

ANALISIS DAN SIMULASI PENGALOKASIAN SUMBER DAYA RADIO PADA MIMO-OFDMA DENGAN ALGORITM GREEDY BERDASARKAN SPECTRAL EFFICIENCY DAN PROPORTIONAL FAIRNESS

Amir Miftahudin¹, Arfianto Fahmi², Nur Andini ..³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

MIMO-OFDMA (Multiple Input Multiple Output - Orthogonal Frequency Division Multiple Access) sebagai teknik dengan kecepatan data rate tinggi yang memiliki ketahanan tinggi terhadap fading dan interferensi. MIMO merupakan suatu metode yang menggunakan multi antena di sisi pengirim maupun di penerima sehingga dapat meningkatkan kapasitas kanal. Sedangkan OFDMA merupakan teknik multiple access yang menggunakan OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) sebagai teknik modulasi. Di masa depan, jumlah user akan bertambah sehingga kebutuhan akan kapasitas akan meningkat pesat. Selain itu, kapasitas yang dihasilkan MIMO-OFDMA berpasangan harus di berikan kepada setiap user secara adil. Munculnya kebutuhan akan peningkatan kapasitas dan keadilan mengharuskan adanya strategi pengalokasian subcarrier sehingga tercipta alokasi subcarrier pada MIMO-OFDMA yang efisien.

Algoritma Greedy menjadi salah satu solusi untuk mengalokasikan subcarrier secara efisien demi tercapainya kebutuhan kapasitas dan fairness kepada setiap user. Pada tugas akhir ini dilakukan simulasi pengalokasian subcarrier dengan GBS 1 (Greedy Base Spectral 1), GBS 2 (Greedy Base Spectral 2), PF 1 (Proportional Fairness 1), dan PF 2 (Proportional Fairness 2) yang merupakan bentuk modifikasi algoritma Greedy dalam penerapannya pada pengalokasian subcarrier berdasarkan spectral efficiency dan proportional fairness.

Hasil simulasi pada tugas akhir ini menunjukkan bahwa pengalokasian subcarrier menggunakan GBS 2 dengan ratio 1/4 mengalami penurunan spectral efficiency rata-rata sebesar 0,49 bps/Hz dibandingkan GBS 1 yang menghasilkan spectral efficiency rata-rata sebesar 6,4 bps/Hz, tetapi penggunaan GBS 2 ratio 1/4 meningkatkan nilai index fairness rata-rata sebesar 0,0822 dari GBS 1 yang memiliki index fairness rata-rata sebesar 0,931, sedangkan penerapan PF 2 meningkatkan spectral efficiency rata-rata sebesar 0,28 bps/Hz dari PF 1 yang menghasilkan spectral efficiency rata-rata sebesar 5,9 bps/Hz, tetapi menurunkan nilai index fairness rata-rata sebesar 0,027 dari PF 1 yang menghasilkan index fairness sebesar 0,999.

Kata Kunci : OFDMA, MIMO, MIMO-OFDMA, alokasi sumber daya radio, algoritma Greedy, spectral efficiency, proportional fairness

Telkom
University

Abstract

MIMO - OFDMA (Multiple Input Multiple Output - Orthogonal Frequency Division Multiple Access) as a technique with high- speed data-rate which has high resistance to fading and interference . MIMO is a method that uses multiple antennas at the transmitter and at the receiver so that it can increase the channel capacity . While OFDMA is a multiple access technique that uses OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) as a modulation technique . In the future , the number of users will increase so that the need for capacity will increase rapidly . In addition, the existing capacity in subcarrier must be provided to each user equally . The emergence of the need for increased capacity and fairness require subcarrier allocation strategy in order to create an efficient subcarrier allocation .

Greedy algorithm is a solution for efficiently allocating subcarriers to achieve capacity requirements and fairness to each user. In this final simulation subcarrier allocation with GBS 1(Greedy Base Spectral 1), GBS 2(Greedy Base Spectral 2), PF 1(Proportional Fairness 1), and PF 2(Proportional Fairness 2) which is a modified form of the Greedy algorithm in its application to the subcarrier allocation is based on spectral efficiency and proportional fairness.

The simulation results in this paper indicate that the use of GBS 2 ratio 1/4 decreased spectral efficiency 0,49 bps / Hz compared GBS 1 which generates the spectral efficiency 6,4 bps/Hz, but the use of GBS 2 ratio 1/4 increases the value of fairnessindex 0,0822 of GBS 1 which has a fairnessindex 0,931. While the application of PF 2 increases the spectral efficiency 0,28 bps/Hz of PF 1 which generates the value 5,9 bps/Hz, but the lower the value of 0,027 fairness of PF 1 which produces fairnessindex 0,999.

Keywords : OFDMA, MIMO, MIMO-OFDMA, Radio Resource Allocation, Greedy algorithm, ProportionalFairness algorithm.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang kini berbasis multimedia terus berkembang. Komunikasi dapat dilakukan dalam bentuk audio maupun video. Komunikasi multimedia ini menjadi sebuah kebutuhan karena memudahkan orang untuk mendapat informasi dan memudahkan kegiatan mereka. Dengan adanya komunikasi yang semacam ini membuat orang membutuhkan kecepatan yang tinggi untuk mengaksesnya. Akhir-akhir ini mulai dikembangkan teknologi transmisi yang dapat menjadi solusi masalah tersebut yaitu teknik OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*). OFDMA merupakan teknik yang menggunakan *multicarrier*, dimana setiap *subcarrier* saling tegak lurus (*orthogonal*). *Subcarrier* yang saling tegak lurus memungkinkan adanya *overlapping* pada *subcarrier* sehingga pemakaian *bandwidth* pada kanal lebih efisien tanpa adanya *intersymbol interference* (ISI). Selain itu, dengan adanya pembagian *carrier* menjadi beberapa *subcarrier* mengakibatkan OFDMA lebih tahan terhadap *frequency selective fading*. Teknik OFDMA seringkali digabung dengan MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). MIMO yaitu salah satu bentuk dari *Smart Antenna* (SA) dimana digunakan lebih dari satu antena di sisi pengirim maupun penerima. Dengan digunakannya teknologi MIMO maka akan meningkatkan kapasitas sistem. Selain itu, digunakannya MIMO memungkinkan *transfer rate* yang tinggi karena *spatial multiplexing* dalam MIMO.

MIMO-OFDMA memiliki banyak kelebihan, tetapi dengan jumlah *user* yang sangat banyak membuat permasalahan mengenai sumber daya pada MIMO-OFDMA menjadi rumit terutama mengenai kapasitas dan *fairness*. Berapapun banyaknya jumlah *user*, kapasitas yang dihasilkan oleh MIMO-OFDMA seharusnya dibagikan secara adil kepada setiap *user*. Untuk mendapatkan kapasitas data sistem yang optimal dan keadilan atau *proportional fairness* untuk semua *user* dibutuhkan strategi pengalokasian sumber daya radio pada teknologi MIMO-OFDMA. Algoritma Greedy sebagai algoritma yang sangat populer dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut. Algoritma Greedy merupakan sebuah algoritma yang memecahkan permasalahan secara *step by step*. Dimana pada setiap *step* dicari nilai optimum lokal yang nantinya dari kumpulan optimum lokal dapat dicapai optimum global. Penerapan algoritma Greedy pada suatu permasalahan

dapat menjadi berbagai bentuk. Bentuk dari algoritma Greedy yang dibahas pada penelitian ini yaitu GBS 1 (*Greedy Base Spectral 1*), GBS 2 (*Greedy Base Spectral 2*), PF 1 (*Proportional Fairness 1*), dan PF 2 (*Proportional Fairness 2*). Masing-masing algoritma tersebut mengalokasikan *subcarrier* dengan cara yang berbeda dimana GBS 1 mengalokasikan *subcarrier* berdasarkan CNR maksimum pada setiap *user*, GBS 2 yang merupakan modifikasi GBS 1 mengalokasikan *subcarrier* berdasarkan CNR maksimum *user* dan *bit rate* minimum *user*, PF 1 mengalokasikan *subcarrier* berdasarkan *bit rate* tiap *user* yang telah dialokasikan sebelumnya, dan PF 2 yang merupakan modifikasi dari PF 1 mengalokasikan *subcarrier* berdasarkan jumlah *subcarrier* prioritas tiap *user*. Hasil penelitian algoritma Greedy oleh Liu Yi^[8] dan Bin Da^[1] menunjukkan peningkatan jumlah *user* akan mengakibatkan peningkatan nilai kapasitas dan pengurangan level *fairness* pada masing-masing *user*. Pada penelitian yang mereka lakukan, penerapan algoritma Greedy dilakukan untuk mencapai kapasitas yang optimal dengan memberikan prioritas secara *random* kepada setiap *user*.

Oleh karena itu dalam tugas akhir ini dibahas mengenai pengalokasian sumber daya radio pada MIMO-OFDMA menggunakan GBS 1, GBS 2, PF 1, dan PF 2 yang memperhatikan besarnya nilai *spectral efficiency* dan *proportional fairness*. Simulasi dilakukan pada kasus *single cell* dalam lingkungan urban yang memiliki lingkup area terjauh 1 km. Hasil yang diharapkan yaitu pengalokasian sumber daya pada MIMO-OFDMA yang efektif dengan kapasitas maksimum dan *proportional fairness*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perancangan terhadap skenario pengujian terhadap penerapan Greedy sebagai strategi pengalokasian berdasarkan *spectral efficiency* dan *proportional fairness*
2. Menganalisis kinerja yang ditunjukkan oleh penerapan algoritma Greedy berdasarkan *spectral efficiency*
3. Menganalisis kinerja yang ditunjukkan oleh penerapan algoritma Greedy berdasarkan berdasarkan *index fairness*
4. Menganalisis *time complexity* dari algoritma Greedy yang telah diterapkan dalam strategi pengalokasian

1.3 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini antara lain

1. Bagaimana melakukan simulasi terhadap penerapan algoritma Greedy yang sesuai dengan skema *spectral efficiency* maksimum
2. Bagaimana melakukan simulasi terhadap penerapan algoritma Greedy yang sesuai dengan skema *proportional fairness*
3. Bagaimana menganalisis performansi sistem MIMO-OFDMA menggunakan algoritma Greedy berdasarkan *spectral efficiency* dan *proportional fairness*
4. Bagaimana menganalisis performansi sistem MIMO-OFDMA menggunakan algoritma Greedy berdasarkan *time complexity*

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk tugas akhir adalah:

1. Parameter yang diukur untuk alokasi sumber daya radio pada segi *subcarrier* dengan menggunakan algoritma Greedy adalah *Channel Gain to Noise Ratio*
2. Perbandingan dilakukan dengan melihat parameter *index fairness*, *spectral efficiency*, dan *time complexity*
3. Menggunakan teorema Shannon untuk mengukur *spectral efficiency* pada skema algoritma
4. Menggunakan metode *The Big Oh* untuk menghitung *time complexity*
5. Menggunakan *bit rate* tiap *user* untuk menghitung *index fairness*
6. Pemodelan kanal yang digunakan adalah AWGN dan Rayleigh *fading*
7. *Channel State Information* (CSI) berupa kondisi kanal *user* dianggap sempurna
8. Interval jarak antara *user* dengan antena pemancar adalah 0-1 km(urban)
9. Analisis kerja sistem hanya dilakukan dalam kondisi sel tunggal
10. Jumlah sampel yang diambil sejumlah 100 sampel
11. Jumlah *user* yang digunakan yaitu 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 dan 18 *user*, serta *subcarrier* sebanyak 128 *subcarrier*
12. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2013a

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur dengan :

- a. Mempelajari melalui referensi mengenai pemodelan kanal serta pengaruhnya terhadap performansi kanal
- b. Mempelajari mengenai sistem MIMO, prinsip OFDM, dan prinsip OFDMA
- c. Mempelajari melalui referensi mengenai teknik alokasi sumber daya radio menggunakan algoritma Greedy dan *Proportional Fairness*
- d. Diskusi serta konsultasi dengan dosen dan mahasiswa

2. Perancangan Model dan Simulasi

Melakukan perancangan model MIMO-OFDMA, menentukan parameter dan melakukan simulasi dari model yang telah dirancang. Simulasi model dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2013a.

3. Analisis Hasil Simulasi

Melakukan analisis kinerja sistem berdasarkan jumlah *subcarrier* teralokasi setiap *user*, nilai *spectral efficiency*, dan *index fairness*.

4. Penarikan Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian serta memberikan saran untuk proses selanjutnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi, sistematika penulisan, dan rencana kerja.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini berisi teori yang mendukung dan mendasari penulisan tugas akhir ini, yaitu teori dasar tentang OFDMA, MIMO, algoritma Greedy, dan algoritma *Proportional Fairness*.

BAB III : SISTEM DAN SIMULASI

Pada bab ini berisi pemodelan simulasi MIMO-OFDMA. Selain itu, dijelaskan pula *flowchart* sistem, parameter yang digunakan, dan proses yang terjadi di tiap blok-blok simulasi.

BAB IV : ANALISIS DAN SIMULASI

Bab ini membahas mengenai analisis hasil pemodelan sistem dan simulasi yang dilakukan, berupa keberhasilan pemodelan sistem dan kemungkinannya untuk

diimplementasikan. Analisis kinerja sistem berdasarkan grafik *spectral efficiency* dan *index fairness*.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran, berdasarkan analisis jumlah *subcarrier* tiap *user*, *spectral efficiency* dan *index fairness* dari hasil simulasi.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Modifikasi GBS 1 menjadi GBS 2 (*ratio* 1/4) menurunkan nilai rata-rata *spectral efficiency* sistem MIMO-OFDMA sebesar 0,49 bps/Hz, tetapi meningkatkan nilai rata-rata *index fairness* sistem MIMO-OFDMA sebesar 0,0822. Hal ini dikarenakan pada GBS 2, terdapat pengalokasian *subcarrier* dengan memilih *user* yang memiliki *bit rate* terkecil sehingga pada beberapa *subcarrier* nilai CNR maksimal tidak teralokasikan, tetapi perbedaan nilai *bit rate* tiap *user* tidak terlalu jauh.
2. Hasil modifikasi PF 1 menjadi PF 2 menghasilkan nilai rata-rata *spectral efficiency* yang lebih tinggi 0,28 bps/Hz, tetapi menghasilkan nilai rata-rata *index fairness* yang lebih rendah 0,027 dari nilai *spectral efficiency* dan *index fairness* hasil penerapan PF 1. Hal ini dikarenakan, sebagian *subcarrier* pada skema PF 2 dialokasikan kepada *user* dengan CNR tertinggi, berbeda dengan PF 1 yang mengalokasikan semua *subcarrier* berdasarkan *user* dengan *bit rate* terkecil.
3. Sistem MIMO-OFDMA dengan menggunakan GBS 1 sebagai algoritma pengalokasian *subcarrier* menghasilkan nilai *spectral efficiency* paling tinggi dibandingkan dengan GBS 2, PF 1, dan PF 2. Hal ini dikarenakan pada GBS 1 pemilihan *subcarrier* dilakukan dengan hanya melihat *user* dengan nilai CNR terbesar pada *subcarrier* yang akan dialokasikan tanpa memperhatikan parameter lain.
4. Sistem MIMO-OFDMA dengan menggunakan PF 1 sebagai algoritma pengalokasian *subcarrier* menghasilkan nilai *index fairness* paling tinggi dibandingkan dengan GBS1, GBS 2, dan PF 2. Hal ini dikarenakan pada PF 1 alokasi *subcarrier* dilakukan dengan mengutamakan *user* dengan nilai *bit rate* paling kecil sehingga selisih *bit rate* dari setiap *user* akan terjaga pada setiap pengalokasian *subcarrier*.
5. Dengan menggunakan metode *The Big Oh*, *time complexity* GBS 1 merupakan yang paling singkat yaitu $O(N)$, sedangkan PF 1 dan PF 2 memiliki *time complexity* $O((N-K)K\log K)$, dan GBS 2 memiliki *time complexity* paling lama yaitu $O(NK\log K)$.

5.2 Saran

Beberapa saran dari penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan memperhatikan besar daya pada setiap *subcarrier*.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan dimensi antena MIMO yang lebih besar.
3. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jenis kanal lainnya dengan variasi perubahan lingkungan.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jumlah *subcarrier* yang bervariasi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bin Da dan Ko, C.C.. "Resource Allocation in Downlink MIMO-OFDMA with Proportional Fairness". IEEE Communications, Vol. 4, NO. 1, February 2009
- [2] Cho, Y.S., Kim, j., Yang, W.Y, dan Kang, C.G..2010." MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB". John Wiley & Sons. Singapore
- [3] Dahlman, Erik, Stefan Parkvall, Johan Skold. 2011. "4G LTE/ LTE-Advance for Mobile Broadband". Academic Press
- [4] Dikamba, Tshiteya. 2011. "Downlink Scheduling in 3GPP Long Term Evolution (LTE)". Delft: Delft University of Tecchnology
- [5] Ergen, Mustafa. "Mobile Broadband Including WiMAX and LTE".2009. Springer. United State of America
- [6] Han, C dkk. 2010. "Power Efficient Dynamic Resource Scheduling Algorithms for LTE". Journal Of IEEE 978-1-4244-3574-6/10
- [7] Hanzo, L., Akhtman, Y., Wang, L., dan Jiang, M...2011. "MIMO-OFDM for LTE, Wi-Fi, and WiMAX". John Wiley & Sons. United Kingdom.
- [8] LIU Yi dan Hai-lin, Z..2004." Power Allocation in MIMO-OFDM System". Republic of China
- [9] Munir, Rinaldi.2004. "Algoritma Greedy". Bahan Ajar Perkuliahan ALgoritma Institut Teknologi Bandung
- [10] Sesia, S., Toufik, I., dan Baker, M.2011." LTE—the UMTS Long Term Evolution : From Theory to Practice". John Wiley & Sons. United Kingdom
- [11] Wicaksono, Okky Ardi. 2012. "Analisis Strategi Pengalokasian Sumber Daya Radio Pada Sistem MIMO- OFDMA Arah Downlink Menggunakan Auction dan Round Robin Algorithm". IT Telkom