

PENGARUH *FREQUENCY SELECTIVITY* PADA *ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING (OFDM)*

Fahima Ulfi Tazkia NIM 0810633049

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : fahimaulfi@gmail.com

Pembimbing

1) Ir. Endah Budi P, MT., 2) Ali Mustofa, ST., MT

Abstrak - *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* adalah suatu nama khusus dari *multicarrier*, dimana suatu aliran data berkecepatan tinggi ditransmisikan melalui sejumlah *subcarrier* berkecepatan rendah. Prinsip dasar dari sistem OFDM adalah membagi *bandwidth* yang ada pada beberapa *subcarrier* yang kemudian dimodulasikan dan ditransmisikan menjadi aliran data paralel dengan kecepatan data yang rendah. Pemakaian *subcarrier* yang saling *orthogonal* pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Selektifitas frekuensi adalah kemampuan penerima untuk membedakan sumber-sumber sinyal yang dirancang untuk beroperasi pada frekuensi yang berbeda dan dalam rentang panjang gelombang tertentu. Sistem OFDM memiliki sensitifitas pada kesalahan frekuensi yang diakibatkan oleh perbedaan frekuensi yang diterima dengan osilator lokal pada penerima. Analisis yang dilakukan adalah seberapa besar pengaruh interferensi yang diakibatkan adanya selektifitas frekuensi terhadap kinerja *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* pada kapasitas kanal dan *Signal to Noise Ratio (SNR)*. Dari hasil perhitungan didapatkan semakin besar interferensi yang terjadi pada proses pentransmisian akan menghasilkan performansi sistem semakin lemah.

Kata Kunci : selektifitas frekuensi, interferensi, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*

I. PENDAHULUAN

Era globalisasi membawa pengaruh yang besar terhadap teknologi telekomunikasi. Pengaruh itu menuntut layanan telekomunikasi untuk memenuhi permintaan yang sangat besar dengan membangun suatu sistem komunikasi nirkabel agar mampu memenuhi keinginan para pengguna dalam memperoleh layanan yang semakin bervariasi dan memiliki kecepatan data yang tinggi. Pada sistem komunikasi nirkabel, perambatan sinyal antara pemancar dan penerima melewati berbagai lintasan yang berbeda. Dengan adanya lintasan yang berbeda-beda serta terkadang juga kondisi lingkungan yang selalu berubah mengakibatkan sinyal pada sisi penerima mengalami penghamburan, pelemahan, perusakan, waktu tunda, dan pergeseran fasa yang berbeda pula sehingga timbul gejala interferensi. Sehingga dibutuhkan suatu teknik yang dapat mengurangi efek tersebut dan meningkatkan

kualitas sistem. Salah satu teknik tersebut adalah *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Pada prinsipnya OFDM membagi data serial berkecepatan tinggi dengan membagi *carrier* menjadi *subcarrier* yang bersifat tegak lurus untuk memperoleh sinyal paralel dengan data jalur yang rendah. Dalam *downlink*, OFDM dipilih untuk memenuhi persyaratan kinerja *Long Term Evolution (LTE)*. Dengan OFDM dapat menghasilkan selektifitas frekuensi saluran lintas jamak dengan membagi data berkecepatan tinggi dengan membagi *carrier* menjadi beberapa *subcarrier* yang bersifat ortogonal dengan kecepatan bit lebih rendah [1]. Selektifitas frekuensi adalah kemampuan penerima untuk membedakan sumber-sumber sinyal yang dirancang untuk beroperasi pada frekuensi yang berbeda dan dalam rentang panjang gelombang tertentu. Sistem OFDM memiliki sensitifitas pada kesalahan frekuensi yang diakibatkan oleh perbedaan frekuensi yang diterima dengan osilator lokal pada penerima. Perbedaan ini diakibatkan oleh adanya interferensi dimana sinyal pengganggu yang tidak diinginkan frekuensinya berdekatan atau sama dengan akibat efek pergerakan dan pengaruh ICI antar *subcarrier*. [2]

Penulisan skripsi ini membahas tentang pengaruh dari selektivitas frekuensi *F frequency selectivity* terhadap performansi kapasitas kanal dan *Signal-to-Noise Ratio (SNR)* jika diterapkan dengan modulasi 64-QAM pada multipleksing OFDM untuk mengetahui pengaruh selektivitas frekuensi yang menimbulkan terjadinya interferensi jika diterapkan pada OFDM menggunakan modulasi 64-QAM.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*

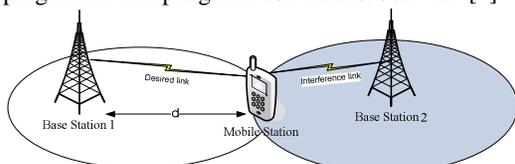
Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) adalah suatu nama khusus dari *multicarrier*, dimana suatu aliran data berkecepatan tinggi ditransmisikan melalui sejumlah *subcarrier* berkecepatan rendah. Dengan demikian, OFDM dapat dipandang sebagai suatu

teknik modulasi maupun teknik *multiplexing*. Alasan pemikiran OFDM sebagai suatu teknik transmisi sinyal adalah untuk meningkatkan ketahanan sinyal terhadap *frequency selective fading* dan *interferensi narrowband*. Prinsip dasar dari sistem OFDM adalah membagi *bandwidth* yang ada pada beberapa *subcarrier* yang kemudian dimodulasikan dan ditransmisikan menjadi aliran data paralel dengan kecepatan data yang rendah.[6] Dalam pentransmisian masing-masing *subcarrier* dijaga agar saling tegak lurus sama dengan lainnya. Pemakaian *subcarrier* yang saling *orthogonal* pada OFDM memungkinkan *overlap* antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Teknologi OFDM menggunakan sinyal *orthogonal*, dimana awal spectrum frekuensi berada tepat di spektrum sebelumnya, sehingga *overlapping* dari frekuensi *carrier* tidak akan mempengaruhi sinyal. Dengan demikian akan hilang adanya *guard band*, sehingga penggunaan *bandwidth* lebih efisien[5][7]. Sinyal dikatakan *orthogonal* jika sinyal-sinyal tersebut saling bebas satu sama lain (*mutually independent*). Orthogonalitas merupakan suatu sifat yang mengijinkan pentransmisian sinyal informasi jamak dengan sempurna melalui kanal tanpa terjadinya interferensi.[3]

B. Selektifitas Frekuensi

Selektifitas merupakan kemampuan penerima untuk membedakan antara sinyal yang diinginkan dan osilasi elektromagnetik yang tersebar dari berbagai macam faktor yang mengganggu penerimaan sinyal dan menolak sinyal-sinyal yang tidak diinginkan. Sinyal yang diinginkan dipilih berdasarkan beberapa karakteristik yang dimiliki, seperti selektifitas frekuensi, selektifitas amplitud, selektifitas fasa, dan selektifitas perbedaan waktu.

Selektifitas frekuensi adalah selektifitas yang banyak ditemui karena sumber-sumber sinyal dirancang untuk beroperasi pada frekuensi yang berbeda dan dalam rentang panjang gelombang tertentu. Sistem OFDM memiliki sensitifitas pada error frekuensi yang diakibatkan oleh perbedaan frekuensi yang diterima dengan *oscillator* lokal pada penerima. Perbedaan ini diakibatkan oleh adanya interferensi dimana sinyal pengganggu yang tidak diinginkan dimana frekuensinya berdekatan atau sama dengan akibat efek pergerakan dan pengaruh ICI antar *subcarrier*. [4]



Gambar 1. Ilustrasi *inter cell*-interferensi pada user (Farooq Khan, 2009)

Mobile Station merupakan pengguna pada tepi sel *Base Station 1* yang mengalami interferensi dari *Base Station 2*. Pada saat sinyal informasi dikirimkan dari BS1 menuju MS maka menimbulkan suatu kondisi jaringan yang diinginkan. Sedangkan jika sinyal informasi yang dikirimkan melalui BS2 menuju MS maka menimbulkan kondisi jaringan yang mengganggu. Pengguna di tepi sel *Base Station 1* memiliki nilai *f* sebagai nilai penginterferensi yang besar karena mudah mengalami interferensi dari sel lainnya yaitu dari *Base Station 2*. Oleh karena itu, pengguna lebih dekat ke sel dengan nilai *f* rendah diharapkan dapat memberikan manfaat lebih dari pengguna di tepi sel pada OFDM. Kinerja pengguna di tepi sel umumnya didominasi oleh gangguan dari sel lainnya daripada gangguan *multi-path*. [4]

C. Kinerja *frequency selectivity* pada OFDM

- **Kapasitas Kanal**
Kapasitas kanal sistem merupakan sejumlah data yang dapat ditransmisikan dalam satu detik dengan pengaruh frekuensi yang dinyatakan dalam satuan bits per second per Hz (b/s/Hz). Persamaan (1) dan (2) [6]

$$C_{\text{OFDM}}^{\text{FSI}} = \left(1 - \frac{\Delta}{T_s}\right) \cdot \frac{1}{N_{\text{sc}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{sc}}} \log_2 \left(1 + \frac{|H_c(i)|^2 \rho_{\text{sc}}}{f \times |H_{\text{int}}(i)|^2 \times \rho_{\text{sc}} + 1}\right) \quad (1)$$

$$C_{\text{OFDM}}^{\text{AWGN}} = \left(1 - \frac{\Delta}{T_s}\right) \log_2 \left(1 + \frac{1}{f \times \frac{1}{\rho_{\text{sc}}}}\right) \quad (2)$$

Dengan,

- ρ_{sc} : *Signal to Noise Ratio* yang terinterferensi (dB)
- N_{sc} : jumlah *subcarrier*
- C : kapasitas kanal (b/s/Hz)
- Δ : durasi *cyclic prefix* (s)
- T_s : durasi simbol (s)
- H_c : Gain yang menguntungkan
- H_{int} : Gain yang mengganggu
- F : penginterferensi

- ***Signal to Noise Ratio* (SNR)**
Signal to Noise Ratio (SNR) adalah suatu parameter yang menyatakan kekuatan sinyal diterima dinyatakan dengan perbandingan sinyal yang diterima dengan deru (noise) dari penerima.

Untuk mendapatkan SNR maka

$$SNR = 2^{C_{OFDM}} - 1 \quad (3)$$

Dengan,

SNR : *Signal to Noise Ratio* (dB)

C_{ofdm} : kapasitas kanal OFDM (b/s/Hz)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan kajian yang bersifat analisis, yaitu tentang pengaruh *frequency selectivity* pada *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Susunan langkah yang akan dilakukan untuk mendapatkan solusi dari permasalahan dalam penelitian ini yaitu pengambilan data, pengolahan data, pembahasan dan hasil, serta pengambilan kesimpulan dan saran.



Gambar 2. Diagram alir pengolahan data penelitian (Sumber Perencanaan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini akan dibahas mengenai analisis hasil perhitungan pengaruh selektivitas frekuensi terhadap kinerja *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada kanal *downlink*. Analisis yang akan dilakukan meliputi parameter kapasitas kanal dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Teknik modulasi yang digunakan adalah 64-QAM dengan kanal *noise* AWGN dan *Rayleigh Fading*.

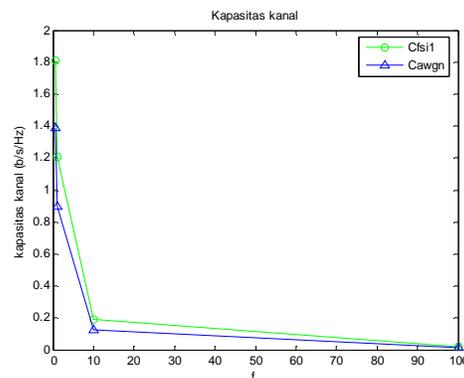
Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis matematis, yaitu dilakukan dengan mengumpulkan nilai-nilai parameter yang berupa data sekunder serta melakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan dalam tinjauan pustaka. Perhitungan dilakukan dengan program Matlab 7.0. Hasil perhitungan pada sistem dengan *Frequency Selective Interference* (FSI) pada kanal *Rayleigh Fading* dan pada kanal AWGN terhadap perubahan nilai kapasitas kanal dan SNR merupakan hasil yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini.

Data sekunder yang digunakan dalam pembahasan dari rumusan masalah berupa spesifikasi sistem dengan penggunaan skema OFDM meliputi sebagai berikut :

Tabel 1. Parameter sistem

Bandwidth	10 MHz
Teknik modulasi	64-QAM
Jumlah N_{FFT}	600
Durasi <i>cyclic prefix</i>	0,0651
penginterferensi f	0,5 ; 1 ; 10 ; 100
ρ_{sc}	0 ; 4 ; 8 ; 12 ; 16 ; 20
Kanal <i>noise</i>	Rayleigh (FSI) dan AWGN

A. Analisis Pengaruh Variasi Penginterferensi Terhadap Kapasitas Kanal pada OFDM

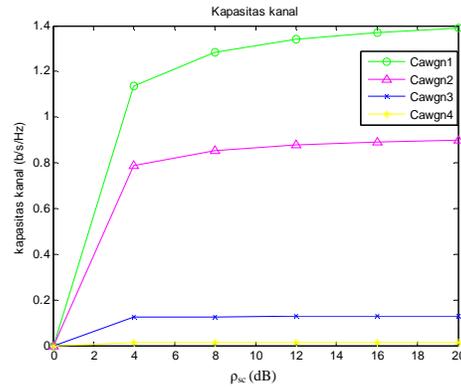


Gambar 3. Grafik Kapasitas Kanal Dengan Variasi Penginterferensi

Tabel 2. Hasil Analisis Kapasitas Kanal Dengan Variasi Penginterferensi

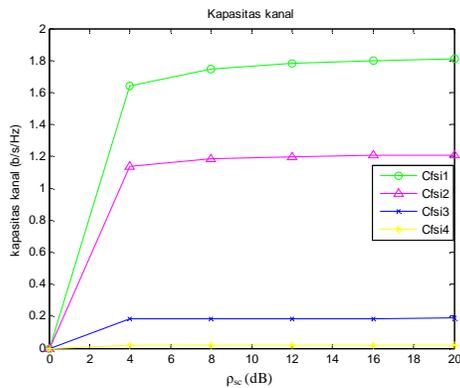
f	Interferensi Selektif Frekuensi (b/s/Hz)	AWGN (b/s/Hz)
0,5	1,8119	1,3907
1	1,2101	0,89802
10	0,18716	0,12732
100	0,019979	0,013349

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar nilai penginterferensi f maka semakin kecil nilai kapasitas kanal yang dihasilkan pada setiap kanal yang berbeda pada *Frequency Selective Interference* dan AWGN.



Gambar 5. Grafik Kapasitas Kanal Dengan Variasi ρ_{sc} pada AWGN

B. Analisis Pengaruh Variasi ρ_{sc} Terhadap Kapasitas Kanal pada OFDM



Gambar 4. Grafik Kapasitas Kanal Dengan Variasi ρ_{sc} pada *Frequency Selective Interference*

Tabel 4. Hasil Analisis Kapasitas Kanal Dengan Variasi ρ_{sc} pada AWGN

ρ_{sc}	f = 0,5	f = 1	f = 10	f = 100
0	0	0	0	0
4	1,2224	0,848	0,1343	0,01432
8	1,3785	0,91754	0,13588	0,014337
12	1,4406	0,94342	0,13642	0,014343
16	1,4739	0,95693	0,13669	0,014346
20	1,4948	0,96523	0,13685	0,014348

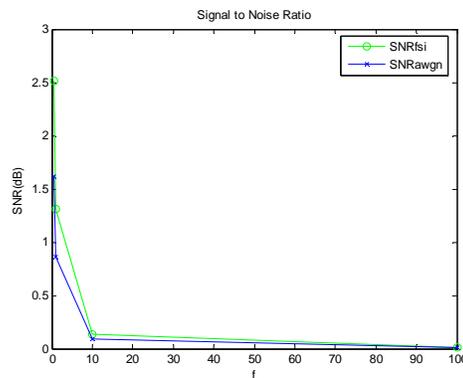
Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar nilai ρ_{sc} maka semakin baik nilai kapasitas kanal yang dihasilkan. Nilai yang terbesar yaitu $C_{ofdm} = 1,4948$ pada penginterferensi $f = 0,5$

Tabel 3. Hasil Analisis Kapasitas Kanal Dengan Variasi ρ_{sc} pada *Frequency Selective Interference*

ρ_{sc}	f = 0,5	f = 1	f = 10	f = 100
0	0	0	0	0
4	1,6426	1,1373	0,18543	0,019959
8	1,7439	1,1816	0,18651	0,019972
12	1,781	1,1973	0,18687	0,019976
16	1,8002	1,2052	0,18705	0,019978
20	1,8119	1,2101	0,18716	0,019979

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin besar nilai ρ_{sc} maka semakin baik nilai kapasitas kanal yang dihasilkan. Nilai yang terbesar yaitu $C_{ofdm} = 1,8119$ pada penginterferensi $f = 0,5$

C. Analisis Pengaruh Variasi Penginterferensi Terhadap SNR pada OFDM



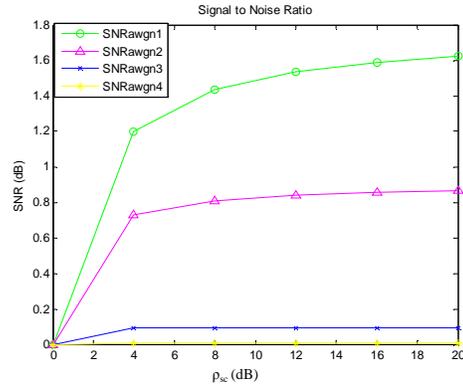
Gambar 6. Grafik SNR Dengan Variasi Penginterferensi

dihasilkan. Nilai yang terbesar yaitu $SNR_{ofdm} = 2,5111$ pada penginterferensi $f = 0,5$

Tabel 5. Hasil Analisis SNR Dengan Variasi Penginterferensi

f	Interferensi Selektif Frekuensi (Db)	AWGN (Db)
0,5	2,5111	1,622
1	1,3135	0,86351
10	0,13852	0,092264
100	0,013945	0,0092958

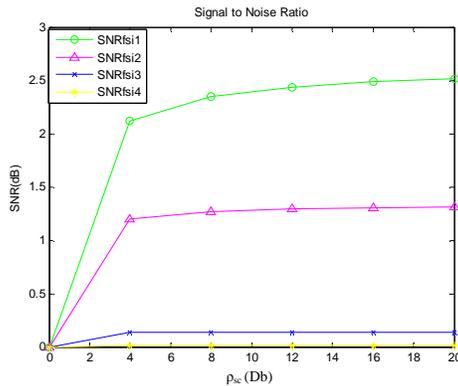
Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai penginterferensi f maka semakin kecil nilai SNR yang dihasilkan pada setiap kanal yang berbeda pada *Frequency Selective Interference* dan AWGN.



Gambar 8. Grafik SNR Dengan Variasi ρ_{sc} pada AWGN

D. Analisis Pengaruh Variasi ρ_{sc} Terhadap SNR pada OFDM

Tabel 7. Hasil Analisis SNR Dengan Variasi ρ_{sc} pada AWGN



Gambar 7. Grafik SNR Dengan Variasi ρ_{sc} pada *Frequency Selective Interference*

ρ_{sc}	f = 0,5	f = 1	f = 10	f = 100
0	0	0	0	0
4	1,3333	0,8	0.097561	0.0099751
8	1,6	0,88889	0.098765	0.0099875
12	1,7143	0,92308	0.099174	0.0099917
16	1,7778	0,94118	0.099379	0.0099938
20	1,8182	0,95238	0.099502	0.009995

Pada Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar nilai ρ_{sc} maka semakin baik nilai kapasitas kanal yang dihasilkan. Nilai yang terbesar yaitu $SNR_{ofdm} = 1,622$ pada penginterferensi $f = 0,5$

Tabel 6. Hasil Analisis SNR Dengan Variasi ρ_{sc} pada *Frequency Selective Interference*

ρ_{sc}	f = 0,5	f = 1	f = 10	f = 100
0	0	0	0	0
4	2,1223	1,1996	0,13716	0,013931
8	2,3495	1,2684	0,138	0,01394
12	2,4366	1,2931	0,13829	0,013942
16	2,4826	1,3058	0,13843	0,013944
20	2,5111	1,3135	0,13852	0,013945

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar nilai ρ_{sc} maka semakin baik nilai SNR yang

V. PENUTUP

▪ **Kesimpulan**

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *frequency selectivity* mengakibatkan timbulnya interferensi. Interferensi pada skripsi ini terjadi di tepi sel pengguna yang mendapat gangguan dari sinyal sel lainnya sehingga performansi kapasitas kanal dan SNR dengan pengaruh *frequency selectivity* semakin besar penginterferensi maka semakin kecil nilai kapasitas kanal dan SNR yang didapat.

▪ **Saran**

Skripsi ini dapat dikembangkan dengan membahas

1. Skripsi ini dapat dikembangkan dengan menganalisis parameter performansi lainnya selain kapasitas kanal dan SNR untuk kondisi FSI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Di Zhang. 2004. *Performance Analysis and Comparison of OFDM Based Packet Transmission System with QAM Modulation*. School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology. Sweden
- [2] Fatonah, Hanum dan Heri Irawan. 2012. *Sistem Komunikasi Radio Pengukuran Selektivitas Kanal Tetangga radio VHF FM Transceiver*. Program Studi Teknik Telekomunikasi jurusan Teknik Elektropoliteknik Negeri Bandung.
- [3] Hara, Shisuke and Ramjee Prasaad. 2003. *Multicarrier Technique for 4G Mobile Communications*. London : Artech House.
- [4] Khan, Farooq. 2009. *LTE for 4G Mobile Broadband*. New York : Cambridge University Press
- [5] Prasad, Ramjee. (2004). *OFDM for wireless communications systems*. London : Artech House.
- [6] Shaikh, Zohaib , Waseem Mahar, Ahad Jan Pathan. 2011. *Comparison of OFDM, SC-FDMA and MC-CDMA as Access Techniques for Mobile Communication*. Pakistan
- [7] Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Bakker. 2009. *LTE – The UMTS Long Evolution (From Theory to Practice)*. UK: British