

SKRIPSI
TEKNIK EKUALISASI ZERO FORCING PADA SISTEM
MULTI CARRIER FBMC-OQAM MENGGUNAKAN KANAL
V2V DENGAN SCATTERER BERGERAK

ZERO FORCING EQUALIZATION TECHNIQUES IN FBMC-
OQAM MULTI CARRIER SYSTEM USING V2V CHANNEL
WITH MOVING SCATTERERS



Disusun Oleh:

ARIF RAMADHA
20101202

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO

2023

SKRIPSI

**TEKNIK EKUALISASI ZERO FORCING PADA SISTEM
MULTI CARRIER FBMC-OQAM MENGGUNAKAN KANAL
V2V DENGAN SCATTERER BERGERAK**

**ZERO FORCING EQUALIZATION TECHNIQUES IN FBMC-
OQAM MULTI CARRIER SYSTEM USING V2V CHANNEL
WITH MOVING SCATTERERS**



Disusun Oleh:

**ARIF RAMADHA
20101202**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2023

HALAMAN JUDUL
TEKNIK EKUALISASI ZERO FORCING PADA SISTEM
MULTI CARRIER FBMC-OQAM MENGGUNAKAN KANAL
V2V DENGAN SCATTERER BERGERAK

ZERO FORCING EQUALIZATION TECHNIQUES IN FBMC-
OQAM MULTI CARRIER SYSTEM USING V2V CHANNEL
WITH MOVING SCATTERERS

Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2023

Disusun oleh:

ARIF RAMADHA
20101202

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Wahyu Pamungkas, S.T., M.T.
Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO

2023

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**TEKNIK EKUALISASI ZERO FORCING PADA SISTEM
MULTI CARRIER FBMC-OQAM MENGGUNAKAN KANAL
V2V DENGAN SCATTERER BERGERAK**

***ZERO FORCING EQUALIZATION TECHNIQUES IN FBMC-
OQAM MULTI CARRIER SYSTEM USING V2V CHANNEL
WITH MOVING SCATTERERS***

Disusun oleh:
ARIF RAMADHA
20101202

Telah dipertanggung jawabkan di hadapan Tim penguji pada tanggal
10 Agustus 2023

Susunan Tim

Pembimbing Utama : Dr. Wahyu Pamungkas, S.T., M.T
NIDN.0606037801

Pembimbing Pendamping : Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. ()
NIDN.0604097801

Penguji 1 : Solichah Larasati, S.T., M.T
NIDN.0617069301

Penguji 2 : Khoirun Ni'amah, S.T., M.T
NIDN.0619129301

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Prasetyo Yulianto, S.T., M.T
NIDN. 0610079201

:

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **ARIF RAMADHA**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“TEKNIK EKUALISASI *ZERO FORCING* PADA SISTEM *MULTI CARRIER* FBMC-OQAM MENGGUNAKAN KANAL V2V DENGAN *SCATTERER BERGERAK*“** adalah benar-benar_karya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung resiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 24 Juli 2023

Yang Menyatakan



(Arif Ramadha)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	4
1.3 BATASAN MASALAH	4
1.4 TUJUAN	4
1.5 MANFAAT	5
1.6 SISTEM PENULISAN.....	5
BAB 2	7
DASAR TEORI	7
2.1 KAJIAN PUSTAKA	7
2.2 DASAR TEORI.....	8
2.2.1 Sistem Komunikasi <i>Vehicle to Vehicle</i>	8
2.2.2 Modulasi Digital.....	9
2.2.3 Modulasi QAM.....	10
2.2.4 Modulasi <i>Offset</i> QAM	13
2.2.5 <i>Filter Bank Multi Carrier (FBMC)</i>	14
2.2.6 Pemodelan Kanal dengan menggunakan V2V	22
2.2.7 Efek <i>Doppler</i>	24
2.2.8 Ekualisasi Linier.....	26
2.2.8.1 Ekualisasi <i>Zero Forcing</i>	28
2.2.9 <i>Bit Error Rate (BER)</i>	31

BAB 3	33
METODE PENELITIAN	33
3.1 ALAT YANG DIGUNAKAN	33
3.2 ALUR PENELITIAN	33
3.3 PARAMETER SIMULASI.....	35
3.4 PEMODELAN SISTEM	35
3.4.1 Data <i>Input</i>	36
3.4.2 <i>Encoder</i>	37
3.4.3 <i>Symbol Mapping</i> 16 QAM	38
3.4.4 <i>Pre-Processing</i> OQAM.....	39
3.4.5 <i>Syntesis Bank Filter</i>	40
3.4.7 Kanal V2V	41
3.4.3 Blok <i>Receiver</i>	42
3.4.3.1 <i>Zero Forcing</i>	42
3.4.3.2 Serial to Paralel (S/P)	42
3.4.3.3 <i>Analysis Bank Filter</i>	42
3.4.3.4 <i>Post Processing</i> OQAM.....	43
3.4.3.5 <i>Symbol Demapping</i>	43
3.4.3.6 Data <i>Output</i>	44
BAB 4	46
HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Alur Simulasi.....	46
4.2 Validasi Kanal V2V	46
4.2.1 Validasi Distribusi Normal.....	48
4.2.2 Validasi Fungsi Autokorelasi	49
4.3 Simulasi Kanal V2V Dengan <i>Multi Carrier</i> FBMC-OQAM.....	51
4.4 Validasi Integrasi Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM	51
4.4.1 Integrasi Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM Tanpa Mitigasi	52
4.4.2 Integrasi Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM Dengan Mitigasi.....	56
4.5 Perbandingan FBMC-OQAM <i>Non ZF</i> DENGAN FBMC-OQAM ZF	59
4.5.1 Analisis Pengaruh kecepatan <i>scatterers</i>	61
4.5.2 Analisa Pengaruh Jumlah <i>Scatterers</i> 16.....	68
BAB 5	76
PENUTUP	76

5.1 KESIMPULAN	76
5.2 SARAN	77
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komunikasi V2V dan V2I[15].....	9
Gambar 2.2 Diagram Konstelasi 4 QAM[17].....	11
Gambar 2.3 Diagram Konstelasi 16 QAM[17].....	11
Gambar 2.4 Diagram Konstelasi 64 QAM[17].....	12
Gambar 2. 5 Sinyal modulasi pada QAM dan OQAM[18]	13
Gambar 2.6 Basic Diagram <i>Filter Bank</i> [12].....	14
Gambar 2.7 Blok Diagram FBMC [11]	14
Gambar 2.8 Pengubah Data Seri ke Paralel	15
Gambar 2.9 Pengolahan OQAM Untuk Saluran ganjil dan genap	16
Gambar 2.10 Proses <i>Syntesis Bank Filter</i> [10].....	17
Gambar 2.11 Konfigurasi pada <i>Syntesis Bank Filter</i> [10]	17
Gambar 2.12 Pengubahan Data Paralel ke Serial.....	18
Gambar 2.13 Pengubah data paralel ke seri	18
Gambar 2.14 Proses <i>Analysis Bank Filter</i> [10].....	19
Gambar 2.15 Konfigurasi pada <i>Analysis Bank Filter</i> [10].....	19
Gambar 2.16 Pasca Pengolahan OQAM[10]	20
Gambar 2. 17 Pengubah data paralel menjadi serial.....	21
Gambar 2.18 Skenario Propagasi Kanal V2V [7].....	22
Gambar 2.19 <i>Doppler Shift</i> [4].....	25
Gambar 2.20 <i>Doppler Spread</i> [4].....	26
Gambar 2.21 Model Saluran Waktu Kontinu Dengan Ekualiser Linier Spasi Simbol.....	28
Gambar 2.22 Model Saluran Waktu Kontinu Dengan Ekualiser Linier Berspasi Fraksional.....	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Rancangan Simulasi	34
Gambar 3.2 Pemodelan Sistem	35
Gambar 3.3 Data <i>Input</i>	36
Gambar 3.4 Data <i>Input Biner</i>	37
Gambar 3.5 Seri ke Paralel.....	38
Gambar 3.6 <i>Symbol Mapping</i> 16 QAM	39
Gambar 3.7 Hasil Pra Pengolahan 16 QAM.....	40

Gambar 3.8 Hasil <i>Syntesis Bank Filter</i>	40
Gambar 3.9 Hasil keluaran Paralel to Serial	41
Gambar 3.10 Hasil Perkalian Kanal dan <i>Multicarier</i>	41
Gambar 3.11 Keluaran <i>Zero Forcing</i>	42
Gambar 3.12 Nilai keluaran dari serial to paralel	42
Gambar 3.13 Hasil <i>Output Analisis Bank Filter</i>	43
Gambar 3.14 Hasil <i>OQAM Post Processing</i>	43
Gambar 3.15 Hasil <i>Output</i> keluaran <i>QAM Demapping</i>	44
Gambar 3.16 <i>Data Output</i>	45
Gambar 4.1 <i>Channel Gain</i> ($\mu(t)$) V2V pada kecepatan (a) 10 m/s, (b) 50 m/s, (c) 100 m/s Dengan 8 <i>Scatterers</i>	47
Gambar 4.2 Distribusi Normal pada kecepatan (a) 10 m/s, (b) 50 m/s, dan (c) 100 m/s dengan 8 <i>scatterers</i>	48
Gambar 4.3 Hasil Grafik Fungsi Autokorelasi Pada Kecepatan (a) 10 m/s, (b) 50 m/s dan (c) 100 m/s Dengan 8 <i>Scatterers</i>	49
Gambar 4.4 Hasil Fungsi Autokorelasi Pada Kecepatan (a) 10 m/s, (b) 50 m/s. dan (c) 100 m/s Dengan 8 <i>Scatterers</i>	50
Gambar 4.5 Hasil Perkalian Matrik Antara Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM	51
Gambar 4.6 Perbandingan <i>Doppler Effect</i> pada 3 kecepatan.....	52
Gambar 4. 7 Perbandingan Nilai BER Teori Pada Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM Pada Semua Kecepatan Tanpa Mitigasi.....	53
Gambar 4.8 Perbandingan Nilai BER Teori Pada Kanal V2V Dengan FBMC-OQAM Pada Semua Kecepatan Dengan Mitigasi	56
Gambar 4.9 Perbandingan BER FBMC-OQAM Non ZF Dengan FBMC-OQAM ZF	59
Gambar 4.10 E_b/N_0 vs Jumlah <i>error</i> 3 kecepatan NZF dan ZF	63
Gambar 4.11 Perbandingan BER Non ZF dengan 3 Kecepatan	67
Gambar 4.12 Perbandingan BER ZF dengan 3 Kecepatan	67
Gambar 4.13 E_b/N_0 vs Jumlah <i>error</i> 3 kecepatan NZF dan ZF Scatter 8.....	68
Gambar 4.14 Perbandingan BER Non ZF <i>Scatterers</i> 16 dengan tiga kecepatan..	72
Gambar 4.15 Perbandingan BER ZF <i>Scatterers</i> 16 dengan tiga kecepatan.....	72

Gambar 4.16 Eb/No vs Jumlah <i>error</i> 3 kecepatan NZF dan ZF	73
Gambar 4.17 Eb/No vs Persentase Penurunan BER di ketiga kecepatan	74
Gambar 4.18 Eb/No vs Persentase Penurunan Dari <i>Error</i> NZF dan ZF	74
Gambar 4.19 Eb/No vs Persentase Perbedaan nilai <i>error</i> NZF dan ZF	75

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai BER Pada Semua Kecepatan Tanpa Mitigasi	54
Tabel 4.2 Jumlah Error terhadap Eb/No Tanpa Mitigasi	54
Tabel 4.3 Nilai BER Pada Semua Kecepatan Dengan Mitigasi.....	57
Tabel 4. 4 Jumlah <i>Bit Error</i> Terhadap Eb/No Dengan Mitigasi	58
Tabel 4.5 Perbandingan BER FBMC-OQAM NZF VS FBMC-OQAM ZF	60
Tabel 4.6 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 10 m/s	61
Tabel 4.7 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 50 m/s	62
Tabel 4.8 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 100 m/s	63
Tabel 4.9 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 5 m/s	64
Tabel 4.10 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 10 m/s	65
Tabel 4.11 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 8 dengan kecepatan 15 m/s	66
Tabel 4.12 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 16 dengan kecepatan 10 m/s	69
Tabel 4.13 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatterers</i> 16 dengan kecepatan 50 m/s	70
Tabel 4.14 Nilai BER dan Jumlah <i>Error Scatter</i> 16 dengan kecepatan 100 m/s	71