejauh 3m, 5m dan 7m. Pada perancangan ketiga model tersebut menggunakan kanal nirkabel secara real.

4.1 Skenario Pengujian

Pada bagian ini akan dilakukan skenario metode pengukuran dari sistem Pada bagian ini akan dilakukan skenario metode pengukuran dari sistem yang telah dibuat. Kinerja sistem yang diimplementasikan pada modul WARP menggunakan parameter pengujian dengan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1. Dimana Tx RF memiliki ekivalensi nilai yang sama dengan Ptx (dbm). Untuk hasil pengujian pada modul WARP dalam sistem ini akan disajikan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dBm). Pada pengukuran ini perlu kita atur daya pancar pada nilai berapa sehingga didapat nilai BER paling sedikit. Untuk mendapatkan nilai BER akan dibandingkan antara sinyal yang dikirim dengan sinyal yang diterima. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1 merupakan diagram alur pengukuran kinerja sistem. Dalam pengukuran ini menggunakan *radio board* yang mempunyai

spesifikasi perangkat menurut standar yang telah dijelaskan pada gambar 2.10 .

4.2 Analisis kinerja sistem terhadap *Multiuser Interference*

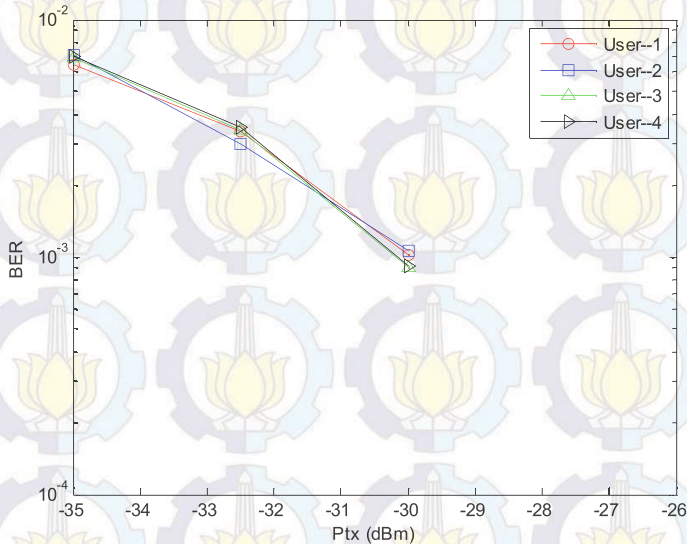
Pada pengukuran sistem yang diimplementasikan pada modul WARP menggunakan parameter pengujian dengan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1, dimana Tx RF memiliki ekivalensi nilai yang sama dengan Ptx (dbm). Untuk hasil pengujian pada modul WARP dalam sistem ini akan disajikan dalam bentuk grafik BER vs Daya Pancar (dBm). Unjuk kerja sistem akan ditampilkan dalam *bit error rate* (BER) yang diketahui dengan membandingkan antara bit yang dikirim dan diterima. Untuk memudahkan pengerjaan digunakan *software* MATLAB dalam menghitung nilai dari BER. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.2 dan tabel 4.1 yang menunjukkan hasil pengukuran.

Tabel 4. 1 BER saat Pengiriman 4 User Hadamard 16 bersamaan

Ptx(dbm)	Bit Error Rate			
	User			
	User 1	User 2	User 3	user 4
-35	0.00648	0.00706	0.0069	0.007
-32.5	0.00336	0.003	0.00342	0.0035
-30	0.00102	0.00106	0.0009	0.00092
-27.5	0	0	0	0

Pada gambar 4.1 dan Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem *Kode Walsh Hadamard* terganggu dengan adanya *Multiuser Interference*. Hal ini dapat kita lihat dari pengiriman 4 user yang kita lakukan, antara user saling menginterferensi. Dari tabel juga dapat kita lihat bahwa rata-rata nilai BER hampir sama untuk masing-masing user. Hal ini disebabkan karena MAI dari sistem yang membuat data rusak tiap-tiap user. Dapat kita lihat pada saat Ptx -35 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00648, BER user 2 0.00706, BER user 3 0.0069 dan BER user 4 0.007 .Pada saat Ptx -32.5dbm nilai BER yang dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00336, BER user 2 0.003, BER user 3 0.00342 dan BER user 4 0.0035. Pada saat Ptx -30 dbm nilai BER yang

dihasilkan untuk user 1 adalah 0.00102, BER user 2 0.00106, BER user 3 0.0009 dan BER user 4 0.00092. Intereferensi antar user terjadi saat daya pancar yang dihasilkan sebesar -35 dbm, -32.5 dbm serta -30 dbm.



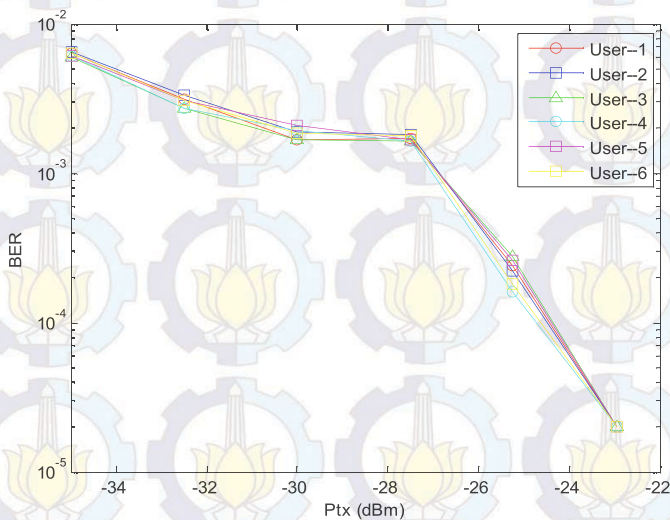
Gambar4. 1 Grafik BER saat Pengiriman 4 User bersamaan

Kode Hadamard secara teori memiliki sifat yang *orthogonal*. Tapi dalam bahwa pengukuran didapatkan *Hadamard* tidak sepenuhnya *orthogonal* karena adanya *crosskorelasi* yang menyebabkan terjadinya penurunan kinerja terhadap sistem. Hal ini dapat dilihat dari nilai BER yang kita dapatkan. Dengan jumlah data yang kita kirimkan 10.000 bit dengan pengiriman 4 user terdapat *error* pada data yang diterima. Dapat dilihat juga dari tabel 4.1 jika data yang kita kirimkan dengan daya pancar besar dari -27 dbm maka dalam proses pengiriman data tidak terdapat data *error* yang diterima. Pada pengukuran ini digunakan kanal *real*, yang dilakukan dilaboratorium komunikasi multimedia B.304.

Hal ini tidak hanya terjadi pada saat pengiriman 4 *user* secara bersamaan, tapi juga terjadi pada saat pengiriman *user* secara bersamaan lainnya, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. 2 BER saat Pengiriman 6 User Hadamard 16 bersamaan

Ptx(dBm)	Bit Error Rate					
	User					
	User 1	User 2	User 3	User 4	User 5	User 6
-35	0.00634	0.0065	0.00598	0.00608	0.00608	0.00638
-32.5	0.00316	0.0033	0.00274	0.00274	0.00306	0.00304
-30	0.00166	0.00188	0.00164	0.00192	0.00168	0.00178
-27.5	0.0017	0.00182	0.00168	0.00164	0.00208	0.00184
-25.25	0.00024	0.00022	0.00028	0.00016	0.00026	0.00018
-22.9375	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
-20.125	0	0	0	0	0	0



Gambar 4. 2 Grafik BER saat Pengiriman 6 User bersamaan

Pengiriman user secara bersamaan ternyata menimbulkan *Multiuser Interference* antara user dalam sistem. *Multiuser Interference* tidak dapat dihindari meskipun sinyal user dapat dipisahkan dengan mengalikan sinyal gabungan semua user dengan PN user yang bersangkutan. Dengan semakin banyak jumlah user, interferensi antar user juga semakin besar sehingga kesalahan atau *error* yang muncul pada sinyal terima bertambah banyak.

4.3 Analisis kinerja Sistem Terhadap Perubahan Jarak

Pada pengukuran ini dilakukan pengamatan terhadap kinerja sistem untuk mengetahui bagaimana pengaruh jarak antara penerima dan pemancar pada sebuah sistem komunikasi. Secara teori, semakin jauh jarak antara antena pemancar dan penerima maka semakin melemah sinyal yang dikirimkan sehingga *error* yang terjadi juga akan semakin besar. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan jarak antar pemancar dan penerima 3 meter, 5 meter, dan 7 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.3, bagaimana pengaruh dari jarak dalam sistem dengan menggunakan WARP yang telah disajikan dalam nilai *bit error rate* (BER) terhadap perubahan nilai dari *power transmit* (P_{tx}) antara sistem yang menggunakan Hadamard 16, dengan modulasi *Binary Phase Shift Keying* (BPSK) yang dapat dilihat pada gambar 4.4.

Dalam pengukuran sistem menggunakan parameter pengujian dengan nilai $T_x RF = 0:5:60$, $T_x BB = 1$, $R_x RF = 1$, dan $R_x BB = 1$, dimana $T_x RF$ memiliki ekivalensi nilai terhadap P_{tx} . Untuk pengujian sistem, akan dikirimkan 10.000 bit kemudian dilihat nilai errornya. Data dikirimkan dalam pengujian dilakukan pada kanal 8 dengan frekuensi pada kanal itu adalah 2.447 Ghz.

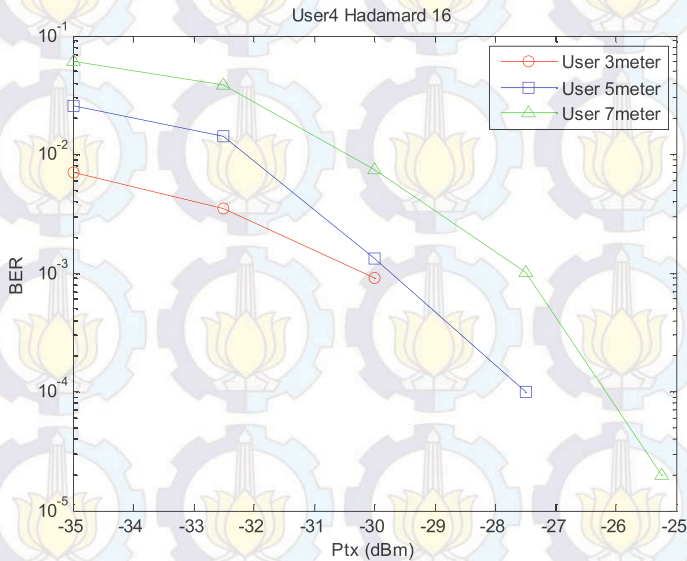
Pada gambar 4.4 dan Tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem kode Walsh Hadamard mengalami gangguan terhadap jarak. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 4 user pada jarak yang berbeda. Pada saat $T_x RF$ bernilai 0 nilai BER yang dihasilkan untuk jarak 3 meter adalah 0.007, jarak 5 meter adalah 0.02542 dan jarak 7 meter adalah 0.06074. Tingginya *Bit error rate* yang didapatkan karena daya pancar yang diberikan kecil yaitu sebesar -35 dbm dalam pengiriman data. Apalagi dengan perubahan jarak yang terjadi, semakin jauh jarak penguatan daya pancar yang diberikan harus lebih besar. Berbeda pada saat $T_x RF$

bernilai 5 dengan daya pancar yang dihasilkan -32.5 nilai BER yang dihasilkan untuk jarak 3 meter 0.0035 , untuk jarak 5 meter 0.0143, dan untuk jarak 7 meter 0.0387 lebih baik. Untuk Tx Rf 10 dengan daya pancar yang dihasilkan -30 dbm menghasilkan nilai BER yang semakin kecil karena daya pancar yang diberikan juga tinggi. Terjadi sedikit perbedaan saat Tx Rf bernilai 15 dengan daya pancar yang dihasilkan -27.5 dbm, saat jarak 3 meter nilai dari BER jumlah data yang dikirimkan sudah tidak ada yaitu nol, jarak 5 meter sebesar 0.0001 dan jarak 7 meter sebesar 0.00102. Saat Tx Rf 20 yang mewakili daya pancar -25.25 dbm nilai BER untuk jarak 5 meter dan 3 meter sudah nol sedangkan dalam jarak 7 meter nilai BER masih tinggi , hal ini terjadi karena pengaruh jarak tadi. Untuk Tx Rf besar dari 20 yang daya pancarnya sebanding dengan -20.1250 dbm untuk jarak 3 meter, 5 meter dan 7 meter bit error rate sudah memiliki nilai yang kecil. Untuk lebih jelasnya nilai dari BER dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.3

Ternyata nilai dari *power transmit* (Ptx) juga mempunyai pengaruh yang besar. Semakin besar Ptx menyebabkan nilai BER juga semakin kecil, sebaliknya semakin kecil nilai Ptx maka nilai BER semakin besar.

Tabel 4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak berbeda

Hadamard	Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
		Jarak (meter)		
		3	5	7
16	-35	0.007	0.02542	0.06074
	-32.5	0.0035	0.0143	0.0387
	-30	0.00092	0.00134	0.00738
	-27.5	0	0.0001	0.00102
	-25.25	0	0	0.00002



Gambar4. 3 BER User 4 Hadamard 16 dengan jarak yang berbeda

Dari hasil pengukuran terhadap fungsi jarak, pada Hadamard seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan gambar 4.4 jarak 3 meter menghasilkan BER yang lebih kecil dibandingkan pada jarak 5 meter dan 7 meter pada panjang kode yang digunakan sama yaitu Hadamard 16. Hal ini menandakan bahwa jarak dan daya pancar mempengaruhi kualitas kerja sistem komunikasi. Semakin jauh jarak antara antena pemancar dan penerima maka sinyal yang di transmisikan dengan daya pancar yang tetap akan mengalami pelemahan sehingga nilai BER semakin besar.

4.4 Analisis kinerja sistem terhadap kode *Hadamard* 16,32,64

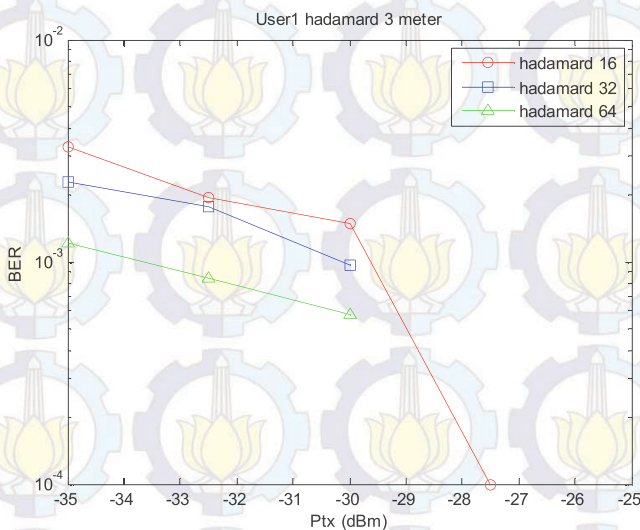
Pengukuran menggunakan *node* WARP bertujuan sebagai pendekatan sistem komunikasi secara real. Perancangan yang telah dibuat pada bab 3 akan diukur menggunakan *node* WARP dimana *node* (3) berada pada jarak 3 meter dari *node* (4). Parameter pengujian dengan menggunakan nilai Tx RF = 0:5:60, Tx BB = 1, Rx RF = 1, dan Rx BB = 1, Tx RF sebanding dengan nilai Ptx (dbm). Untuk pengujian sistem,

akan dikirimkan 10.000 bit kemudian dilihat perbandingan bit yang dikirim terhadap bit yang diterima dari perubahan kode Hadamard dan jarak yang dilakukan. Masing – masing kode mempunyai panjang chip rate yang berbeda.

Pada pengukuran ini digunakan kanal 8 , hal ini didasari pada tempat dimana dilakukan pengukuran, laboratorium komunikasi multimedia B.304 terdapat kanal *wireless* yang dapat menimbulkan interferensi.

Tabel 4. 4 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 3 meter

Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.00328	0.0023	0.00122
-32.5	0.00194	0.00176	0.00084
-30	0.00148	0.00096	0.00082



Gambar4. 4 Grafik BER 1 User Hadamard dalam 3 meter

Dalam Ptx yang sama dan jumlah user yang sama nilai BER Hadamard 64 mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dari ketiga kode Hadamard. Kinerja Hadamard yang terbaik dimulai dari 64, 32 dan 16.

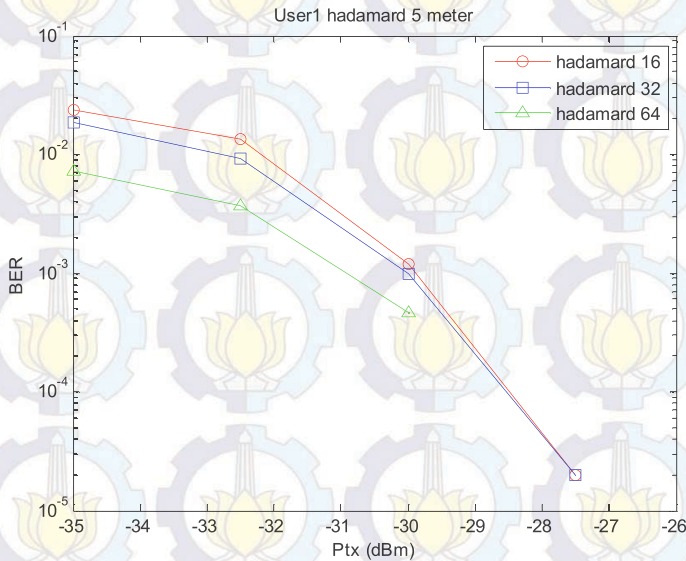
Ternyata daya pancar berpengaruh terhadap nilai BER sistem yang didapat. Jika daya pancar semakin kecil maka akan sebanding dengan nilai BER, begitu juga ketika daya pancar semakin besar nilai BER pada sistem yang didapatkan akan kecil pula. Untuk hadamard 16, 32 dan 64 dibutuhkan daya pancar sebesar ≥ -30 dbm untuk mencapai nilai terbaiknya.

Tabel 4. 5 Data pengukuran 1 User Hadamard dalam 5 meter

Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.02394	0.01846	0.00726
-32.5	0.01352	0.00916	0.00374
-30	0.00118	0.001	0.00046
-27.5	0.00002	0.00002	0
-25.25	0	0	0

Tabel 4. 6 Data pengukuran 1User Hadamard dalam 7meter

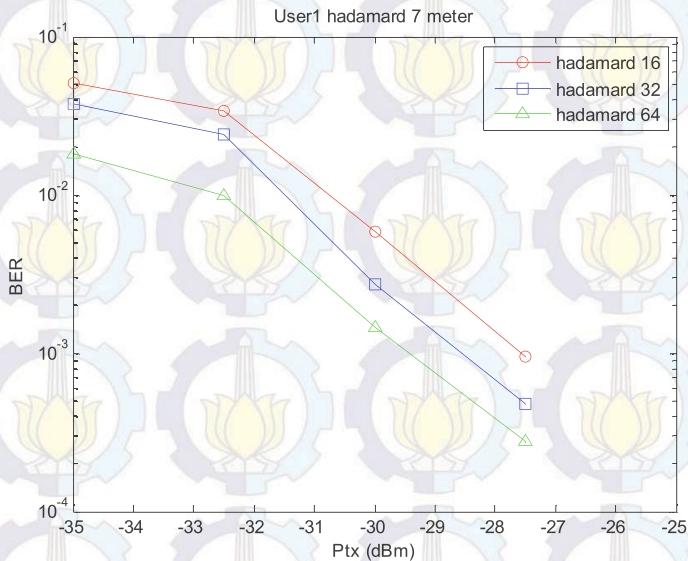
Ptx(dbm)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
-35	0.05068	0.03788	0.0181
-32.5	0.03404	0.02428	0.00994
-30	0.00584	0.00272	0.00146
-27.5	0.00096	0.00048	0.00028
-25.25	0	0	0



Gambar4. 5 Grafik BER 1 user Hadamard dalam 5 meter

Pada Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 1 user pada jarak yang sama, dengan banyak bit yang dikirim 10.000 dimana setiap bit akan di *upsample* menjadi 10. Semakin panjang kode yang digunakan maka ketahanan data semakin bagus. Dari tabel dapat kita lihat bahwa dalam Hadamard mempunyai nilai BER yang lebih baik dibanding dari 2 kode Hadamard lainnya. Pada saat Ptx -35 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.02394, dengan Ptx yang sama -35 dbm Hadamard 32 memiliki nilai BER adalah 0.0023 dan Hadamard 64 adalah 0.00122. Ptx -35 dbm pada jarak 5 meter nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.02394, Hadamard 32 adalah 0.01846 dan Hadamard 64 adalah 0.00726. Begitu juga saat Ptx -27.5 dbm nilai BER masih terlihat di Hadamard 16 0.00002, Hadamard 32 0.00002 dan untuk Hadamard 64 sudah mencapai nilai terbaik yaitu 0. Untuk Ptx besar dari 27.5 dbm nilai BER dari masing Hadamard akan semakin kecil yang artinya jika daya pancar yang dibangkitkan semakin besar maka nilai BER akan semakin kecil.

Setelah melihat Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dan membandingkannya dengan Tabel 4.5 dan gambar 4.5 terlihat disini adanya perbedaan jarak yang cukup jauh sehingga berpengaruh terhadap besarnya *Bit Error* dan MUI yang didapatkan. Berdasarkan data diatas kita dapat menyimpulkan bahwa dengan jarak yang semakin jauh dibutuhkan daya pancar yang lebih besar untuk mengirimkan sinyal. Dibutuhkan daya pancar yang lebih besar saat jarak yang jauh karena *noise* dan MUI yang dihasilkan juga semakin besar maka untuk itu dibutuhkan daya pancar yang lebih besar.



Gambar4. 6 Grafik BER 1User Hadamard dalam7 meter

Pada Tabel 4.6 dan gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa implementasi dengan menggunakan modul WARP, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Dalam jarak 7 meter nilai BER saat Ptx -35 dbm Hadamard 16 0.05068, Hadamard 32 0.03788 dan Hadamard 64 0.0181. Pada saat Ptx -32.5 dbm sampai Ptx -27.5 dbm nilai BER yang dihasilkan akan mengalami penurunan berdasarkan kenaikan daya yang di pancarkan, baik pada Hadamard 16,32 dan 64. Walaupun ketiga Hadamard memiliki nilai BER kecil ketika daya pancar sama besar atau lebih dari -27.5 dbm Hadamard 64 memiliki performa yang

terbaik. Ptx -32.5 Hadamard 16 nilai BER 0.03404, dengan Ptx yang sama nilai BER Hadamard 32 0.02428 dan Hadamard 64 nilai BER 0.00994. Untuk jarak 5 meter nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.01352, Hadamard 32 0.0023 adalah 0.00916 dan Hadamard 64 adalah 0.00994. Dengan Ptx yang sama untuk jarak 3 meter Hadamard 16 0.00328, Hadamard 32 , Hadamard 64 0.00122.

Setelah melihat Tabel 4.4 dan gambar 4.4 dan membandingkannya dengan Tabel 4.5 dan gambar 4.5 serta Tabel 4.6 dan gambar 4.6 terlihat disini adanya perbedaan jarak yang cukup jauh sehingga berpengaruh terhadap besarnya *Bit Error* yang didapatkan.

4.5 Analisa BER Terhadap Eb/No

4.5.1 Multiuser Hadamard

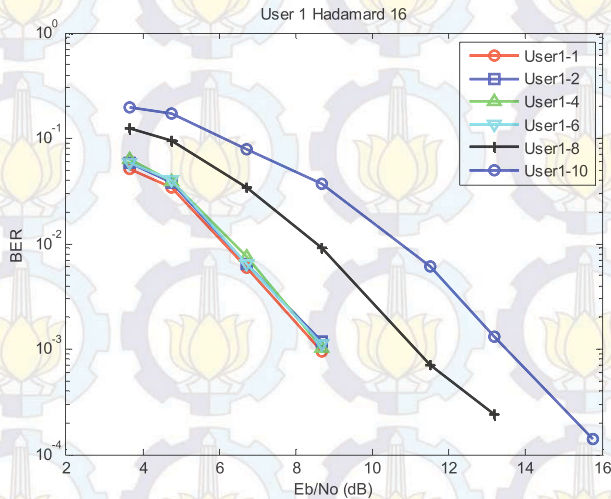
Pada pengukuran diatas parameter yang diuji yaitu melakukan pengukuran BER berdasarkan variasi daya pancar disisi pemancar. Pengukuran tersebut dirasa masih kurang mewakili, dikarenakan daya yang dikirim belum tentu dapat diterima dengan baik oleh penerima. Ketika sinyal dikirimkan, hal yang paling mempengaruhi baik tidaknya sinyal yang diterima adalah besarnya *noise*. Semakin banyak gangguan-gangguan yang ada *noise*, maka sinyal yang diterima juga akan semakin jelek. Nilai energi bit (Eb) dan noise (No) yang diterima dihitung dari simbol konstelasi di penerima setelah proses despreading.

Tabel 4. 7 Data Pengukuran 1 User Hadamard dalam 7 meter

Eb/No (db)	Bit Error Rate					
	User 1 Saat Pengiriman					
	1 User	2 User	4 User	6 User	8 User	10 User
3.6559	0.05068	0.05888	0.06298	0.0584	0.12366	0.19758
4.7631	0.03404	0.03838	0.03926	0.03974	0.09536	0.1697
6.70944	0.00584	0.00644	0.00744	0.00646	0.0339	0.0788
8.6879	0.00096	0.00118	0.00102	0.00112	0.00904	0.0366
11.5174	0	0	0	0	0.0007	0.006
13.1978	0	0	0	0	0.00024	0.0013

Eb/No (db)	Bit Error Rate					
	User 1 Saat Pengiriman					
	1 User	2 User	4 User	6 User	8 User	10 User
15.7547	0	0	0	0	0	0.00014

Pada Tabel 4.7 tersebut merupakan tabel data BER sistem untuk user 1 saat pengiriman 1 user, pengiriman 2 user, pengiriman 4 user, pengiriman 6 user, pengiriman 8 user dan pengiriman 10 user. Dari tabel 4.6 dapat diamati bahwa untuk user 1 pengiriman 1 user, user 1 saat pengiriman 2 user, 4 user, 6 user maka untuk nilai $E_b/N_0 \leq$ dari 8.6879 db, nilai BER sistem tidak ada yang mencapai nol. ini artinya masih terdapat inteferensi dalam sistem baik itu *noise*, dan *Multiuser Inteference* yang terjadi dalam proses pengiriman. Dengan kata lain, untuk $E_b/N_0 \leq 8.6879$ db *noise*, dan *Multiuser Inteference* masih memberikan kontribusi terhadap munculnya *error* dalam sistem. Nilai BER sistem baru mencapai nol untuk $E_b/N_0 \geq 8.6879$ db. Ini berarti untuk nilai $E_b/N_0 \geq 8.6879$ efek *noise*, dan *Multiuser Inteference* terhadap sinyal yang dikirimkan dapat diatasi sepenuhnya sehingga receiver menerima data pada penerima tanpa adanya error. Sementara untuk user 1 saat pengiriman 8 user dan 10 user untuk mencapai nilai BER nol diperlukan nilai $E_b/N_0 \geq 13.1978$ db. Jadi untuk mencapai nilai BER=0, sistem dengan pengiriman 8 user dan pengiriman 10 user membutuhkan nilai E_b/N_0 yang lebih besar dibandingkan dengan sistem pengiriman 1 user, 2 user, 4 user dan 6 user. Dengan kata lain makin banyak user jumlah user yang ada dalam *Code Division Multiple Acces* (CDMA) makin besar pula nilai E_b/N_0 minimum yang dibutuhkan oleh sistem agar tidak terjadi kesalahan dalam penerimaan data. Sistem CDMA yang digunakan merupakan Asinkron CDMA diimplementasikan dalam proses *downlink*, sehingga BER untuk user 1 pengiriman 1, 2 dan 4 user tidak beda jauh. Selain tabel, juga diberikan data BER yang direpresentasikan dalam bentuk grafik BER seperti terlihat pada gambar 4.7. Melalui grafik pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa sistem dengan user 1 saat pengiriman 1 user lebih baik dibandingkan unjuk kerja sistem pengiriman 2 user, pengiriman 4 user, pengiriman 6 user, pengiriman 8 user, pengiriman 10 user.



Gambar4. 7 Grafik BER User 1 Dalam Berbagai Pengiriman

4.5.2 Perbandingan Hadamard 16,32 dan 64

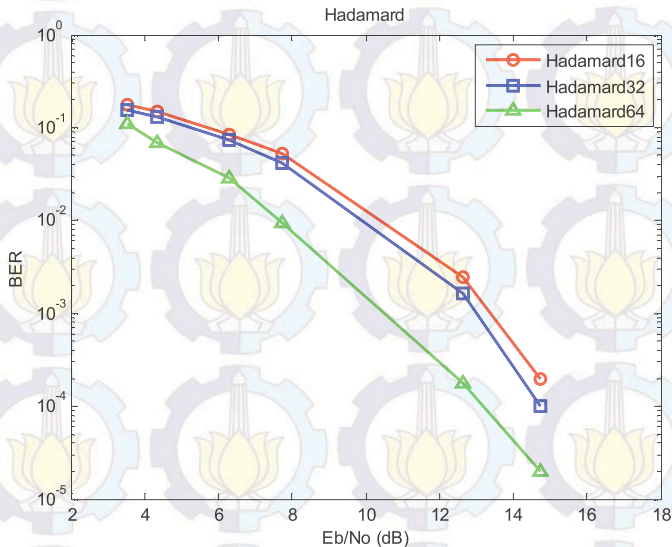
Dalam pengukuran terhadap perbandingan kerja kode Hadamard menggunakan WARP kita dapatkan bahwa kinerja kode Hadamard 64 lebih baik dari dua kode Hadamard 32 dan 16. Hal ini tidak jauh berbeda dari hasil simulasi yang kita lakukan dengan besar E_b/N_0 yang sama 3.5245 dB untuk BER Hadamard 64 0.10905, Hadamard 32 dan 16 sebesar 0.15252 0.17704. Untuk hasil lebih jelas kita bisa melihat di tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Simulasi Hadamard 16,32 dan 64

Eb/No (dB)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
3.5245	0.17704	0.15252	0.1095
4.3312	0.14796	0.12932	0.06844
6.2811	0.08454	0.07268	0.02848
7.7158	0.0534	0.04216	0.0094
12.6198	0.00242	0.00162	0.00018

Eb/No (dB)	Bit Error Rate		
	Hadamard 16	Hadamard 32	Hadamard 64
14.7274	0.0002	0.0001	0.00002
17.8559	0	0	0

Pada Tabel 4.8 dan gambar 4.8 dapat disimpulkan, kinerja sistem masing-masing kode Walsh Hadamard. Pengukuran ini sistem ini kita mengirimkan 1 user dengan banyak bit yang dikirim 10.000. Semakin panjang kode yang digunakan maka ketahanan data semakin bagus. Dari tabel dapat kita lihat bahwa dalam hadamard mempunyai nilai BER yang lebih baik dibanding dari 2 kode Hadamard lainnya. Pada saat Eb/No 4.3312 dbm nilai BER yang dihasilkan untuk Hadamard 16 adalah 0.14796, dengan Eb/No yang Hadamard 32 memiliki nilai BER adalah 0.12932 dan Hadamard 64 adalah 0.06844. BER dari masing Hadamard akan semakin kecil yang artinya jika Eb/No yang diberikan semakin besar maka nilai BER akan berbanding lurus dengan penurunan nilai BER.



Gambar 4. 8 Grafik BER 1 user Hadamard

4.6 Pengukuran Spektrum Sinyal Tanpa Dengan Direct Sequence Spread Spectrum Dengan Spectrum Analyzer

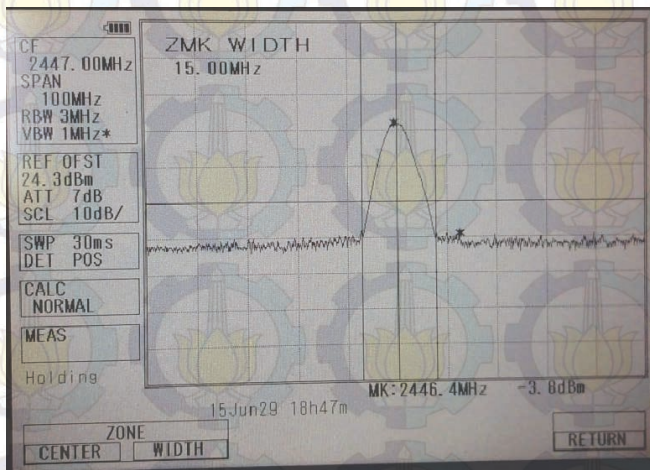
Teknik Code Division Multiple Acces adalah tekniks akses jamak yang menggunakan sistem *spread spectrum* yang memungkinkan setiap pengguna mengakses frekuensi yang sama pada waktu bersamaan. Untuk membedakan masing-masing pengguna digunakan kode PN yang bisa juga digunakan untuk menghemat kanal.

Dalam penelitian ini ada 10.000 bit informasi yang kita bangkitkan yang berupa bilangan “ 1 0 1 0 1 0 sampai dengan 10000 “. Setiap bit yang kita bangkitkan akan dikalikan dengan kode PN yang kita gunakan, artinya setiap 1 bit itu akan sama besarnya dengan panjang kode PN yang kita gunakan. Dengan adanya perkalian bit informasi dengan kode PN menyebabkan bandwidth dari sinyal yang dikirimkan akan semakin besar, inilah yang disebut dengan teknik *spreading*.

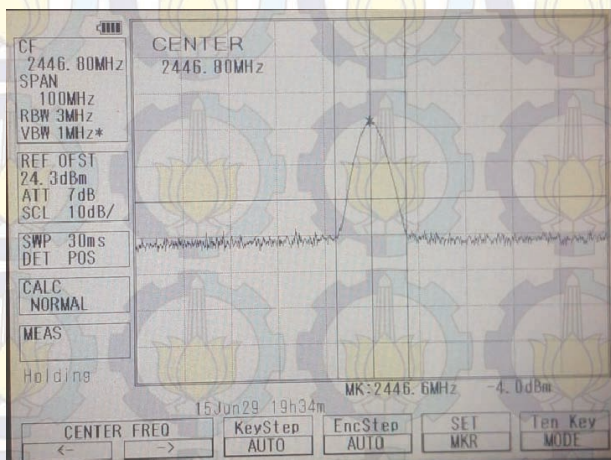
Pengiriman data dalam WARP mempunyai batasan dalam pengiriman datanya yaitu sebesar sebesar 2^{14} sampel atau 16384 sampel. Ketika bit yang dikirimkan melebihi jumlah itu, misalkan 100000 bit yang dikirimkan, maka diperlukan *frame-frame buffer* agar semua bit yang dibangkitkan bisa dikirimkan semua. Oleh karena itu, proses *spreading* tidak terlihat dalam pengiriman data karena kita mengikuti standar pengiriman yang digunakan oleh WARP.

4.6.1 Spektrum Sinyal Tanpa Sinyal DS-SS

Dalam pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui secara real bagaimana unjuk kerja dari sistem yang ditampilkan dalam sebuah spectrum analyzer. Pada penelitian ini digunakan frekuensi kerja wireless yaitu 2.4 Ghz (IEEE 802.11g) dan menggunakan kanal 8 atau frekuensi kerja 2.447 Ghz. Pada pengukuran ini akan ditampilkan gambar pada saat suatu sistem sebagai pemancar dan penerima.



Gambar4. 9 Bandwidth passband 15 Mhz



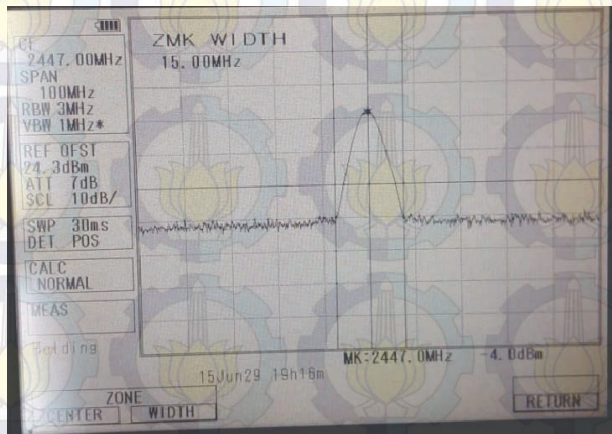
Gambar4. 10 Frekuensi Center 24446.6 Mhz

Pada gambar 4.9 terlihat *spectrum* dari sinyal yang dikirimkan, parameter yang diberikan adalah diberikan level penguatan pada *Radio Frekuensi* (RF) adalah 0, dapat kita lakukan konversi menjadi -3.8 dBm. Pada pengukuran terlihat pada *bandwidth* gambar 4.10 sinyal passband 15 Mhz dan frekuensi center menunjukkan berada pada 2446.80 Mhz.

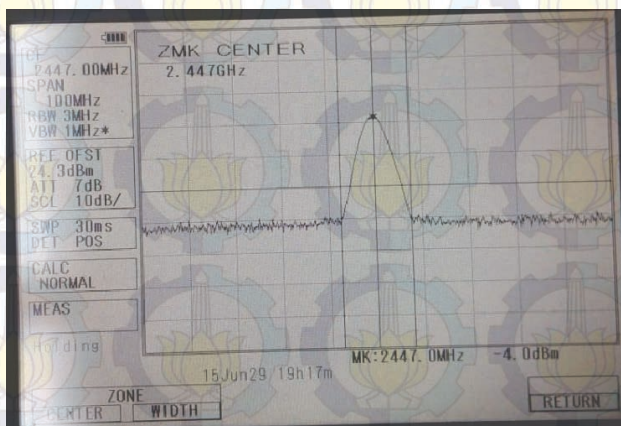
4.6.2 Spektrum Sinyal Dengan Sinyal DS-SS

Sama halnya dengan pengukuran yang dilakukan pada sinyal tanpa spread spectrum, tidak terlihat perbedaan yang jauh untuk nilai *Bandwidth* dan frekuensi *center* yang terlihat di *spectrum analyzer*. Dalam gambar 4.11 terlihat nilai bandwidth dalam pengiriman sinyal sebesar 15 Mhz dengan frekuensi *center* 2.447 Ghz.

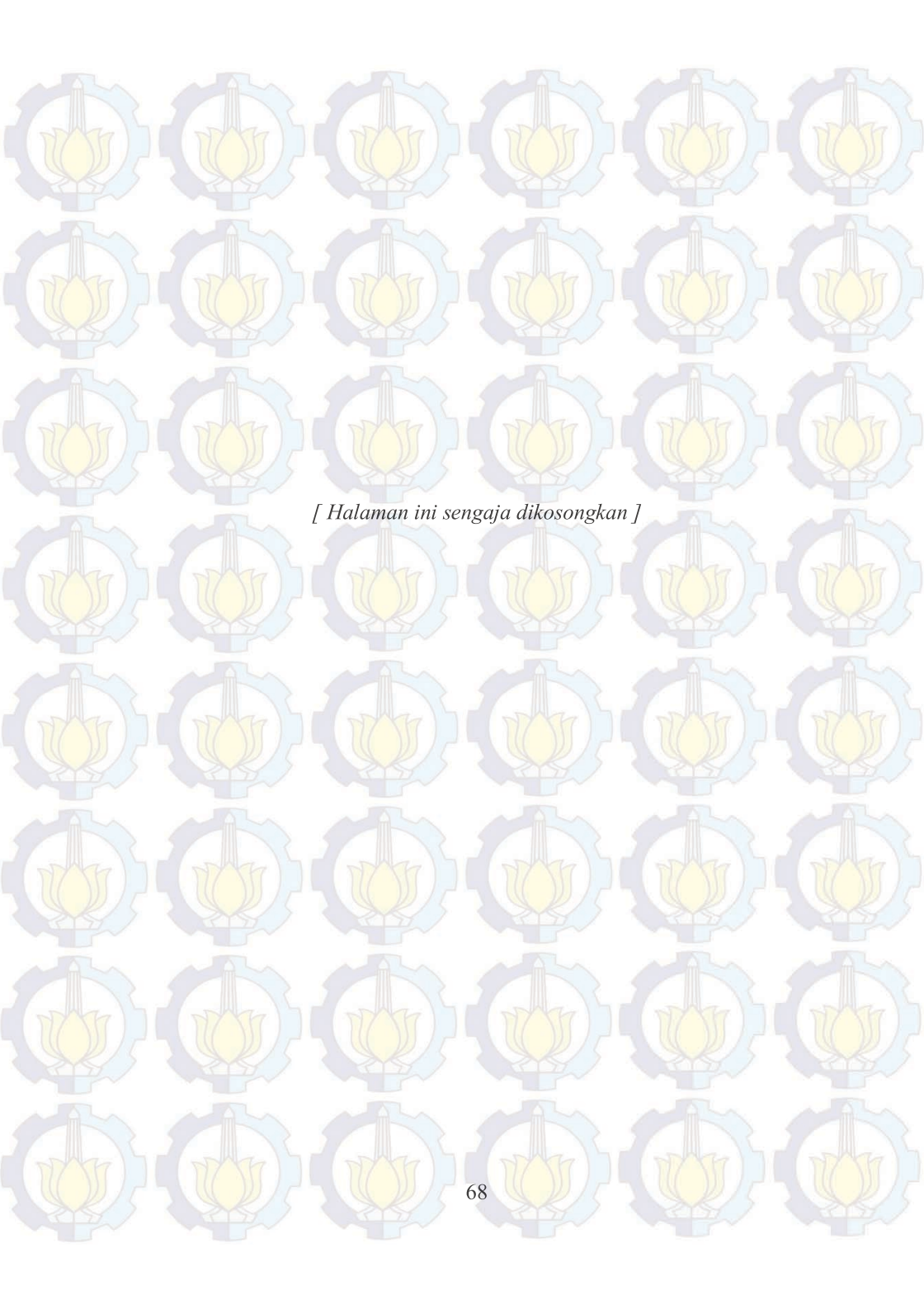
Pengiriman dengan sinyal DS-SS dilakukan dengan menggunakan kode Hadamard 16,32 dan 64. Masing-masing kode Hadamard mempunyai nilai chip rate yang berbeda . Berdasarkan tabel 3.1 nilai chip rate untuk Hadamard 16 sebesar 64×10^6 chip/s , 128×10^6 chip/s untuk Hadamard 32 dan untuk Hadamard 64 didapatkan sebesar 256×10^6 chip/s . Bandwidth WARP sebesar 20 Mhz, yang kita gunakan dalam pengukuran mengikuti standar IEEE 802.11g yang merupakan frekuensi kanal Wi-fi. Dalam pengukuran bandwidth yang terukur pada spectrum analyzer sebesar 15 Mhz.



Gambar4. 11 Bandwidth *passband* 15 Mhz



Gambar4. 12 Frekuensi Center 2.447 Ghz



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

1. **Torrieri, Don.**, “*Principle of Spread Spectrum Communication Systems*”. Springer. New York. 2005.
2. **Proakis, John G.**, “*Digital Communications Fourth Edition*”, Prentice Hall. California. 2001.
3. **Sklar, Bernard.**, “*Digital Communications Fundamentals and Applications*”. Prentice Hall. California. 2001.
4. **Xia Yongxiang., Pu Li., Xiuming Shan., Yong Ren.**, “*Cyclically Orthogonal Subsets Of Walsh Functions*” , *IEEE* , The 8th International Conferences, *Communitation System, ICCS*. 2002.
5. **Wilson S.G., M. Lakshman.**, “*Autocorrelation and power spectrum of Hadamard signaling*” , *IEEE, Communications, Radar and Signal Processing*, 1988.
6. **Seberry Jennifer., Beata J Wysocki., Tadeuz A Wysocki.**, “ *On Some Application of Hadamard matrices*” , *IEEE Transactions on Information Theory*, 2005.
7. **Tsai Shang-Ho., Yuan-Pei Lin., C.-C. Jay Kuo., Fellow** “ *MAI-Free MC-CDMA System Based on Hadamard-Walsh Codes*” . *IEEE, Signal Processing*, 2006
8. **Dinan Esmael H., Bijan Jabbari.**, “*Spreading Codes For Dirrect Spectrum CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks*”,. *IEEE, Communications Magazine*, 1998.
9. **Maxim Integrated Product Inc.** MAX2828/2829 Single-/Dual-Band 802.11a/b/g World-band Transceiver ICs Datasheet. 2004.
10. **WARP Project - Wireless Open Access Research Platform.** [Online] Desember 2014. [Disunting: April 15, 2015.] <http://warp.rice.edu/trac/wiki/about>.



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

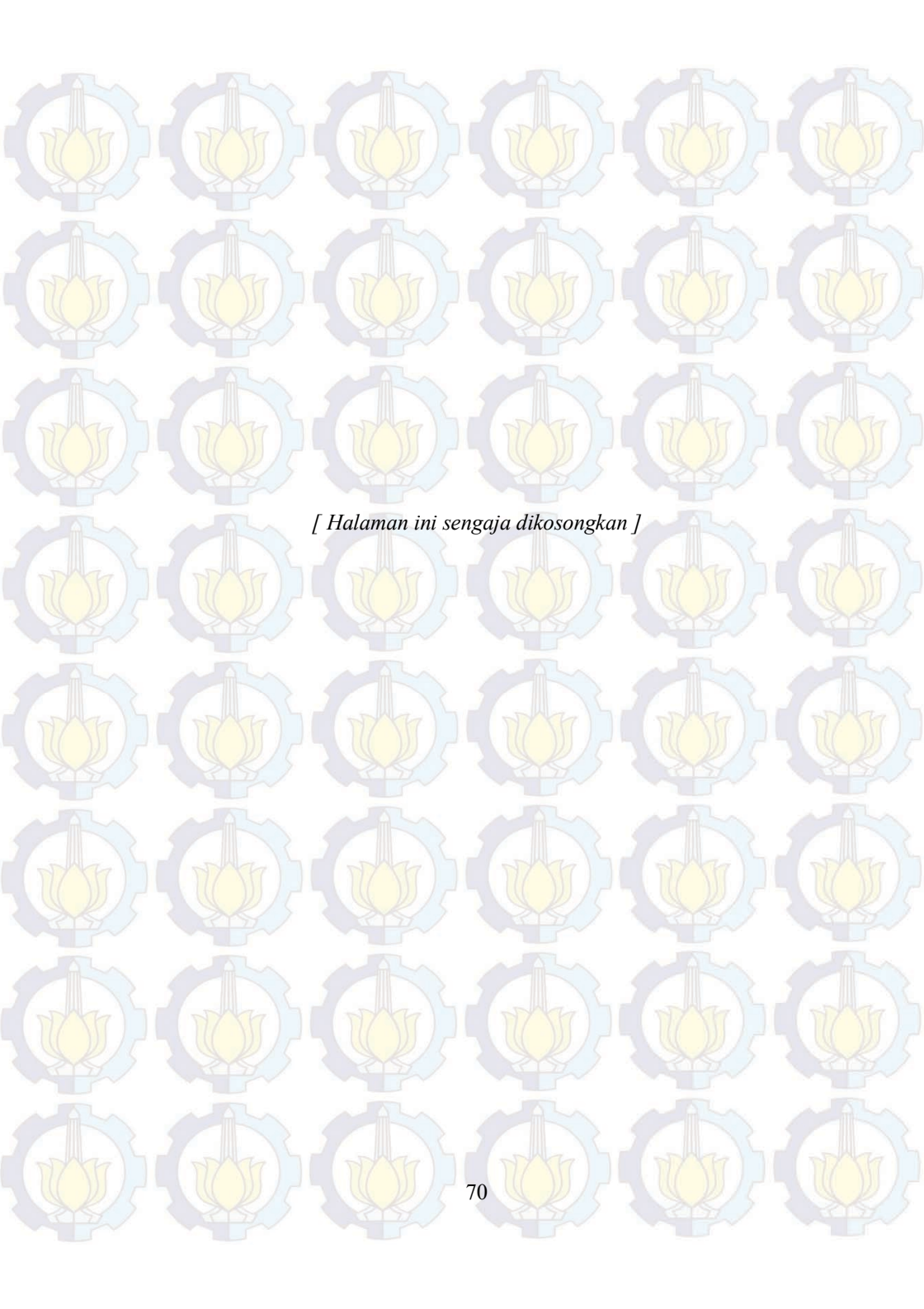
Berdasarkan proses implementasi, pengukuran dan analisis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kode Walsh Hadamard tidak sepenuhnya bersifat *orthogonal*. Dalam pengukuran 4 user dan 6 user secara bersamaan, *Multiuser interference* terjadi terlihat dalam kinerja sistem. Nilai BER untuk pengiriman 4 user 6.86×10^{-3} sedangkan untuk pengiriman 6 user 6.22×10^{-3}
2. Hasil implementasi sistem Walsh Hadamard terhadap variasi jarak berpengaruh terhadap nilai BER yang dihasilkan, semakin jauh jarak yang digunakan akan semakin besar juga nilai BER yang dihasilkan. Misalnya saat pengukuran 3 meter menghasilkan nilai BER 0.007, 5 meter didapatkan nilai BER yang lebih besar 0.02542 untuk jarak 7 meter menghasilkan nilai BER yang terbesar diantara ketiga jarak ini yaitu 0.06074.
3. Pada pengukuran didapatkan kinerja Hadamard dengan kode yang berbeda 16, 32, dan 64, kode Hadamard 64 memiliki performansi yang lebih baik dari kode 16 dan 32. ketika $P_{tx} -30$ dBm untuk kode Hadamard 16 BER 0.00328 dan kode Hadamard 32 BER 0.0023 terdapat selisih BER sebesar 0.00098, untuk Hadamard 64 BER 0.00122 terdapat selisih yang semakin jauh yaitu sebesar 0.00206 .

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya dari Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode *Walsh Hadamard* Pada *Code Division multiple Access* (CDMA) Menggunakan *Wireless Open-Access Research Platform* (WARP) adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan implementasi sistem kinerja *Walsh Hadamard* yang diterapkan pada aplikasi yang lebih lanjut seperti MC-CDMA.
2. Pengukuran pada pengujian sistem dilakukan di *outdoor*.
3. Mengetahui kinerja sistem berdasarkan parameter gain antara sinyal informasi dengan sinyal *spreading*



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN A PROPOSAL

Jurusan Teknik Elektro – FTI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Fadhila Andam Dewi
Nomor pokok : 2213105076
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas diberikan : Semester Genap 2014/2015
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Titiek Suryani, MT
2. Dr. Ir. Suwadi, MT

12 FEB 2015

Judul Tugas Akhir : **Implementasi dan Evaluasi Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada CDMA Menggunakan WARP**
(Implementation and Performance Evaluation of Walsh Hadamard codes In CDMA Using WARP)

Uraian Tugas Akhir :

CDMA adalah metode akses jarak dimana setiap *user* memiliki kode yang bersifat orthogonal dan pengguna berkomunikasi dengan menggunakan kanal frekuensi yang sama dan waktu yang sama. Dalam CDMA sinyal data di kalikan dengan pn code sehingga menjadi acak sebelum ditransmisikan ke udara. Ada bermacam-macam *pn Code* yang digunakan yaitu *M-sequences*, *Gold Code*, *Kasami Code*, dan *Walsh Hadamard Code*. Dari semua PN Code yang ada *Walsh Hadamard* memiliki Orthogonal yang lebih baik. Pada tugas akhir ini akan diimplementasikan CDMA pada *Wireless Open Access Research Platform (WARP)* menggunakan kode *Walsh Hadamard* dengan bantuan *software* MatLab. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi kinerja BER terhadap jumlah *user* yang bisa dilayani secara bersamaan dengan *Multi User Interferensi (MUI)* yang dapat ditoleransi.

Kata Kunci : CDMA, Walsh Hadamard Code, Pn-Code, WARP

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Titiek Suryani, MT.
NIP. 19641130 1989032 001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS

Ketua,

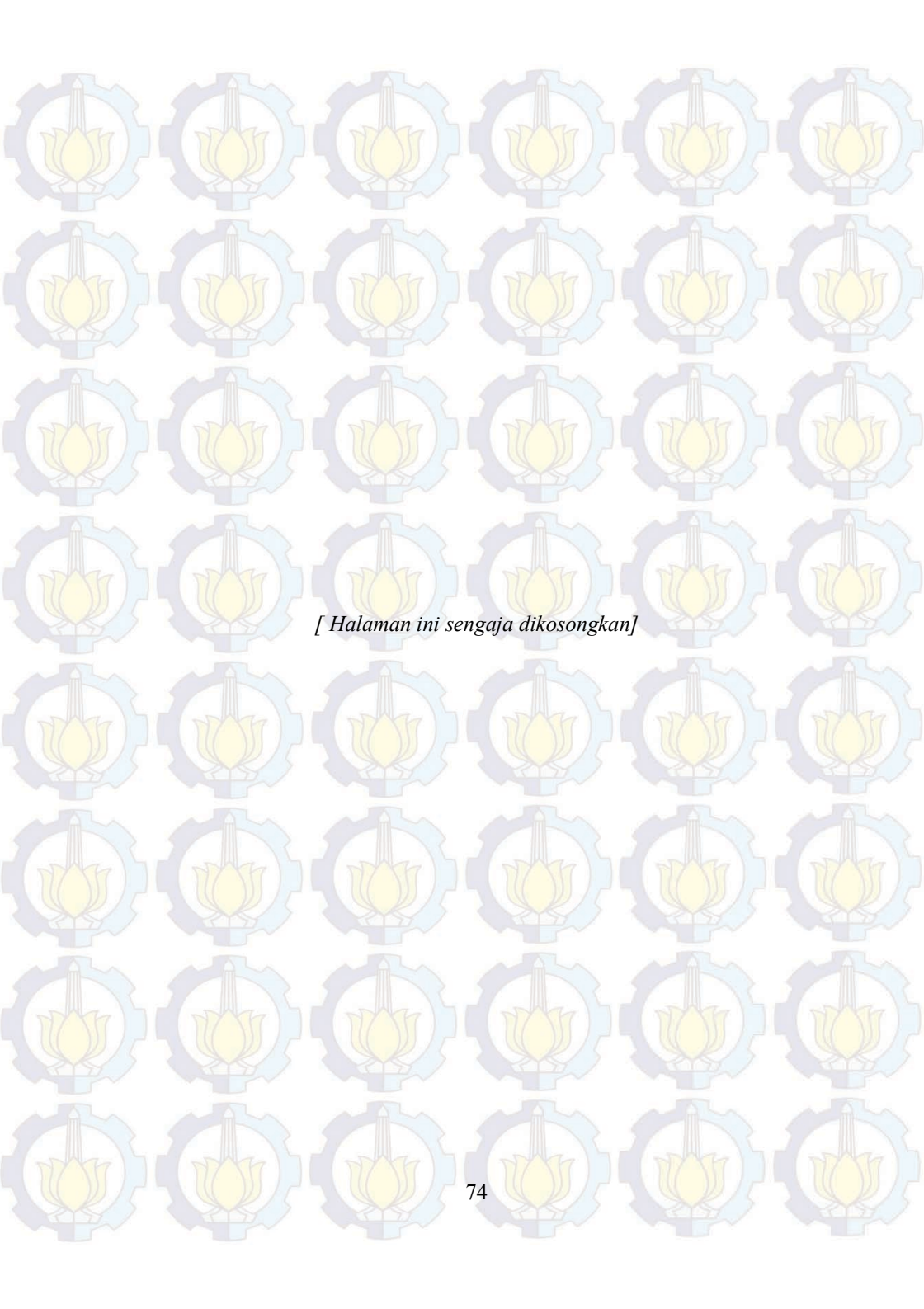
Dr. Tri Arief Sardjono, ST, MT.
NIP. 19700212 1995121 001

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Suwadi, MT.
NIP. 19680818 1993031 002

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi
Multimedia
Koordinator,

Dr. Ir. Endrovo, DE.A.
NIP. 19650404 1991021 001



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN B

LISTING PROGRAM

Dalam pengukuran ini digunakan program MATLAB, sehingga dapat membantu merealisasi sistem Evaluasi dan Analisis Kinerja Kode Walsh Hadamard Pada Code Division Multiple Access sesuai dengan keadaan yang nyata, yang dikonfigurasi dengan modul WARP. Berikut merupakan listing program yang akan dibagi menurut blok dari sistem :

1. Program Pengiriman

```
clearall;
closeall;
clc;
%Pengirim
%% Inisialisasi
% user = 4;
% input = 1000;          % input sebelum di modulasi
% data_input = rand ([0
1],('seed',2),user,input); % data input acak
4x100
%masukan tiap user secara manual
% rand('seed',1);user1 = randint(1,input);
% rand('seed',2);user2 = randint(1,input);
% rand('seed',3);user3 = randint(1,input);
% rand('seed',4);user4 = randint(1,input);
% data_input = [user1;user2;user3;user4];

%masukan data user dengan menggunakan fungsi for
% ta_init;
user =1;
bit_input = 10;
input = bit_input*1000; %jumlah input
for i=1:user;
rand('seed',i);data(i,:)=randi([01],1,input);
end
data_input = data;
% data_pake= data_input (1,:)% data 1x100
```

2. Modulasi

```
% Modulasi
%y = pskmod(data_input,2)
% x=data_input*2-1;
% for i=1:user
%     n_syms = input/k;
%     n_sym = reshape(data_input(i,:),n_syms,k);
%     n_dat(:,i) = bi2de(n_sym,'left-msb');
% end
%
% % Modulasi
% data_modulasi = (modulate(h_bb_mod,n_dat));
data_modulasi = (2*data_input-1);
```

3. Program Pembangkitan Kode Walsh Hadamard

```
% Pembangkitan Walsh Hadamard
hadamard (2);
hadamard (4);
hadamard (8);
hadamard (16); % Matrik yang digunakan
hadamard (32); % Matrik yang digunakan
hadamard (64); % Matrik yang digunakan
% Pembangkitan Manual
%hw2=[1 1;1 -1];
%hw4=[hw2 hw2;hw2 -hw2]
%hw8=[hw2 hw2;hw2 -hw2]
%hw16=[hw8 hw8;hw8 -hw8]
%hw32=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
%hw64=[hw32 hw32;hw32 -hw32]
```

4. Spreading (Modulasi x PN Code)

```
% Spreading (Modulasi x PN Code)
% tukar= reshape(x,100,[]) % Data input reshape
Ubah ukuran matrik 1x100 menjadi 100x1
matrik = hadamard (16);
lm = length(matrik(1,:));%panjang matrikhadamard
```



```

% matrik_use= matrik (2,:) % ukuran matrik yang
digunakan baris kedua 1x16
% spreading= tukar * matrik_use % hasilnya
matrik ukuran 100x16

for i=1:user;
    spreading = matrik(i+2,:)'*
data_modulasi(i,:); % perkalian matrik yang
digunakan dengan data modulasi (user1= baris
3*data_m modulasi ; user2= baris
4*data_modulasi)a
    spreading_data(i,:) =
reshape((spreading),1,[]);
end
data_spreading =
(ones(1,user)*spreading_data).';
n_spreading = length(data_spreading);

```

5. Implementasi Pada WARP

```

%% Vektor waktu
Fs = 40e6;
Ts = 1/Fs;
L = 2^14; %16384
t = (0:L-1)/Fs; %pengaruh di data_sym

%Hitung total data payload yang dibutuhkan,
setelah dikurangi preamble,
%txDelay dan CSI bits
%Tentukan symbol rate, cari nilai upsample rate
untuk SRRC Filter. Satuan
%symbol rate adalah symbol/s
Rsym = 4e6;
% Rsym = 5e6;
nsamp = floor(Fs/Rsym);
%Nilai nsamp harus integer, setelah pembulatan
kebawah, hitung rate simbol sebenarnya.
Rsym = Fs/nsamp;
% Pembentukan Preamble

```

```

% Preamble bertujuan untuk penentuan titik
sampling pertama pada penerima.
pream = 5*[1+1i;1+1i;1+1i;0;0;0;-1-1i;-1-1i;-1-
1i;0;1+0i;1+0i;1+0i;0;0;0;0;0;0];
pream_len = length(pream);

%Correlation Matrix
% Pembentukan matriks korelasi preamble
corr_win = 300 %paling tidak corr_win >=
pream_len*nsamp
pream_up = upsample(pream,nsamp);
ref_vect = zeros(corr_win,1);
ref_vect(1:length(pream_up)) = pream_up;
ref_matx =
toeplitz(ref_vect,circshift(ref_vect(corr_win:-
1:1),1));

%Definisi Transmission delay
% Panjang frame L akan dikurangi sejumlah delay
untuk menangani
% transmission delay. Jika semua frame terisi
informasi, ketika terjadi
% delay pada proses transmisi, maka akan ada
data yang tidak tertangkap
% pada penerima. Sehingga diperlukan delay
transmisi. Satuan : sampel
txDelay = 400;

%Phase ambiguity detector/ Channel State
Information sequence
% Bertujuan untuk menangani ambiguitas
fasa/perputaran pada konstellasi.
% Agar sistem SIMO bisa berfungsi dengan baik,
data yang diterima harus
% terletak pada kuadran yang sesuai. Gunakan CSI
dengan nilai 1
CSI_syms = 150; %Jumlah simbol untuk CSI
CSI_dat = ones(CSI_syms,1);

```

```

%Desain Square Root Raised Cosine
%Parameter desain menggunakan nsamp sebagai
upsample rate, N_SRRC sebagai
%orde filter dan roll-off factor R_SRRC
shape = 'Square Root Raised Cosine';
N_Ord = 6; %Genap
R_SRRC = 0.9; %[0-1]
SRRC_spec =
fdesign.pulseshaping(nsamp,shape,'Nsym,Beta',N_O
rd,R_SRRC);
h_SRRC = design(SRRC_spec);
flt_delay = h_SRRC.order/2; %or nsamp*N_Ord
norm_factor = max(h_SRRC.numerator);
h_SRRC.numerator = h_SRRC.numerator/norm_factor;
%Normalisasi filter

%Jumlah simbol maksimum yang bisa dimuat dalam
satu transmission frame,
%data_sym mencakup CSI dan data yang
ditransmisikan
data_sym = floor((L-(pream_len*nsamp)-txDelay-
flt_delay)/nsamp);

%Bit stuffing and frame construction
% Bit stuffing adalah memasukan symbol 1 (CSI)
secara periodik dalam 1
% frame transmisi. Fungsi bit stuffing ini
adalah sebagai metode untuk
% melakukan interpolasi dan estimasi kanal pada
penerima. Dalam satu frame
% transmisi akan memiliki total simbol <=
data_sym tergantung dari jumlah
% symbol CSI yang digunakan.
% Representasi grafis bit stuffing:
% |-----data_sym-----
% CSI - <sub-frames> -- CSI - <sub-frames> --
... - <sub-frames> -- CSI

```



```

%Tentukan jumlah simbol data diantara simbol CSI
sym_size = floor(data_sym/(CSI_syms-1))-1;
%Tentukan total sub-frame data
sub_frame = CSI_syms-1;
%Total panjang frame aktual dengan stuffed bits
fr_len = sub_frame*sym_size + CSI_syms;
%Update nilai data_sym
data_sym = fr_len - CSI_syms;
%Hitung total frame data, hitung padding,
tambahkan bit stuffing
n_frames = ceil(n_spreading/data_sym)

stuff_sym = [upsample(CSI_dat(1:CSI_syms-
1),sym_size+1);CSI_dat(end)];
n_dat_fr = repmat(stuff_sym,1,n_frames);
pad = n_frames*data_sym - n_spreading;
% Tambahkan zero padding pada symbol
n_sym_dat = [data_spreading;zeros(pad,1)];
%Reshape n_sym_dat
n_sym_dat =
reshape(n_sym_dat,data_sym,n_frames);

%Bagi data menjadi beberapa frame, tambahkan bit
stuffing
for ii=1:n_frames
    n_dat_fr(:,ii) =
sym_stuffing(n_dat_fr(:,ii),n_sym_dat(:,ii),sym_
size);
end

%Tambahkan preamble
temp_mat1 = repmat(pream,1,n_frames);
xt_dat = [temp_mat1;n_dat_fr];
data_up = upsample(xt_dat,nsamp);
data_lu= length(data_up);
%Interpolasi, matched filtering, tambahkan
filter delay

```

```

xt_mf_bb =
filter(h_SRRC,[data_up;zeros(flt_delay,n_frames)
]);
xt_mf = zeros(size(xt_mf_bb));
% plot(xt_mf_bb);
%Clear unused variables
clear temp_matlstuff_symn_sym

%Upconvert semua frame, normalisasi
time = [(0:length(xt_mf)-1)/Fs].';
f = 5e6;
for ii=1:n_frames
    xt_mf(:,ii) =
xt_mf_bb(:,ii).*exp(1i*2*pi*f*time);
    norm_fact = max( [ max(real(xt_mf(:,ii))) ,
max(imag(xt_mf(:,ii))) ] );
%Normalize frame
    xt_mf(:,ii) = xt_mf(:,ii)./norm_fact;
end

```

6. Pengiriman Pada WARP

```

%Initialize
clear all;
close all;
clc;
warning off;

tx;
%Transmisi data melalui WARP 2x2, Mode transmisi
SISO
% Buat Awgn
% snr = 10:5:20;
%% WARP
tx_rf_gain = 0:5:60; %0:63 ~= 0:31 dB
for jj=1:length(tx_rf_gain); %ganti snr =
tx_rf_gain
tx_bb_gain = 1;
% tx_rf_gain = 60; %0:63 ~= 0:31 dB

```

```

rx_bb_gain = 1; %15%1
rx_rf_gain = 1; %3
% Perulangan
[rx_IQ,rx_RSSI,rx_gains]
=warp_transmit(xt_mf,tx_bb_gain,tx_rf_gain(jj),r
x_bb_gain,rx_rf_gain);
% Sekali
% [rx_IQ,rx_RSSI,rx_gains] =
warp_transmit(xt_mf,tx_bb_gain,tx_rf_gain,rx_bb_
gain,rx_rf_gain);

%Kanal AWGN
% rx_IQ=awgn(xt_mf,snr(jj)); %Pengutan jika
penguatan = 0 berarti penguatannya sedikit data
yg diterima semakin banyak error % AWGN
% rx_IQ=xt_mf;
rx;%Initialize
% Num_err = num_err
% BER = BER_SISO

% h =
scatterplot(data_scatterplot(1,:),1,0,'b*');
% hold on;
% scatterplot(data_modulasi(1,:),1,0,'gp',h);
% hold off;
% grid on;
% axis([-2 2 -2 2]);

Num_err(:,jj) = num_err
BER(:,jj) = BER_SISO
End

```

7. Penerimaan Pada WARP

```

%% Sinkronisasi dan Downconvert semua frame
time = ((0:length(rx_IQ)-1)/Fs).';
rx_IQ_disp = rx_IQ;
for ii=1:n_frames
%vco_sig = syn_frame(rx_IQ(:,ii),f,Fs);
vco_sig = exp(1i*2*pi*f*time);

```



```

    rx_IQ(:,ii) = rx_IQ(:,ii).*conj(vco_sig);
end

%Sinkronisasi fasa

%Matched filtering
hrx_SRRC = design(SRRC_spec);
hrx_SRRC.numerator = hrx_SRRC.numerator *
    (norm_factor*nsamp);
yt_mf =
    filter(hrx_SRRC,[rx_IQ;zeros(flt_delay,n_frames)
    ]);

yt_rx_data = zeros(size(n_dat_fr));
z_sym = zeros(size(n_sym_dat));
ch_est = zeros(size(n_dat_fr));

%Deteksi simbol pertama pada tiap-tiap frame
for ii=1:n_frames
    temp_vct1 = yt_mf(:,ii);

    %      multip = max([
    max(real(temp_vct1(1:corr_win))) ...
    %      max(imag(temp_vct1(1:corr_win)))]);
    %      temp_vct1(1:corr_win) =
    temp_vct1(1:corr_win)./multip;

%Cari korelasi tertinggi
    correlation = abs( (temp_vct1(1:corr_win)')
    * ref_matx );
    pream_start = find(correlation ==
    max(correlation));
    %      pream_start = 49;
    first_sample = pream_start+length(pream_up);

%Downsampling
    temp_vct2 = temp_vct1(first_sample:end);

```

```

%Determine Maximum likelihood first optimum
sampling point
%ML_samp = ML_first_sym(temp_vct2,nsamp);
%Start sampling at initial point
    temp_vct3 =
downsample(temp_vct2(1:end),nsamp);

%Trim
    temp_vct3 = temp_vct3(1:fr_len); %data
informasi yang masih ada csi

%Save trimmed vector
    yt_rx_data(:,ii) = temp_vct3;

%Estimasi kanal
    ch_est(:,ii) =
estimate_chan(yt_rx_data(:,ii),sym_size);
%ch_e = conj(ch_est(:,ii))./(
abs(ch_est(:,ii)).^2 );

%Hasil kali yr_rx_data dengan konjugat dari
estimasi kanal
%    yt_rx_data(:,ii) = yt_rx_data(:,ii).*exp(-
1i*angle(ch_est(:,ii)));

%Received symbols:
    temp_vct3 =
yt_rx_data(:,ii).*conj(ch_est(:,ii));
%    temp_vct32 =
yt_rx_data2(:,ii).*conj(ch_est2(:,ii));
    multip = [abs(ch_est(:,ii)).^2];
%    multip = sum(multip,2);
    yt_rx_data(:,ii) = (temp_vct3)./multip;

%Symbol de-stuffing
    temp_vct3 =
sym_destuffing(yt_rx_data(:,ii),sym_size);

```

```

%Potong semua frame CSI, kumpulkan hasil data
pada matriks tertentu
    z_sym(:,ii) = temp_vct3;
end

% %Save memory
% clear temp_vct1 temp_vct2 temp_vct3
% Save more memory

%Ubah yt_rx_data menjadi vektor, potong yt_syms
yt_syms = reshape(z_sym,[],1);
yt_syms2 = (yt_syms(1:n_spreading)); %hilangkan
zerro padding
yt_syms3 = (reshape((yt_syms2),lm,[]));
nilai_eb(:,jj) = yt_syms2.';

```

8. Despreading

```

%% Despreading
%yt_syms = reshape(yt_syms,user,[]);
% %multiuser pada TX
% user_rx = 3; %data user ke " " yang dipilih
untuk diterima
% data_terima =
reshape((yt_syms(user_rx,:).'),N,[]);
% data_despreading =
(GenKodeGold(13,:)*data_terima);

% matrik_use_tukar= matrik_use.' % PN code
direshape 1x16 menjadi 16x1
% despreading = kanal * matrik_use_tukar %
100x16 dikali 16x1
% bagi_panjang = despreading/length(matrik);
% ubah =bagi_panjang.'
% data_despreading= ((data_terima)/16).'
% data_yg_akan_di_demod = data_despreading/16;
%data_terima = reshape((yt_syms.').',lm,[]).';

%despreading;

```



```

% data_despreading = reshape((yt.'),1,[]);
%melakukan despreading dengan metode pemisahan
data yang awalnya telah
%dijumlah
for k=1:user;
    data_despread(k,:)= (matrik(k+2,:) *
yt_syms3);
end
data_despreading = real(data_despread);
data_scatterplot = data_despread

```

9. Demodulasi

```

%% Demodulasi
%melakukan demodulasi(lanjutan proses
despreading metode pemisahan)
for j=1:user
    data_demodulasi = data_despreading(j,:);
    for i=1:input
        if data_demodulasi(:,i) < 0
            hasil = 0;
        else
            hasil = 1;
        end
        hasil_terima(:,i) = hasil;
    end
    hasil_data(j,:) = hasil_terima;
end
data_output = hasil_data;

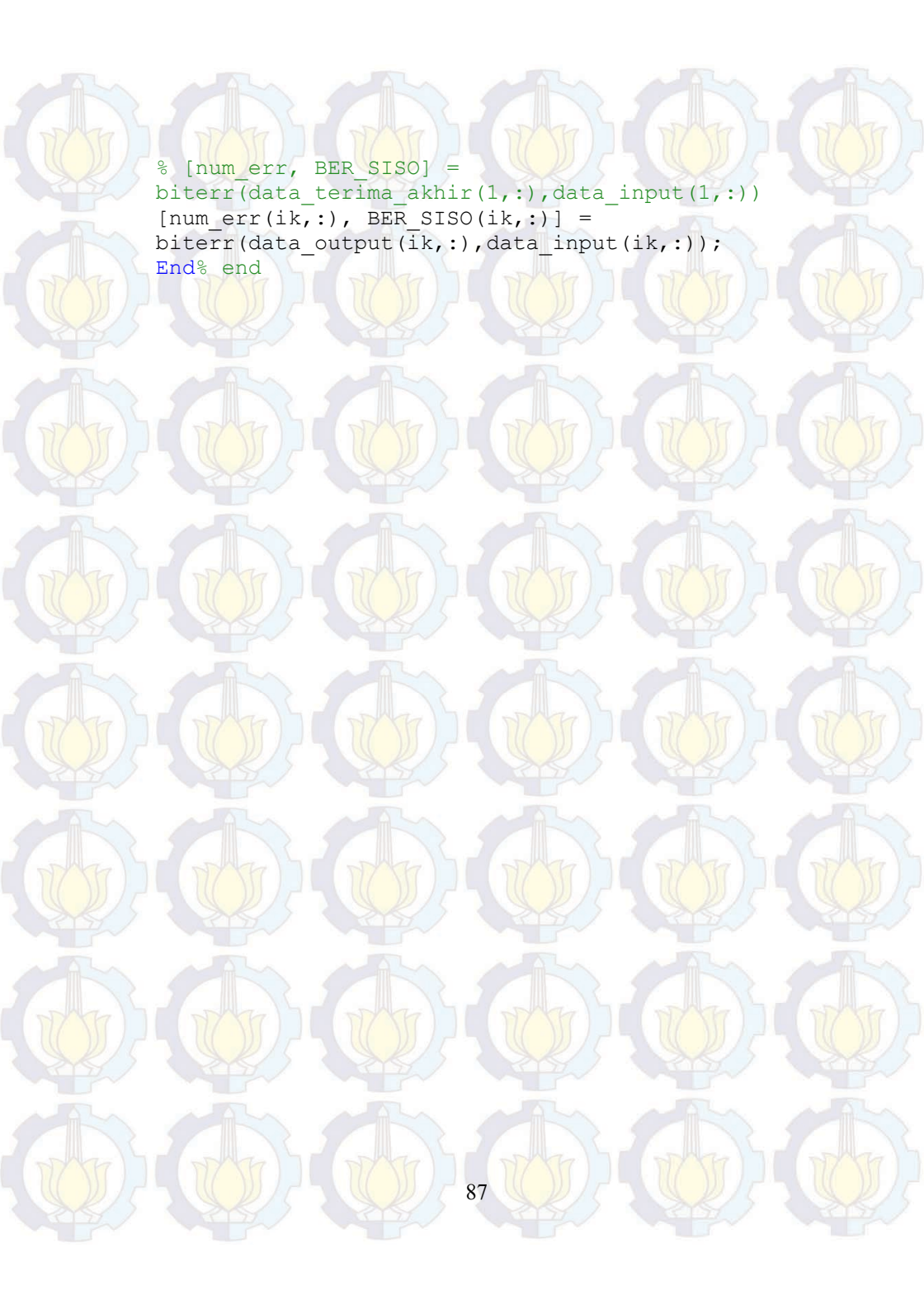
```

10. BER

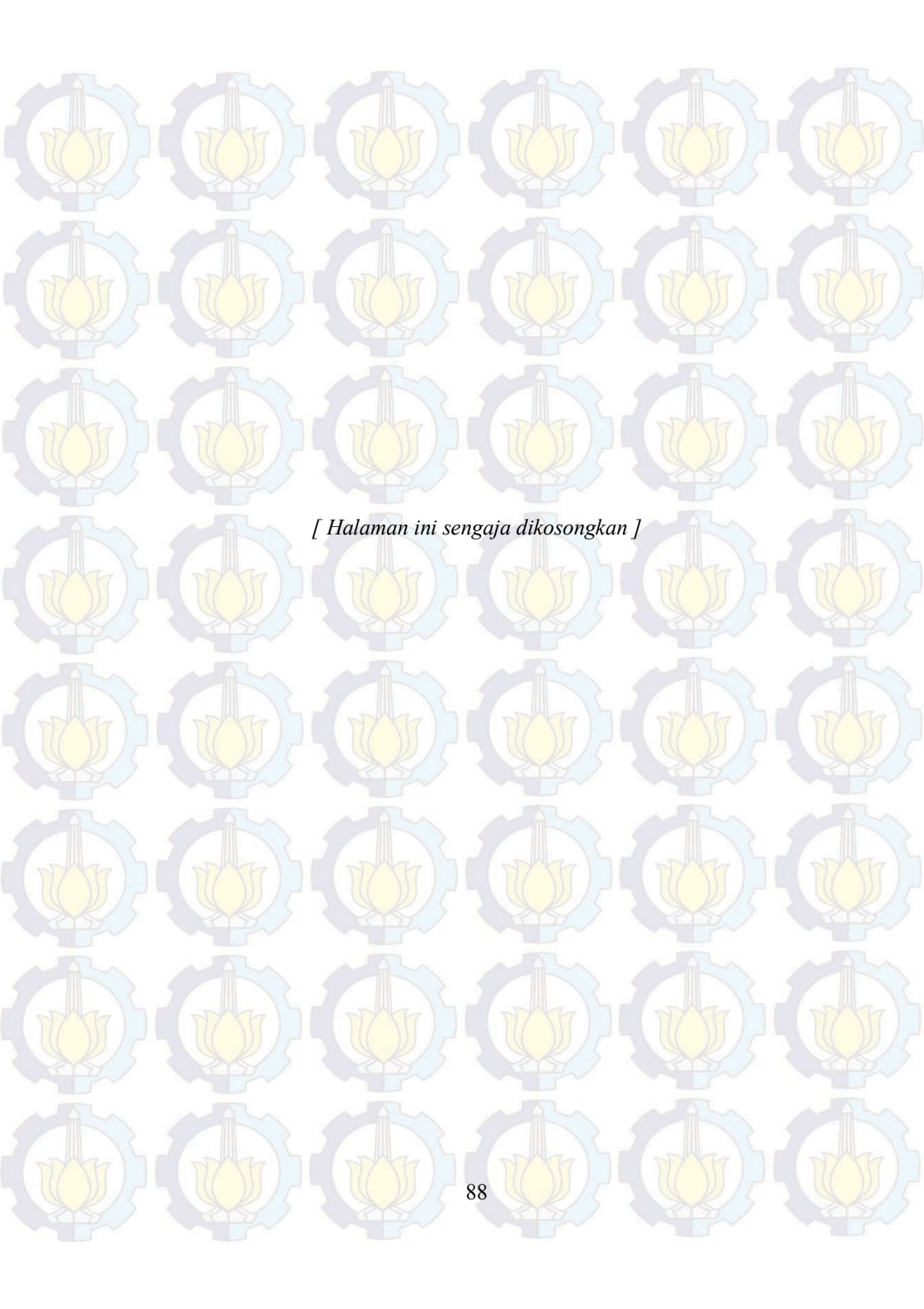
```

%% CHECK BIT ERROR
% i=1;
% [num_err, BER_SISO] =
biterr(data_terima_akhir(1,:),data_input(1,:))
for ik=1:user

```



```
% [num_err, BER_SISO] =  
biterr(data_terima_akhir(1,:),data_input(1,:))  
[num_err(ik,:), BER_SISO(ik,:)] =  
biterr(data_output(ik,:),data_input(ik,:));  
End% end
```



[Halaman ini sengaja dikosongkan]