ANALISIS TEKNIK ADAPTIVE POWER ALLOCATION (APA) PADA JARINGAN WIMAX

Adi Nugraha[1], Sofia Naning Hertiana[2], Bambang Setia Nugroho[3]

[1]Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[1]**diadinugraha@gmail.com**

Abstrak

Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMax) adalah layanan Broadband Wireless Access yang menyediakan layanan pita lebar. Sesuai dengan standar IEEE 802.16, WiMax mengatur 2 layer terbawah pada model OSI, yaitu MAC (Medium Access Control) layer dan PHY (Physical layer). MAC layer pada WiMax menggunakan metode akses berbasis algoritma penjadwalan dan resource allocation. Sedangkan PHY layer dapat dikatakan jenis kanal sistem yaitu kanal OFDM. Masing-masing layer memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam melakukan tugasnya. Fungsi penting yang diatur oleh PHY layer adalah, OFDM, Duplex System, Adaptive Modulation Variable Error Correction, dan Adaptive Antena System (AAS). Sedangkan MAC Layer didesain untuk aplikasi Point to multipoint, dengan menggunakan 2 jalur data berkecepatan tinggi untuk komunikasi dua arah antara Base station (BS) dengan Subcriber station (SS). Fungsi yang dilakukan oleh MAC layer adalah seperti: menentukan burst profile, Qos, mobility management, security management, resource allocation, dan Power saving Mode. Tugas Akhir ini mensimulasikan pengaruh algoritma pada teknik Adaptive Power Allocation (APA) terhadap throughput, delay, fairness dan SNR pada Wimax. Algoritma yang digunakan adalah Sum Throughput Maximization (STM) dan Fair Power Alocation (FPA) dengan menggunakan Matlab ver 7.6. dan membandingkan hasilnya antara kedua algoritma. Dari hasil simulasi yang didapat, algoritma Fairness Power Alocation (FPA) merupakan algoritma yang menghasilkan performansi lebih baik dibandingkan dengan algoritma Sum Throughput Maximization (STM). Dengan Algoritma FPA, didapat nilai rata-rata throughput, delay, dan fairness berturut-turut adalah 2,792 Mbps, 44,8 TTI (ms), dan 0,75307 untuk kondisi tanpa fading, dan untuk kondisi dengan fading adalah 2,432 Mbps, 47,2 TTI (ms) dan 0,65824. Namun, jika di bandingkan berdasarkan nilai throughput, algoritma STM akan menghasilkan nilai throughput yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma FPA dengan nilai rata-rata throughput, delay, dan fairness berturut-turut adalah 2,8507 Mbps, 39,0 TTI(ms) dan 0.88954 untuk kondisi tanpa fading, dan untuk kondisi dengan fading adalah 2,222 Mbps, 40,2 TTI(ms) dan 0.72047.

Kata Kunci : APA, STM dan FPA

Abstract
Worlwide Interoperability for microwave Access (Wimax) is Broadband Wireless Access service which provides broadband service. According to IEEE 802.16 standard, Wimax manages 2 lowest layers in OSI model which are MAC (Medium Access Control) layer and PHY(Physical) layer. In Wimax, MAC layer uses access method that is based on schedulling algorithm and resource allocation. Meanwhile, PHY layer is a channel system typel which is OFDM channel. Each layer has different ability in doing its job. Important functions that are managed by PHY layer such as OFDM, Duplex System, Adaptive Modulation Variable Error Correction, dan Adaptive Antena System (AAS). Meanwhile MAC layer is designed for Point to multipoint application by using 2 high speed data traffic for 2 way communication between Base station (BS) and Subcriber station (SS). Functions that are carried out by MAC layer such as determine burst profile, Qos, mobility management, security management, resource allocation, and Power saving Mode.
This final project simulated the influence of algorithm on Adaptive Power Allocation(APA) towards throughput, delay, fairness and SNR on Wimax. The Algorithms which are used such as Sum Throughput Maximization (STM) and Fair Power Alocation (FPA) that are implemented using Matlab ver 7.6 and then the results are compared between both algorithm..The simulation indicates that Fairness Power Alocation (FPA) shows better performance compared to Sum Throughput Maximization (STM) algorithm. The FPA result for each parameter is 2,792 Mbps, 44,8 TTI (ms), dan 0,75307 without fading condition, and with fading the result is 2,432 Mbps, 47,2 TTI (ms) dan 0,65824 However STM produce better throughput value compared to FPA algorithm.with mean values is 2,8507 Mbps, 39,0 TTI(ms) dan 0.88954 without fading condition, and with fading condition is 2,222 Mbps, 40,2 TTI(ms) dan 0.72047.

Keywords : APA, STM and FPA

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Standar IEEE 802.16 merupakan standar dari IEEE untuk teknologi WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), digunakan untuk komunikasi *Wireless* MAN (*Metropolitan Area Network*) yang sangat cocok untuk aplikasi BWA (*Broadband Wireless Access*). WiMAX sendiri distandarkan untuk mendukung kecepatan data sampai 75 Mbps dan mencapai jarak maksimal sampai 50 km. Sekitar bulan Juli 2004, 802.16d mulai muncul, standar ini sering disebut 802.16-2004 dan memakai *sub-channelization* yang menawarkan *power amplifier* rendah dan murah, selain itu standar ini juga menggunakan *smart antenna* yang memaksimalkan daya dan jangkauannya. Sejak akhir 2004, mulai dikembangkan standar IEEE 802.16e, sering disebut *mobile* WiMAX, yang sangat cocok untuk mendukung mobilitas, seperti yang digunakan pada sistem seluler. Standar ini dapat digunakan pada kondisi NLOS (*Non - Line Of Sight*) dengan dukungan mobilitas *user* sampai 120 km/jam.

Pada kondisi NLOS, sebuah sistem *wireless* akan sangat terpengaruh dalam hal kualitas dan kapasitasnya. Demikian pula untuk standar IEEE 802.16e (*mobile* WiMAX) dituntut untuk memiliki performansi yang handal pada kondisi kanal yang senantiasa berubah-ubah karena adanya fenomena *multipath fading*. Untuk mengatasi berbagai masalah yang disebabkan oleh kondisi NLOS tersebut, teknologi WiMAX dapat menggunakan berbagai cara, antara lain : teknologi OFDM, *sub-channelization*, antena direksional, *transmit* dan *receive diversity*, teknik modulasi *adaptif*, teknik *error correction*, dan *power control*. Berdasarkan beberapa cara tersebut, tugas akhir ini akan membahas pengaruh teknik *Adaptive Power Allocation* (APA) terhadap parameter-parameter *Quality of Service* (QoS).

1.2. Tujuan Penulisan

Menganalisa performansi pada WiMAX dengan mensimulasikan kinerja dari algoritma *Adaptive Power Allocation*.

1.3. Perumusan Masalah

1. Pengukuran performansi berdasarkan parameter *throughput*, *average delay*, *fairness* dan SNR (*Single to Noise Ratio*).
2. Membandingkan algoritma yang ada untuk mengetahui performansi *resource allocation* WiMAX dari segi QoS.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, ruang lingkup pembahasan masalah hanya dibatasi pada :

1. Kanal yang digunakan adalah kanal *Rayleigh* dan AWGN.
2. Simulasi menggunakan *software* Matlab ver.7.6 (R2008a).
3. Simulasi pengukuran hanya dilakukan pada jaringan WiMAX.
4. Algoritma yang digunakan pada APA hanya *Sum Throughput Maximization* (STM) dan *Fair Power Alocation* (FPA).
5. Parameter simulasi yaitu *throughput*, *delay*, dan *fairness*.

1.5. Metode Penyelesaian Masalah

Metode yang digunakan dalam menyelesaiakan tugas akhir ini adalah :

1. Studi literature dan pustaka, bertujuan untuk mempelajari teori dari literatur yang mendukung.
2. Menganalisa algoritma yang telah ditentukan dan mensimulasikannya dengan menggunakan *software* Matlab ver.7.6 (R2008a).
3. Penyusunan Laporan Tugas Akhir dan pengambilan kesimpulan akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan gambaran umum tentang masalah yang akan dibahas, latar belakang masalah, tujuan penulisan, perumusan

masalah, batasan masalah, metode penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini menjelaskan tentang konsep dasar *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMax) serta konsep *Resource Allocation* pada sistem WiMAX.

BAB III : PERANCANGAN DAN SIMULASI

Pada bab ini dijelaskan bagaimana simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa algoritma APA yaitu *Sum Throughput Maximization* (STM) dan *Fair Power Allocation* (FPA).

BAB IV : ANALISA HASIL SIMULASI

Bab ini menjelaskan hasil yang didapat dari simulasi yang dilakukan yaitu parameter *throughput*, *delay*, dan *fairness*.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian lebih lanjut.

BAB IV
ANALISA HASIL SIMULASI

Analisis teknik APA jaringan *WiMAX* pada bab IV ini akan difokuskan pada beberapa hal berikut ini yang didapatkan setelah simulasi, meliputi:

1. Analisis nilai SNR sistem pada kondisi *fading* dibandingkan dengan kondisi tanpa *fading*.
2. Perbandingan *throughput* pada masing-masing algoritma APA, pada kondisi *fading* ataupun tanpa *fading*.
3. Perbandingan *average delay* pada masing-masing algoritma APA, pada kondisi *fading* ataupun tanpa *fading*.
4. Perbandingan *fairness* pada masing-masing algoritma APA, pada kondisi *fading* ataupun tanpa *fading*.

4.1 Parameter Lengkap Simulasi :

Pada simulasi yang telah dilakukan, beberapa parameter merujuk pada standar IEEE 802.16 seperti yang telah disebutkan dalam bab 3. Berikut adalah parameter simulasi selengkapnya:

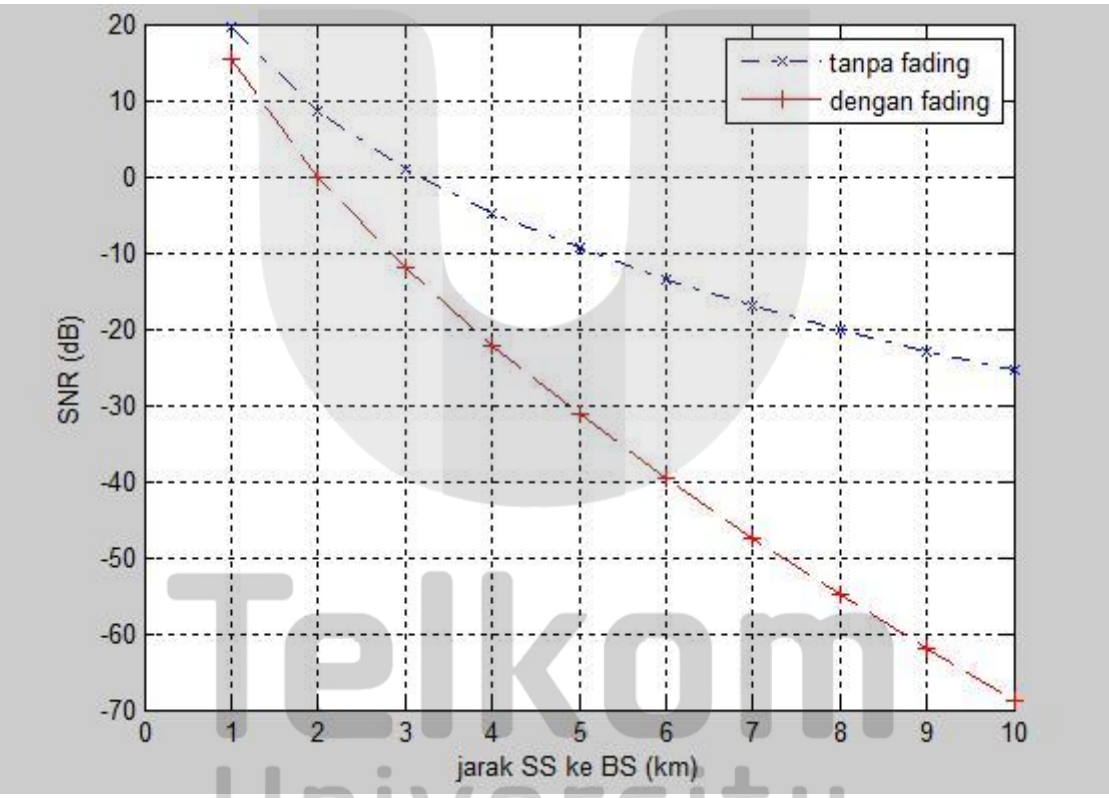
- Bit informasi yang dibangkitkan bersifat acak, dengan jumlah bit untuk masing-masing skema modulasi adalah:
    - QPSK 1/2 dan QPSK 3/4 = 1728 bit
    - 16QAM 1/2 dan 16QAM 3/4 = 8064 bit
- Titik operasi pengamatan adalah kualitas layanan *voice* pada terget BER 10^{-3}. Berdasarkan standar IEEE 802.16d perencanaan sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:
    - Jumlah bit per simbol untuk masing-masing skema modulasi adalah: QPSK 1/2 dan QPSK 3/4 = 2 bit,16QAM 1/2 dan 16QAM 3/4 = 4, serta 64QAM 2/3 dan 64QAM 3/4 = 6 bit.

- *Code rate* masing-masing skema modulasi:

  - QPSK 1/2 dengan *code rate* total = ½
  - QPSK 3/4 dengan *code rate* total = ¾
  - 16QAM 1/2 dengan *code rate* total = ½
  - 16QAM 3/4 dengan *code rate* total = ¾

- Parameter lain yang belum disebutkan akan tersurat dalam analisis di sub bab selanjutnya.

4.2 *Signal to Noise Ratio* (SNR)



Gambar 4.1 Grafik SNR terhadap jarak user ke BS

Dari grafik pada gambar 4.1, dapat dilihat bahwa untuk kondisi kanal dengan fading memiliki gradasi nilai SNR yang semakin tajam. Hal ini disebabkan karena pada efek fading, menentukan level daya penerimaan user. Sesuai dengan karakteristik Rayleigh fading, bahwa nilai level daya terima sesaat user akan sesuai dengan distribusi eksponensial terhadap jarak user tersebut. Efek yang ditimbulkan oleh kanal fading mengalami penurunan yang lebih tajam, pada user dengan jarak lebih dari ..km. Kondisi

yang juga terlihat sangat jelas adalah semakin dekat jarak user ke BS, maka semakin besar pula nilai SNR nya. Karena selain dipengaruhi oleh efek large-scale fading (shadowing) dan small-scale fading(fading), SNR juga dipengaruhi fungsi jarak yang sangat mempengaruhi rugi propagasi.

Tabel 4.1 SNR kondisi tanpa Fading

Jarak	SNR
0	n/a
1	15,36616
2	-0,16479
3	-12,0196
4	-22,1253
5	-31,1857
6	-39,5436
7	-47,3937
8	-54,8582
9	-62,0188
10	-68,9333

Tabel 4.2 SNR kondisi dengan Fading

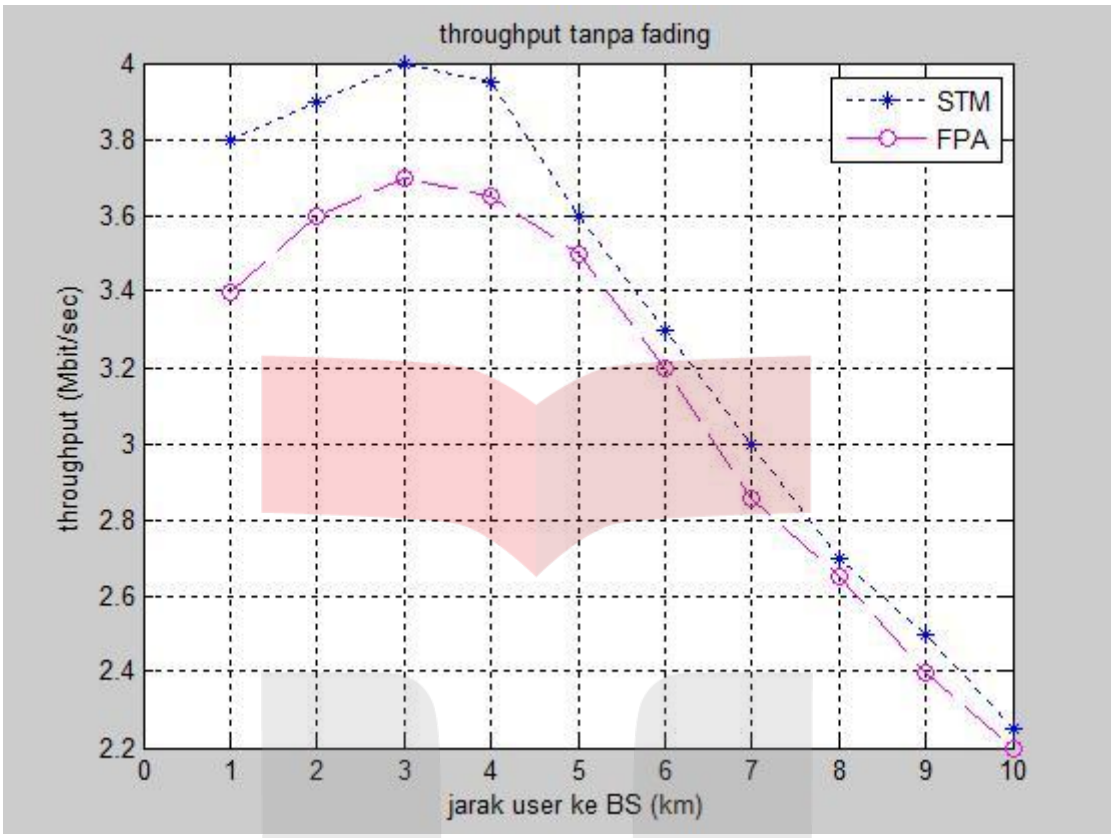
Jarak	SNR
0	n/a
1	19,7091
2	8,521099
3	1,009258
4	-4,75348
5	-9,47093
6	-13,4859
7	-16,9931
8	-20,1146
9	-22,9323
10	-25,5038

Dari tabel 4.1 dan tabel 4,2 diatas yang menunjukkan hasil perhitungan simulasi semakin jelas bahwa nilai SNR sistem akan dipengaruhi oleh jarak dan kondisi propagasi (*fading*).

4.3 Perbandingan Throughput Pada masing-masing Algoritma APA

4.3.1 Throughput Pada Kondisi tanpa Fading

Gambar 4.3 merupakan hasil simulasi pada sistem dengan tinjauan pada parameter throughput dan pada kondisi tanpa fading.

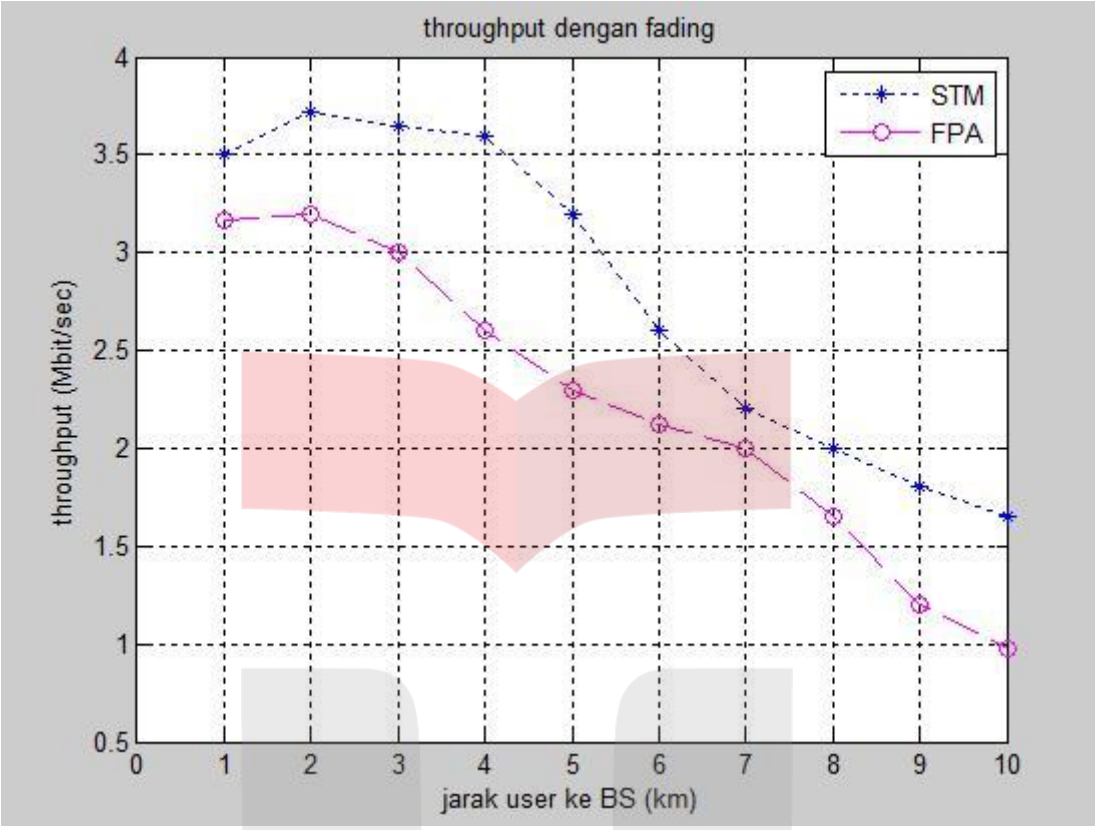


Gambar 4.2 Grafik *throughput* pada kondisi tanpa *fading*

Dari simulasi yang dilakukan, dapat dilihat dari grafik 4.2 yaitu pada jarak 1-4 km, nilai throughput untuk kedua algoritma tidak jauh berbeda. Namun pada jarak user lebih dari 4 km, kondisi nilai throughput mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena semakin jauh jarak user terhadap BTS, maka akan semakin kecil nilai throughput, yang bergantung terhadap skema modulasi yang digunakan dan pengaruh loss propagasi. Untuk algoritma STM, nilai throughput didapatkan lebih baik dibandingkan dengan algoritma FPA. Karena pada dasarnya algoritma STM adalah untuk memaksimalkan nilai throughput, maka algoritma STM merupakan pilihan yang terbaik dari segi parameter throughput untuk mengoptimalkan kinerja sistem.

4.3.2 *Throughput* Pada Kondisi dengan *Fading*

Gambar 4.2 berikut merpakan hasil simulasi pada sistem dengan parameter throughput dan pada kondisi dengan fading.

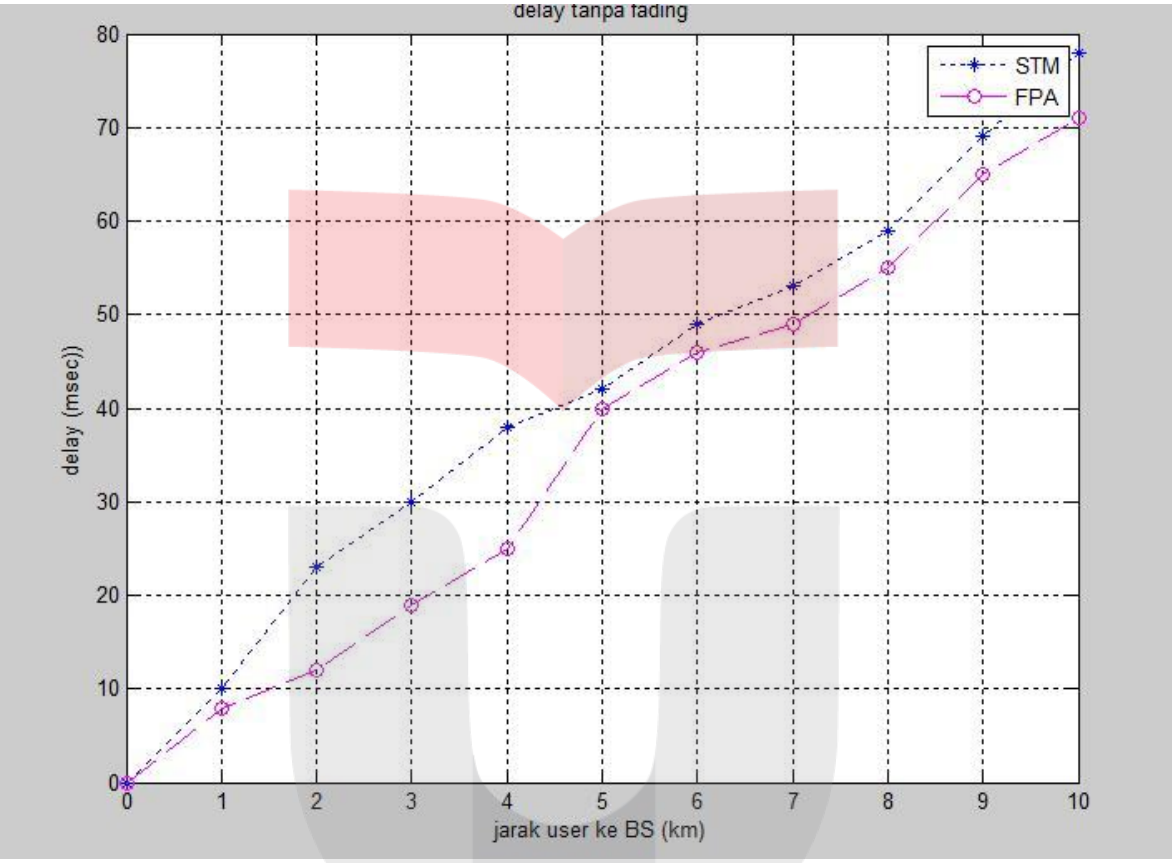


Gambar 4.3 Grafik throughput terhadap jarak user ke BS

Karakteristik *throughput* pada kondisi dengan *fading*, seperti terlihat pada gambar, bahwa *throughput* dengan algoritma STM pada jarak 1-4 km memliki nilai throughput yang bisa dikatakan hampir sama. Namun pada jarak user ke BS >dari 4 km maka nilai *throughput* mengalami penurunan secara signifikan. Hal ini dikarenakan semakin jauh jarak user terhadap BS, maka akan semakin besar jumlah bit yang akan hilang saat pengiriman paket. Sehingga akan mempengaruhi nilai *throughput*. Hal yang paling terlihat dari grafik di atas adalah, semakin jauh jarak user dari BS, maka akan semakin kecil nilai *throughput* yang dihasilkan. Pada dasarnya, nilai *throughput* suatu sistem dipengaruhi oleh jarak suatu user ke BS. Maka umtuk kondisi propagasi yang baik ataupun buruk,nilai *throughput* akan tetap stabil, selama user tersebut masih berada dekat dengan BS. Jika dibandingkan dengan kondisi sebelumnya pada kondisi tanpa fading, nilai throughput pada sistem dengan fading terukur lebih rendah. Dari grafik, dapat dilihat nilai throughput pada kondisi dengan fading, nilai throughput berkisar antara 1 – 3.9 bit/sec.

4.4 Perbandingan *Average Delay* Pada masing-masing Algoritma APA

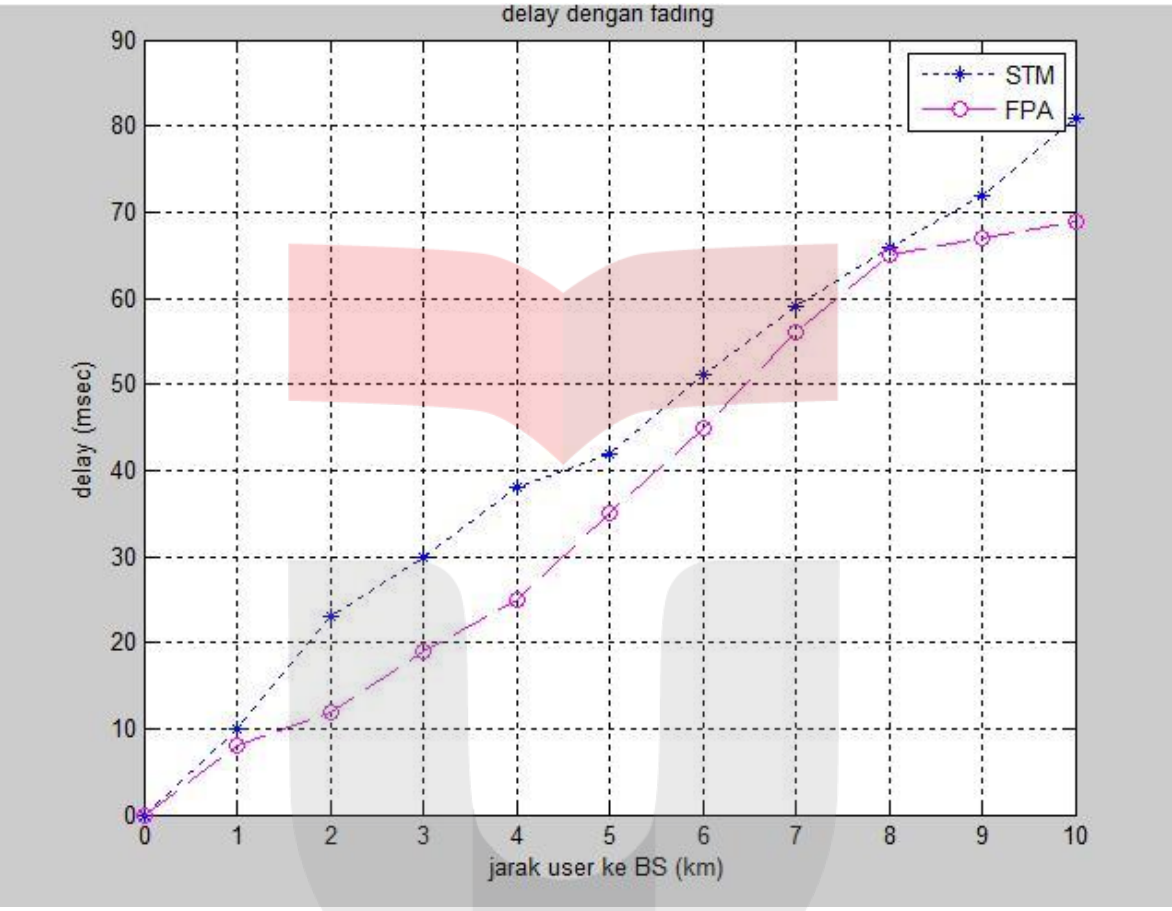
4.4.1 *Average Delay* Pada Kondisi tanpa *Fading*



Gambar 4.4 Grafik *average delay* pada kondisi tanpa *fading*

Berdasarkan gambar 4.4 diatas, dapat dilihat bahwa nilai average delay terbesar adalah pada algoritma STM dengan kenaikan yang linear. Pola yang sama juga didapatkan pada hasil simulasi algoritma FPA. Dimana user dengan preference metric yang lebih besar, yang berarti juga memiliki nilai SNR yang besar akan memiliki average delay yang lebih kecil, dikarenakan kecilnya pengaruh propagasi (*fading*). Dari grafik dapat dilihat bahwa algoritma FPA memilki average delay yang lebih kecil jika dibandingkan dengan STM. Hal ini menunjukkan bahwa FPA akan lebih baik dari segi delay, dalam artian FPA akan optimum kinerjanya dengan daverage delay yang kecil daripada STM. Sebagai acuan pada jarak user dengan BS yang sama (contoh : 4 km), FPA memiliki nilai delay 25 TTI, sedangkan STM 38 TTI.

4.4.2 *Average Delay* Pada Kondisi dengan *Fading*



Gambar 4.5 Grafik *average delay* pada kondisi dengan *fading*

Berdasarkan grafik 4.5, dapat dilihat bahwa pengaruh algoritma terhadap average delay tidak terlalu signifikan. Sedangkan apabila dibandingkan dengan pada saat kondisi tanpa fading dengan kondisi dengan fading, terlihat jelas dari grafik bahwa terjadi peningkatan average delay sebesar 10%. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh loss propagasi (fading).

Apabila dibandingkan kedua algoritma APA pada average delay, didapatkan bahwa algoritma FPA memiliki nilai average delay yang lebih rendah daripada algoritma STM. Dengan kata lain, FPA dapat meminimalkan average delay pada sistem. Algoritma FPA ini dapat meminimalkan aspek-aspek propagasi yang mempengaruhi kondisi sistem.

4.5 Perbandingan Fairness/Keadilan Pada masing-masing Algoritma APA

4.5.1 Fairness/Keadilan Pada Kondisi tanpa Fading

Dengan menggunakan persamaan 3.8 pada bab sebelumnya, maka akan didapatkan indeks Fairness index untuk masing-masing algoritma APA pada kondisi tanpa fading, sebagai berikut:

- Jumlah sampel = 20
  - STM
    Fairness Index = 0.7212
  - FPA
    Fairness Index = 0.8988
- Jumlah sampel = 40
  - STM
    Fairness Index = 0.7503
  - FPA
    Fairness Index = 0.8897
- Jumlah sampel = 60
  - STM
    Fairness Index = 0.7877
  - FPA
    Fairness Index = 0. 8801

Sesuai dengan yang dijelaskan oleh Raj Jain, bahwa fairness Index memiliki hubungan langsung, dimana semakin tinggi nilai indeksya maka semakin adil(fair) suatu sistem. Dari hasil simulasi yang didapatkan diatas, terlihat bahwa algoritma FPA menempati uruan teratas dalam hal fairness. Ini berarti algoritma FPA merupakan teknik yang lebih adil bagi user dibandingkan dengan algoritma STM. Dengan nilai indeks menunjukkan bahwa 89% user diperlakukan dengan adil dan hanya 11% user saja yang tidak. Atau dengan kata lain, sesuai dengan persamaan 3.8, ada 89% user yang mendapatkan alokasi throughput yang merata bagi masing-masing user.

4.5.2 Fairness/Keadilan Pada Kondisi dengan Fading

Sedangkan fairness index untuk masing-masing algoritma APA pada kondisi dengan fading, sebagai berikut :

- Jumlah sampel = 20
  - STM
    Fairness Index = 0.6580
  - FPA
    Fairness Index = 0.7105
- Jumlah sampel = 40
  - STM
    Fairness Index = 0.6446
  - FPA
    Fairness Index = 0. 7211
- Jumlah sampel = 60
  - STM
    Fairness Index = 0.6721
  - FPA
    Fairness Index = 0.7298

Sehingga, jika dibandingkan dengan nilai fairness index pada kondisi tanpa fading, fairness index yang didapatkan mengalami penurunan sebesar 17%. Hal ini disebabkan karena banyakya pengaruh dari sisi propagasi, baik itu smale-scale fadig atau large-scale fading. Jika dibandingkan dengan algoritma STM, FPA masih menempati urutan teratas. Dimana 72% user diperlakukan secara adil. Artinya, dengan algoritma FPA ada 72% user yang mendapatkan alokasi throughput yang merata bagi masing-masing user. Sedangkan jika diamati pada banyaknya jumlah sampel yang diambil, dimana semakin banyak sampel yang diambil maka nilai *fairness index* nya semakin tinggi.

4.6 Analisis perbandingan hasil simulasi.

Setelah simulasi yang dilakukan , didapatkan hasil yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya. Kemudian, perbandingan akan dilakukan dengan standar yang dikeluarkan oleh *wimaxforum.* Untuk nilai SNR yang didapat pada simulasi adalah -30 dB – 20 dB dengan sampling jarak adalah 1-10 km. Jika dibandingkan dengan standar nilai SNR dari *wimaxforum*, yaitu 7 dB – 24dB dengan masing-masing batasan SNR optimum untuk tiap jenis modulasi yang digunakan.

Sedangkan dari sisi *throughput*, simulasi menghasilkan nilai *throughput* yang baik untuk algoritma *Sum Throughput Maximization* (STM). Semakin jauh jarak *user* dari *Base Station* (BS), maka semakin kecil nilai *throughput* yang didapat. Dari standar yang dikeluarkan oleh *wimaxforum*, nilai *throughput* untuk *fixed wimax* adalah 0 – 75 Mbps dengan jarak sampling adalah 0 – 50 km.

Untuk simulasi parameter *delay*, hasil yang didapatkan adalah nilai *delay* yang linier naik. Semakin jauh jarak user ke BS, maka semakin besar nilai *delay* yang didapat. Hal ini dipengaruhi *preference metric* yang besar, yang dapat dikatakan adanya pengaruh SNR. Dari simulasi yang dilakukan, *delay* yang didapat adalah antara 0-80 ms, baik untuk kondisi *fading* maupun tanpa *fading*. Hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan standar *delay* tanpa menggunakan teknik APA yaitu antara 0-115 ms. Hal ini menunjukkan bahwa teknik APA akan mengurangi pengaruh-pengaruh *loss* yang mengakibatkan besarnya *delay* pada sistem.

Daftar Pustaka

[1] Ilyas, Syed Ahson Mohammad, *WiMAX Technologies, Performance Analysis & QoS*, Wimax Handbook.

[2] Hara, Shinsuke and Ramjee Prasad. (2003). *Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications*. Artech House : Boston & London.

[3] "*Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation*". Wimax Forum. 2006

[4] Silva, Yuri Carvalho Barbosa, *Adaptive Beamforming and power Allocation in multi-carrier multicast Wireless Network*, University Darmstadt, 2008.

[5] Jakes,W.C. (1974). "Microwave Mobile Communication", Wiley, New York.

[6] Sklar, Bernard. (1988). *Digital Communications Fundamentals and Applications. Prentice Hall*: New Jersey.

[7] Bing-leung patric cheung, "*Thesis*: *simulation of adaptive array algorithm for OFDM and adaptive vector OFDM system*", blacksburg, virginia, 2002.

[8] WiMAX forum, "*WiMAX technology for LOS and NLOS environment*", http://www.wimaxforum.org

[9] Yaghoobi, hasan, "*802.16*.Broadband Wireless Access: the nex big thing in wireless*", Intel Broadband Wireless division Wireless Networking group, 2003.

[10] Paltenghi, Giovanni. (2004). "*Functional spesifications of the adaptive modem IEEE 802.16*", Multichannel adaptive Information System.

[11] Rappaport, Theodore S. (1996). *Wireless Communications, Principles & Practices*. Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey.

[12] Hara, Shinsuke and Ramjee Prasad. (2003). *Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications*. Artech House : Boston & London.

[13] Talwalkar, Rohit. *"Thesis : analysis of Quality of Service (Qos) in Wimax network"* boca raton, florida, 2008.

[14] Rong, Bo and Yi Qian. *"Adaptive Power Allocation and Call Admission Control in Multiservice Wimax Access Network"* Puerto Rico, IEEE, 2007

[15] Choi, Jin-Ghoo., Saewong Bahk. "*Cell Throughput Analysis of the Proportional Fair Scheduller in the single Cell Environment"*. Seoul. 2005.