

ANALISIS MIMO UNTUK PENINGKATAN KAPASITAS SISTEM SELULER 4G LTE PADA SISTEM KOMUNIKASI *HIGH ALTITUDE PLATFORM STATION*

Catur Budi Waluyo
Prodi Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
catur_budiwaluyo@yahoo.co.uk

Abstract

The development of technology has opened up a new wireless infrastructure to complement the satellite and terrestrial networks. High Altitude Platforms (HAPs) is a communications infrastructure that uses air balloon as a solution between terrestrial and satellite communications systems with medium coverage and low cost of launching and maintenance. HAPs can be joined with a Long Term Evolution (LTE) technology standardized by the Third Generation Partnership Project (3GPP). LTE uses orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) technology for downlink.

OFDM technology is a technology that uses multicarrier and bring the data in parallel and the bandwidth is divided into several subcarrier. To improve the performance of LTE in an increase in capacity, coverage, and speed of data, then it can use MIMO techniques. MIMO is a technique using multiple antenna transmitter and receiver antennas that are used to overcome the problem of multipath fading and increase the capacity of the system to be serviced. MIMO support the achievement of high transmission speed.

In the simulation, signals generated by the modified jakes model into a rician channel using the K factor 1.41, 1.99, 2.33, 2.66, 4.61, 6.35, 9.21, 12.15, 16.77 dB with elevation angle of 10° to 90° . The larger the K factor, the smaller the shift doppler at each speed. Elevation angle have a relationship to the coverage area of HAPs, the smaller the elevation angle of the wider the coverage area, and the higher the position, the wider HAPs coverage area too. In ergodic capacity, the smaller the K factor, the smaller the elevation angle so that the capacity is also greater. System without estimation for the K factor of 1.41dB and K 9.21dB is necessary for channel estimation and the Bit Error Rate (BER) of the same system that made channel estimation has a better performance compared with the existing channel without estimation with the SNR improvement of about 18 dB.

Keywords: HAPs, LTE, MIMO

Abstrak

Perkembangan teknologi telah membuka sebuah infrastruktur baru nirkabel yang digunakan untuk melengkapi jaringan satelit dan terestrial. *High Altitude Platforms* (HAPs) merupakan suatu infrastruktur komunikasi yang menggunakan balon udara sebagai solusi antara sistem komunikasi terestrial dan satelit dengan cakupan yang menengah, biaya peluncuran dan pemeliharaan yang rendah. HAPs dapat ditumpangi sebuah teknologi *Long Term Evolution* (LTE) yang distandarisasi oleh *Third Generation Partnership Project* (3GPP). LTE menggunakan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) untuk *downlink*.

Teknologi OFDM merupakan teknologi yang menggunakan *multicarrier* dan membawa data secara paralel serta dengan *bandwidth* yang dibagi-bagi menjadi beberapa *subcarrier*. Untuk meningkatkan performansi LTE dalam peningkatan kapasitas, area cakupan dan kecepatan data, maka dapat menggunakan teknik *multi input multi output* (MIMO). MIMO adalah teknik menggunakan beberapa antenna pengirim dan antenna penerima yang digunakan untuk mengatasi masalah *multipath*

fading dan menambah kapasitas sistem yang akan dilayani. MIMO mendukung pencapaian kecepatan transmisi yang tinggi.

Pada simulasi sinyal dibangkitkan dengan model jakes yang dimodifikasi menjadi kanal rician dengan faktor K yang digunakan yaitu 1.41, 1.99, 2.33, 2.66, 4.61, 6.35, 9.21, 12.15, 16.77 dengan sudut elevasi 10° sampai 90° . Pada kapasitas ergodik, semakin kecil faktor K maka semakin kecil sudut elevasi sehingga kapasitasnya juga semakin besar. Sistem tanpa estimasi pada faktor K sebesar 1.41dB dan K sebesar 9.21dB perlu dilakukan estimasi kanal, karena dengan *Bit Error Rate* (BER) yang sama sistem yang dilakukan estimasi kanal mempunyai performansi yang lebih baik dibanding dengan tanpa ada estimasi kanal dengan perbaikan sekitar 18 dB.

Kata kunci: HAPs, LTE, MIMO

1. Pendahuluan

Pada perkembangan komunikasi *wireless* untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi (*high data rate*) dan *bandwidth* yang lebar merupakan sebuah tantangan. Salah satu teknik untuk mewujudkannya adalah dengan menggunakan modulasi *Multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), di mana pada OFDM efek kanal *frequency selective fading* akan dirasakan *flat fading* oleh setiap *subcarrier*-nya. Sistem komunikasi yang mendukung teknologi OFDM salah satunya adalah *Long Term Evolution* (LTE) dengan berbagai jenis konfigurasi *bandwidth* yang disediakan. Selain operasi *bandwidth* yang fleksibel, LTE mendukung peningkatan kapasitas, area cakupan, kecepatan data, *latency* yang rendah, multi antena, dan dapat diintegrasikan dengan sistem lain (Waluyo dan Iskandar, 2015 ; Zarrinkoub, 2014; Ayadi et al, 2002).

Untuk meningkatkan performansi LTE dalam peningkatan kapasitas, area cakupan dan kecepatan data, maka dapat menggunakan teknik multi antena baik di penerima maupun pengirim atau sering disebut *multiple input multiple output* (MIMO) (Zarrinkoub, 2014; Khalifi dan Bouallegue, 2011). MIMO yaitu dengan menggunakan beberapa antena pengirim dan antena penerima yang digunakan untuk mengatasi masalah *multipath fading* dan menambah kapasitas sistem yang akan dilayani. MIMO mendukung pencapaian kecepatan transmisi yang tinggi.

Sistem komunikasi *High Altitude Platforms Station* (HAPs) merupakan suatu komunikasi yang menggunakan balon udara sebagai medianya dengan jangkauan yang menengah. Ada beberapa kelebihan dari sistem komunikasi HAPs yaitu cakupan area yang luas, kapasitas yang tinggi, sudut elevasi yang besar, biaya peluncuran dan pemeliharaan yang rendah (Mohammed dan Yang, 2009; Grace dan Mohorcic, 2011). Sehingga untuk menggabungkan kelebihan dari sistem komunikasi LTE dan HAPs maka pada penelitian ini menganalisa performansi dari kanal HAPs dan kapasitas berdasarkan faktor K yang sudah dilakukan pengukuran oleh Iskandar and Shimamoto (2005) dengan metode Multi antena atau *Multi Input Multi Output* (MIMO).

2. Metode Penelitian

2.1 Perkembangan Komunikasi dengan menggunakan *High Altitude Platform Station*

Sistem *High Altitude Platforms* (HAPs) adalah pesawat atau balon udara yang bekerja di lapisan Stratosphere sekitar 20 km. HAPs dapat digunakan untuk menyediakan layanan *broadcast* dan *multicast* serta *point-to-point*. Karena HAPs mempunyai kesamaan dengan satelit, berdasarkan skenario yang di pelajari oleh ETSI pada satelit di (Mohammed and Yang,

2010; Thorton et al, 2001) juga relevan untuk HAPs. Secara khusus, HAPs dapat menyediakan jaringan lokal dan *backbone*, jaringan akses, termasuk akses internet, seperti konektivitas perusahaan secara intranet maupun internet dengan syarat masih dalam area jangkauannya. Untuk Perbandingan antara sistem komunikasi Terrestrial, HAPs, dan layanan satelit dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan komunikasi Terrestrial, HAPs, dan Layanan Satelit.

	Terrestrial	HAPs	LEO Satelit
Area cakupan	<1 Km	sampai 200 Km	>500 Km
Ukuran Sel	0.1-1 Km	1-10 KM	<50 Km
Total Area layanan	Spot area	Nasional/Regional	Global
Kecepatan data maksimum per User	155Mbps	25-155Mbps	< 64 Mbps downlink
Penyebaran Sistem	Tetap	Fleksibel	Kompleks

2.2 Perkembangan Long Term Evolution

Menurut (Zarrinkoub, 2014) pada tahun 2001 *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) dirilis dengan *data rate downlink* 1.92 Mbps dan di *upgrade* ke *High Speed Downlink Packet Access* (HSDPA) dengan *data rate* yang ditawarkan 14.4 Mbps menggunakan *subframe* lebih pendek dan modulasi 16-QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Kemudian dirilis standar baru HSDPA dengan *Multi Input Multi Output* (MIMO) 2×2 modulasi 64-QAM *data rate* mencapai 84 Mbps.

Pada LTE satu *subframe* terdiri dari 2 slot, masing-masing satu slot sebesar 0.5ms yang terdiri dari 7 simbol. Satu slot terdiri dari 8192 sampel dengan *nomal cyclic prefix* (asumsi frekuensi sampel 15,36 MHz). Untuk ilustrasi *Cell Specific Reference* (CSR) dapat dilihat pada gambar 1.

Pada kanal rician, terdapat kontribusi dari komponen LOS (*line of sight*) dan komponen non-LOS (kontribusi dari kanal Rayleigh). Untuk model kanal rician yang dinormalisasi (Waluyo dan Iskandar, 2015) dapat dilihat pada persamaan 1.

$$H_{ric} = aH_{LOS} + bH_{Ray} = \sqrt{\frac{K}{K+1}}H_{LOS} + \frac{1}{\sqrt{K+1}}H_{Ray} \quad (1)$$

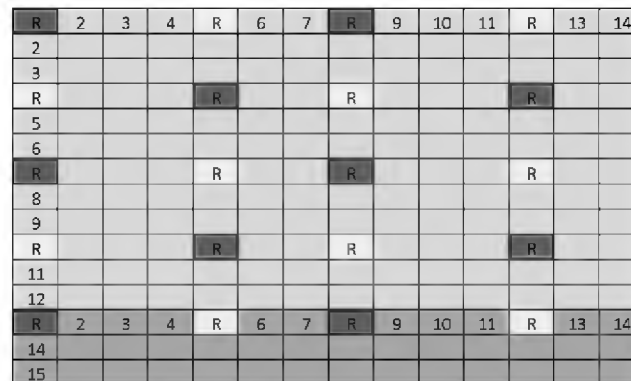
Menurut (Zaskia dll, 2011) untuk menghitung penguatan *multiplexing* banyak pengguna dapat didefinisikan pada persamaan 2.

$$Mux_{gain} = \frac{C}{\log_2(10^{\frac{SNR}{10}})} \quad (2)$$

Di mana C adalah kapasitas yang dinormalisasi pada grafik jumlah laju kapasitas (*bits/s/Hz*), SNR adalah *signal to noise ratio* (dB). Dengan melihat hubungan K sebagai perbandingan daya LOS dan daya *scattering* serta sudut elevasi pada frekuensi 2.4 GHz yang sudah dilakukan pengukuran oleh (Iskandar dan Shimamoto, 2005) maka dapat disajikan dalam bentuk tabel 2.

Tabel 2. Hubungan faktor K dan sudut elevasi pada kanal komunikasi HAP (Iskandar and Shimamoto, 2005)

Sudut elevasi	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Faktor K (dB)	1.41	1.99	2.33	2.66	4.61	6.35	9.21	12.15	16.77



Gambar 1 Sinyal CSR LTE dengan MIMO 2x2.

2.3 Multi Antena

Pada sistem komunikasi, kapasitas data akan berbanding terbalik dengan kecepatan data, sehingga untuk mengatasi hal ini, maka diperlukan metode multi antena baik di pengirim maupun di penerima atau sering disebut *multi input multi output* (MIMO). Secara umum, transmisi multi antena mengirimkan simbol data ke beberapa antena pengirim maupun diterima dengan beberapa antena penerima (Tse and Viswanath, 2005).

Pada komunikasi multi antena mempunyai kelebihan yaitu meningkatkan kapasitas sistem dan efisiensi spektral serta mengurangi efek dari *fading* untuk menambah diversitas, karena ketika kanal yang berbeda maka *fading* bersifat independen. Kapasitas dari sistem *wireless* akan meningkat sesuai dengan jumlah antena pengirim dan antena penerima. Dengan menggunakan Teknik Spasial *Multiplexing* kecepatan data akan meningkat tanpa membutuhkan frekuensi tambahan dan total daya pancar (Jiang and Hanzo, 2007).

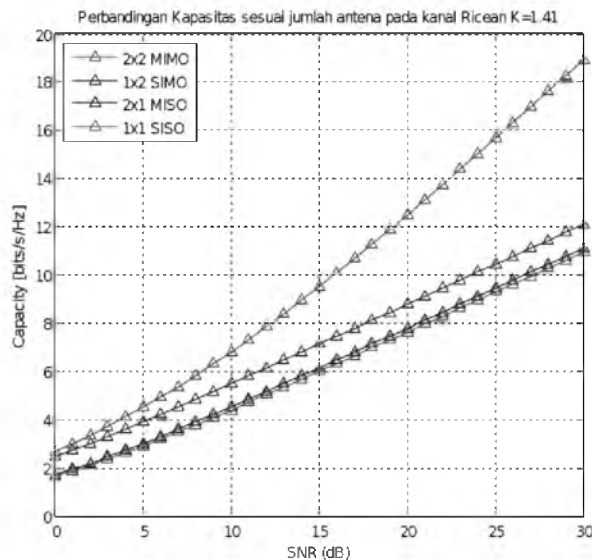
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hubungan Faktor K dengan Kapasitas pada MIMO 2x2

Pada sistem komunikasi nirkabel jumlah antena yang digunakan baik di pengirim maupun di penerima mempengaruhi kapasitas dari sistem. Pada penelitian ini antena yang digunakan yaitu 2 antena pengirim dan 2 antena penerima karena pada sistem MIMO 2x2 mempunyai kapasitas lebih besar dibandingkan pada sistem *Single Input Single Output* (SISO), *Multi Input Single Output* (MISO), *Single Input Multi Output* (SIMO). Untuk ilustrasi perbandingan kapasitas multi antena yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2.

Pada sistem komunikasi HAPs, pada kanal ricean terdapat hubungan faktor K dan sudut elevasi sesuai penelitian (Waluyo dan Iskandar, 2015). Semakin kecil sudut elevasi maka kapasitas yang dilayani semakin banyak, tetapi semakin kecil sudut elevasi maka BER juga semakin besar. Untuk hubungan antara faktor K dan kapasitas pada kanal *fading* ricean yang *independent and identically distributed* (i.i.d) dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 3 maka hubungan antara faktor K dan kapasitas (dalam *bps/Hz*) dapat disajikan dalam bentuk tabel 3.

Berdasarkan pada tabel 3 pada saat sudut elevasi 10° atau faktor $K = 1.41\text{dB}$ dengan SNR 10dB, kapasitas ergodik sebesar 6.80 bit/s/Hz. Kapasitas tersebut menurun seiring pertambahan faktor K atau sudut elevasi HAPs yaitu menjadi 6.21 bit/s/Hz dan 5.51bit/s/Hz pada saat sudut elevasi 60° ($K=6.35\text{dB}$) dan sudut elevasi 90° (16.77dB) pada SNR yang sama. Sehingga semakin kecil sudut elevasi atau semakin kecil faktor K maka kapasitas yang dilayani juga semakin banyak.

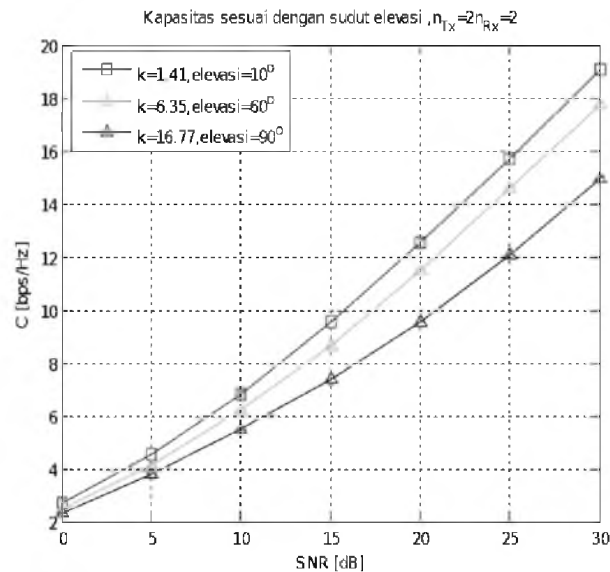


Gambar 2. Perbandingan kapasitas pada multi antenna.

Berdasarkan jumlah laju kapasitas dari tabel 3 pada kondisi kanal *fading* rician i.i.d maka dapat dihitung penguatan *multiplexing* dari banyak *user* dengan persamaan 2. Misalkan, untuk sudut elevasi 10 dengan SNR = 30dB dan $C = 18.96 \text{ bit/s/Hz}$ maka penguatan *multiplexing* dari banyak *user* (jumlah penerima yang dilayani) yaitu:

$$Mux_{gain} = \frac{18.96}{\log_2(10^{30/10})} \approx 1.9$$

Jika antenna pemancar yang digunakan (nTx) berjumlah 2, maka kapasitas pada SNR yang tinggi dapat dilakukan pendekatan persamaan $C \approx nRx \log_2(SNR)$ yang artinya bahwa kapasitas dalam sistem komunikasi HAPs dipengaruhi oleh jumlah antenna yang digunakan. Kurva *cumulative distribution function* (CDF) dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang kapasitas *outage* sebagai fungsi laju informasi kanal. Kurva CDF pada kapasitas ergodik dengan SNR yaitu 20 dB dapat dilihat pada gambar 4

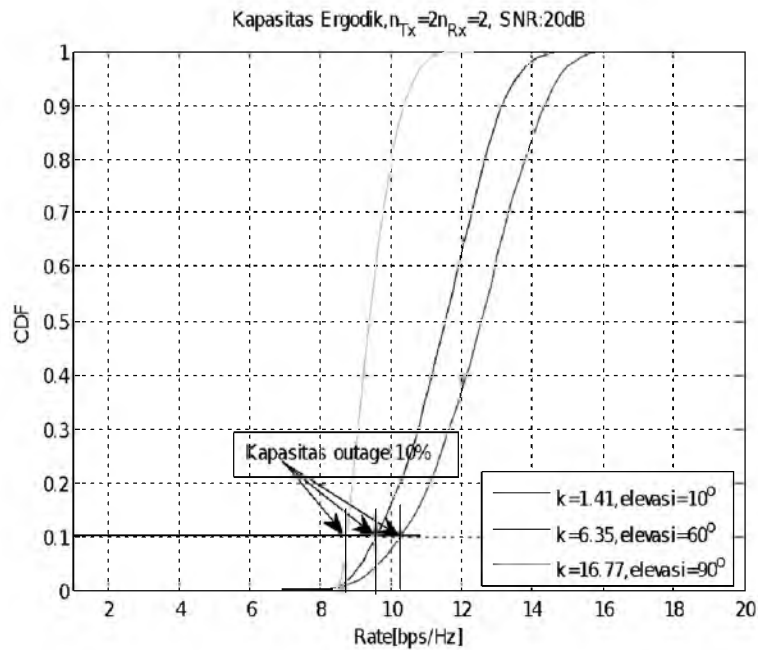


Gambar 3. Hubungan antara faktor K dan kapasitas pada kanal *fading ricean* yang *independent and identically distributed* (i.i.d)

Tabel 3. Hubungan antara faktor K dan kapasitas (dalam *bps/Hz*) pada sistem komunikasi HAPs

Sudut elevasi		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Faktor K (dB)		1,41	1,99	2,33	2,66	4,61	6,35	9,21	12,15	16,77
SNR (dB)	0	2,72	2,69	2,66	2,64	2,58	2,51	2,43	2,39	2,34
	5	4,58	4,50	4,47	4,44	4,32	4,16	4,01	3,90	3,82
	10	6,80	6,75	6,72	6,66	6,42	6,21	5,93	5,72	5,51
	15	9,44	9,45	9,47	9,35	9,05	8,67	8,23	7,83	7,37
	20	12,51	12,38	12,36	12,22	11,97	11,55	10,88	10,27	9,51
	25	15,76	15,61	15,56	15,43	15,00	14,56	13,85	13,14	12,05
	30	18,96	18,88	18,72	18,72	18,25	17,74	16,89	16,28	14,93

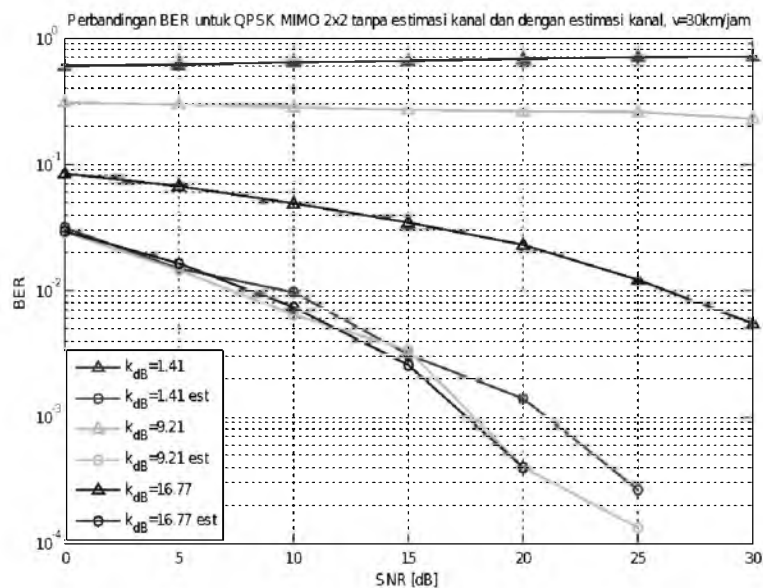
Berdasarkan gambar 4 kapasitas ergodik ditunjukkan oleh nilai tengah dari kurva CDF. Kapasitas *outage* jika dalam persamaan peluang sebesar $p\%$ maka *rate* informasi yang mampu dijamin pada realisasi kanal sebesar $(100 - p)\%$. Kapasitas *outage* dinyatakan dengan $p(C \leq C_{out})$. Dimisalkan $p(C \leq C_{out})$ sebesar 10% maka sistem dapat dikatakan mempunyai kehandalan sebesar $1 - p(C \leq C_{out})$ atau sebesar 90%. Sehingga berdasarkan gambar 4 kapasitas *outage* untuk masing-masing faktor K berturut-turut 1.41 dB, 6.35 dB, dan 16.77 dB yaitu 10.3bps/Hz, 9.58bps/Hz dan 8.75bps/Hz.



Gambar 4. CDF rate informasi MIMO 2×2 pada SNR 10dB.

3.2 Hubungan MIMO dengan BER

Dengan melihat hubungan faktor K, sudut elevasi dan estimasi kanal maka dapat dilihat perbandingan kurva BER dengan faktor K yang kecil (sudut elevasi 10°) dan faktor K yang besar (sudut elevasi 90°) serta perbandingan antara sistem dengan dilakukan estimasi kanal dan tanpa dilakukan estimasi kanal. Untuk hasil simulasi dengan modulasi QPSK dan kecepatan kereta 30km/jam dapat dilihat kurva BER terhadap SNR pada gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan BER MIMO 2×2 dengan dilakukan estimasi kanal dan tanpa estimasi kanal.

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa dengan penambahan faktor K dan sudut elevasi yang kecil ($K=1.41\text{dB}$, sudut elevasi 10°) maka kurva BER yang dihasilkan lebih jelek dibandingkan dengan faktor K dan sudut elevasi yang besar. Misalnya, pada SNR 30 dB dengan faktor K ($K=1.41\text{dB}$) menghasilkan BER sekitar 5×10^{-1} sedangkan dengan faktor K ($K=16.77\text{dB}$) menghasilkan BER sekitar 4×10^{-3} .

Pada gambar 5 juga dapat dilihat perbandingan hasil simulasi sistem dengan estimasi kanal dan tanpa estimasi kanal pada modulasi QPSK dan kecepatan kereta 30 km/jam. Misalnya, pada SNR sebesar 25 dB dan faktor K sebesar 1.41 dB maka dilihat bahwa BER yang dihasilkan pada sistem yang di estimasi lebih kecil dibandingkan pada sistem tanpa estimasi dengan nilai 1.5×10^{-4} (dengan estimasi) dan 6×10^{-1} (tanpa estimasi).

Sedangkan pada SNR yang sama 25 dB dan faktor K sebesar 16.77 dB menghasilkan BER sebesar 0.5×10^{-4} (dengan estimasi) dan 0.2×10^{-2} . Dengan demikian, sistem tanpa estimasi pada faktor K sebesar 1.41dB dan K sebesar 9.21dB perlu dilakukan estimasi kanal dan dengan BER yang sama sistem yang dilakukan estimasi kanal mempunyai performansi yang lebih baik dibanding dengan tanpa ada estimasi kanal dengan perbaikan BER sekitar 18 dB.

4. Kesimpulan

Pada kondisi ergodik, kapasitas menurun seiring pertambahan faktor K yang ekuivalen dengan sudut elevasi HAP yaitu menjadi 6.21 bit/s/Hz dan 5.51bit/s/Hz pada saat sudut elevasi 60° ($K=6.35\text{dB}$) dan sudut elevasi 90° (16.77dB) pada SNR yang sama. Sehingga semakin kecil sudut elevasi atau semakin kecil faktor K maka kapasitas yang dilayani juga semakin banyak. Sistem tanpa estimasi pada faktor K sebesar 1.41dB dan K sebesar 9.21dB perlu dilakukan estimasi kanal dan dengan BER yang sama sistem yang dilakukan estimasi kanal mempunyai performansi yang lebih baik dibanding dengan tanpa ada estimasi kanal dengan perbaikan BER sekitar 18 dB.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Kopertis V atas bantuan dana penelitian (DIPA) yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- _____, 2010, 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), Physical Channels and Modulation (Release 9), 3GPP TS 36.211 V9.1.0.
- Ayadi,J.,Hutter, A.A,Farserotu,J. "On the multiple Input Multiple Output capacity of Ricean Channels". 0-7803-7442-8/02. 2002. IEEE
- Choo,Y.s.,Yang,J. K. W. Y.,Kang, C. G., MIMO-OFDM wireless communications with matlab. John Wiley & Sons(Asia) Ltd .2010
- Grace,D. and Mohorcic,M., "Broadband Commnucation via High Altitude Platform". John wiley & sons Ltd, 2011.UK

- Irma Zakia, Suhartono Tjondronegoro, Iskandar, Adit Kurniawan. "Sum Rate Capacity of Multiuser MISO Designed for HAPS High Speed Train Application". 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics 17-19 July 2011, Bandung, Indonesia. IEEE. 2011
- Iskandar, and Shimamoto,S. , The channel characterization and performance evalution of mobile Communication Employing Stratospheric Platform, IEEE, 2005
- Khalifi,A.H.and Bouallegue,R., 2011. Performance Analysis LS and LMMSE Channel Estimation Techniques for LTE Downlink System. International Journal of Wireless & Mobile Networks(IJWMN). Vol 3. No 5. Oktober 2011
- Mohammed,A.and Yang,Z., "Broadband Communications and Applications from High Altitude Platforms," International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol 1, No. 3, May 2009.
- Mohammed,A. and Yang,Z.. "Next Generation Broadband Services from High Altitude Platforms". IGI Global . 2010.
- Rappaport,T.S., "Wireless Communications Principles and practice second edition", Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series,2010
- Thorton,J., Grace,D., Spillard,C., T.konefal and T.C. Tozer, "Broadband communication from High Altitude Platforms: the european Helinet programme" Electronic & communication Engineering jornal june 2001
- Waluyo,C.B and Iskandar, Performance analysis with LMMSE for MIMO LTE on the High Altitude Platform Station, Pages: 308 - 313, DOI: 10.1109/ICEEI.2015.7352516, IEEE.2015
- Zarrinkoub,H., "Understanding LTE with matlab from Mathematical modeling to simulation and prototyping". John wiley & sons Ltd. 2014.

