



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RANGKAIAN BASEBAND WIMAX
DENGAN MENGGUNAKAN DSK TMS320C6713**

SKRIPSI

**REZKI AL KHAIRI
0806366314**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RANGKAIAN BASEBAND WIMAX
DENGAN MENGGUNAKAN DSK TMS320C6713**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

REZKI AL KHAIRI
0806366314

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Rezki Al Khairi

NPM : 0806366314

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Rezki Al Khairi
NPM : 0806366314
Program Studi : Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Rangkaian Baseband WiMAX
Dengan Menggunakan DSK TMS320C6713

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir.Arman Djohan D, M.Eng ()

Penguji 1 : Prof.Dr.Ir. Harry Sudiby DE A ()

Penguji 2 : Filbert Hilman Juwono S.T.,M.T ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur bagi kehadiran Allah SWT karena berkat izin dan ridhanya laporan dengan judul “**Rancang Bangun Rangkaian Baseband WiMAX Dengan Menggunakan DSK TMS320C6713** (*Build And Design WiMAX Baseband Sequence With DSK TMS320C6713*)” dapat diselesaikan.

Dalam kesempatan ini, saya menyadari bahwa untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah membantu. Untuk itu saya mengucapkan terimakasih yang tulus serta penghargaan yang sebesar – besarnya kepada :

1. Kedua Orang tuaku tercinta yang tanpa henti memberikan do'a, cinta, kasih sayangnya yang tulus dan dorongan moril maupun materil serta selalu memberikan semangat yang sangat berarti.
2. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan semangat dan doa yang sangat berarti.
3. Bapak Dr.Ir.Arman Djohan D, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam menyusun dan membimbing saya dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Dosen-dosen FT UI yang telah memberikan banyak ilmu selama menjalani kehidupan di kampus ataupun di luar kampus.
5. Seluruh keluarga S1 Ekstensi Teknik Elektro 2008 yang banyak memberikan semangat dan motivasinya. Semoga silaturahmi kita selalu terjalin untuk selamanya.
6. Seluruh keluarga besar FT UI
7. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki saya, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu saya tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penulisan ilmiah ini.

Akhir kata semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, 30 Juni 2010

Rezki Al Khairi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rezki Al Khairi
NPM : 0806366314
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Rangkaian Baseband WiMAX Dengan Menggunakan DSK TMS320C6713.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 30 Juni 2010
Yang menyatakan

(Rezki Al Khairi)

ABSTRAK

Nama : Rezki Al Khairi
Program Studi : Elektro
Judul : Rancang Bangun Rangkaian Baseband WiMAX
Menggunakan DSK TMS320C6713

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan teknologi komunikasi data nirkabel tingkat lanjut yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan kapasitas serta jangkauan layanan. Sistem WiMAX dengan OFDM merupakan sistem transmisi nirkabel gelombang mikro kecepatan tinggi menggunakan beberapa antena pemancar dan satu antena penerima. Pada tugas akhir ini akan dibuat sebuah rancang bangun rangkaian *baseband* WiMAX dengan menggunakan DSK. Rangkaian *baseband* ini akan dibuat dalam sebuah bentuk SIMULINK memakai *software* Matlab dan akan diimplementasikan ke *board* DSK dengan memakai *software* CCS. Input dari rangkaian ini menggunakan *bernoulli binary generator* yang ada di MATLAB. Secara keseluruhan rangkaian ini terdiri dari *convolutional encoder*, OFDM, dan *viterbi*.

Kata kunci :
WiMAX, SIMULINK, DSK

ABSTRACT

Name : Rezki Al Khairi
Department : Electrical
Topic : Build And Design WiMAX Baseband Sequence With DSK
TMS320C6713

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) is communication data wireless technology advanced that developed to improve performance and capacity and service coverage. Wimax sytem with OFDM is high speed microwave wireless transmission system using multiple transmitter antenna dan one receiver antenna. In this final project will be made a WiMAX baseband sequence design using DSK. This baseband sequence will be made in SIMULINK using MATLAB software and will be implemented to DSK board using CCS sodtware. Input form this sequence using bernouilly binary generator that existing in MATLAB. Overall this sequence consist of convolucional encoder, OFDM and viterbi decoder.

Keyword :
WiMAX, SIMULINK, DSK

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penelitian	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 <i>WIMAX</i>	4
2.1.1 Pengertian WIMAX.....	4
2.1.2 Standar IEEE 802.16 (WiMAX)	5
2.1.3 Keuntungan WiMAX	6
2.1.4 Varian - Varian IEEE 802.16.....	9
2.2 <i>OFDM</i>	13
2.2.1 Prinsip Dasar OFDM	13
2.2.2 Keunggulan OFDM	15
2.2.3 Kelemahan OFDM	18
2.2.4 Parameter OFDM <i>Symbol</i> dan <i>Transmitted signal</i>	19
2.2.5 Spesifikasi OFDM pada WiMAX	19
2.3 <i>Convolutional Encoder</i> dan <i>Viterbi Encoder</i>	20

2.3.1	Convolutional Codes	20
2.3.2	Proses Encoding	21
2.3.3	Proses Decoding	23
BAB III RANCANG BANGUN BASEBAND WiMAX.....		25
3.1	SIMULINK	25
3.2	<i>Blok Diagram Baseband Wimax pada SIMULINK</i>	26
3.2.1	Blok Diagram <i>Bernoulli Binary Generator</i>	26
3.2.2	Blok Diagram <i>Convolutional Encoder</i>	27
3.2.3	Blok Diagram Pengirim OFDM	28
3.2.3.1	Blok <i>OFDM Modulation</i>	28
a	Blok <i>Bit to Integer Converter</i>	29
b	Blok <i>Multiport Selector</i>	29
c	Blok <i>General QAM Modulator Baseband</i>	30
d	Blok <i>Matrix Concatenation</i>	30
3.2.3.2	Blok <i>IFFT</i>	31
3.2.3.3	Blok <i>Add Cyclic Prefix</i>	32
3.2.4	Blok Diagram Penerima OFDM	33
3.2.4.1	Blok <i>Remove Cyclic Prefix</i>	33
3.2.4.2	Blok <i>FFT</i>	34
3.2.4.3	Blok <i>Frame Status Conversion</i>	34
3.2.4.4	Blok <i>Demodulator QAM</i>	35
3.2.4.7	Blok <i>Integer to Bit Converter</i>	35
3.2.5	Blok Diagram <i>Viterbi Decoder</i>	36
3.3	<i>Digital Signal Processor Starter Kit TMS320C6713</i>	37
3.4	<i>Implementasi Blok Simulink Pada TMS320C6713</i>	38
BAB IV UJI COBA DAN ANALISIS		46
4.1	Uji coba menggunakan SIMULINK	46
4.2	DSK TMS320C6713	50
BAB V KESIMPULAN		54
DAFTAR ACUAN		55
DAFTAR PUSTAKA		56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan teknologi IEEE 802.11 dengan IEEE 802.16.....	8
Tabel 2.2 Varian-varian standar IEEE 802.16.....	9
Tabel 2.3 Fitur-fitur <i>physical layer</i> teknologi IEEE 802.16 WiMAX.....	11
Tabel 2.4 Fitur-fitur <i>MAC layer</i> teknologi IEEE 802.16 WiMAX.....	12
Tabel 2.5 Skema modulasi per <i>carrier</i> OFDM.....	12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Standar-standar dengan spesifikasi yang mendukung komunikasi sampai tingkat MAN disatukan dengan standar WiMAX	4
Gambar 2.2	Sebuah BTS WiMAX dapat digunakan sebagai <i>backhaul</i> untuk titik-titik <i>Hotspot</i>	7
Gambar 2.3	Topologi WiMAX dalam area perkotaan dan pedesaan	10
Gambar 2.4	Bagan dasar OFDM	14
Gambar 2.5	Sinyal-sinyal orthogonal.....	15
Gambar 2.6	Perbandingan dengan SCM dan FDM	16
Gambar 2.7	Ilustrasi frequency selective fading pada sinyal OFDM	17
Gambar 2.8	Penambahan guard interval	18
Gambar 2.9	Pembagian NFFT	20
Gambar 2.10	Rangkaian Encoder	21
Gambar 2.11	Tree diagram presentation	22
Gambar 2.12	Trellis Diagram	23
Gambar 3.1	Cara-cara menjalankan SIMULINK®	25
Gambar 3.2	Frame based data.....	26
Gambar 3.3	Konfigurasi parameter <i>Bernoulli binary generator</i>	26
Gambar 3.4	Blok diagram <i>convolutional encoder</i>	27
Gambar 3.5	Pengaturan pada blok <i>convolutional encoder</i>	28
Gambar 3.6	Blok diagram pemancar OFDM	28
Gambar 3.7	Blok diagram pada blok OFDM <i>modulation</i>	29
Gambar 3.8	Parameter blok <i>Bit to Integer Converter</i>	29
Gambar 3.9	Parameter blok <i>Multiport Selector</i>	30
Gambar 3.10	Parameter blok <i>General QAM Modulator Baseband</i>	30
Gambar 3.11	Parameter blok <i>Matrix Concatenation</i>	31
Gambar 3.12	Parameter blok IFFT	32
Gambar 3.13	Parameter blok <i>Add Cyclic Prefix</i>	32
Gambar 3.14	Blok diagram pada blok 'OFDM RX'	33
Gambar 3.15	Parameter blok <i>Remove Cyclic Prefix</i>	34
Gambar 3.16	Parameter blok FFT	34

Gambar 3.17 Parameter blok <i>Demodulator QAM</i>	35
Gambar 3.18 Parameter blok <i>Integer to Bit Converter</i>	35
Gambar 3.19 Pengaturan pada blok <i>Viterbi decoder</i>	36
Gambar 3.20 Papan TMS320C6713	37
Gambar 3.21 Blok diagram dari TMS320C6713.....	37
Gambar 3.22 Algoritma penanaman model ke dalam TMS320C6713 sebagai <i>embedded target</i>	39
Gambar 3.23 Penambahan blok C6713 DSK DAC	39
Gambar 3.24 Parameter blok C6713 DSK DAC	40
Gambar 3.25 Subsystem <i>sine wave generator</i>	40
Gambar 3.26 Parameter blok sine wave 1 dan 2.....	41
Gambar 3.27 Penambahan blok C6713 DSK	42
Gambar 3.28 Pada tab menu “ <i>Real Time Workshop</i> ”	42
Gambar 3.29 Pada tab menu “ <i>Solver</i> ”	43
Gambar 3.30 Pada tab menu “ <i>Hardware Implementation</i> ”	43
Gambar 3.31 Pada tab menu “ <i>Link for CCS</i> ”	44
Gambar 4.1 Data kirim <i>transmitter</i>	46
Gambar 4.2 Spektrum sinyal sebelum IFFT.....	47
Gambar 4.3 Sinyal OFDM.....	48
Gambar 4.4 Spektrum sinyal setelah FFT	48
Gambar 4.5 Data terima receiver	49
Gambar 4.6 Perbandingan data.....	49
Gambar 4.7 Sinyal <i>output Bernoulli binary generator</i>	51
Gambar 4.8 Sinyal <i>output Viterbi decoder</i>	51
Gambar 4.9 Sinyal OFDM DSK.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi selular sangat pesat sekali. Teknologi selular berkembang dari AMPS hingga GSM dan bahkan saat ini kita sudah dapat menikmati teknologi 3G. Diperkirakan dimasa mendatang komunikasi data akan semakin besar dengan kebutuhan kecepatan data yang makin besar pula. Oleh karena itu diperlukan teknologi akses yang lebih baik dibanding dengan WLAN atau lebih dikenal dengan sebutan Wi-Fi. Salah satu teknologi yang banyak digunakan sekarang adalah *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMAX). WiMAX memiliki jangkauan yang jauh dan dapat untuk kondisi non-LOS sehingga sangat sesuai untuk transmisi pada daerah rural. WiMAX dapat digunakan untuk mengatasi implementasi komunikasi yang menggunakan wireline dan implementasi berbasis WLAN. solusi WiMAX sangat cocok untuk diimplementasikan di Indonesia untuk mengatasi "*divide-gap*" dan mempercepat penetrasi internet.

Sistem WiMAX dengan OFDM merupakan sistem transmisi nirkabel gelombang mikro kecepatan tinggi menggunakan beberapa antena pemancar dan satu antena penerima. Sistem WiMAX yang menggunakan teknik OFDM ini dapat mengatasi efek intersymbol *interference* dan memiliki *bandwidth* yang efisien.

(*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) OFDM adalah bentuk khusus dari FDMA yang dapat menggunakan rentang frekuensi yang tersedia dengan optimal. Teknik ini memungkinkan penggunaan lebar pita secara keseluruhan. Ketangguhan dari teknik ini terletak pada terminologi orthogonal yang memungkinkan masing-masing *sub-band* saling berpotongan tanpa mengalami interferensi satu dengan lain. Selain itu teknik ini juga membuat informasi yang dipancarkan lebih tahan terhadap *frequency selective fading* dan juga dapat menyalurkan informasi dengan kecepatan yang melebihi lebar pita yang digunakan.[1]

Teknologi pemancar OFDM yang diterapkan pada TMS320C6713 ini dibuat untuk sebuah rancang bangun dari rangkaian baseband WiMAX. Secara keseluruhan rangkaian *baseband* WiMAX ini terdiri dari *convolutional encoder*, OFDM dan *viterbi decoder*. Pembuatan dari rangkaian *baseband* WiMAX ini dibuat dengan papan DSK TMS320C6713 dengan terlebih dahulu membuat model simulasi *baseband* WiMAX pada SIMULINK. Setelah model pada SIMULINK selesai dibuat, maka model telah siap untuk diterapkan pada DSK. Penerapan model pada DSK tidak membutuhkan pemrograman ulang karena SIMULINK akan membuat kode bahasa pemrograman C untuk dapat diterapkan dalam DSK. Kode bahasa pemrograman ini akan dijalankan dalam perangkat lunak *Code Composer Studio* (CCS) dan dari perangkat lunak ini kemudian program dijalankan pada DSK.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Masalah yang dibahas dalam adalah pembuatan rancang bangun rangkaian *baseband* WiMAX pada DSP prosesor. Pembuatan dimulai dengan membuat model pada SIMULINK untuk kemudian diterapkan pada DSK TMS320C6713.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan rancang bangun dari *baseband* WiMAX pada DSK TMS320C6713 dengan berbantuan SIMULINK.

1.4 BATASAN MASALAH

Pada penelitian ini, permasalahan mengenai tugas akhir ini akan dibatasi pada:

1. Tugas akhir ini tidak mencari optimasi sinyal dari rangkaian yang dibuat.
2. Tugas akhir ini juga tidak membahas ketahanan sinyal yang ada terhadap berbagai macam gangguan.
3. Input yang digunakan untuk rangkaian ini tidak menggunakan data source.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan adalah merancang rangkian *baseband* WiMAX di dalam laboratorium. Hal pertama yang dilakukan adalah mempelajari teknologi WiMAX dan kemudian mempelajari cara pembentukan sinyal yang ada. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan membangun sinyal pada blok model

simulasi pada SIMULINK. Setelah sinyal yang dikehendaki didapatkan, maka selanjutnya adalah menerapkan model simulasi pada DSK TMS320C6713. Penerapan pada DSK TMS320C6713 dilakukan dengan bantuan perangkat lunak tambahan yaitu *Code Composer Studio* (CCS).

1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan skripsi untuk memberikan Gambaran umum mengenai permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini.

BAB II WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) dan OFDM (*ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING*)

Pada bab ini dibahas tentang dasar teori dan pengetahuan-pengetahuan dasar dapat memahami teknologi WiMAX dan OFDM.

BAB III RANCANG BANGUN RANGKAIN BASEBAND WiMAX

Bab ini membahas pembuatan rancang bangun rangkaian *baseband* WiMAX dengan menggunakan perangkat lunak SIMULINK serta penerapannya pada perangkat keras DSP prosesor.

BAB IV UJI COBA DAN RANGKAIAN BASEBAND WiMAX

Bab ini berisi uji coba dan analisa dari model *baseband* WiMAX dengan menggunakan perangkat lunak SIMULINK serta penerapannya pada perangkat keras DSP prosesor.

BAB V KESIMPULAN

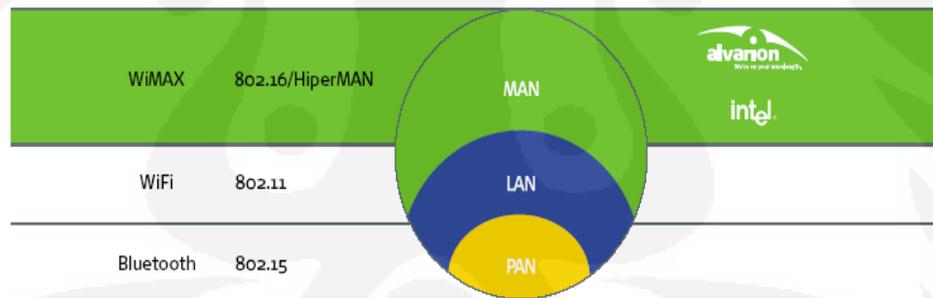
Pada bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian rancang bangun rangkaian *baseband* WiMAX ini.

BAB II DASAR TEORI

2.1 WIMAX

2.1.1 Pengertian WiMAX [2]

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX) merupakan teknologi komunikasi data nirkabel tingkat lanjut yang dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan kapasitas serta jangkauan layanan. WiMAX dan WiFi dibedakan berdasarkan standar teknik yang bergabung didalamnya. WiFi menggabungkan standar IEEE 802.11 dengan ETSI HiperLAN yang merupakan standar teknis yang cocok untuk keperluan WLAN, sedangkan WiMAX merupakan penggabungan antara standar IEEE 802.16 dengan ETSI HiperMAN. Standar keluaran IEEE banyak digunakan secara luas di daerah asalnya, yaitu Eropa dan sekitarnya. Untuk dapat membuat teknologi ini digunakan secara global, maka diciptakan WiMAX. Standar global yang dipakai di dunia dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Standar-standar dengan spesifikasi yang mendukung komunikasi sampai tingkat MAN disatukan dengan standar WiMAX

Pada masa mendatang, segala sesuatu yang berhubungan dengan teknologi *wireless* kemungkinan akan diberi sertifikasi WiMAX. Standar WiMAX dibentuk oleh gabungan-gabungan industri perangkat wireless dan chip-chip komputer diseluruh dunia. Perusahaan besar ini bergabung dalam suatu forum kerja yang merumuskan standar interkoneksi antar teknologi *broadband wireless access (BWA)* yang mereka miliki pada produk-produknya.

2.1.2 Standar IEEE 802.16 (WiMAX) [3]

Dengan tower yang dipasang dipusat akses internet (*hot spot*) di tengah kota metropolitan, seorang pemakai laptop, komputer, handphone, hingga personal digital assistant (PDA), dengan *wireless* card bisa koneksi dengan internet, bahkan sampai ke pedesaan yang masih dalam cakupan area 50 kilometer. Hal ini dapat terjadi karena teknologi WiMAX yang menggunakan standar baru IEEE 802.16. Saat ini WiFi menggunakan standar komunikasi IEEE 802.11. Yang paling banyak dipakai adalah IEEE 802.11b dengan kecepatan 11 Mbps, hanya mencapai cakupan area tidak lebih dari ratusan meter saja. WiMAX merupakan saluran komunikasi radio yang memungkinkan terjadinya jalur internet dua arah dari jarak puluhan kilometer. Dengan memanfaatkan gelombang radio, teknologi ini bisa dipakai dengan frekuensi berbeda, sesuai dengan kondisi dan peraturan pemakaian frekuensi di negara pengguna.

Pada awalnya standard IEEE 802.16 beroperasi ada frekuensi 10-66 GHz dan memerlukan *tower line of sight*, tetapi pengembangan IEEE 802.16a yang disahkan pada bulan Maret 2004, menggunakan frekuensi yang lebih rendah yaitu sebesar 2-11 GHz, sehingga mudah diatur, dan tidak memerlukan *line-of-sight*. Cakupan area bisa mencapai sekitar 50 km dengan kecepatan transfer data sebesar 70 Mbps.

Intel akan mulai memasang antena luar ruangan WiMAX sebagai tahap pengembangan WiFi. Teknologi WiFi dan WiMAX akan saling melengkapi. WiFi untuk jangkauan jarak dekat di seputar kampus atau kantor sedangkan WiMAX untuk memfasilitasi sebuah kota dengan akses wireless internet. Pada akhirnya, diperkirakan hampir semua laptop, PDA, dan piranti *information and communication technology* (ICT) lainnya akan compatible dengan fitur WiFi dan WiMAX.

2.1.3 Keuntungan WiMAX [2]

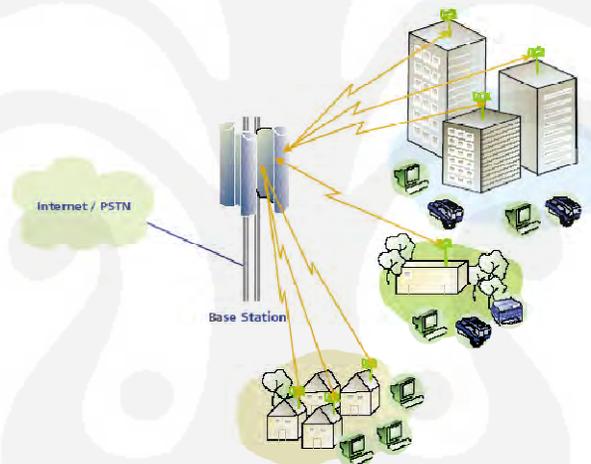
Ada beberapa keuntungan dengan adanya WiMAX, jika dibandingkan dengan WiFi antara lain sebagai berikut :

1. Para produsen mikroelektronik akan mendapatkan lahan baru untuk dikerjakan, dengan membuat chip-chip yang lebih general yang dapat dipakai oleh banyak produsen perangkat *wireless* untuk membuat BWA-nya. Para produsen perangkat *wireless* tidak perlu mengembangkan solusi *end-to-end* bagi penggunaanya, karena sudah tersedia standar yang jelas.
2. Operator telekomunikasi dapat menghemat investasi perangkat, karena kemampuan WiMAX dapat melayani pelanggannya dengan area yang lebih luas dan dengan kompatibilitas yang lebih tinggi.
3. Pengguna akhir akan mendapatkan banyak pilihan dalam berinternet. WiMAX merupakan salah satu teknologi yang dapat memudahkan kita untuk koneksi dengan internet secara mudah dan berkualitas.
4. Memiliki banyak fitur yang selama ini belum ada pada teknologi WiFi dengan standar IEEE 802.11. Standar IEEE 802.16 digabungkan dengan ETSI HiperMAN, maka dapat melayani pangsa pasar yang lebih luas.
5. Dari segi jangkauannya bisa mencapai 50 kilometer maksimal, WiMAX sudah memberikan kontribusi yang sangat besar bagi keberadaan wireless MAN. Kemampuan untuk menghantarkan data dengan transfer rate yang tinggi dalam jarak jauh dan akan menutup semua celah *broadband* yang tidak dapat terjangkau oleh teknologi kabel dan *digital subscriber line* (DSL).
6. Dapat melayani para *subscriber*, baik yang berada pada posisi *line of sight* (LOS) maupun yang memungkinkan untuk tidak *line of sight* (NLOS)

WiMAX tidak hanya dapat melayani para pengguna dengan antenna tetap saja misalnya pada gedung-gedung diperkantoran, rumah tinggal dan sebagainya. Bagi para pengguna antenna indoor, *notebook*, PDA, PC yang sering

berpindah tempat dan banyak lagi perangkat mobile lainnya yang telah kompatibel dengan standar-standar yang dimiliki WiMAX.

Perangkat WiMAX juga mempunyai ukuran kanal yang bersifat fleksibel, sehingga sebuah BTS dapat melayani lebih banyak pengguna dengan range spektrum frekuensi yang berbeda-beda. Dengan ukuran kanal spektrum yang dapat bervariasi ini, sebuah perangkat BTS dapat lebih fleksibel dalam melayani pengguna. Range spektrum teknologi WiMAX termasuk lebar, dengan didukung dengan pengaturan kanal yang fleksibel, maka para pengguna tetap dapat terkoneksi dengan BTS selama mereka berada dalam range operasi dari BTS. Pada Gambar 2.2 digambarkan bagaimana sebuah BTS melayani berbagai pengguna.



Gambar 2.2 Sebuah BTS WiMAX dapat digunakan sebagai *backhaul* untuk titik-titik *Hotspot*

Seperti sama dengan standar IEEE 802.11 yang dibuat khusus untuk mengatur komunikasi lewat media *wireless*. WiMAX mempunyai tingkat kecepatan transfer data yang lebih tinggi dengan jarak yang lebih jauh, sehingga kualitas layanan dengan menggunakan komunikasi ini dapat digolongkan ke dalam kelas broadband. Standar ini sering disebut *air interface for fixed broadband wireless access system* atau *interface* udara untuk koneksi broadband.

Versi awal dari standar 802.16 ini dikeluarkan oleh IEEE pada tahun 2002. Pada versi awal ini, perangkat 802.16 beroperasi dalam lebar frekuensi 1066 GHz

dengan jalur komunikasi antar perangkatnya secara line of sight (LOS). *Bandwidth* yang diberikan oleh teknologi ini sebesar 32-134 Mbps dalam area *coverage* maksimal 5 kilometer. Kapasitasnya dirancang mampu menampung ratusan pengguna setiap satu BTS. Dengan kemampuan semacam ini teknologi perangkat yang menggunakan standar 802.16 cocok digunakan sebagai penyedia koneksi *broadband* melalui media *wireless*. Perbedaan teknis antara IEEE 802.11 dengan IEEE 802.16 dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbedaan teknologi IEEE 802.11 dengan IEEE 802.16 [3]

	IEEE 802.11	IEEE 802.16	Perbedaan Teknis
Jarak	Dibawah 9 Km	Hingga 50 Km	Teknik 256 FFT system signalingnya menciptakan fitur ini.
Coverage	Optimal jika bekerja di dalam ruangan	Dirancang untuk penggunaan diluar ruangan dengan kondisi NLOS	IEEE 802.16 memiliki system gain yang lebih tinggi, mengakibatkan sinyal lebih kebal terhadap halangan dalam jarak yang lebih jauh.
Skalabilitas	Skala penggunaannya hanya dalam tingkat LAN. Ukuran frek. kanalnya dibuat fix (20 MHz)	Dibuat utk sampai 100 pengguna. Ukuran frek. Kanal dapat bervariasi dari 1,5 sampai dengan 20 MHz.	Sistim TDMA dan pengaturan slot komunikasi, sehingga semua frekuensi yg termasuk dalam range IEEE 802.16 dapat dipakai serta jumlah pengguna dapat bertambah.
Bit Rate	2,7 bps/Hz hingga 54Mbps dalam kanal 20 MHz	5 bps/Hz hingga 100 Mbps dalam kanal 20 MHz.	Teknik modulasi yang lebih canggih disertai koreksi error yang lebih fleksibel, sehingga penggunaan frekuensi kanal lebih efisien.
QoS	Tidak mendukung QoS	QoS dibuat dalam layer MAC	Adanya pengaturan secara otomatis terhadap slot-slot TDMA, sehingga dimanfaatkan untuk pengaturan QoS.

2.1.4 Varian-Varian IEEE 802.16

Varian-varian WiMAX dimaksudkan untuk mengembangkan kinerja dan kemampuan dari teknologi yang digunakannya, agar menjadi lebih hebat dan dapat meluas penggunaannya. Untuk mengembangkan jangkauan dan daya jualnya, maka standar IEEE 802.16 direvisi menjadi IEEE 802.16a. Standar teknis IEEE 802.16a inilah yang banyak digunakan oleh perangkat-perangkat dengan sertifikasi WiMAX.

Selain IEEE 802.16a, varian lainnya adalah IEEE 802.16b yang banyak menekankan segala keperluan dan permasalahan dengan QoS, IEEE 802.16c banyak menekankan pada interoperability dengan protokol-protokol lain, IEEE 802.16d merupakan revisi dari IEEE 802.16c ditambah dengan kemampuan untuk *access point*, serta IEEE 802.16e menekankan pada masalah mobilitas. Varian-varian standar IEEE 802.16 dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Varian-varian standar IEEE 802.16

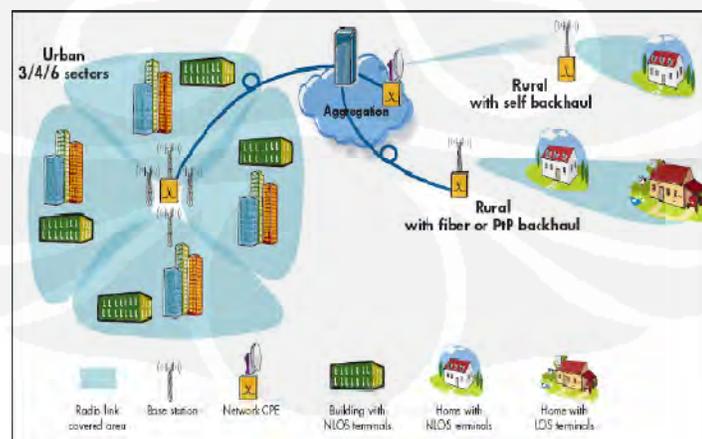
	IEEE 802.16	IEEE 802.16a	IEEE 802.16e
Terstandarisasi	Januari 2002	Januari 2003 (IEEE 802.16a)	Estimasi pertengahan 2004
Spektrum	10-66 GHz	2 – 11 GHz	< 6 GHz
Kondisi Kanal	Line Of Sight	Non Line Of Sight	Non Line Of Sight
Bit Rate	32-134 Mbps menggunakan frekuensi kanal 28 MHz	Hingga 70 Mbps menggunakan frekuensi kanal 20 Mhz	Hingga 15 Mbps menggunakan frekuensi kanal 5 MHz
Modulasi	QPSK, 16 QAM dan 64 QAM	OFDM 256, 256 sub-carrier, QPSK, 16QAM, 64 QAM	OFDM 256 subcarrier, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Mobilitas	Perangkat wireless tetap	Perangkat wireless tetap dan portabel	Nomadic Mobility
Frekuensi/Kanal	20, 25 dan 28 MHz	1,5 hingga 20 MHz	1,5 hingga 20 MHz

Radius Per Cell	2 - 5 Km	7 – 10 Km dengan kemampuan maks. hingga 50 Km	2 – 5 Km
-----------------	----------	---	----------

Perubahan yang sangat signifikan pada standar 802.16 untuk membentuk varian terletak pada lebar frekuensi operasinya. Standar 802.16 beroperasi pada range 10-66 GHz, sedangkan 802.16a menggunakan frekuensi yang lebih rendah, yaitu 2–11 GHz, sehingga memungkinkan komunikasi non line of sight (NLOS). Perbedaan ini dimaksudkan untuk mendukung komunikasi dalam kondisi *line of sight* (LOS), dan *non line of sight* (NLOS). Dengan adanya sistem NLOS, keterbatasan yang ada pada WiFi dapat dikurangi.

Kelemahan dari komunikasi dengan frekuensi rendah ini adalah semakin kecil kapasitas *bandwidth* dari koneksi yang dilakukannya. Ukuran kanal-kanal frekuensi yang fleksibel dengan *range* yang lebar, merupakan keunggulan dari 802.16a.

Beberapa topologi dan pilihan *backhauling* telah didukung oleh teknologi WiMAX, antara lain saluran kabel *backhauling* (*typically over Ethernet*), dan koneksi point to point. Pada Gambar 2.3 di bawah ini terlihat empat buah base station (BS) meng-*coverage* 4 sektor/kawasan, sebuah repeater sebagai pengumpulan (aggregation) sinyal yang akan dikirimkan ke wilayah pedesaan (*rural area*). Komunikasi antar base station (BS) dapat menggunakan *wireless* maupun *optical fiber*.



Gambar 2.3 Topologi WiMAX dalam area perkotaan dan pedesaan

Selain perubahan frekuensi operasi, pada *physical layer* dari standar IEEE 802.16a ditambahkan tiga spesifikasi baru untuk mendukung fitur NLOS-nya ini, yaitu *single carrier* PHY, 256 FFT OFDM PHY dan 2048 FFT OFDM PHY. Format sinyaling OFDM dipilih dalam standar ini dimaksudkan agar teknologi ini dapat bersaing dengan *competitor* utamanya yaitu teknologi CDMA, yang juga bekerja dalam sistem NLOS. Fitur-fitur lain yang ada pada standar IEEE 802.16a adalah sebagai berikut.

1. Untuk menghantarkan jaringan komunikasi yang berkualitas dengan jangkauan yang luas adalah lebar kanal frekuensi yang fleksibel.
2. *Burst profile* yang dapat beradaptasi (fasilitas burst adalah ciri khas dari teknologi *broadband*).
3. *Forwarding error correction* (FEC) untuk mengoreksi jika terjadi kesalahan.
4. *Advanced antenna system* untuk meningkatkan wilayah jangkauan.
5. Kapasitas dan kekebalan terhadap interferensi dari sinyal lain.
6. *Dynamic frequency selection* (DFS), pemilihan frekuensi kanal secara dinamis dan juga berfungsi untuk mengurangi interferensi.
7. *Space time coding* (STC) yang akan meningkatkan *performance* dalam area batas pinggir dari sinyal yang dipancarkan oleh sebuah *base station* (BS).

Tabel 2.3 Fitur-fitur *physical layer* teknologi IEEE 802.16 WiMAX

No.	Fitur	Keuntungan
1	Menggunakan system sinyaling 256 point FFT OFDM.	Mendukung sistem multipath untuk memungkinkan diaplikasikan pada area terbuka (<i>outdoor</i>) dengan kondisi LOS dan NLOS.
2	Ukuran kanal frekuensi yang fleksibel (misalnya 3,5 MHz, 5 MHz, 19 MHz)	Menyediakan fleksibilitas yang memungkinkan komunikasi beroperasi menggunakan kanal-kanal frekuensi yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan.
3	Didesain untuk dapat mendukung sistem smart	Dengan menggunakan smart antenna yang lebih nyaman digunakan sehari-hari,

	antenna	interferensi dapat ditekan dan gain dapat ditingkatkan.
4	Mendukung TDD dan FDD Duplexing	Menangani masalah bervariasinya regulasi regulasi diseluruh dunia.
5	Sistem modulasi yang fleksibel dengan sistem error correction yang bervariasi setiap RF burst	Memungkinkan terjalannya koneksi yang <i>reliable</i> , memberikan <i>transfer rate</i> yang maksimal kepada setiap <i>subscriber</i> yang terkoneksi dengannya.

Layer media access control (MAC) dari standar IEEE 802.16 ini didesain untuk dapat membawa dan mengakomodasi segala macam protokol di atasnya, seperti ATM, Ethernet atau internet protokol (IP). Fitur-fitur *media access control layer* ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Fitur-fitur MAC layer teknologi IEEE 802.16 WiMAX

No.	Fitur	Keuntungan
1	<i>Connection oriented</i>	Proses <i>routing</i> dan paket <i>forwarding</i> yang lebih <i>reliable</i> .
2	<i>Automatic retransmisi request (ARQ)</i>	Meningkatkan <i>performance end to end</i> dengan menyembunyikan error pada layer RF yang dibawa dari layer di atasnya.
3	<i>Automatic power control</i>	Memungkinkan pembuatan topologi celluler dengan power yang dapat terkontrol secara otomatis.
4	Security dan encryption	Melindungi privasi dari para <i>subscriber</i>
5	Mendukung sistem modulasi adaptive	Memungkinkan data rate yang lebih tinggi
6	Scalability yang tinggi hingga mendukung 100 subscriber	Biaya penggunaan yang sangat efektif, karena mampu menampung pengguna dalam jumlah yang besar.
7	Mendukung sistem <i>quality of service (QoS)</i>	Dapat memberikan latency rendah pada aplikasiaplikasi <i>delay sensitive</i> , seperti VoIP dan <i>streaming video</i> .

2.2 OFDM

2.2.1 Prinsip Dasar OFDM [4]

OFDM adalah sebuah teknik transmisi dengan banyak frekuensi (*multicarrier*), menggunakan *Discrete Fourier Transform* (DFT). Bagan dasar dari OFDM ditampilkan pada Gambar 2.4. Cara kerjanya adalah sebagai berikut. Deretan data informasi yang akan dikirim dikonversikan kedalam bentuk parallel, sehingga bila bit rate semula adalah R , maka bit rate di tiap-tiap jalur parallel adalah R/M dimana M adalah jumlah jalur parallel (sama dengan jumlah sub-carrier). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap sub-carrier. Modulasi ini bisa berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM. Kemudian sinyal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam *Inverse Discrete Fourier Transform* (IDFT), untuk pembuatan simbol OFDM. Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi kedalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim. Sinyal yang terkirim tersebut, dalam persamaan matematik bisa diekspresikan sebagai berikut,

$$s(t) = \text{Re}\{\sum_{n=-\infty}^{+\infty} b_n f(t - nT) e^{j(\omega_0 t + \varphi)}\} \quad (2.1)$$

dimana :

Re : Bagian real dari persamaan

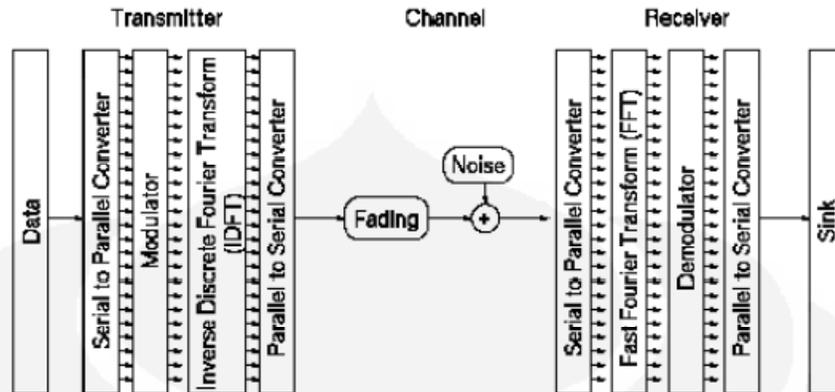
$f(t)$: Respons impuls dari filter transmisi

T : Periode symbol

ω_0 : Frekuensi pembawa (*carrier frequency*) dalam bentuk radian

φ : Fase pembawa (*carrier phase*)

b_n : Data informasi yang telah termodulasi yang menjadi input dari IDFT.



Gambar 2.4 Bagan dasar OFDM

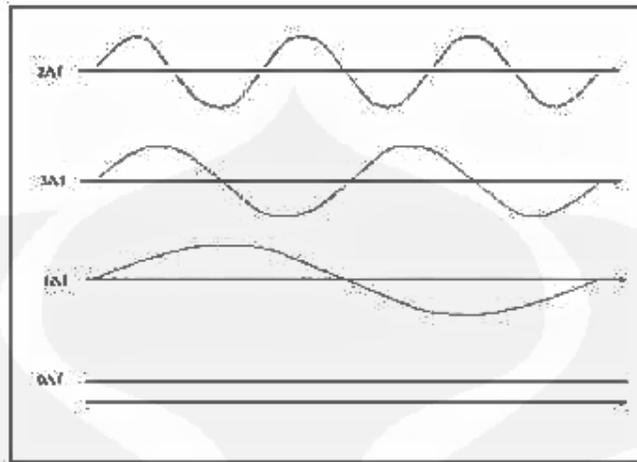
Pada stasiun penerima, dilakukan operasi yang berkebalikan dengan apa yang dilakukan di stasiun pengirim. Mulai dari konversi dari serial ke paralel, kemudian konversi sinyal paralel dengan *Fast Fourier Transform* (FFT), setelah itu demodulasi, konversi paralel ke serial, dan akhirnya kembali menjadi bentuk data informasi.

Istilah orthogonal dalam *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) mengandung makna hubungan matematis antara frekuensi-frekuensi yang digunakan. Dengan persamaan matematika bisa diekspresikan sebagai berikut, dua buah kumpulan sinyal dikatakan orthogonal bila,

$$\int_a^b \Psi_p(t) \Psi_q(t) dt = 0 \quad (2.2)$$

untuk $p \neq q$ dan $= K$ untuk $p = q$

Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Ada beberapa kumpulan sinyal yang orthogonal, salah satunya yang cukup sering kita gunakan adalah sinyal sinus, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.5.



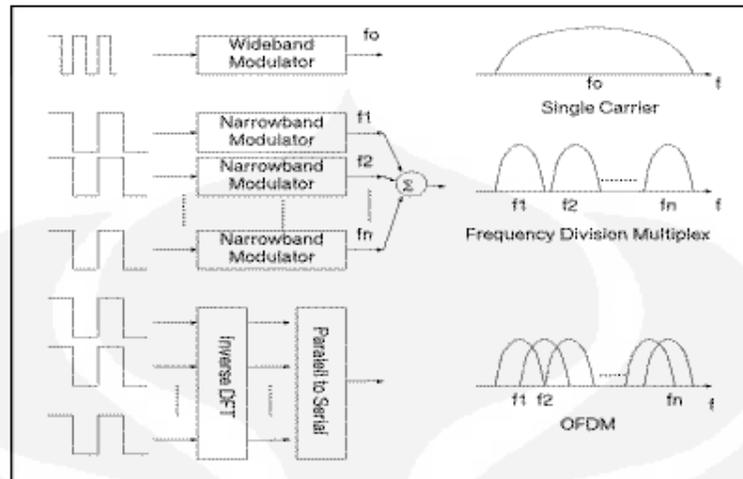
Gambar 2.5 Sinyal-sinyal orthogonal

2.2.2 Keunggulan OFDM

a. Efisien dalam pemakaian frekuensi

Untuk memperjelas perbedaan OFDM, baik dalam operasi dasarnya maupun dalam segi efisiensi spektrumnya, dengan sistem *single carrier*, dan juga dengan sistem *multicarrier konvensional*, bisa dilihat pada Gambar 2.6. Dari Gambar tersebut bisa dilihat, bahwa OFDM adalah salah satu jenis dari *multicarrier* (FDM), tetapi memiliki efisiensi pemakaian frekuensi yang jauh lebih baik. Pada OFDM overlap antar frekuensi yang bersebelahan diperbolehkan, karena masing-masing sudah saling orthogonal, sedangkan pada sistem *multicarrier konvensional* untuk mencegah interferensi antar frekuensi yang bersebelahan perlu diselipkan frekuensi penghalang (*guard band*), dimana hal ini memiliki efek samping berupa menurunnya kecepatan transmisi bila dibandingkan dengan sistem *single carrier* dengan lebar spektrum yang sama. Sehingga salah satu karakteristik dari OFDM adalah tingginya tingkat efisiensi dalam pemakaian frekuensi.

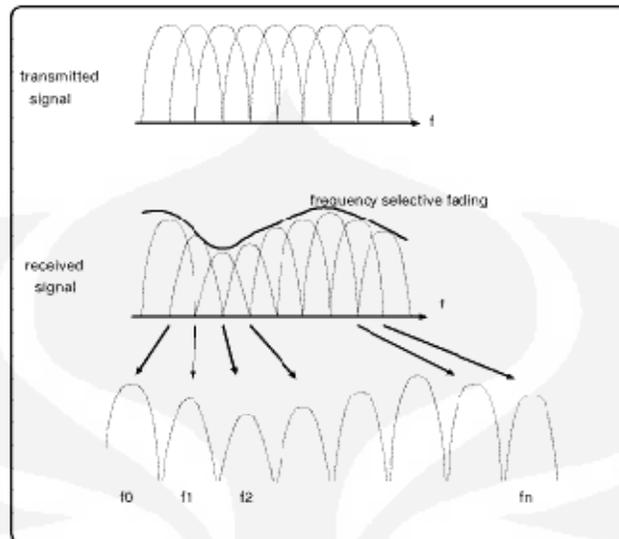
Selain itu pada *multicarrier konvensional* juga diperlukan band pass filter sebanyak frekuensi yang digunakan, sedangkan pada OFDM cukup menggunakan FFT saja.



Gambar.2.6 Perbandingan dengan SCM dan FDM

b. Kuat menghadapi frequency selective fading

Karakter utama yang lain dari OFDM adalah kuat menghadapi *frequency selective fading*. Dengan menggunakan teknologi OFDM, meskipun jalur komunikasi yang digunakan memiliki karakteristik *frequency selective fading* (dimana *bandwidth* dari channel lebih sempit daripada bandwidth dari transmisi sehingga mengakibatkan pelemahan daya terima secara tidak seragam pada beberapa frekuensi tertentu), tetapi tiap *sub carrier* dari sistem OFDM hanya mengalami *flat fading* (pelemahan daya terima secara seragam). Pelemahan yang disebabkan oleh *flat fading* ini lebih mudah dikendalikan, sehingga performansi dari sistem mudah untuk ditingkatkan. Teknologi OFDM bisa mengubah *frequency selective fading* menjadi *flat fading*, karena meskipun sistem secara keseluruhan memiliki kecepatan transmisi yang sangat tinggi sehingga mempunyai *bandwidth* yang lebar, karena transmisi menggunakan *subcarrier* (frekuensi pembawa) dengan jumlah yang sangat banyak, sehingga kecepatan transmisi di tiap *subcarrier* sangat rendah dan bandwidth dari tiap *subcarrier* sangat sempit, lebih sempit daripada *coherence bandwidth* (lebar daripada *bandwidth* yang memiliki karakteristik yang relatif sama). Perubahan dari *frequency selective fading* menjadi *flat fading* bisa diilustrasikan seperti Gambar 2.7.



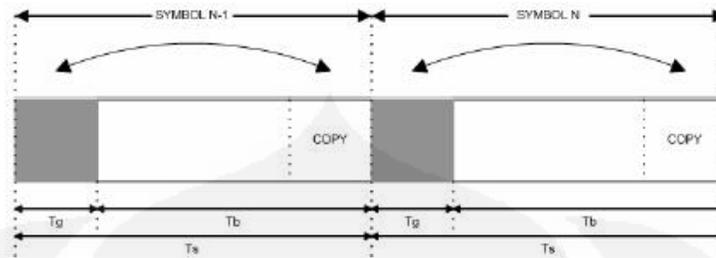
Gambar 2.7 Ilustrasi *frequency selective fading* pada sinyal OFDM

c. Tidak sensitif terhadap sinyal tunda

Keuntungan yang lainnya adalah, dengan rendahnya kecepatan transmisi di tiap *subcarrier* berarti periode simbolnya menjadi lebih panjang sehingga kesensitifan sistem terhadap *delay spread* (penyebaran sinyal-sinyal yang datang terlambat) menjadi relative berkurang.

d. Ketahanan terhadap multipath delay spread[5]

Salah satu keunggulan sistem OFDM adalah ketahanan terhadap *multipath delay spread*, hal ini dapat dicapai dengan memiliki durasi simbol yang panjang yang akan meminimalisasi efek *delay spread*. Untuk memudahkan proses demodulasi pada bagian FFT di *receiver*, tiap-tiap subkanal OFDM haruslah terjaga orthogonalitasnya. Tetapi akibat respon kanal, akan terjadi *distorsi linear* yang menyebabkan energi pada tiap-tiap sub kanal menyebar ke sub kanal di sekitarnya. *Delay spread* menyebabkan waktu kedatangan sinyal bervariasi. Hal-hal ini lah yang menyebabkan terjadinya *inter symbol interference (ISI)*. Pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penambahan *guard interval*. Gambar dibawah ini memvisualisasikan penambahan *guard interval*, yaitu bagian akhir dari satu simbol OFDM di-copy dan diletakkan di awal simbol.



Gambar 2.8 Penambahan guard interval

Dengan adanya *guard interval* maka durasi simbol OFDM terkirim akan lebih panjang, total durasi simbol OFDM terkirim (*OFDM block length*) menjadi:

$$T_s = T_b + T_g$$

dimana : T_s = *OFDM block length* (durasi simbol OFDM terkirim)

T_b = durasi simbol OFDM

T_g = *guard interval*

Walaupun terdapat alokasi *guard interval*, simbol OFDM terkirim masih akan tetap terkena interferensi antar simbol. Tetapi bagian simbol OFDM yang terinterferensi tersebut adalah *guard interval* dari simbol OFDM itu sendiri. Bagian simbol OFDM yang mengandung sinyal informasi tidak terkena interferensi. Pada *receiver*, *guard interval* akan dihilangkan sehingga rekonstruksi sinyal OFDM akan meminimalisasi terjadinya *error*.

2.2.3 Kelemahan OFDM

Sebagai sebuah sistem buatan manusia, tentunya teknologi OFDM pun tak luput dari kekurangan-kekurangan. Diantaranya, yang sangat menonjol dan sudah lama menjadi topik penelitian adalah *frequency offset* dan *nonlinear distortion* (distorsi nonlinear).

a. *Frequency Offset*

Sistem ini sangat sensitif terhadap *carrier frequency offset* yang disebabkan oleh jitter pada gelombang pembawa (*carrier wave*) dan juga terhadap efek doppler yang disebabkan oleh pergerakan baik oleh stasiun pengirim maupun stasiun penerima.

b. Distorsi Nonlinear

Teknologi OFDM adalah sebuah sistem modulasi yang menggunakan multi-frekuensi dan multi-amplitudo, sehingga sistem ini mudah terkontaminasi oleh distorsi nonlinear yang terjadi pada penguat dari daya transmisi.

c. Sinkronisasi Sinyal

Pada stasiun penerima, menentukan *start point* untuk memulai operasi *Fast Fourier Transform* (FFT) ketika sinyal OFDM tiba di stasiun penerima adalah hal yang relative sulit. Atau dengan kata lain, sinkronisasi daripada sinyal OFDM adalah hal yang sulit.

d. *Peak to Average Power Ratio* (PAPR) [7]

Peak to Average Power Ratio (PAPR), membutuhkan pemancar sirkuit linier, yang menderitadari efisiensi daya yang buruk. Secara signifikan mengurangi efisiensi dari pemancar penguat daya tinggi (HPA).

2.2.4 Parameter OFDM Symbol dan Transmitted signal

Parameter utama pada OFDM adalah *bandwidth*, *N used* dan *sampling factor*. Bandwidth merupakan nilai dari *channel bandwidth*. *N used* digunakan untuk menentukan *subcarriers spacing* dan *symbol time* G . *Symbol time* G merupakan parameter perbandingan CP time.

Sedangkan parameter Turunan OFDM adalah sebagai berikut:

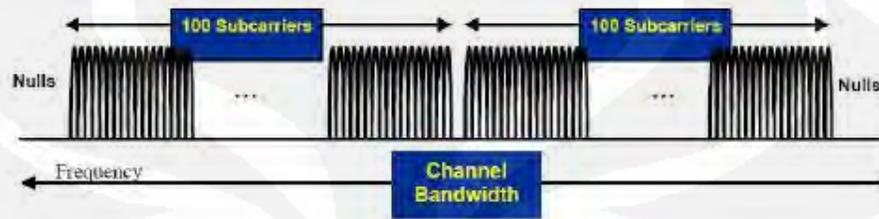
- a. N_{FFT} : nilai dari penjumlahan $N_{used} + Guard Band$
- b. *Sampling frequency* (n) : $F_s = \text{floor}(n.BW/8000) \times 8000$
- c. *Subcarrier spacing* : $\Delta f = F_s / N_{FFT}$
- d. *Useful symbol time* : $T_b = 1 / \Delta f$
- e. *CP time* : $T_g = G \cdot T_b$
- f. *OFDM symbol time* : $T_s = T_b + T_g$
- g. *Sampling time* : T_b / N_{FFT}

2.2.5 Spesifikasi OFDM pada WIMAX

Parameter OFDM pada WiMAX terdiri dari :

1. NFFT

NFFT terdiri dari 256. NFFT terbagi menjadi tiga bagian yaitu 192 data *subcarriers*, 8 *pilot subcarriers*, dan 56 *nulls* (1 *nulls* untuk *centre carrier*, 28 *nulls* untuk *lower frequency* dan 27 *nulls* untuk *higher frequency guard carriers*). Pembagian NFFT tersebut digambarkan pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Pembagian NFFT

2. Skema modulasi per *carrier* OFDM menggunakan BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM

Tabel 2.5 Skema modulasi per *carrier* OFDM

Parameter	Value
N_{FFT}	256
N_{USED}	200
n	For channel bandwidths that are a multiple of 1.75 MHz then $n=8/7$ else for channel bandwidths that are a multiple of 1.5 MHz then $n=86/75$ else for channel bandwidths that are a multiple of 1.25 MHz then $n=144/125$ else for channel bandwidths that are a multiple of 2.75 MHz then $n=316/275$ else for channel bandwidths that are a multiple of 2.0 MHz then $n=57/50$ else for channel bandwidths not otherwise specified then $n=8/7$
G	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Number of lower frequency guard subcarriers	28
Number of higher frequency guard subcarriers	27

2.3 Convolutional Encoder dan Viterbi Decoder [6]

2.3.1 Convolutional Codes

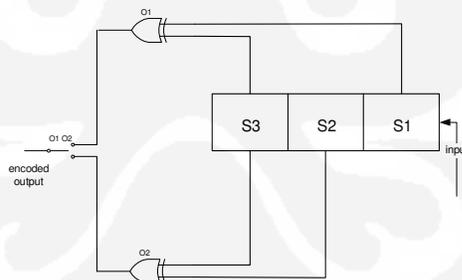
Block codes (seperti *Hamming code*) adalah kode-kode yang *memoryless* karena tiap keluaran *codeword* bergantung hanya pada k -bit blok pesan yang saat ini sedang diencode. Sebaliknya dengan *convolutional codes* aliran bit-bit pesan

yang diterima secara kontinu dioperasikan untuk memperoleh aliran bit-bit keluaran yang kontinu pula. Proses encoding yang diterapkan melakukan operasi biner yang khusus pada bit-bit masukan, sehingga bit-bit sumber dikatakan dikonvolusi untuk menghasilkan deretan bit keluaran.

Hal ini juga menyebabkan bahwa bit-bit keluaran tidak hanya bergantung pada bit-bit yang sedang diproses namun juga bergantung pada deretan sebelumnya dari bit-bit sumber, dengan demikian membutuhkan suatu bentuk dari memori. Dalam prakteknya bentuk memori ini dapat berupa shift register dengan panjang tertentu yang dikenal dengan nama *constrain length* dan konvolusi yang dilakukan adalah dengan membentuk dua buah *adder modulo-2* yang melakukan operasi XOR.

2.3.2 Proses encoding

Sebuah contoh dari encoder konvolusional sederhana ditampilkan pada Gambar 1. *Encoder* ini terdiri dari *shift register* 3-bit yang juga berfungsi sebagai memori dan dua buah *adder modulo-2* untuk operasi konvolusi. Tiap bit masukan yang diberikan akan memberikan hasil dua bit keluaran, masing-masing dari sebuah *adder modulo-2*. *Encoder* yang digambarkan tersebut dikatakan memiliki *constrain length* 3 dengan *code rate* $\frac{1}{2}$.



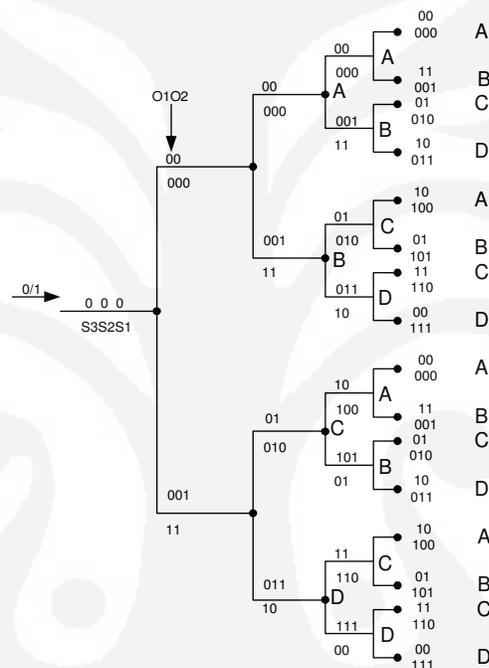
Gambar 2.10 Rangkaian Encoder

Encoder konvolusi berhubungan dengan memori maka harus disediakan cara yang sederhana untuk menentukan deretan bit keluaran khusus yang dibangkitkan dari deretan bit masukan yang diberikan. Teknik yang berdasarkan penyajian secara diagram dapat digunakan, misalnya :

- 1) *Tree diagram*

2) *State diagram*3) *Trellis diagram*

Teknik yang paling sering digunakan adalah *trellis diagram*, karena dengan diagram ini dapat digambarkan sekaligus proses decodingnya. Namun demikian terlebih dahulu harus dibuat *tree diagram* atau *state diagram* dari keluaran untuk masing-masing kemungkinan masukan. *Tree diagram* untuk keluaran ditampilkan pada Gambar 2.11.

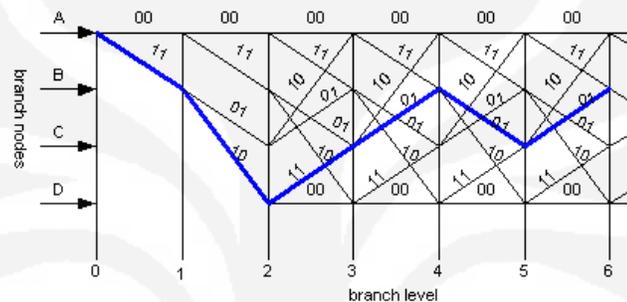


Gambar 2.11 *Tree diagram presentation*

Tree diagram pada Gambar 2.11 menunjukkan bahwa, jumlah cabang dalam *tree* digandakan untuk tiap bit masukan yang baru. Dapat dilihat bahwa *tree* berulang setelah cabang dari level kedua, sebab setelah level ini hanya terdapat empat simpul unik yang berbeda. Simpul-simpul ini disebut sebagai *state* dan diberi simbol A, B, C, dan D.

Setiap satu simpul-simpul ini menghasilkan pasangan simpul keluaran yang sama dari bit-bit keluaran dan state simpul baru terjadi, tanpa melihat posisi dari simpul dalam *tree*. Misalnya, dari setiap simpul C pasangan yang sama akan muncul yaitu: keluaran 10 dan state baru A untuk masukan 0, atau keluaran 01 dan state baru B untuk masukan 1.

Berbekal *tree diagram* tersebut selanjutnya dapat dibuat trellis diagram. Contoh trellis diagram untuk *tree diagram* diatas digambarkan pada Gambar 2.12. *Trellis diagram* tersebut menunjukkan semua keluaran yang dihasilkan dari *encoder* ini untuk setiap masukan. Selanjutnya untuk deret masukan yang khusus, sebuah *path* tunggal melalui trellis dihasilkan, yang akan menghasilkan deretan bit-bit keluaran.



Gambar 2.12 Trellis diagram

Misalkan deret bit masukan adalah 110101..., mula-mula diasumsikan *shift register* dalam keadaan *reset* (semua bit 0). Setelah bit pertama dari bit masukan di *shift* isi dari *shift register* menjadi 001. Keluaran kedua *adder* akan menjadi 11. Setelah bit masukan kedua di *shift* isi *shift register* menjadi 011 dan keluaran kedua *adder* adalah 10, demikian seterusnya. *Path* yang dihasilkan adalah garis biru pada Gambar 2.12 diatas.

2.3.3 Proses decoding

Fungsi dari *decoder* adalah untuk menentukan deretan bit keluaran yang paling mirip (*most likely*) dari aliran bit masukan yang diberikan dan pengetahuan dari *encoder* yang digunakan pada sumber. Prosedur *decoding* ekuivalen dengan membandingkan deretan bit yang diterima dengan semua kemungkinan deretan bit yang mungkin diperoleh dari hasil *encoder* dan memilih deretan bit yang paling dekat dengan deretan bit yang diterima.

Untuk menentukan deretan bit yang paling dekat dengan bit yang diterima adalah dengan cara menghitung Hamming *distancenya*, deretan bit yang memiliki Hamming *distance* paling minimumlah yang dipilih untuk deretan bit tersebut.

Pada dasarnya trellis diagram selalu mempunyai dua buah *path* untuk tiap node. Path-path yang tidak terputus merupakan *survivor path* yang berguna untuk menentukan *decoding path* dalam trellis diagram. *Path* yang dipilih sebagai path hasil decoding adalah path yang tidak terputus sepanjang trellis diagram dan memiliki *aggregate Hamming distance minimum*. Algoritma pencarian path seperti ini disebut algoritma Viterbi, sedangkan *decoder* yang berfungsi untuk menemukan *path* yang paling mirip dengan deretan bit yang telah diterima dikenal dengan nama *maximum-likelihood decoder*.

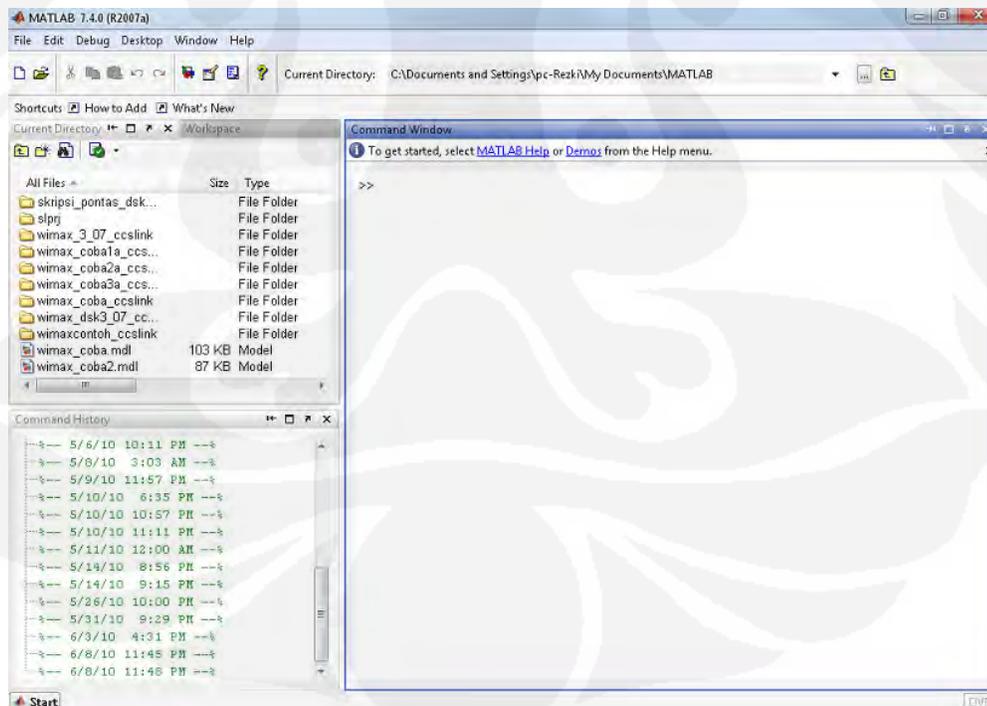
BAB III

RANCANG BANGUN BASEBAND WIMAX

Pada bab ini dijelaskan tentang setiap blok yang menyusun rangkaian *baseband* WiMAX ini dan konfigurasinya. Rangkaian *baseband* WiMAX ini terdiri dari *bernoulli binary generator*, *OFDM*, *convolutional encoder*, dan *viterbi decoder*. Perancangan dilakukan dengan menggunakan MATLAB 7.4.0 SIMULINK 6.0

3.1 SIMULINK®

SIMULINK® adalah perangkat lunak sub-program dari MATLAB® yang biasa digunakan untuk pemodelan, simulasi dan analisa sistem. Dengan menggunakan perangkat lunak ini kita dapat membangun blok-blok model untuk mensimulasi sistem yang kita kehendaki. Cara menggunakan SIMULINK® hanya dengan mengetikkan perintah ”*simulink*” pada *command window* dari MATLAB®. Cara lain adalah cukup dengan menekan tombol *simulink* pada *toolbar* MATLAB® seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Cara-cara menjalankan SIMULINK®

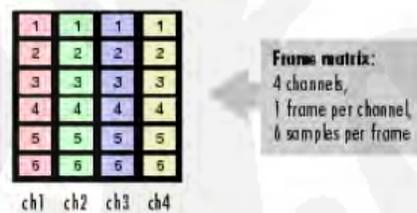
Dengan menjalankan program ini, kita akan diberikan pilihan blok-blok model yang dapat kita gabungkan satu dengan yang lain untuk membentuk simulasi sistem yang kita kehendaki.

Dari SIMULINK[®], kita juga dapat menghubungkannya dengan perangkat luar seperti DSP TMS320C6713 dengan cara yang mudah. SIMULINK[®] akan membangkitkan secara otomatis kode bahasa pemrograman yang digunakan pada DSP tersebut.

3.2 BLOK DIAGRAM BASEBAND WIMAX PADA SIMULINK[®]

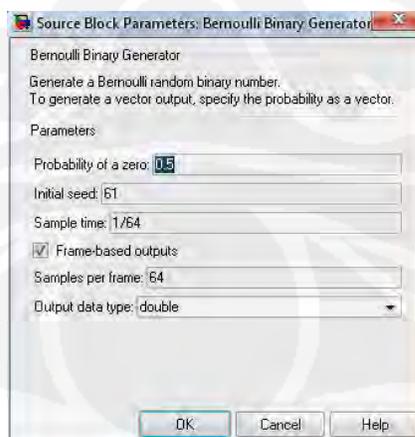
3.2.1 BLOK DIAGRAM *BERNOULLI BINARY GENERATOR*

Bernoulli binary generator berfungsi menghasilkan *binary bit* dengan probabilitas 0 dan 1 masing-masing adalah 0,5. Pada tugas akhir ini, *Bernoulli binary generator* dibuat untuk menghasilkan bit dengan format frame based data. *Frame based data* memiliki arti bahwa dalam satu *frame* terdiri dari beberapa *sample*. Bentuk *frame based data* dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 *Frame based data*

Konfigurasi parameter *Bernoulli binary generator* dapat dilihat pada Gambar 3.3



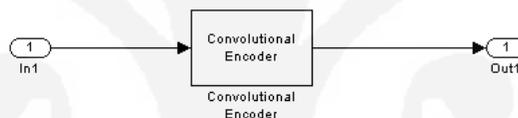
Gambar 3.3 Konfigurasi parameter *Bernoulli binary generator*

Parameter blok yang digunakan yaitu:

1. *probability of zero* diset menjadi 0,5 artinya kemungkinan blok ini mengeluarkan nilai antara 1 dan 0 adalah 50 %.
2. *initial seed* yaitu pola acak dari distribusi *bernoulli*, nilai ini tidak berpengaruh terhadap proses *encoding* dan *decoding*, hanya mengeluarkan data biner “1” atau “0” dengan pola acak yang ditentukan.
3. *sample time*, yaitu sampel data yang akan muncul tiap 1 detik
4. *output data type*, merupakan panjang atau lebar data.

3.2.2 BLOK DIAGRAM CONVOLUTIONAL ENCODER

Blok *Convolutional encoder* merupakan blok yang menghasilkan *convolutional code* dari data biner yaitu melakukan *encoding* dari urutan input biner vektor menjadi urutan output biner vektor.

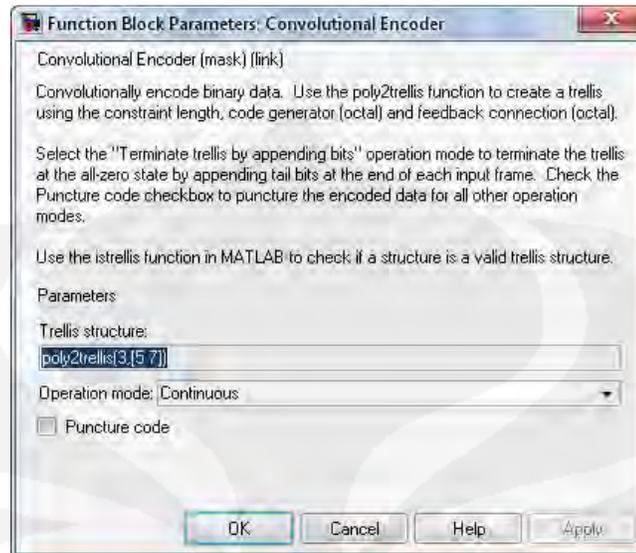


Gambar 3.4 Blok diagram *convolutional encoder*

Parameter yang digunakan dalam blok ini yaitu:

1. *Trellis Structure* merupakan dari parameter dari *encoder* atau *decoder* yaitu menunjukkan nilai *constrain length K*, input k , dan input n . *Trellis Structure* memiliki parameter *constrain length K*, dan Generator matriks dalam bentuk oktal dari *convolutional encoder*. Cara mencari nilai generator matriks sudah dijelaskan pada Bab 2. Nilai *trellis structure* yang digunakan dalam percobaan ini diubah-ubah sesuai dengan parameter K , k , dan n yang diinginkan.
2. *operation mode*, merupakan proses yang terjadi dari *encoder* ini berjalan secara berkelanjutan atau tidak.

Konfigurasi parameter *convolutional encoder* dapat dilihat dari gambar 3.5

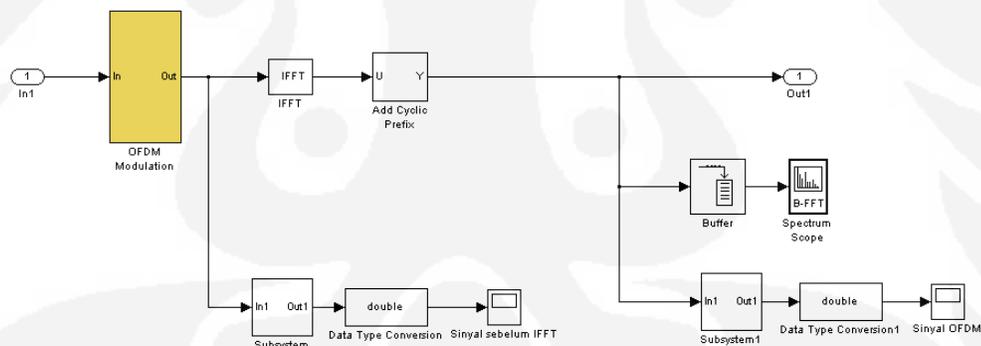


Gambar 3.5 Pengaturan pada blok *convolutional encoder*

3.2.3 BLOK DIAGRAM PENGIRIM OFDM

Setelah *convolutional encoder* sinyal akan masuk ke blok pengirim OFDM. Blok ini terdiri dari OFDM *modulation*, IFFT dan *add cyclic prefix*.

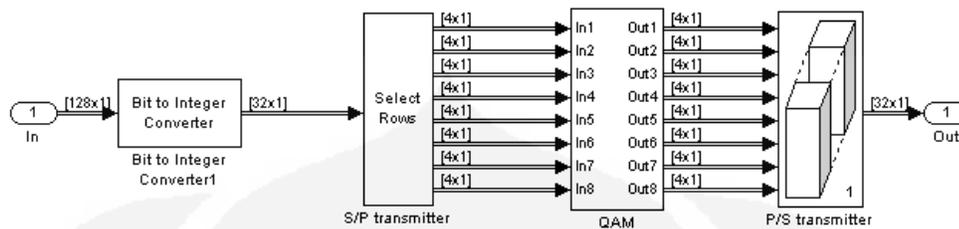
Secara keseluruhan blok dari pengirim OFDM dapat dilihat pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Blok diagram pemancar OFDM

3.2.3.1 Blok OFDM Modulation

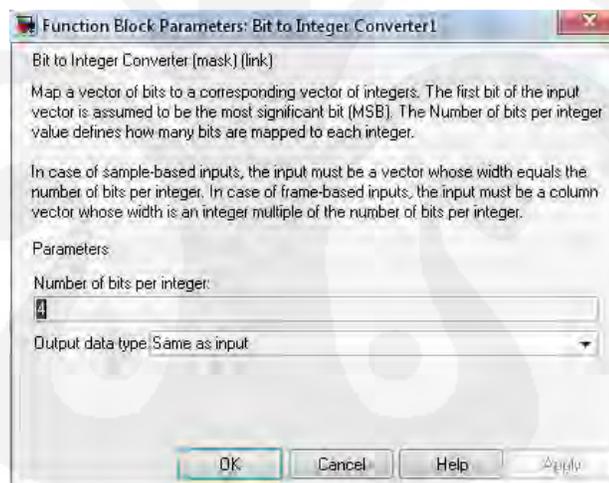
Blok OFDM *modulation* ini adalah sebuah *subsystem* yang berfungsi untuk memodulasikan sinyal informasi yang kita miliki dari blok sebelumnya. Blok ini terdiri dari beberapa blok dasar sebagai berikut (Gambar 3.7)



Gambar 3.7 Blok diagram pada blok "OFDM modulation"

a. *Blok Bit to Integer Converter*

Bit to Integer Converter berfungsi mengubah beberapa nilai *binary* menjadi nilai *integer* dengan jumlah beberapa bit sesuai dengan keinginan. Pada skripsi ini setiap empat nilai *binary* akan diubah menjadi satu nilai *integer* sehingga dari 128 nilai *binary* akan didapatkan 32 nilai *integer*.

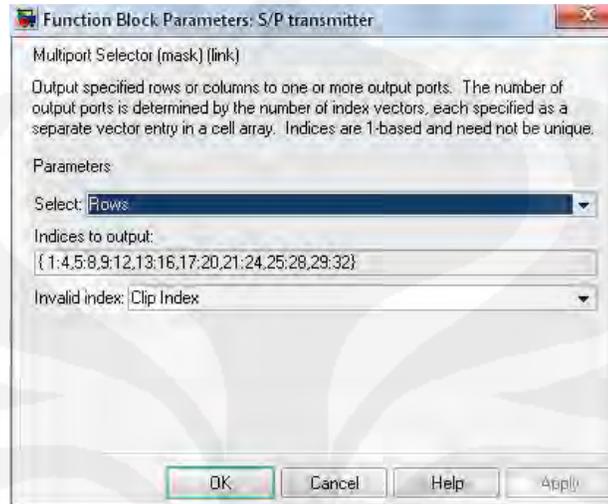


Gambar 3.8 Parameter blok *Bit to Integer Converter*

b. *Blok Multiport Selector*

Dalam blok *Multiport Selector* mode yang digunakan adalah *Selectrows*. *Select rows* digunakan untuk mengubah data serial menjadi paralel. *Select rows* diisi dengan nomor urut data yang ingin diambil sesuai dengan keinginan untuk digunakan pada proses selanjutnya. Data serial berupa nilai akan diubah menjadi data paralel dengan menggunakan blok ini. Data serial berupa nilai integer dalam satu *frame* akan diubah menjadi delapan data paralel dengan menggunakan blok *select rows* sehingga masing-masing *bus* menerima empat buah nilai *integer*. Konfigurasi parameter *multiport selector* ditunjukkan oleh

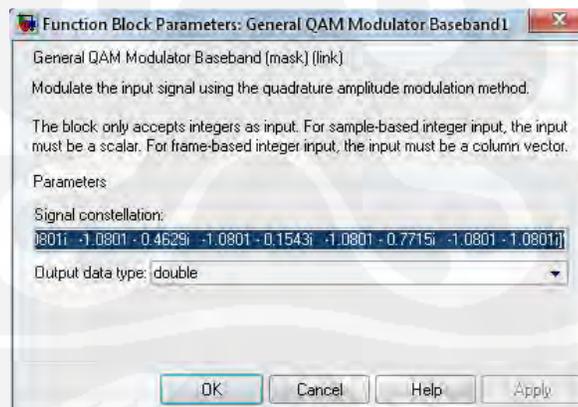
Gambar 3.9. Dari gambar dibawah *input* yang didapat dari blok sebelumnya dibagi menjadi 8 bagian.



Gambar 3.9 Parameter *Multiport Selector*

c. *Blok General QAM Modulator Baseband*

Blok *General QAM Modulator Baseband* memodulasi menggunakan modulasi *quadrature amplitudo*. Outputnya adalah representasi dari sinyal baseband yang termodulasi. Konfigurasi blok ini ditunjukkan oleh Gambar 3.10

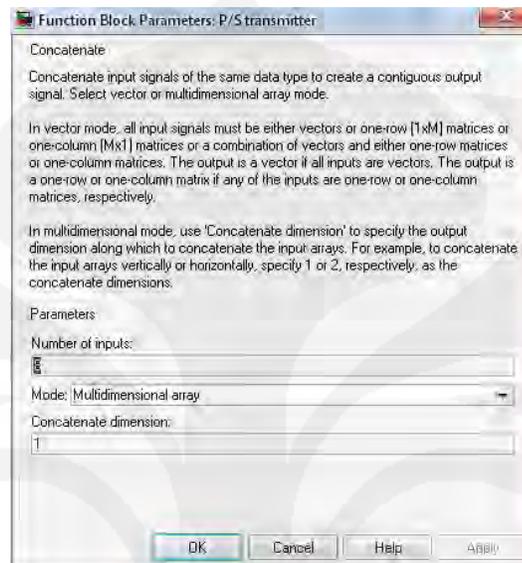


Gambar 3.10 Parameter blok *QAM Modulator*

d. *Blok Matrix Concatenation*

Matrix Concatenation digunakan untuk mengubah data paralel menjadi data serial. *Matrix Concatenation* yang digunakan dibuat menjadi

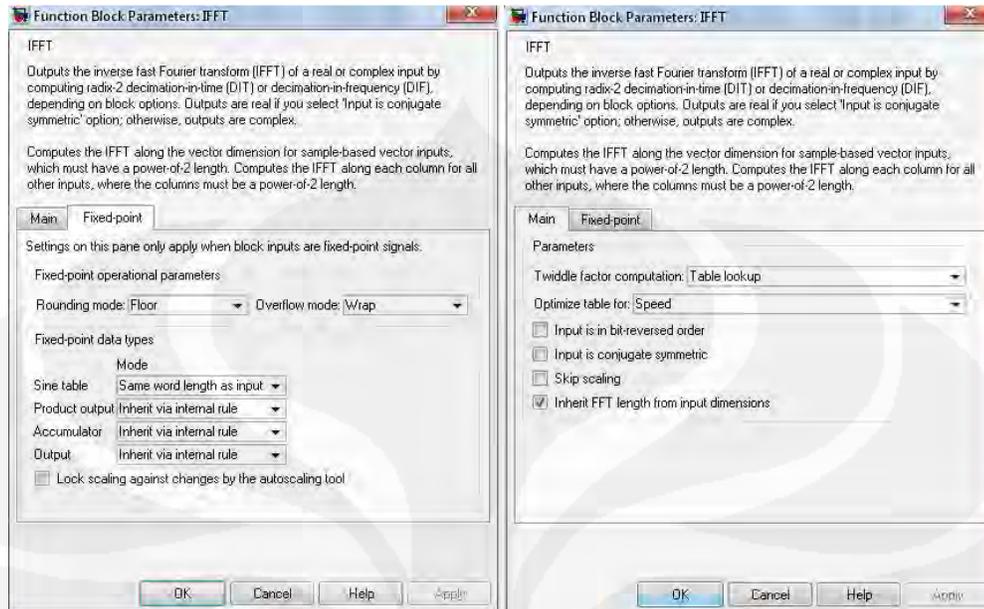
mode multidimensional array dengan 8 *input* dan 1 *output*. Prinsip kerja *Matrix Concatenation* dapat dilihat pada Gambar 3.11



Gambar 3.11 Parameter *Matrix Concatenation*

3.2.3.2 Blok IFFT

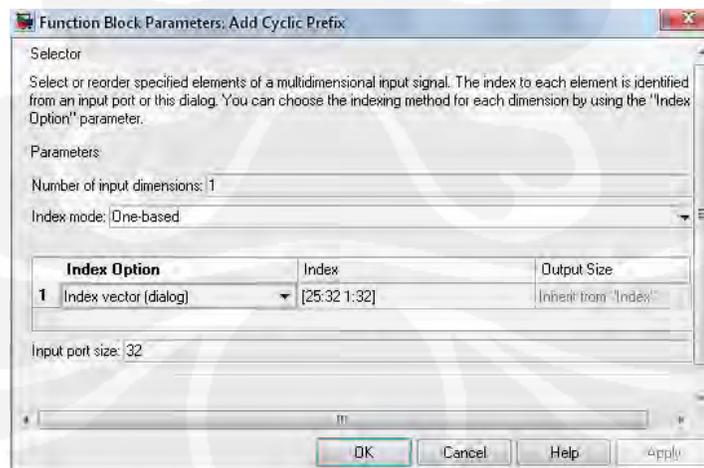
Pembentukan sinyal OFDM dapat dengan mudah dilakukan dengan menggunakan algoritma IDFT seperti telah dijelaskan sebelumnya. Blok "IFFT" ini adalah blok yang mengerjakan penghitungan *Inverse Fast Fourier Transform* dari sinyal. Panjang sinyal yang melalui blok ini adalah 32 sebagaimana keluaran dari blok *OFDM Modulation*. Keluaran dari blok ini adalah sinyal yang telah orthogonal dengan panjang frame 32. Konfigurasi pada blok IFFT dapat kita lihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Parameter blok IFFT

3.2.3.3 Blok *Add Cyclic Prefix*

Penggunaan *add cyclic prefix* adalah untuk mengkompensasi ketidak-sinkronan dari sinyal yang akan diterima. Blok ini mengerjakan bagian penambahan *cyclic prefix* pada sinyal OFDM yang telah terbentuk dari IFFT. Pada Gambar 3.13 terlihat pada bagian “*elements (-1 for all elements)*” diisi nilai [25:32 1:32].

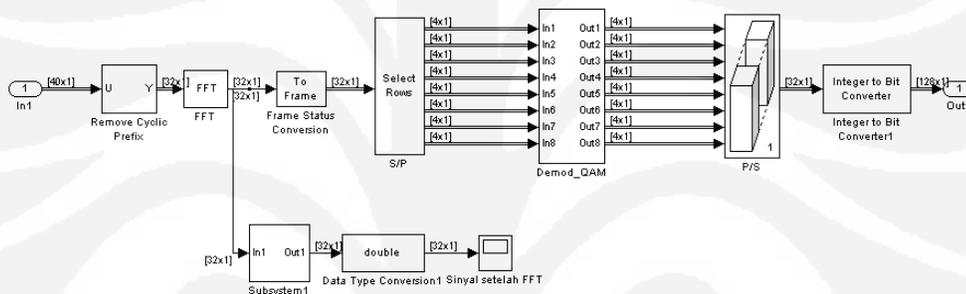
Gambar 3.13 Parameter blok *Add Cyclic Prefix*

Ini berarti bahwa blok ini mengerjakan cyclic prefix dengan mengambil data dari elemen 25 sampai dengan 32 dan ditambahkan pada bagian depan dari elemen. Dengan demikian keluaran dari blok ini adalah sebesar:

$$32 + (32 - 25 + 1) = 38$$

3.2.4 BLOK DIAGRAM PENERIMA OFDM

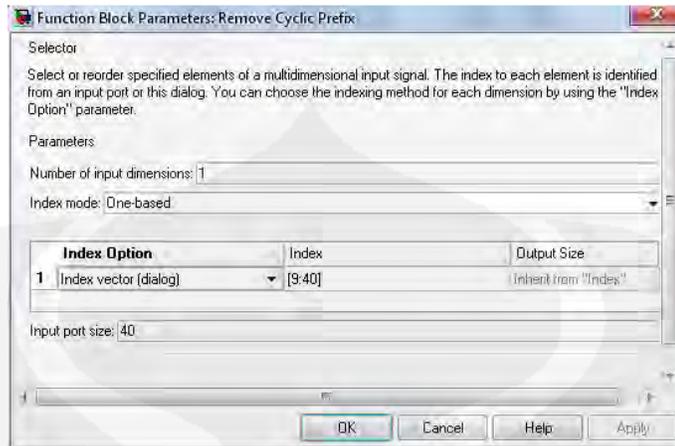
Pada blok penerima OFDM sinyal yang didapat dari penerima OFDM akan dibalikkan kembali, sehingga akan diperoleh sinyal yang sama seperti sinyal yang dikirim. Blok penerima OFDM terdiri dari *remove cyclic prefix*, FFT, *frame status conversation*, *demodulator QAM* dan *integer to bit converter*.



Gambar 3.14 Blok diagram pada blok 'OFDM RX'

3.2.4.1 Blok *Remove Cyclic Prefix*

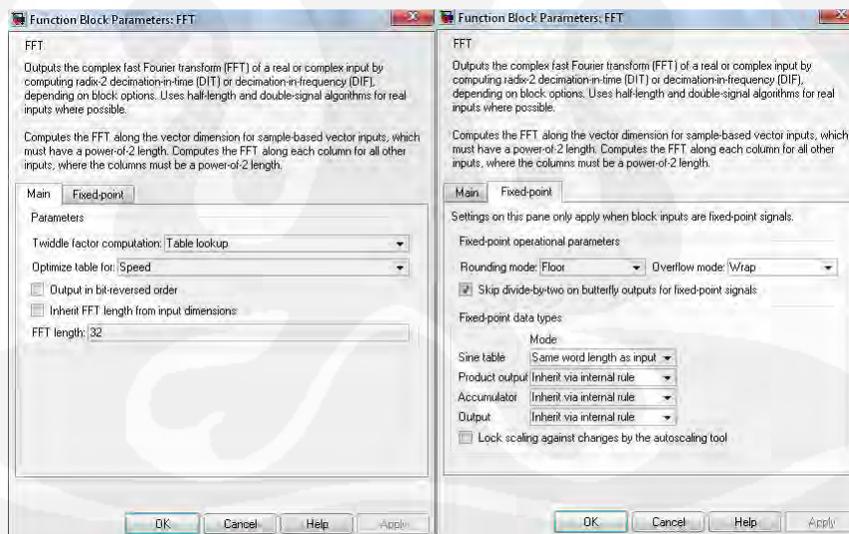
Sinyal yang dikirim merupakan gabungan sinyal informasi dan juga *cyclic prefix*, maka pada bagian penerima *cyclic prefix* yang ditambahkan, pada bagian penerima dilepaskan, sehingga didapatkan sinyal informasi dari beberapa *subcarrier*. Konfigurasi dari blok *remove cyclic prefix* ditunjukkan oleh Gambar 3.15



Gambar 3.15 Parameter blok *Remove Cyclic Prefix*

3.2.4.2 Blok FFT

Blok FFT melakukan fungsi demodulasi yang berfungsi melakukan transformasi dari domain waktu ke frekuensi. Jumlah *point* pada FFT dibagian penerima harus sama dengan jumlah *point* pada IFFT di bagian pengirim. Konfigurasinya dapat kita lihat dari Gambar 3.16



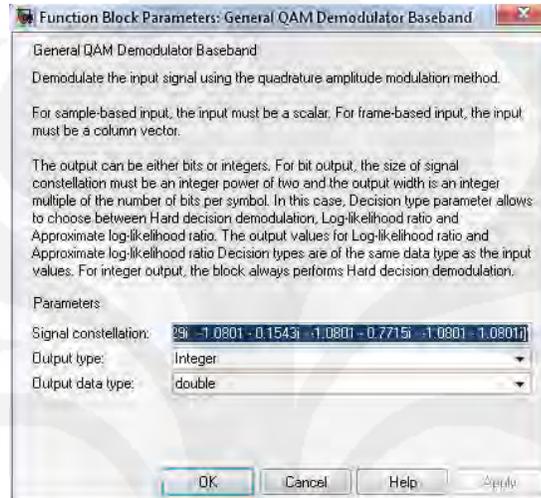
Gambar 3.16 Parameter blok FFT

3.2.4.3 Blok *Frame Status Conversion*

Frame Status Conversion digunakan untuk mengubah *sample based* menjadi *frame based*.

3.2.4.4 Blok *Demodulator QAM*

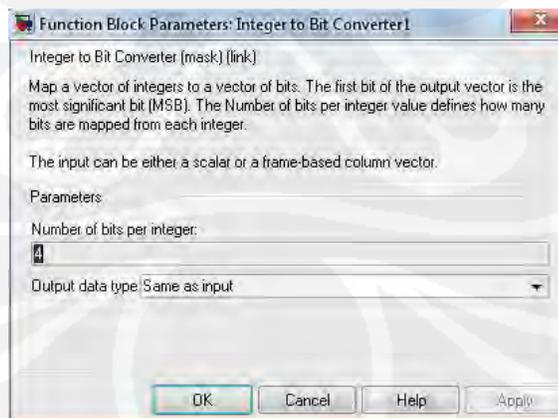
Blok *Demodulator QAM* berfungsi untuk melakukan proses demodulasi sinyal untuk mendapatkan sinyal asli yang dikirim dari *transmitter*.



Gambar 3.17 Parameter blok *Demodulator QAM*

3.2.4.5 Blok *Integer to Bit Converter*

Integer to Bit Converter berfungsi mengubah setiap satu nilai *integer* menjadi nilai *binary* dengan jumlah beberapa bit sesuai dengan keinginan. Pada skripsi ini setiap satu nilai *integer* akan diubah menjadi empat buah *binary bit* sehingga dari 32 nilai *integer* akan didapatkan kembali 128 *binary bit*. Konfigurasinya dapat kita lihat pada Gambar 3.18

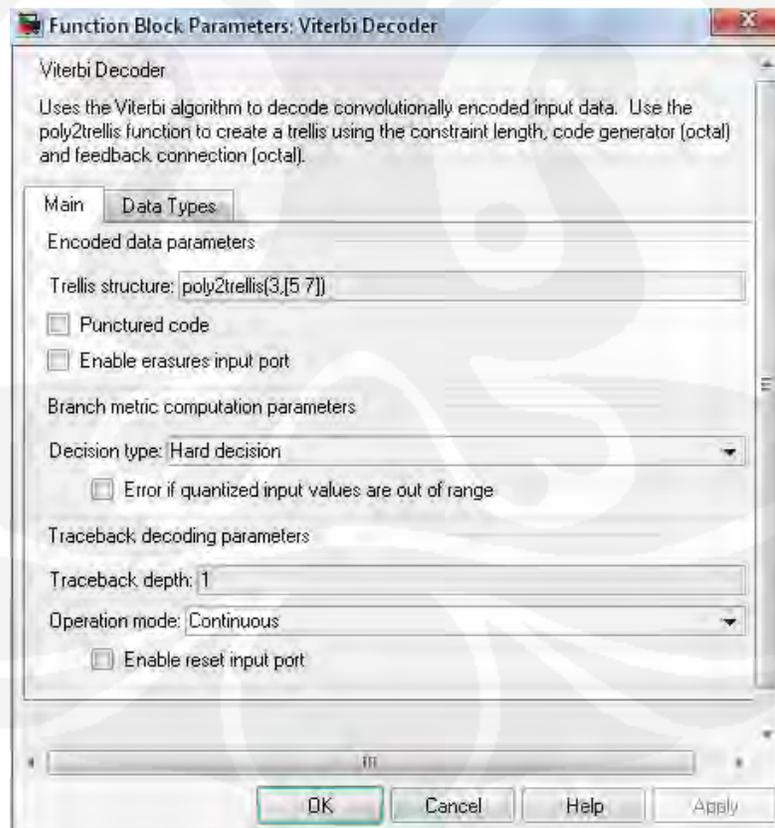


Gambar 3.18 Parameter blok *Integer to Bit Converter*

3.2.5 BLOK DIAGRAM VITERBI DECODER

Blok *Viterbi decoder* merupakan blok yang men-*decode* secara convolutional data yang sudah di-*encode* menggunakan *Viterbi* algoritma. Blok *Viterbi decoder* mendecode simbol input lalu menghasilkan simbol output biner. Blok ini dapat memproses beberapa simbol pada satu waktu untuk performansi yang lebih cepat. Konfigurasi blok *viterbi decoder* dapat kita lihat pada Gambar 3.19. Parameter yang terdapat dalam blok ini yaitu:

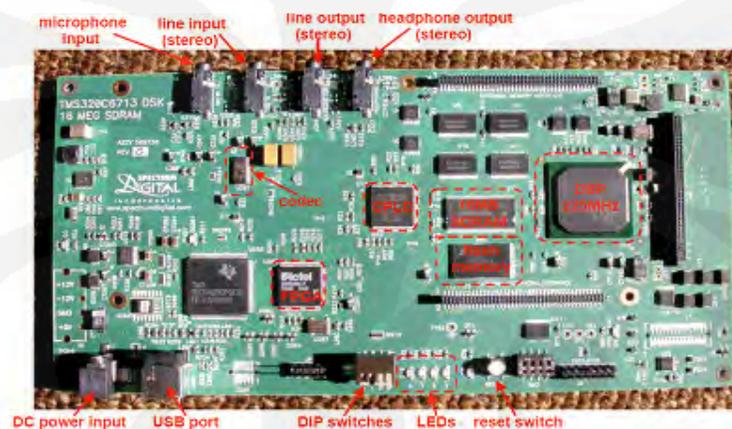
1. *Trellis Structure* yang merupakan nilai yang mendefinisikan parameter K , k , dan n pada sebuah *convolutional code*.
2. *Decision type*, merupakan jenis metode yang digunakan dalam melakukan proses *decoding*. Pada *decision type* ini terdapat beberapa pilihan metode yaitu *Hard Decision* dan *Soft Decision*.
3. *Traceback depth*, yaitu delay yang terjadi pada keluaran *decoder* sebesar nilai x sample tertinggal terhadap input pada *encoder*.
4. *Operation mode*.



Gambar 3.19 Pengaturan pada blok *Viterbi decoder*

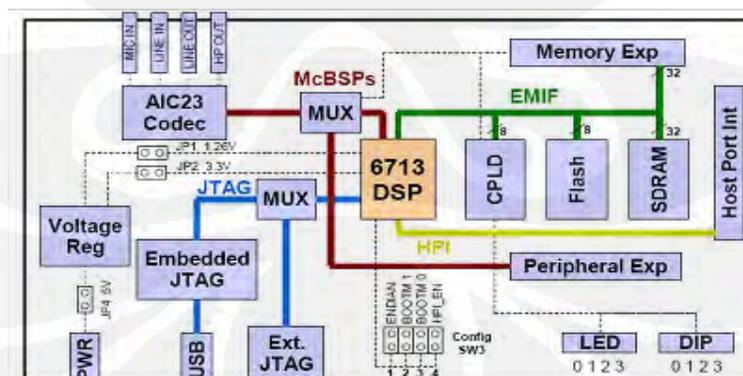
3.3 DIGITAL SIGNAL PROCESSOR STARTER KIT TMS320C6713

Blok diagram sebagaimana dibuat dalam SIMULINK[®] telah siap untuk diimplementasikan pada sebuah papan *processor*. Pada rancang bangun ini, papan *processor* yang digunakan adalah DSP Starter Kit TMS320C6713. *Digital Signal Processor* yang dalam hal ini adalah TMS320C6713 adalah *mikroprosesor* yang dibuat dalam arsitektur khusus untuk digunakan sebagai pemroses sinyal digital (*Digital Signal Processing*). Modul ini biasa digunakan untuk membuat sebuah rancang bangun dasar dari sebuah pemroses sinyal yang hendak disimulasikan. Papan TMS320C6713 ini dapat kita lihat pada Gambar 3.20 berikut:



Gambar 3.20 Papan TMS320C6713

Sedangkan untuk blok diagram ditunjukkan pada Gambar 3.21 berikut:

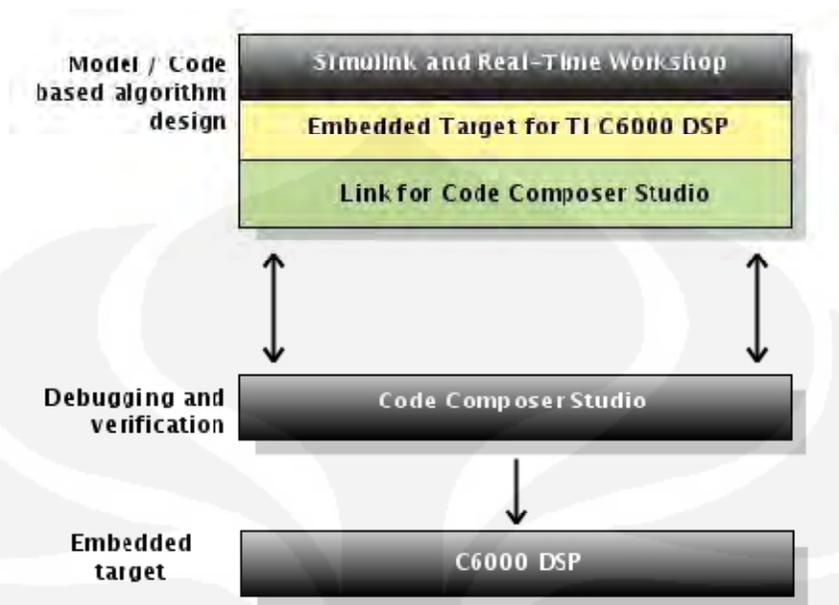


Gambar 3.21 Blok diagram dari TMS320C6713

Beberapa bagian dari papan DSK ini yang perlu diperhatikan antara lain adalah *LINE IN* dan *LINE OUT* yang merupakan modul masukan dan keluaran dari DSK ini. Modul lain yang perlu diperhatikan adalah *Joint Team Action Group* (JTEG) yang memungkinkan terjadinya komunikasi antara DSK dengan komputer. Komunikasi yang dilakukan antara komputer dengan DSK dilakukan melalui *port USB (Universal Serial Bus)*. Melalui *port* ini dilakukan tukar menukar data antara komputer dengan DSK dan juga sinyal-sinyal pengendalian dari komputer ke DSK. Proses komunikasi secara *real time* antara komputer dengan DSK ini disebut sebagai RTDX (*Real Time Data Exchange*). Modul lain yang juga dapat digunakan sebagai keluaran sinyal adalah modul LED dan DIP *switch*. Pada modul LED, sinyal keluaran direpresentasikan dengan nyala dari lampu LED. Sedangkan pada DIP *switch*, sinyal keluaran direpresentasikan dengan perubahan nilai tegangan dari tombol DIP *switch*.

3.4 IMPLEMENTASI BLOK SIMULINK PADA TMS320C6713

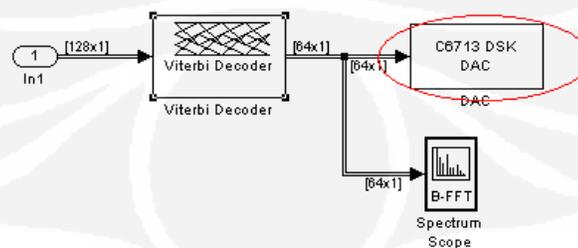
Blok yang telah dibuat pada simulink dapat kemudian kita masukkan dalam DSK TMS320C6713 dengan hanya melakukan beberapa setting pada *Configuration Parameters*. Proses *debugging* dari SIMULINK[®] ke DSK memerlukan perangkat lunak lain yaitu *Code Composer Studio* (CCS) yang merupakan sebuah komposer bahasa C/C++ yang digunakan untuk memrogram papan DSK dengan menggunakan bahasa C/C++. Maka sebenarnya yang dilakukan oleh SIMULINK[®] adalah membangun kode pemrograman dalam bahasa C/C++ dari model yang disimulasikan. Kode pemrograman tersebut kemudian dijalankan oleh CCS. Dan kemudian SIMULINK[®] dan papan DSK TMS320C6713 dapat berkomunikasi melalui kode-kode pemrograman yang dibuat oleh SIMULINK[®]. Inilah kemudahan yang diberikan oleh SIMULINK[®], yaitu kita tidak perlu membuat dan membangun kode pemrograman dari model yang kita simulasikan. Kita hanya cukup membangun blok model pada SIMULINK[®] dan dengan mudah kita akan mendapatkan kode pemrograman dalam bahasa C/C++ yang dapat digunakan untuk membuat rancang bangun dari model yang telah kita buat dalam SIMULINK[®] pada DSK TMS320C6713. Gambar 3.22 menunjukkan algoritma dari penerapan SIMULINK pada DSK.



Gambar 3.22 Algoritma penanaman model ke dalam TMS320C6713 sebagai *embedded target*

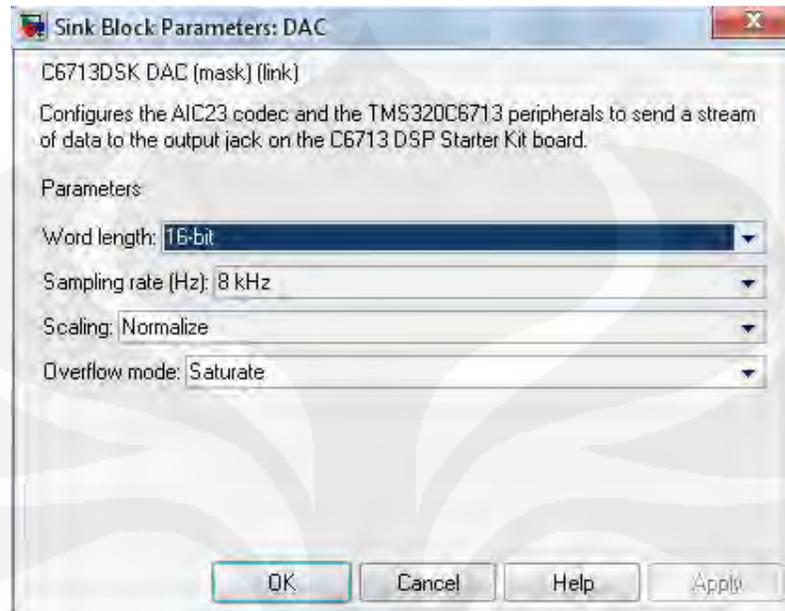
Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk dapat mengimplementasikan model yang telah kita buat dalam SIMULINK® ke dalam papan TMS320C6713 sebagai *embedded target*:

- 1) Memasangkan *Digital-to-Analog Converter* (DAC) sebagai keluaran dari DSK (Gambar 3.23). Pada blok ini, sinyal keluaran dari OFDM kemudian akan dikonversikan dari bentuk digital ke dalam bentuk analog yang akan menjadi keluaran dari papan DSK. Dengan menggunakan blok ini, kita akan dapat melihat sinyal keluaran OFDM dari keluaran papan (*LINE OUT*) berupa sinyal kontinu.



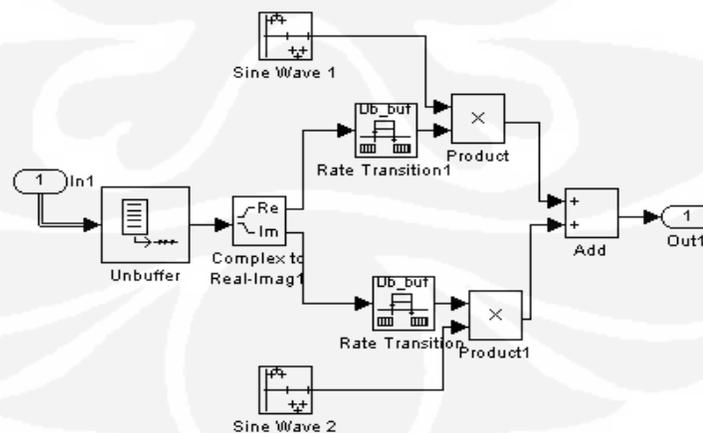
Gambar 3.23 Penambahan blok C6713 DSK DAC

Dengan parameter blok DAC seperti ditunjukkan pada Gambar 3.24 berikut:



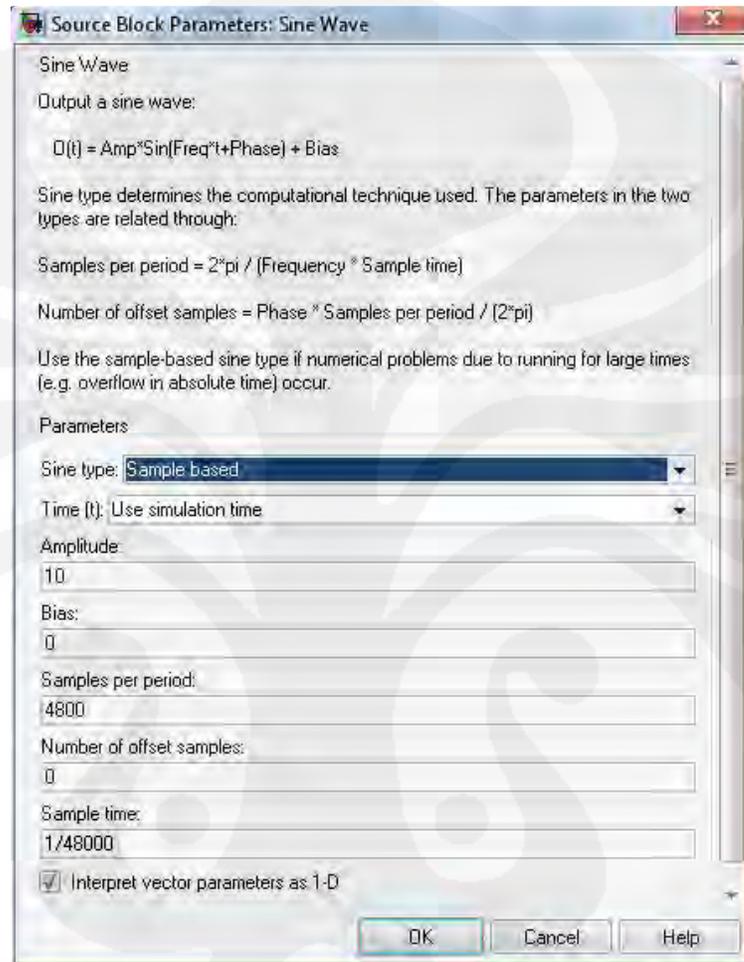
Gambar 3.24 Parameter blok C6713 DSK DAC

Pada beberapa bagian terdapat tambahan blok *sine wave generator*. Blok ini berfungsi untuk membangun sinyal sinusoidal agar keluaran dari modul simulasi dapat kita lihat dan ukur sebagai sinyal sinusoidal. Blok ini adalah sebuah *subsystem* yang terdiri dari beberapa blok dasar seperti yang dapat kita lihat pada Gambar 3.25 sebagai berikut:



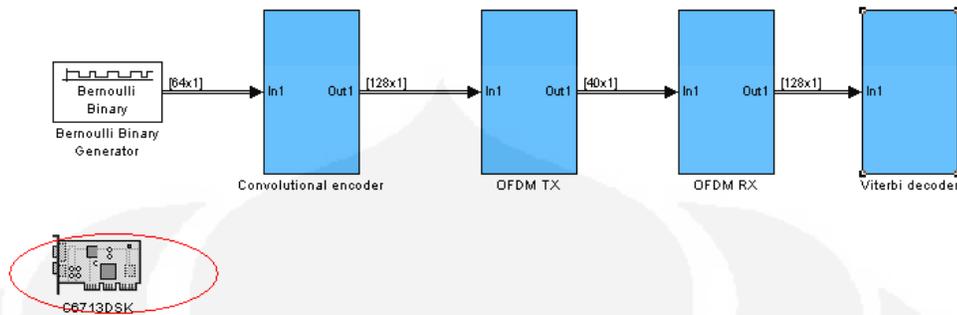
Gambar 3.25 Subsystem sine wave generator

Hal yang perlu diperhatikan dari *subsystem* ini adalah parameter blok dari *sine wave 1* dan *sine wave 2*. Gambar 3.26 menunjukkan parameter dari blok *sine wave 1* dan *sine wave 2* sebagai berikut:



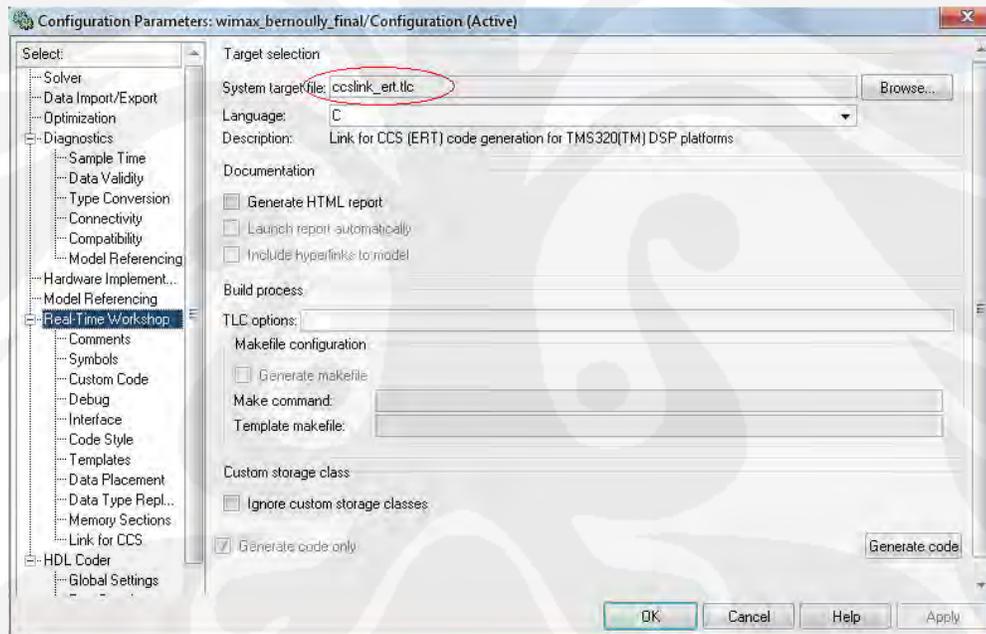
Gambar 3.26 Parameter blok *sine wave 1* dan *2*

- 2) Mencatumkan blok C6713DSK dari *library browser* ke model yang telah dibuat (Gambar 3.27). Blok ini menandakan bahwa simulasi yang kita buat siap untuk diimplementasikan pada papan DSK TMS320C6713 sebagai *embedded target*.

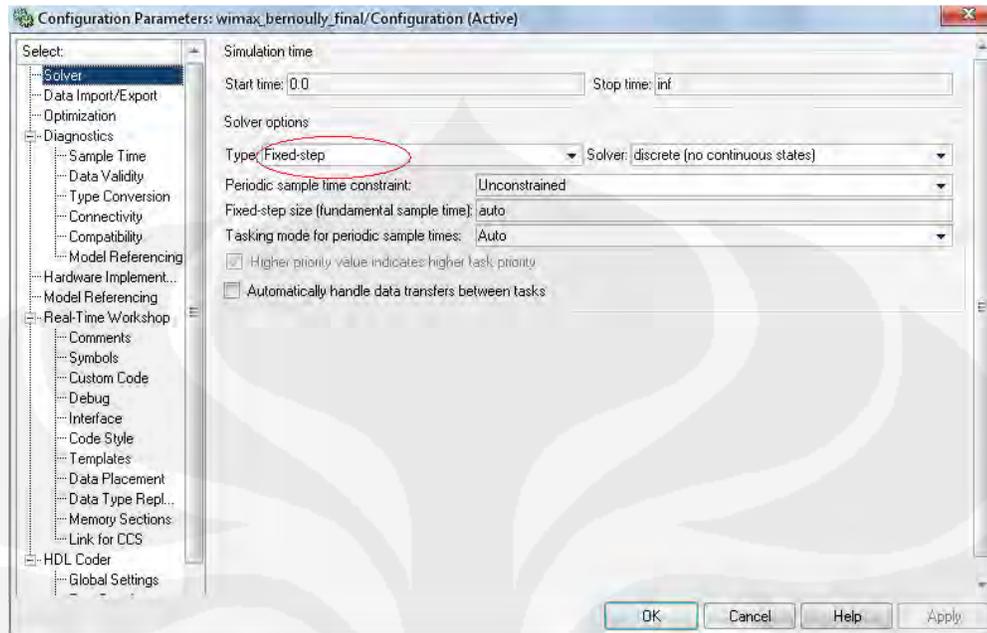


Gambar 3.27 Penambahan blok C6713 DSK

- 3) Pada *toolbar* pilih *simulations* lalu *configuration parameters* atau dengan menekan Ctrl+E. Dan lakukan beberapa setting seperti terlihat pada Gambar 3.28 sampai dengan Gambar 3.31 berikut:



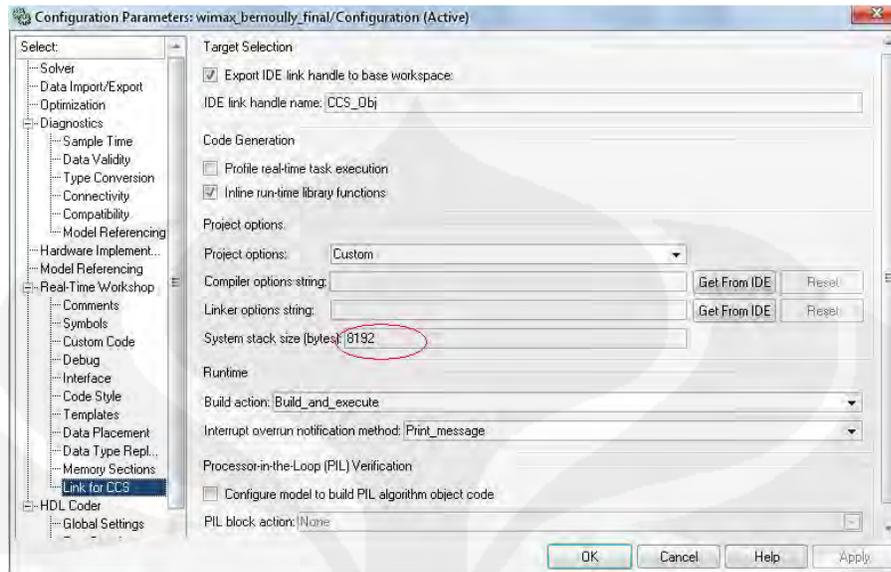
Gambar 3.28 Pada tab menu “Real Time Workshop”



Gambar 3.29 Pada tab menu “*Solver*”



Gambar 3.30 Pada tab menu “*Hardware Implementation*”



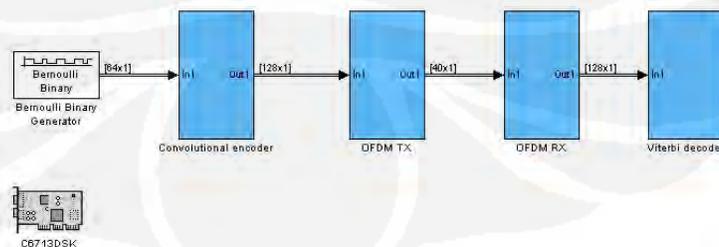
Gambar 3.31 Pada tab menu “Link for CCS”

Setelah semua setting pada *Configuration Parameters* dilakukan kemudian pilih OK dan kembali ke model simulasi.

- 4) Pada toolbar SIMULINK, tekan tombol *incremental build* seperti pada Gambar 3.32. Setelah itu SIMULINK akan membuat kode bahasa C dari blok model yang telah dibuat dan dengan demikian blok model telah siap diimplementasikan pada papan DSK.



**RANCANG BANGUN RANGKAIAN BASEBAND WIMAX
DENGAN MENGGUNAKAN DSK TMS320C6713
OLEH : REZKI AL KHAIRI
0806366314**



Gambar 3.32 Tombol *incremental build*

Setelah semua langkah tersebut dilakukan, maka SIMULINK akan membangun kode-kode pemrograman dalam bahasa C pada *Code Composer Studio*. Setelah proses pembuatan kode selesai, maka CCS akan membuka secara otomatis dan DSK telah terhubung dengan komputer melalui perangkat lunak CCS. Setelah proses ini selesai, maka pada DSK telah dimasukkan modul simulasi pemancar OFDM. Model ini kemudian akan berjalan pada perangkat DSK secara *real time*.

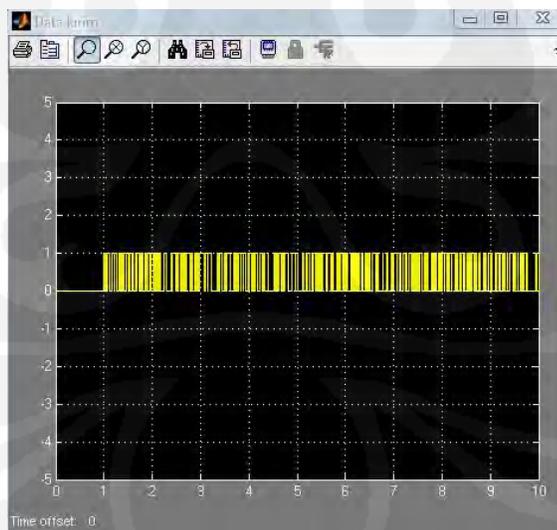
BAB IV

UJI COBA DAN ANALISIS

Pengujian terhadap model dari rangkaian baseband WiMAX ini dilakukan dengan dua metode. Pertama dengan cara simulasi dengan menggunakan simulink dan kedua dengan cara mengukur keluaran dari DSK TMS320C6713. Setelah itu akan dibandingkan data yang dikirim dengan data yang diterima dalam sistem ini.

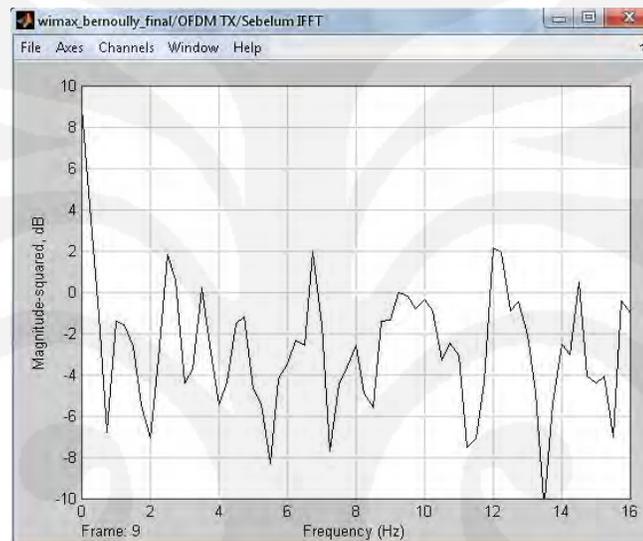
4.1 Uji coba menggunakan simulink

Pada uji coba simulink ini data diambil dari sisi *receiver* untuk dibandingkan dengan data yang di dapat dari sisi *transmitter*. Pada sisi *transmitter* rangkain terdiri dari *bernoulli binary generator*, *convolutional encoder*, *bit to integer converter*, *serial to parallel converter*, *demodulator*, *remove cyclic prefix* dan *parallel to serial converter*, *IFFT*, dan *add cyclic prefix* sedangkan *receiver*, rangkaian terdiri dari *FFT*, *serial to parallel converter*, *demodulator*, *remove cyclic prefix*, *parallel to serial converter* dan *conveterbi decoder*. Sinyal pada sisi *receiver* berasal dari rangkaian *transmitter* OFDM. Pada sisi *transmitter* data dibangkitkan dengan menggunakan *Bernoulli binary generator* sehingga data yang dikirim bernilai satu dan nol secara bergantian seperti pada Gambar 4.1.



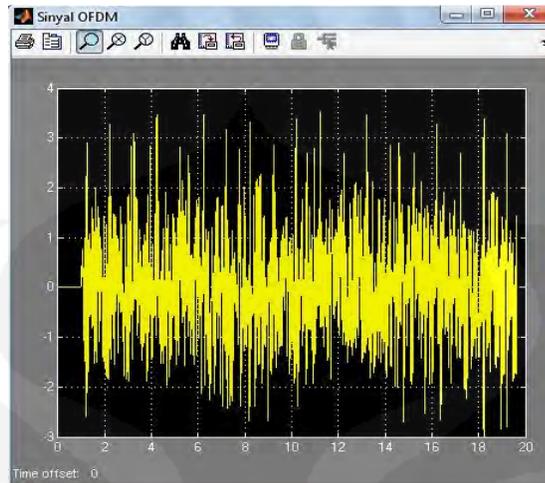
Gambar 4.1 Data kirim *Transmitter*

Data *frame based* akan dikirim apabila jumlah *samples per frame* telah memenuhi konfigurasi yang telah dibuat sehingga untuk mendapatkan jumlah bit sesuai dengan *samples per frame* yang diinginkan, maka bit-bit data harus disimpan terlebih dahulu sampai jumlah *samples per frame* terpenuhi. Selanjutnya data yang dibangkitkan oleh *bernoulli binary generator* menuju blok modulasi QAM untuk dilakukan proses modulasi. Spektrum sinyal setelah dilakukan proses modulasi tampak seperti pada Gambar 4.2.



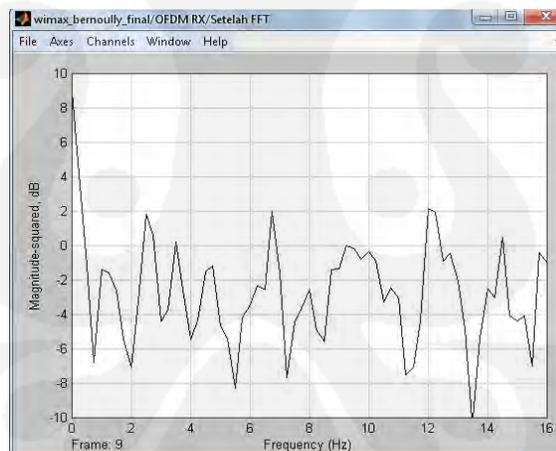
Gambar 4.2 Spektrum sinyal sebelum IFFT

Setelah dilakukan proses modulasi, kemudian sinyal menuju blok IFFT untuk proses pembentukan sinyal OFDM dan transformasi dari domain frekuensi ke domain waktu sehingga bentuk gelombang OFDM setelah melewati IFFT akan terlihat seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Sinyal OFDM

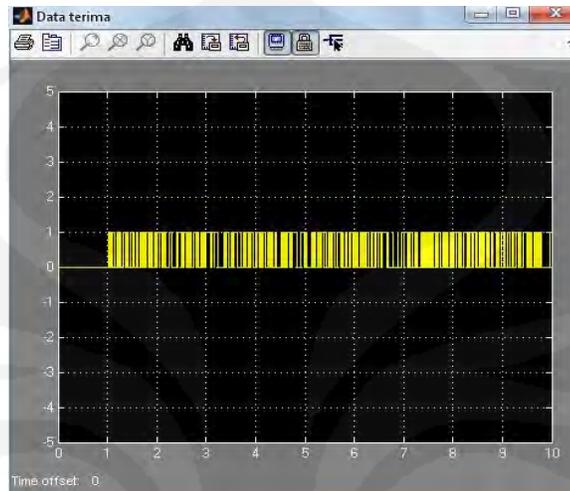
Sinyal keluaran IFFT merupakan sinyal yang dikirim oleh *transmitter* OFDM. Sinyal tersebut diterima oleh *receiver* OFDM yang selanjutnya akan mengalami proses FFT dan demodulasi. Spektrum sinyal setelah melalui proses FFT dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Spektrum sinyal setelah FFT

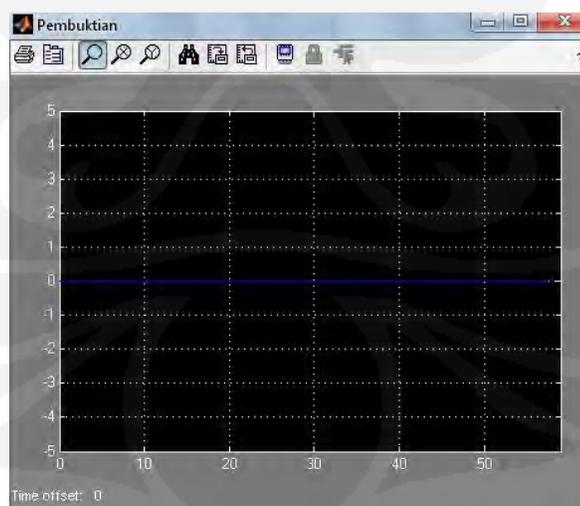
Spektrum sinyal setelah proses FFT tidak memiliki perbedaan dengan spectrum sinyal sebelum IFFT. Hal ini berarti sinyal yang ditangkap oleh *receiver* tidak mengalami perubahan atau kerusakan. Keadaan ini bias dicapai karena adanya gangguan terhadap sinyal yang dikirim oleh *transmitter*. Setelah dilakukan proses FFT, maka selanjutnya dilakukan proses demodulasi QAM terhadap sinyal untuk mendapatkan kembali sinyal informasi yang asli. Setelah melewati proses

demodulasi maka didapatkan sinyal informasi yang asli. Data hasil demodulasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Data diterima Receiver

Pengujian data yang telah diolah di receiver dilakukan dengan membandingkan dengan data yang dikirim dari transmitter. Perbandingan data dilakukan dengan melakukan operasi *logical XOR*. Dengan membandingkan sinyal yang dikirim oleh transmitter dengan sinyal yang diterima di receiver, dapat diketahui bahwa data yang diterima sama dengan yang dikirim seperti terlihat pada scope pembuktian pada Gambar 4.6



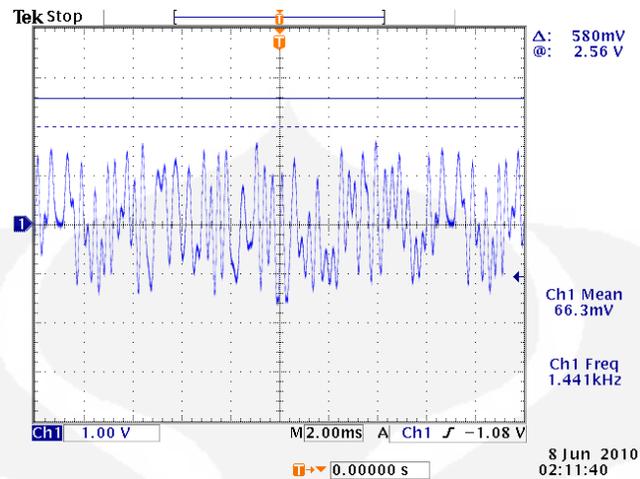
Gambar 4.6 Perbandingan Data

Grafik pada *scope* pembuktian selalu bernilai nol karena dilakukan proses XOR terhadap data yang dikirim dengan data yang diterima. Apabila data yang dikirim dengan data yang diterima bernilai sama maka hasil XOR sama dengan nol. Oleh Karena data yang dikirim dengan data yang diterima sama maka hasil XOR akan selalu bernilai nol. Hal ini menunjukkan bahwa rancang bangun model rangkaian *Baseband* WiMAX yang telah diuji sudah berfungsi dengan semestinya.

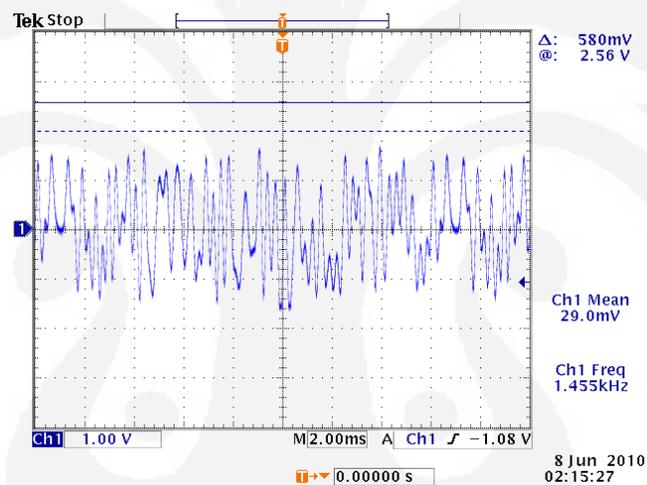
4.2 DSK TMS320C6713

Pada uji coba DSK TMS320C6713, pengujian dilakukan dengan menggunakan *storage oscilloscope*. Ujicoba yang dilakukan pada bagian ini adalah ujicoba dengan DSK dan output diambil dengan menggunakan alat yang bernama *storage oscilloscope* Tektronix TDS 3052B. dengan menggunakan alat tersebut, data output bias disimpan ke dalam disket dan hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan komputer.

Pengambilan data dengan menggunakan *storage oscilloscope* ini digunakan untuk mengambil data yang tidak berupa bit-bit tetapi berbentuk gelombang, pada ujicoba ini data yang diambil adalah sinyal asli yang dikirim (dalam hal ini *bernoulli binary generator*), sinyal yang diterima oleh *receiver* yang berasal dari transmitter OFDM dan sinyal akhir yang dikeluarkan dari *conveterbi decoder*. Bentuk gelombang-gelombang tersebut dapat dilihat dari Gambar di bawah ini.

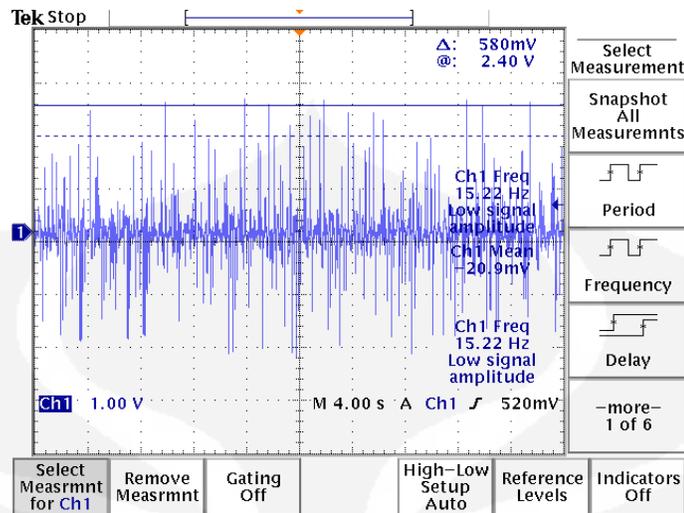


Gambar 4.7 Sinyal *output bernoulli binary generator*



Gambar 4.8 Sinyal *output viterbi decoder*

Dari Gambar *output Bernoulli* dan *viterbi* dapat kita lihat terjadinya pengulangan bentuk sinyal, selain itu terdapat kesamaan diantara kedua sinyal tersebut. Dengan demikian sinyal yang dikirimkan (sinyal asli) dapat diterima dengan baik.



Gambar 4.9 Sinyal OFDM DSK

Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa sinyal OFDM memiliki amplitudo dan sudut fasa yang berbeda-beda karena proses modulasi yang digunakan adalah modulasi QAM. Gambar 4.9 juga menunjukkan adanya *white noise* yang berpengaruh terhadap bentuk gelombang. Meskipun model rangkaian penerima tidak turut serta memperhitungkan *noise* yang terdapat pada kanal transmisi namun *noise* tetap ada dan berpengaruh.

Noise adalah sinyal yang tidak diinginkan dalam transmisi informasi. Sistem komunikasi yang baik memiliki nilai *noise* yang kecil. *White noise* adalah noise yang dihasilkan oleh pergerakan elektron secara random dalam media konduktif dan terdapat pada semua media transmisi dan peralatan komunikasi. Oleh sebab itu, *white noise* selalu menyertai sinyal informasi. Noise ini mempunyai distribusi energi yang seragam pada seluruh spektrum frekuensi.

White noise berbanding lurus dengan bandwidth dan suhu. Persamaan matematis *white noise* dapat dilihat pada persamaan 4.1.

$$P_n \text{ (watt)} = k T B \quad (4.1)$$

Dari persamaan 4.1 dapat dinyatakan bahwa semakin besar bandwidth makin semakin besar pula *white noise*. Noise yang besar akan menjadikan nilai *signal to noise ratio* (SNR) menjadi kecil. Nilai SNR bisa didapatkan dengan menggunakan persamaan 4.2.

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log (S/N) \quad (4.2)$$

Dari persamaan 4.2 didapatkan bahwa hubungan antara SNR dengan *noise* adalah berbanding terbalik. Semakin kecil nilai *noise* maka semakin besar nilai SNR. Suatu sistem komunikasi dinyatakan baik apabila memiliki nilai SNR yang tinggi sehingga agar sistem komunikasi berjalan baik maka nilai *noise* harus dibuat sekecil mungkin,.

BAB V KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem ini dapat disimpulkan :

1. Rancang bangun baseband WiMAX dapat dibangun dengan DSK TMS320C6713, dan telah berhasil diimplementasikan dan dapat bekerja sesuai tujuan.
2. Pada saat sinyal OFDM dikirim ke penerima terlihat adanya *noise* yang mempengaruhi bentuk gelombang. Namun hal ini tidak mempengaruhi kerja sistem, karena dapat dilihat bahwa sinyal yang diterima sama dengan sinyal yang dikirim.

DAFTAR ACUAN

- [1] Monang, Benny Sahat. (2008). *Rancang Bangun Pemancar Ofdm Dengan Menggunakan Dsk TMS320C6713 Berbantuan Matlab Simulink*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [2] p3m.amikom.ac.id/p3m/dasi/maret05/01%20-%20STMIK%20AMIKOM%20Yogyakarta%20Makalah%20ABAS%20_wor%20dwide%20interoperability_.pdf
- [3] IEEE, “802.16TM IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems”, IEEE Standards, 2004.
- [4] <http://mfadrah.wordpress.com/2008/11/28/ofdm-orthogonal-frequency-division-multiplexing/>
- [5] Prastomo, G., “Perancangan dan Simulasi Sistem Wireless COFDM pada Kanal Multipath Fading”, Tugas Akhir, STTTelkom, 2003.
- [6] Putra, Y., “Perancangan Model dan Simulasi Akses Wireless Pita Lebar dengan Standar IEEE 802,” Tugas Akhir, STTTelkom, 2005.
- [7] S. H. Muller and J. B. Huber, “OFDM with Reduced Peak-to-Average Power Ratio by Optimum Combination of Partial Transmit Sequences,” *Electronics Letters*, vol. 33, pp.368-369, February 1997.

DAFTAR PUSTAKA

- Diponegoro, Arman Djohan., Suryanegara, Muhammad, “Rancang Bangun Rangkaian OFDM dengan Menggunakan DSK TMS320C6713 Berbasis Simulink”
- Ifeachor. Emmanuel C., Barrie W. Jervis, “*Digital Signal Processing*”, 2nd ed (New Jersey: Prentice Hall, 2001)
- Jabbar, Mohammad Abdul. (2007) “Perancangan Rangkaian *Convolutional Encoder* Dan *Viterbi Decoder* Menggunakan Simulink. Skripsi”. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Monang, Benny Sahat. (2008). “Rancang Bangun Pemancar OFDM Dengan Menggunakan DSK TMS320C6713 Berbantuan Matlab Simulink”. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Situmorang, Pontas Poncius. (2008). “Rancang Bangun Rangkain Penerima OFDM Dengan Menggunakan DSK TMS320C6713 Berbasis Simulink”. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia