

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

Catur Budi Waluyo¹, Yenni Astuti²
Program Studi Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
¹catur_budiwaluyo@yahoo.co.uk

Abstract

In the development of wireless communications, to provide high-speed data services and wide bandwidth become a challenge. One technique to make it happen is by using Multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) modulation, where in OFDM, frequency selective fading channel effect will be perceived flat fading by each subcarrier. One communication system that supports OFDM technology is Long Term Evolution (LTE) with various types of bandwidth configurations provided. To improve LTE performance in capacity building, coverage area and data rate, it can use multi antenna technique both in receiver and sender, and integrate with High altitude platform station (HAPs) system. In this study the estimation used is Linear Minimum Mean Square (LMMSE). The relationship of the elevation angle and the K factor is directly proportional, but the elevation angle value is inversely proportional to the diameter of the HAPs coverage area. In addition, the more the number of used antennas, the greater the capacity served. Based on the simulation results, the system with estimation can be used to expand the coverage area to 215.77 km which is from 0.032 km in QPSK modulation, speed 60 kmpj with 2x2 antennas.

Keywords: HAPs, LTE, capacity, coverage

Abstrak

Pada perkembangan komunikasi wireless untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi dan bandwidth yang lebar merupakan sebuah tantangan. Salah satu teknik untuk mewujudkannya adalah dengan menggunakan modulasi *Multicarrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), dimana pada OFDM efek kanal *frequency selective fading* akan dirasakan *flat fading* oleh setiap subcarriernya. Sistem komunikasi yang mendukung teknologi OFDM salah satunya adalah *Long Term Evolution* (LTE) dengan berbagai jenis konfigurasi bandwidth yang disediakan. Untuk meningkatkan performansi LTE dalam peningkatan kapasitas, area cakupan dan kecepatan data, maka dapat menggunakan teknik multi antena baik dipenerima maupun pengirim serta di integrasikan dengan sistem *High altitude platform station* (HAPs). Pada penelitian ini estimasi yang digunakan yaitu *Linier Minimum Mean Square Error* (LMMSE). Hubungan sudut elevasi dan faktor K nilainya berbanding lurus, tetapi nilai sudut elevasi berbanding terbalik terhadap diameter area cakupan HAPs. Selain itu, semakin banyak jumlah antena yang digunakan maka kapasitas yang dilayani juga semakin besar. Berdasarkan hasil simulasi, sistem dengan estimasi dapat digunakan untuk memperluas cakupan area menjadi 215.77km yang semula dari 0.032km pada modulasi QPSK, kecepatan 60kmpj dengan jumlah antena 2x2.

Kata kunci: HAPs, LTE, Kapasitas, cakupan area.

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), dimana pada OFDM efek kanal *frequency selective fading* akan dirasakan *flat fading* oleh setiap subcarriernya. Sistem komunikasi yang mendukung teknologi OFDM salah satunya adalah *Long Term Evolution* (LTE) dengan berbagai jenis konfigurasi bandwidth yang disediakan. Selain operasi bandwidth yang flexibel, 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 dipenerima maupun pengirim atau sering disebut *multiple input multiple output* (MIMO) (Zarrinkoub,2014; Khalifi dan Bouallegue,2011). MIMO yaitu dengan menggunakan beberapa antena 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.

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 dan 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 dkk,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 Kapasitas

Menurut (Waluyo C.B, 2015; Y.S Choo, 2010) kapasitas untuk sistem sistem nirkawat dengan jumlah antena pengirim n_T , antena penerima n_R , dan rata-rata *signal to noise ratio* (SNR) dapat dinyatakan pada persamaan 1.

$$C = \log_2 \left\{ \det \left[I_{n_R} + \left(\frac{SNR}{n_T} \right) H R_{xx} H^H \right] \right\} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

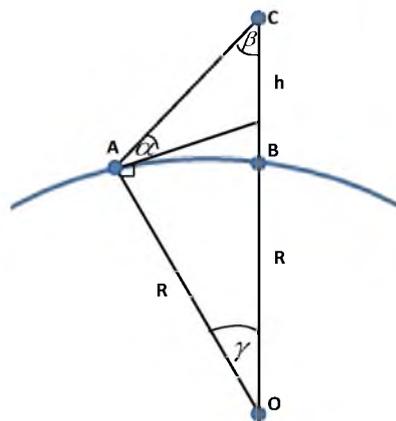
Dimana matrik kanal H terdiri dari kompleks skalar dengan rata-rata daya yang hilang.

Kapasitas dinyatakan dalam *bit/s/Hz* yang tidak tergantung dengan frekuensi, dan normalisasi matrik diperoleh dengan pembagian daya yang hilang pada daerah bebas dan parameter SNR yang diinginkan. Menurut (Ayadi J et al 2002) jika elemen matrik kanal terdefinisi maka kapasitas juga terdefinisi, tetapi jika elemen matrik menjadi acak maka elemen matrik kanal juga acak.

Tabel 2 Hubungan faktor K dan sudut elevasi pada kanal komunikasi HAP (iskandar dan S. 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

Menurut (Ayadi J et al 2002; Waluyo C. B.,2016) faktor K juga berpengaruh terhadap kapasitas dari sistem. Semakin besar faktor K maka semakin kecil kapasitas yang dilayani baik dalam kanal rayleigh maupun pada kanal ricean. Dengan melihat hubungan faktor K dan sudut elevasi pada tabel 2, sehingga dapat dinyatakan bahwa sudut elevasi juga dapat mempengaruhi kapasitas dari sistem komunikasi HAP.



Gambar 1 Parameter Geometri pada *High Altitude Platform*

Menurut (Zakia I. et al, 2011) untuk menghitung penguatan multiplexing banyak pengguna dapat didefinisikan pada persamaan 2.

$$Mux_{gan} = \frac{C}{\log_2(10^{SNR/10})} \tag{Persamaan 2}$$

Dimana C adalah kapasitas yang di normalisasi pada grafik jumlah laju kapasitas (*bits/s/Hz*), SNR adalah *signal to noise ratio (dB)*

2.3 Geometry Sistem

Pada sistem komunikasi *High Altitude Platform*, sistem model kanal yang dianalisa dengan skenario pada posisi ketinggian h yang ditunjukkan pada gambar 1. Dimana pada gambar 1 parameter yang digunakan α adalah sudut elevasi pengguna (dalam derajat), h adalah tinggi dari sistem (dalam km), R adalah jari-jari bumi (6400 km), Dengan mempertimbangkan kelengkungan bumi, jari-jari area yang diterima oleh user yang dinyatakan sebagai panjang AB dapat dihitung secara matematis dengan persamaan 3.

$$AB = \frac{\angle AOB}{360} \times 2\pi R \tag{Persamaan 3}$$

Dimana 2π setara dengan sudut 360° maka jari-jari area atau panjang AB dapat dilihat pada persamaan 4.

$$AB = (90 - \beta - \alpha)R \tag{Persamaan 4}$$

Untuk menghitung nilai β dapat dihitung secara matematis dengan prinsip perbandingan trigonometri yang ditunjukkan pada persamaan 5.

$$\frac{OA}{\sin \beta} = \frac{OC}{\sin(90 + \alpha)} = \frac{R}{\sin \beta} = \frac{R + h}{\sin(90 + \alpha)} \tag{Persamaan 5}$$

$$\sin \beta = \frac{R}{R + h} \sin(90 + \alpha)$$

Dengan sifat trigonometri $\sin(90 + \alpha) = \cos \alpha$ dan persamaan 5 maka didapat persamaan 6.

$$\begin{aligned} \cos(90 - \beta) &= \sin \beta \\ (90 - \beta) &= \cos^{-1}\left(\frac{R}{R+h} \cos \alpha\right) \end{aligned} \quad \text{(Persamaan 6)}$$

Berdasarkan persamaan 5 dan 6 maka didapat persamaan untuk mencari panjang AB seperti yang ditunjukkan pada persamaan 7.

$$AB = \left(\cos^{-1}\left(\frac{R}{R+h} \cos \alpha\right) - \alpha \right) R \quad \text{(Persamaan 7)}$$

Sehingga untuk menghitung diameter area cakupan dari HAP dapat dihitung dengan persamaan 8.

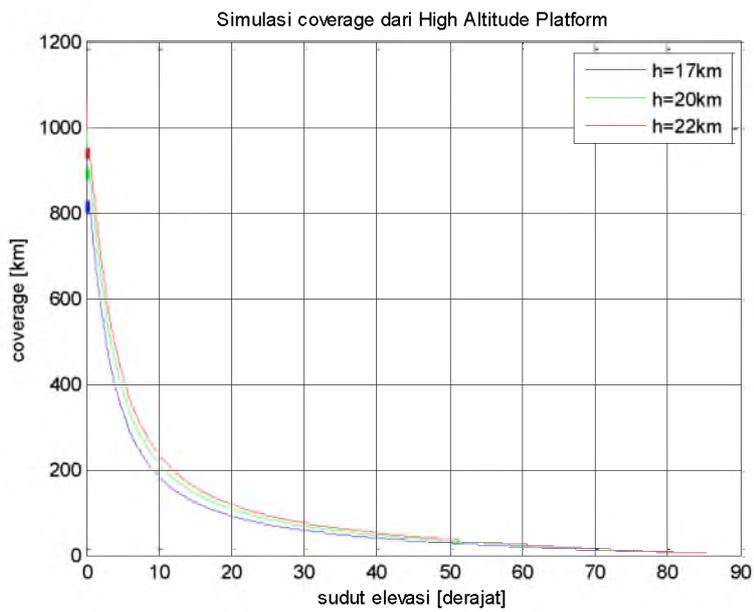
$$diameter = \left(\cos^{-1}\left(\frac{R}{R+h} \cos \alpha\right) - \alpha \right) 2R \quad \text{(Persamaan 8)}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hubungan Ketinggian HAPs dengan Coverage

Berdasarkan persamaan 7 maka hubungan diameter area cakupan HAPs dengan ketinggian h 17 km sampai 22 km dan sudut elevasi sesuai pada tabel 2 dapat dilihat pada gambar 3. Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 2 maka hubungan data diameter area cakupan HAPs (dalam kilo meter) dan sudut elevasi dapat disajikan dalam bentuk tabel 3.

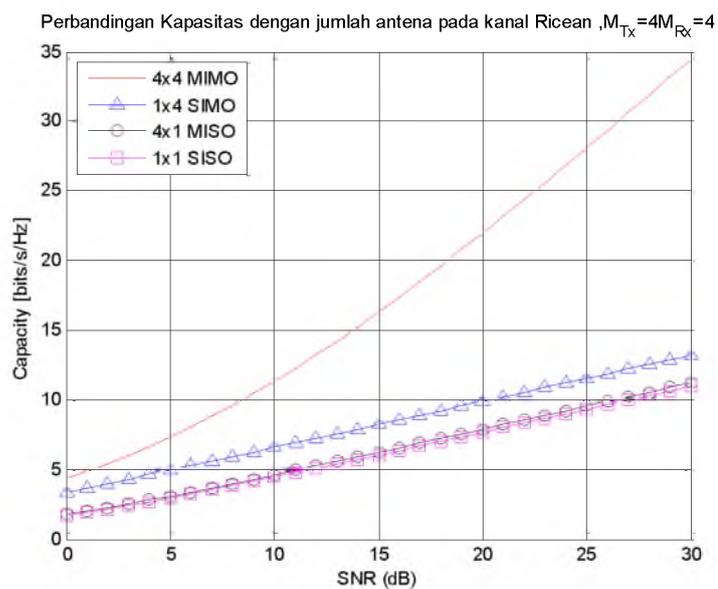
Sehingga dengan melihat tabel 3 hubungan faktor K, sudut elevasi, posisi ketinggian HAPs dan diameter area cakupan yaitu Semakin besar sudut elevasi maka faktor K semakin besar juga. Semakin besar sudut elevasi maka semakin kecil diameter area cakupannya. Tetapi semakin tinggi posisi HAPs maka semakin besar diameter area cakupannya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sudut elevasi dan faktor K nilainya berbanding lurus, tetapi nilai sudut elevasi berbanding terbalik terhadap diameter area cakupan HAPs.



Gambar 2 Hubungan diameter area cakupan HAP dan sudut elevasi dengan ketinggian 20 km

Tabel 3 Diameter area cakupan HAPs (dalam kilo meter) berdasarkan sudut elevasi

Ketinggian	Sudut elevasi									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
17 km	924,596	184,727	92,286	58,532	40,363	28,451	19,592	12,363	6,003	0,027
20 km	1002,667	215,777	108,333	68,780	47,447	33,451	23,037	14,538	7,060	0,032
22 km	1051,467	236,244	118,992	75,599	52,164	36,780	25,331	15,986	7,763	0,035



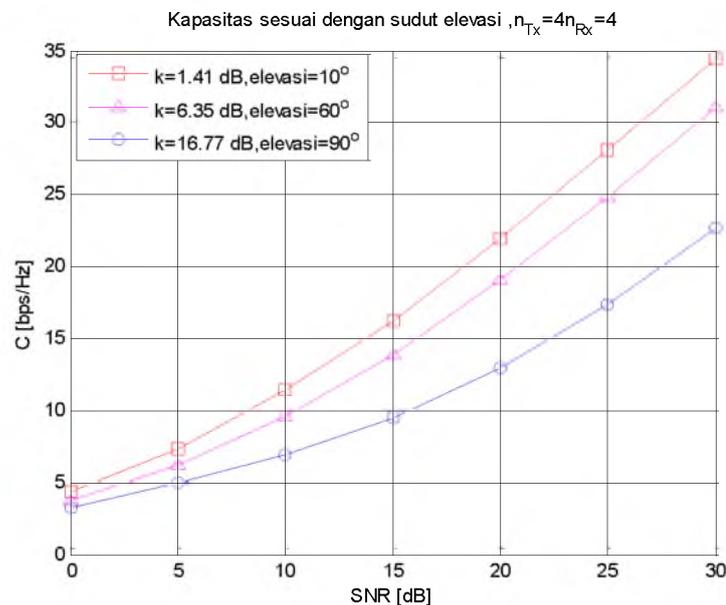
Gambar 3 Perbandingan kapasitas dengan jumlah antenna pada kanal Ricean

3.2 Hubungan Faktor K dengan kapasitas pada MIMO 4x4

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 4 antena pengirim dan 4 antena penerima karena pada sistem MIMO 4x4 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 dengan MIMO 4x4 dapat dilihat pada gambar 3.

Pada sistem komunikasi HAPs, pada kanal ricean terdapat hubungan faktor K dan sudut elevasi sesuai penelitian. 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 4. Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 4 maka hubungan antara faktor K dan kapasitas (dalam *bps/Hz*) dapat disajikan dalam bentuk tabel 4.

Berdasarkan pada tabel 4 pada saat sudut elevasi 10° atau faktor $K = 1.41\text{dB}$ dengan SNR 10 dB, kapasitas ergodik sebesar 6.80 bit/s/Hz. Kapasitas tersebut menurun seiring pertambahan faktor K atau 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.



Gambar 4 Perbandingan jumlah kapasitas sesuai dengan sudut elevasi pada kanal ricean.

Tabel 4 Diameter area cakupan HAPs (dalam kilo meter) berdasarkan sudut elevasi

Sudut Elevasi	Faktor K	SNR						
		0	5	10	15	20	25	30
10°	1,41	4,313133	7,319088	11,29486	16,24452	21,85037	27,95605	34,58254
60°	6,35	3,751645	6,186969	9,49438	13,79124	19,03651	24,91491	31,12592
90°	16,77	3,24081	4,924633	6,933995	9,520559	12,97362	17,38462	22,69056

3.3 Hubungan BER dan area cakupan

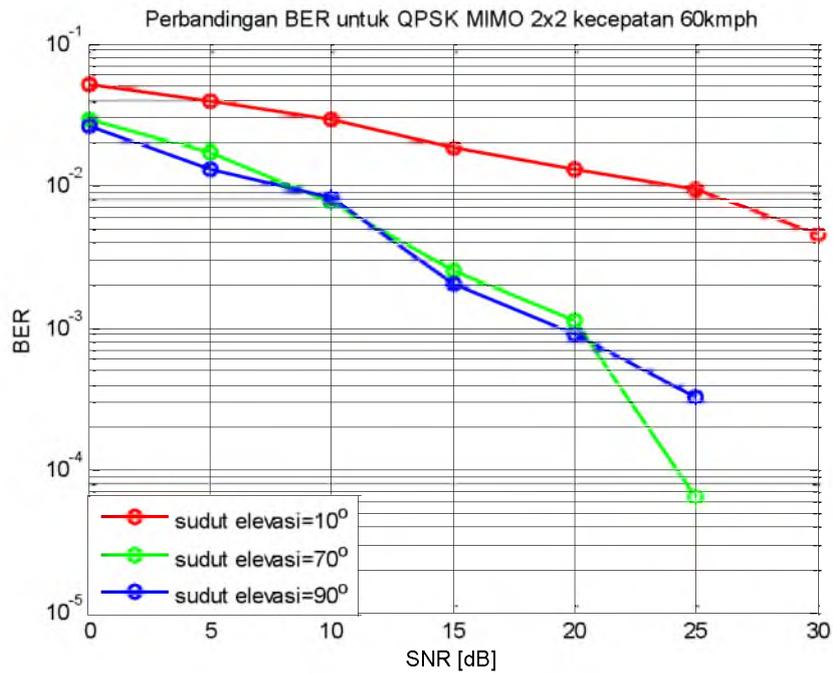
Secara praktis, pada komunikasi digital terdapat hubungan antara BER dan jarak jangkau penerima ke pengirim sehingga semakin jauh coverage maka semakin besar BER dan multipathnya. Untuk melihat hubungan antara BER dan area cakupan maka pada simulasi menggunakan sudut elevasi 10°(faktor K sebesar 1.41dB), sudut elevasi 70°(faktor K sebesar 9.21dB) dan sudut elevasi 90° (faktor K sebesar 16.77 dB) dapat dilihat pada gambar 5.

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa pada sudut elevasi 10° mempunyai BER yang lebih besar dibandingkan dengan sudut elevasi yang lain. Misalnya pada SNR 20dB, BER sistem pada sudut elevasi 10° sebesar 0.13×10^{-2} sedangkan BER sistem pada sudut elevasi 70° dan 90° masing-masing sebesar 0.11×10^{-3} dan 0.92×10^{-4} . Untuk secara detail data hasil simulasi dapat disajikan dalam bentuk tabel 5.

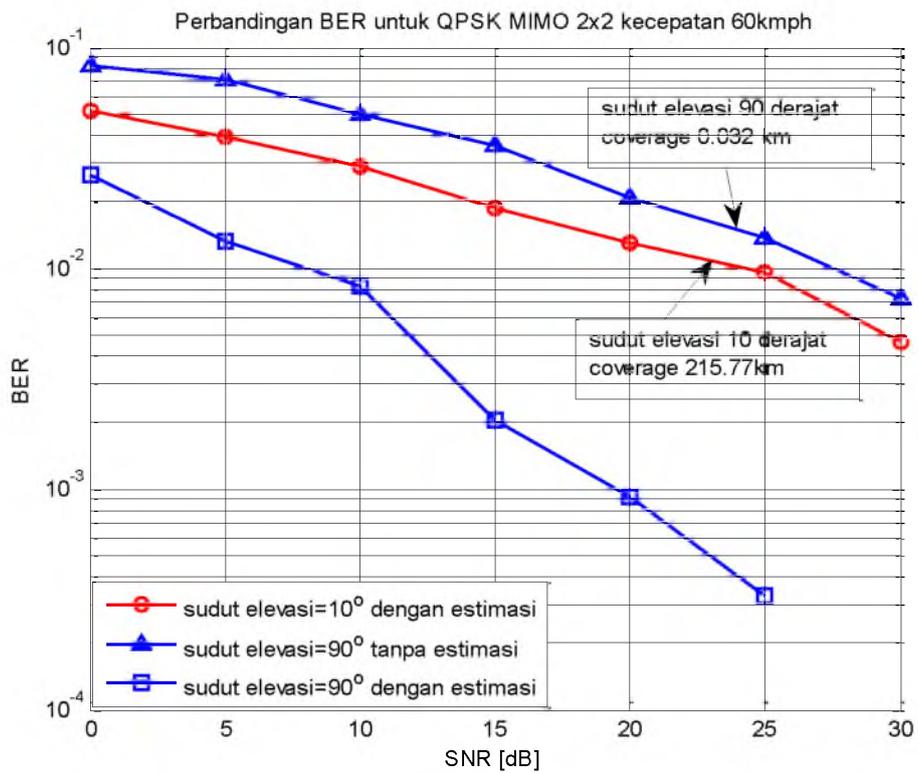
Berdasarkan tabel 5 dapat dilihat bahwa sistem yang mempunyai area cakupan yang besar, maka mempunyai BER yang besar juga. Hal itu disebabkan karena semakin jauh area cakupan yang dilayani maka multipath akan semakin besar. Untuk perbandingan sudut elevasi dan area cakupan pada sistem yang diestimasi dan tanpa estimasi dapat dilihat pada gambar 6.

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa pada SNR 25dB dengan sudut elevasi 90°, sistem yang tanpa dilakukan estimasi kanal mempunyai BER sebesar 0.5×10^{-2} sedangkan sistem dilakukan estimasi mempunyai BER sebesar 2.3×10^{-4} Sehingga sistem yang dilakukan estimasi kanal mempunyai performansi yang lebih baik dibanding dengan sistem tanpa estimasi dengan perbaikan SNR sebesar 20dB.

Selain itu, berdasarkan gambar 6 dapat dilihat juga bahwa sistem yang di lakukan estimasi kanal pada sudut elevasi 10° mempunyai performansi BER yang lebih baik dibanding dengan sistem tanpa estimasi pada sudut elevasi 90°. Dengan demikian, untuk mendapatkan BER yang sama pada sistem yang dilakukan estimasi perlu di turunkan sudut elevasi menjadi 10 dan masih ada perbaikan SNR sebesar 3dB dibandingkan dengan sistem tanpa ada estimasi. Dengan diturunkan sudut elevasi dari 90° menjadi 10° maka area jangkauan juga semakin besar menjadi 215.77km yang semula dari 0.032km.



Gambar 5 BER pada kecepatan 60km/jam dengan modulasi QPSK



Gambar 6 Perbandingan BER pada sistem dengan estimasi kanal dan tanpa estimasi kanal pada sudut elevasi 90°

Tabel 5 Perbandingan BER terhadap area cakupan dan faktor K

Coverage [km]	Sudut elevasi	Faktor K [dB]	SNR (dB)						
			0	5	10	15	20	25	30
215.77	10°	1,41	0,051776	0,039605	0,029013	0,018816	0,013092	0,009474	0,004605
14.538	70°	9,21	0,029342	0,017368	0,007697	0,0025	0,001118	6,58E-05	0
0.032	90°	16,77	0,026447	0,013224	0,008289	0,002039	0,000921	0,000329	0

4. Kesimpulan

Pada sistem komunikasi High Altitude Platform hubungan sudut elevasi dan faktor K nilainya berbanding lurus, tetapi nilai sudut elevasi berbanding terbalik terhadap diameter area cakupan HAPs. Selain itu, semakin banyak jumlah antenna yang digunakan maka kapasitas yang dilayani juga semakin besar.

Untuk BER pada sistem tanpa estimasi pada sudut elevasi 90°, nilainya setara dengan BER pada sistem yang dilakukan estimasi pada sudut elevasi 10° dan masih ada perbaikan SNR sebesar 3dB dibandingkan dengan sistem tanpa ada estimasi. Sehingga secara praktis, sistem dengan estimasi dapat digunakan untuk memperluas cakupan area menjadi 215.77km yang semula dari 0.032km.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Ristek Dikti atas bantuan dana penelitian dosen pemula yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- 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 Communcation 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 evaluation 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.*
- 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*
- Wahyo,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*
- Wahyo,C.B.. Analisis MIMO untuk peningkatan kapasitas sistem seluler 4G LTE pada sistem komunikasi High Altitude Platform Station. hal: 111 – 119. Jurnal Angkasa edisi November.STTA. 2016*
- Zarrinkoub,H., “Understanding LTE with matlab from Mathematical modeling to simulation and prototyping”. John wiley & sons Ltd. 2014.*

