

PENINGKATAN BER PADA KANAL KOMUNIKASI HAPS DENGAN MENGGUNAKAN NOMA-MIMO

Nadya Glaudira^{1*}, Vincent²,

^{1,2}Universitas Siliwangi; Indonesia; nadyaglaudira@unsil.ac.id

³ Institut Teknologi Bandung; Indonesia; 23221049@stei.itb.ac.id

Received: 17 Januari 2025

Accepted: 17 Maret 2025

Published: 14 April 2025

Keywords:

Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA); Multiple Input Multiple Output (MIMO); High Altitude Platform Station (HAPS)

Correspondent Email:

nadyaglaudira@unsil.ac.id

Abstrak. High Altitude Platform Station (HAPS) merupakan teknologi yang memanfaatkan lapisan stratosfer untuk menempatkan satu atau beberapa pesawat udara pada ketinggian 20 km dari permukaan bumi. Kemampuan HAPS yang paling menjanjikan yaitu mengamankan peran dalam generasi keempat (4G) dan konsep teknologi selanjutnya pada Generasi Kelima (5G) yaitu menyediakan *throughput* yang tinggi. Dengan menggabungkan kehandalan Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA) yang merupakan teknik *multiple access*, saat ini tengah dilakukan penelitian seputar penerapannya pada sistem komunikasi 5G. Pada NOMA *multiple user* dapat dilayani pada waktu yang berbeda atau pada frekuensi yang berbeda secara bersamaan. Keunggulan penerapan NOMA pada sistem komunikasi 5G antara lain efisiensi dalam penggunaan spektrum frekuensi, meningkatkan kemudahan antar pengguna dan meningkatkan *throughput* untuk setiap pengguna. Dilengkapi dengan Multiple Input Multiple Output (MIMO) yang dikenal sebagai teknik serbaguna untuk meningkatkan kapasitas yang dapat dikombinasikan dengan berbagai teknik *multiple access*. Dengan menggunakan MIMO maka dapat dilakukan perbaikan BER (*Bit Error Rate*), mendapatkan trend yang lebih baik. Dengan nilai BER yang sama dapat menggunakan SNR yang lebih rendah. Pada paper ini, kami melakukan perbaikan BER menggunakan NOMA MIMO 2x2 pada HAPS dengan faktor k yang berbeda pada kanal rician. *User 1 (Near User)* mendapatkan 20%, *User 2 (Far User)* mendapatkan 80%. Untuk kinerja BER, terdapat kecenderungan semakin tinggi nilai k maka BER akan semakin baik dengan kecenderungan nilai yang diperoleh semakin menurun. Selain itu, kami juga melakukan plot data rate dan kami mendapatkan trend menurun seiring dengan meningkatnya nilai k dengan alokasi daya pada semua kondisi.

Abstract. High Altitude Platform Station (HAPS) is a technology that utilizes layers stratosphere to place one or more aircraft (gas balloons or airplane type) at an altitude of 20 km from the earth's surface. The most promising capability of HAPS is securing a role in the fourth generation (4G) and subsequent technology concepts in Fifth Generation (5G) is to provide throughput high in backhaul link for picocell and femtocell on land-based needs. By combining the reliability of Non-Orthogonal Multiple Access (NOMA), which is a multiple access technique, currently research is being carried out around its application to 5G communication systems. In NOMA multiple users can be served at different times or at different frequencies simultaneously. The advantages of implementing NOMA in the 5G communication system include, among others, the efficiency in using the frequency spectrum, increasing fairness between users and increasing throughput for each user. Equipped with Multiple Input Multiple Output (MIMO) which is known as a versatile technique for increasing capacity that can be combined with various multiple access techniques. By using MIMO it

is possible to improve the BER, get a better trend. With the same BER value can use a lower SNR. In this paper, we perform BER improvement using NOMA MIMO 2x2 on HAPS with different k factors on the rician channel. User 1 (Near User) gets 20%, User 2 (Far User) gets 80%. For BER performance, there is a tendency for the higher the value of k , the BER will get better with the tendency for the value obtained to decrease. In addition, we also plot the data rate and we get a downward trend as the value of k increases with power allocation in all conditions.

1. PENDAHULUAN

HAPS (*High Altitude Platform Station*) merupakan metode terkini yang digunakan dalam dunia telekomunikasi nirkabel sebagai jalan tengah bagi sistem komunikasi satelit dan terrestrial (tower). Teknologi HAPS merupakan teknologi yang memanfaatkan lapisan stratosfer untuk menempatkan satu atau beberapa pesawat udara (balon gas atau sejenis pesawat terbang) pada ketinggian 20 km dari permukaan bumi dan kemudian digunakan sebagai wahana transmisi baik telekomunikasi, internet, TV berbayar maupun Penginderaan Jauh (vulkanologi, oseanografi, *local positioning system*, *radar over horizon*, dan lain-lain).[3] Teknologi HAPS disebut-sebut sebagai solusi atas minimnya infrastruktur pada sistem terrestrial maupun satelit. Kekurangan sistem terrestrial terletak pada fleksibilitas dan mobilitasnya, memang sistem ini memungkinkan pengguna untuk menempatkan payload-nya pada posisi yang dekat dengan bumi, namun harga yang harus dibayarkan cukup besar.[2] Sedangkan kekurangan sistem satelit adalah risiko yang tinggi, keterbatasan ekspansi *bandwidth* dan waktu tunda, biaya yang tinggi untuk suara dan data interaktif serta biaya keseluruhan yang tinggi (perakitan, perawatan, *rollout*, dan lain-lain). Jadi sebenarnya HAPS mencoba menggabungkan konsep sistem satelit pada jangkauan terrestrial. HAPS juga dapat diterapkan sebagai faktor pelengkap pada jaringan terrestrial atau satelit yang sudah ada. Dapat juga digunakan sebagai cadangan darurat atau pemindahan beban lalu lintas. Teknologi HAPS didefinisikan sebagai platform teknologi generasi ke-3 atau 3G. Platform yang akan ditempati HAPS adalah perangkat stasiun pangkalan di sisi terrestrial.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kanal Rician

Kanal yang sesuai dengan karakteristik teknologi HAPS adalah kanal Rician dan kanal AWGN. Hal ini dikarenakan posisi HAPS yang berada pada ketinggian 21 km dari permukaan bumi sehingga pancaran dari stasiun pengirim di HAPS dengan stasiun bumi mempunyai satu lintasan yaitu LOS (*Line of Sight*) tetapi tidak memungkinkan terjadinya multipath fading yang disebabkan oleh struktur bumi, bangunan dan pepohonan.[14] Di sekitar stasiun bumi yang menjadi acuan yang dapat digambarkan dalam distribusi Rician. Perbandingan antara daya sinyal LOS dan daya sinyal multipath disebut dengan Ricean K-factor yang menggambarkan kekuatan relatif dari komponen-komponen LOS. PDF (*Probability Density Function*) dari distribusi Rician dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x(t) = \sqrt{\frac{K}{K+1}} e^{j(2\pi f_d \cos(t_0) + \frac{1}{K+1} h(t))}$$

Faktor K yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari penelitian sebelumnya [6]. Faktor K juga merupakan fungsi dari sudut elevasi.

Tabel 1 Karakteristik Kanal HAPS *Downlink* [6]

Sudut Elevasi	K Factor [dB]	Pr [dBm]	Standar Deviasi [dB]
10	0.9	-88.6	5.2
20	1.5	-84.1	2.7
30	2.2	-84.4	1.8
40	4.1	-78.6	3.9
50	8.9	-74.9	1.5
60	11.4	-74.5	2.0
70	13.5	-74.0	2.8
80	15.2	-69.4	1.3
90	18.6	-67.3	0.5

di mana v , c masing-masing adalah kecepatan pengguna dan kecepatan cahaya, dan f_c adalah frekuensi pembawa. Jika daya total sinyal yang tersebar dilambangkan dengan $2\sigma^2$ dan daya sinyal LOS direpresentasikan sebagai A^2 , maka daya total yang diterima dan faktor K dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

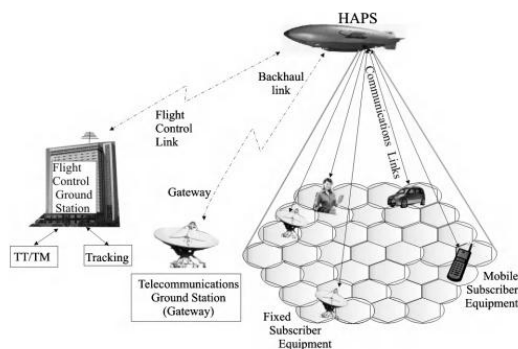
$$E[x^2(t)] = A^2 + 2\sigma^2$$

$$K = \frac{A^2}{2\sigma^2}$$

Maka persamaan (1) dapat ditulis ulang sebagai berikut:

$$H = \sqrt{\frac{K}{K+1}} Hd + \sqrt{\frac{K}{K+1}} Hs$$

Dimana H adalah komponen LOS, dan Hs adalah komponen tersebar. [14]



Gambar 1. Konsep Infrastruktur HAPS [5]

2.2 NOMA

NOMA yang merupakan kandidat LTE 3GPP [10] menawarkan teknik penggabungan pada waktu dan frekuensi yang sama. Pada teknik tersebut, pengguna dengan kondisi kanal yang lebih baik akan dialokasikan daya yang lebih sedikit dengan menerapkan *Superposition Coding* (SC) pada sisi pemancar dan pada sisi penerima, pengguna dengan kondisi kanal yang lebih baik akan mendekode informasi menggunakan *Successive Interference Cancellation* (SIC). [8]

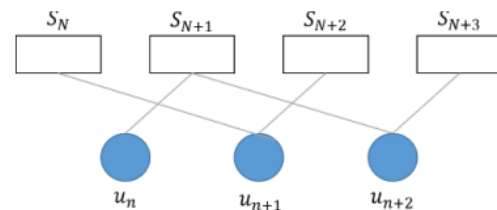
A. Superpositioning Coding (SC)

Superposition Coding (SC) merupakan teknik pengkodean yang memungkinkan *Base Station* (BS) untuk mengirimkan informasi dari beberapa pengguna secara bersamaan. Konsep

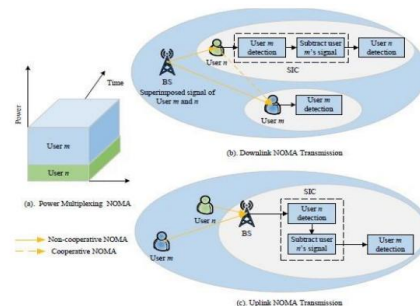
SC adalah mengkodekan pesan untuk pengguna dengan kondisi kanal yang buruk dan mengalokasikan daya dari pengguna dengan kondisi kanal yang lebih baik [5].

B. Successive Interference Cancellation (SIC)

Kapasitas suatu jaringan dapat ditingkatkan secara substansial dengan adanya teknik manajemen interferensi, untuk itu *Successive Interference Cancellation* (SIC) dianggap sebagai teknik yang menjanjikan untuk diterapkan dalam sistem komunikasi nirkabel. [1] Proses SIC terjadi dengan mendeteksi pengguna dengan sinyal terkuat terlebih dahulu yang memiliki sinyal interferensi paling sedikit. Kemudian pengguna mengulang pengkodean dan memodulasi ulang sinyal, kemudian sinyal tersebut direduksi menjadi sinyal komposit. Kemudian dilanjutkan dengan pengkodean berikutnya. Sinyal terkuat, hingga pengguna dengan sinyal terendah dapat melakukan *decoding* tanpa gangguan. [5]



Gambar 2. Representasi SIC

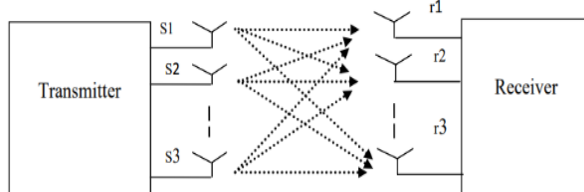


Gambar 3. Proses Transmisi NOMA

2.3 MIMO 2X2

MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan teknologi yang sedang berkembang dengan menggunakan prinsip diversity dengan tujuan untuk meningkatkan data rate dalam jangkauan yang lebih besar tanpa memerlukan bandwidth atau daya transmisi yang besar. Antenna MIMO secara sederhana digambarkan sebagai penggunaan lebih dari satu skema transmisi dan penerimaan antenna. [4] Kinerja

MIMO sendiri dipengaruhi oleh kombinasi jumlah antenna pada sisi pengirim dan penerima dan juga metode deteksi MIMO. Pada suatu sistem komunikasi nirkabel, jumlah antenna yang digunakan baik pada sisi pengirim maupun sisi penerima mempengaruhi kapasitas sistem. Pada penelitian ini antenna yang digunakan adalah 2 antenna pengirim dan 2 antenna penerima karena sistem MIMO 2x2 memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *Single Input Single Output* (SISO), *Multi Input Single Output* (MISO), *Single Input Multi Output* (SIMO). [9] Pada sistem komunikasi HAPS, pada kanal Ricean terdapat hubungan antara faktor K dengan sudut elevasi menurut penelitian. Semakin kecil sudut elevasi maka semakin besar kapasitas yang dilayani, namun semakin kecil sudut elevasi maka semakin besar pula BER. Ide pokok dari sistem MIMO adalah mentransmisikan rangkaian data yang berbeda-beda dengan menggunakan frekuensi pembawa yang sama sehingga diharapkan kapasitasnya akan bertambah meskipun lebar medan frekuensinya tidak bertambah. Selain itu, penggunaan beberapa kanal yang dilalui sinyal pada sistem MIMO memberikan keuntungan untuk menghasilkan sinyal terbaik dari kemungkinan sinyal buruk yang melalui kanal tersebut, sehingga diharapkan sistem MIMO akan mampu memberikan peningkatan kehandalan yang signifikan dibandingkan dengan sistem antenna pintar tradisional baik dari segi kapasitas maupun diversitas. Dengan karakteristik tersebut, MIMO menawarkan dua keuntungan utama, yaitu peningkatan kapasitas dan diversitas yang signifikan (*diversity gain* dan *multiplexing gain*). MIMO terbagi menjadi dua, yaitu *Space Time Block Code*. [7]



Gambar 4. MIMO 2x2

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi menggunakan MATLAB. Berikut disajikan pada

Tabel 2. Simulasi Parameter HAPS NOMA menggunakan MIMO 2x2

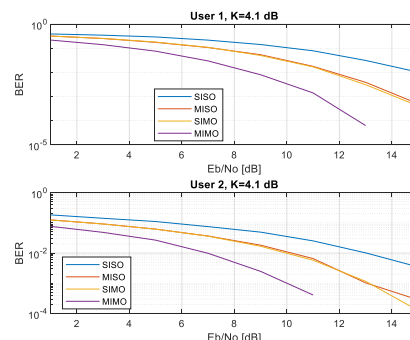
k[dB]	Elevation Angle [°]	$m = [(k^2) + 2k + 1] / (2k + 1)$
4.1	40	2.827
8.9	50	5.213
13.5	70	7.509
18.6	90	10.056

Tabel 3. Ricean K-Faktor untuk m-Nakagami

Parameter	Komponen	
MIMO	TX	RX
	2	2
User	2	
	NUE (Near User)	FUE (Far User)
Frequency	1.2 GHz	
Ketinggian HAPS	20 km	

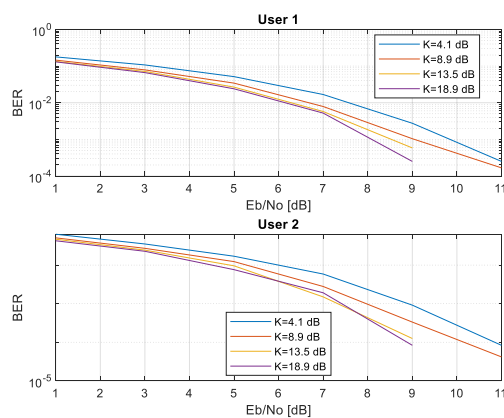
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan simulasi BER pada beberapa nilai k, terlebih dahulu dilakukan simulasi untuk membandingkan SISO (Tx=1 dan Rx=1), SIMO (Tx=1 dan Rx=2), MISO (Tx=2 dan Rx=1) dan MIMO Tx=2 dan Rx=1 dengan menggunakan nilai k sembarang, yaitu k = 4.1 dB. Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan bahwa kinerja dengan MIMO memperoleh BER terbaik (terkecil) dibandingkan dengan teknik lain pada Eb/No dalam kondisi yang sama.



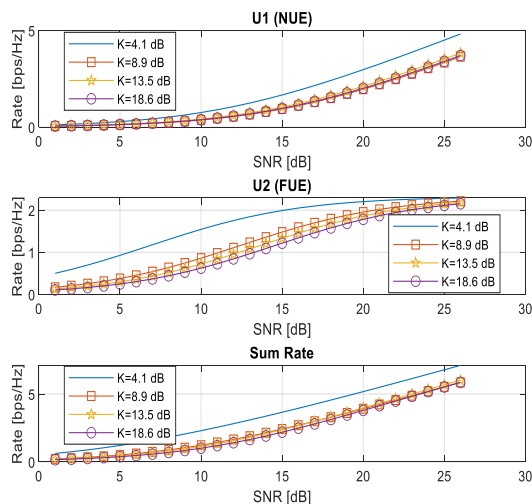
Gambar 5. Komparasi BER SISO, SIMO, MISO dan MIMO

Setelah dapat membuktikan dengan simulasi MATLAB bahwa kinerja MIMO dapat meningkatkan BER dalam makalah ini, kami melakukan simulasi lebih lanjut untuk menampilkan nilai BER untuk Eb/No menggunakan 2 pengguna pada nilai k yang berbeda. Dari hasil simulasi, ditemukan bahwa kurva BER semakin baik seiring dengan peningkatan nilai k. Pengguna 2 menghasilkan hasil yang lebih baik daripada pengguna 1 karena alokasi daya yang digunakan untuk pengguna 1 adalah 20% sedangkan pengguna 2 adalah 80%.



Gambar 6. BER NOMA MIMO 2x2 dengan HAPS

Selain pengujian kinerja BER, kami juga sempat melakukan simulasi untuk menampilkan nilai SNR terhadap laju data. Dari hasil simulasi, diketahui bahwa laju data cenderung menurun seiring dengan peningkatan nilai k.



Gambar 7. Rate NOMA MIMO 2x2 dengan HAPS

5. KESIMPULAN

- Dengan menggunakan MIMO, semakin rendah nilai BER maka trennya semakin baik. Dengan nilai BER yang sama pada SNR yang lebih rendah dibandingkan dengan Teknik SISO, SIMO dan MISO
- Hasil yang diperoleh bahwa data rate cenderung menurun seiring dengan meningkatnya nilai k.
- Nilai BER terhadap Eb/No dengan menggunakan 2 user pada nilai k yang berbeda. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa kurva BER semakin baik seiring dengan meningkatnya nilai k. User 2 menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan user 1 karena alokasi daya yang digunakan untuk user 1 sebesar 20% sedangkan user 2 sebesar 80%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Al Khansa, Y. Yin, G. Gui, and H. Sari, "Power Domain NOMA or NOMA 2000" Proc. APCC 2019, Nov. 2019, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- [2] A. Al Khansa, Y. Yin, G. Gui, and H. Sari, "Performance Analysis of Power-Domain NOMA or NOMA 2000 on AWGN and Rayleigh fading Channels,"
- [3] H. Sari, F. Vanhaverbeke, and M. Moeneclaey, "Multiple Access Using Two Sets of Orthogonal Signal Waveforms," IEEE Communications Letters, vol. 4, no. 1, pp. 4–6, Jan. 2000.
- [4] Bhasker Gupta, Davinder S. Saini, "BER Analysis of Space-Frequency Block Coded MIMO-OFDM Systems Using Different Equalizers in Quasi-Static Mobile Radio Channel", International Conference on Communication Systems and Network Technologies. 2011
- [5] Choo, Y.s., Yang, J. K. W. Y., Kang, C. G., MIMO OFDM wireless communications with matlab. John Wiley & Sons(Asia) L td. 2010
- [6] Iskandar, and Shimamoto, S. , The channel characterization and performance evaluation of mobile Communication Employing Stratospheric Platform, IEEE, 2005

- [7] 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
- [8] Zarrinkoub, H., "Understanding LTE with matlab from Mathematical modeling to simulation and prototyping". John Wiley & sons Ltd. 2014.
- [9] Khansa, H., Chen, X., and Sari, H. "A BER Analysis of NOMA on Rician Fading Channels"
- [10] J. Zhang, L. Dai, X. Zhang, E. Bjornson, and Z. Wang, "Achievable rate of rician large-scale MIMO channels with transceiver hardware impairments," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 65, no. 10, 830 pp. 8800–8806, Oct. 2016
- [11] C.-K. Wen, S. Jin, and K.-K. Wong, "On the sumrate of multiuser 969 MIMO uplink channels with jointly-correlated Rician fading," IEEE 970 Trans. Commun., vol. 59, no. 10, pp. 2883–2895, Oct. 2011.
- [12] X. Liu and X. Wang, "Efficient antenna selection and user scheduling 885 in 5G massive MIMO-NOMA system," in Proc. IEEE VTC, May 2016, 886 pp. 1–5
- [13] Z. Ding and H. V. Poor, "Design of massive-MIMO NOMA with limited 888 feedback," IEEE Signal Process. Lett., vol. 23, no. 5, pp. 629–633, 889 May 2016
- [14] Siahaan, K.G and Iskandar. Performance Improvement on the Downlink HAPS Communication Channel Employing MIMO Antenna. 2016