



# AMC pada Komunikasi Drone Mini di dalam Gedung dengan Metode SC Frekuensi 10 GHz

Andrita Ceriana Eska

*Teknik Elektro, Universitas Jember,  
Jl. Kalimantan, Jember, Indonesia*

\*Email : andritacerianaeska@gmail.com

## **Abstrak:**

Penelitian ini membahas tentang jaringan komunikasi pada drone mini yang menggunakan jaringan komunikasi seluler. Frekuensi komunikasi yang digunakan adalah 10 GHz. Pada drone mini tersebut bergerak di dalam gedung. Base station yang digunakan sebanyak dua buah, dengan cakupan pico cell. Sistem komunikasi menggunakan kondisi uplink. Propagasi pada sistem komunikasi tersebut dipengaruhi oleh difraksi, AWGN, redaman atmosfer, dan permitivitas bata. Pada penelitian ini menggunakan beberapa variasi dari AMC (Adaptive Modulation and Coding). AMC menggunakan MCS (Modulation Coding Scheme) yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Sebagai hasil didapatkan persentase cakupan komunikasi dengan permitivitas bata sebanyak 100%, tetapi modulasi QPSK pada AMC merupakan modulasi yang paling banyak digunakan. Persentase modulasi terbanyak adalah QPSK code rate 1/2 didapatkan 61,9%

*This is an open access article under the [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license*



## **Kata Kunci:**

*AMC;  
Gedung;  
Pico Cell;  
Drone;*

## **Riwayat Artikel:**

*Diserahkan 22 Feb, 2023  
Direvisi 26 Jan, 2024  
Diterima 30 Jan, 2024*

## **DOI:**

*10.22441/incomtech.v14i1.19554*

## **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan jaringan komunikasi seluler semakin meningkat. Perkembangan tersebut diantaranya seperti jaringan komunikasinya, pemanfaatan frekuensi komunikasi, peningkatan kapasitas, kecepatan transmisi data, dan sebagainya. Pada paper ini merupakan penelitian untuk sistem komunikasi drone mini frekuensi 10 GHz yang berada di dalam gedung dengan base station di luar gedung. Beberapa penelitian yang membahas tentang sistem komunikasi seluler diantaranya skema alokasi untuk *cognitive LTE-A femtocells* [1], Lokalisasi V2V pada MU-MIMO menggunakan gelombang milimeter [2], propagasi komunikasi pada *mobile* disekitar pepohonan yang menggunakan OFDM-QAM pada frekuensi 10 GHz [3], propagasi komunikasi dari *outdoor to indoor* dengan AMC pada frekuensi 10 GHz [4], 3GPP *rural macrocell path loss* untuk gelombang

milimeter [5], *doppler shift effect* dan mekanisme difraksi pada sistem komunikasi frekuensi 10 GHz sekitar gedung [6], gelombang milimeter dengan *diversity base station* untuk 5G [7], Gain antenna untuk efisiensi energi 5G pada infrastruktur komunikasi gelombang milimeter [8], penentuan lokasi untuk mobile station disekitar gedung dengan metode AoA menggunakan frekuensi 47 GHz [9], pengaruh multipath disekitar lingkungan bergedung untuk sistem komunikasi bergerak menggunakan frekuensi 47 GHz [10], AMC disekitar lingkungan bergedung untuk sistem komunikasi mobile pada kereta api [11], pengaruh difraksi pada sistem komunikasi bergerak disekitar gedung [12], Informasi lokasi untuk RIS pada komunikasi MIMO gelombang milimeter [13], Sistem gelombang milimeter pada 5G yang digunakan untuk *Reconfigurable Intelligent Surface* (RIS)[14], Sistem komunikasi *Vehicle-to-Infrastructure* (V2V) berdasarkan arah beamforming menggunakan gelombang milimeter [15], propagasi drone yang menggunakan komunikasi seluler dengan frekuensi 10 GHz [16].

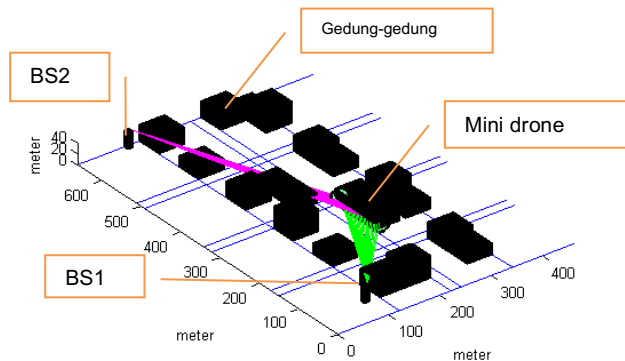
Komunikasi drone mini di dalam gedung terhubung dengan base station yang berada di luar gedung. Propagasi di luar gedung dimodelkan dengan lingkungan bergedung. Propagasi pada komunikasi tersebut dipengaruhi oleh mekanisme difraksi, redaman atmosfer, permitivitas bata, dan AWGN. Mekanisme difraksi pada propagasi di luar gedung tersebut dimodelkan menggunakan metode *Single Knife Edge*. Analisa pada penelitian ini terdiri dari SNR dengan *Adaptive Modulation and Coding* (AMC), persentase daerah cakupan komunikasi dari penggunaan pico cell, dan komunikasi menggunakan kondisi *uplink*. AMC menggunakan *Modulation and Coding Scheme* (MCS). MCS yang digunakan terdiri dari QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Pada QPSK coderate yang digunakan terdiri dari 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Pada 16 QAM coderate yang digunakan terdiri dari 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Pada 64 QAM coderate yang digunakan terdiri dari 2/3, 3/4, dan 4/5. Base station yang digunakan sebanyak dua buah, dan menerapkan selection combining dari pico diversity kedua base station tersebut.

## 2. METODE PENELITIAN

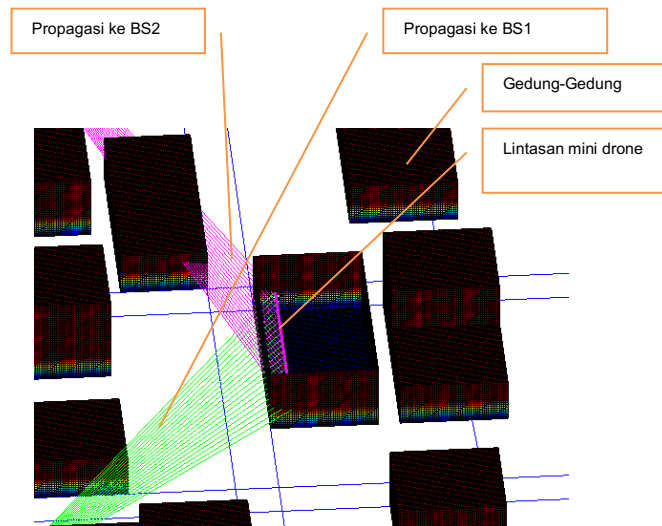
### 2.1 Model Lingkungan Komunikasi

Pada penelitian ini melakukan simulasi gerak drone yang memiliki ukuran kecil di dalam gedung. Drone mini tersebut menggunakan jaringan komunikasi mobile dengan dua buah Base Station. Frekuensi yang digunakan adalah 10 GHz. Pada gambar 1, ditunjukkan model lingkungan komunikasi berupa gedung-gedung dengan ketinggian yang bervariasi. Lintasan drone mini ditunjukkan sedang dicover oleh base station 1 dan base station 2. Sistem komunikasi dimodelkan dengan kondisi *uplink*. Pengaruh redaman pada jaringan komunikasi diantaranya yaitu redaman atmosfer, difraksi karena ketinggian gedung lainnya, dan permitivitas bata. Pada gambar 2, ditunjukkan propagasi komunikasi pada drone mini ketika berada di dalam bangunan. Sistem komunikasi yang digunakan menerapkan penggunaan bata untuk bagian tepi gedung. Lingkungan di luar gedung terdapat gedung-gedung dengan variasi ketinggian yang berbeda. Propagasi di luar gedung dapat terjadi difraksi. Penelitian ini, untuk mekanisme difraksi dimodelkan menggunakan metode *Single Knife Edge*. Base station pico

cell yang digunakan sebanyak dua buah. Penerapan *pico diversity* dari kedua base station tersebut menggunakan metode Selection Combining.



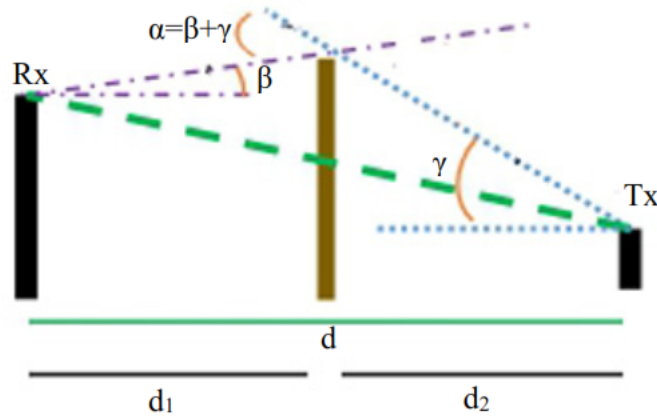
Gambar. 1 Model lingkungan komunikasi untuk lintasan drone mini



Gambar. 2 Detail komunikasi drone mini di dalam gedung

## 2.2 Mekanisme Difraksi

Mekanisme difraksi pada penelitian ini disebabkan oleh ketinggian gedung. Mekanisme difraksi dimodelkan dengan metode Single Knife Edge. Fresnel zone digunakan untuk cakupan nilai dari mekanisme difraksi. Metode Single Knife Edge dapat diperhatikan pada persamaan (1). Dimana  $\lambda$ ,  $v$ ,  $h$ ,  $d_1$ , dan  $d_2$  merupakan parameter-parameter yang terdiri dari long wave (m), Fresnel Kirchhoff, ketinggian difraksi (m), jarak pengirim terhadap halangan (m), and jarak penerima terhadap halangan (m), dapat diperhatikan pada Gambar (3) [17].



Gambar. 3 Metode Single Knife Edge

$$v = h \sqrt{\frac{d(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}} = \alpha \sqrt{\frac{2d_1 d_2}{\lambda (d_1 + d_2)}} \quad (1)$$

Komunikasi drone mini dimodelkan dengan kondisi uplink, Tx 30 dBm, gain antenna Rx 7 dBi, dan polarization loss -0,2 dB. Persamaan SNR ditunjukkan pada persamaan (2). Beberapa parameter yang digunakan diantaranya N (noise power), S (signal value), and SNR (signal to noise ratio) [17].

$$SNR = \frac{S}{N} \quad (2)$$

Parameter N ditunjukkan pada persamaan (3), yang terdiri dari K, B, NF, dan T dimana parameter-parameter tersebut merupakan konstanta Boltzman, bandwidth, noise figure, dan standard noise temperature (290°K) [17]. Nilai NF yang digunakan 6 dB, dan nilai B yang digunakan 800 MHz.

$$N = k T_o B + NF \quad (3)$$

Redaman propagasi komunikasi dipengaruhi atmosfer dan permitivitas bata. Dimensi bata di Indonesia berdasarkan Standard Nasional Indonesia (SNI) memiliki beberapa ukuran [18]. Sebagai asumsi pemodelan tersebut menggunakan salah satu dari dimensi tersebut yaitu 23cm (p), 11cm (l), 5.5cm (t). Untuk nilai permitivitas yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 3,75 berdasarkan rekomendasi ITU-R [19]. Persamaan (4) menunjukkan redaman atmosfer. Redaman atmosfer disebabkan karena oksigen dan water vapour [20]. Parameter  $\gamma$  and  $r_o$  merupakan redaman gas, dan panjang lintasan (km).

$$A = \gamma r_o dB \quad (4)$$

Proses AMC (Adaptive Modulation and Coding) berdasarkan modulasi dari MCS (Modulation and Cose Scheme). Pada penelitian ini MCS yang digunakan terdiri dari QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM [21]. Code rate modulasi QPSK yang digunakan diantaranya 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Code rate modulasi

16 QAM yang digunakan diantaranya 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Code rate modulasi 64 QAM yang digunakan diantaranya 2/3, 3/4, dan 4/5.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem komunikasi drone mini yang menggunakan jaringan komunikasi seluler dengan frekuensi 10 GHz. Drone mini bergerak pada lintasan di dalam gedung. Pada bagian tepi gedung menggunakan bahan bata. Penempatan dua buah base station pico cell berada di luar gedung. Penerapan pico diversity dari kedua base station tersebut menerapkan metode *Selection Combining*. Propagasi di luar gedung merupakan kondisi lingkungan bergedung dengan ketinggian yang bervariasi. Lingkungan bergedung tersebut menyebabkan terjadinya mekanisme difraksi. Mekanisme difraksi dimodelkan dengan metode *Single Knife Edge*. Analisa SNR dari hasil komunikasi dapat mempengaruhi AMC dari MCS yang digunakan. Titik-titik hasil komunikasi pada lintasan drone mini dapat diketahui persentase daerah cakupannya. Pada setiap titik-titik tersebut akan menggunakan modulasi yang berbeda-beda. Berdasarkan penggolongan MCS yang digunakan tersebut dapat diketahui modulasi yang paling banyak digunakan.

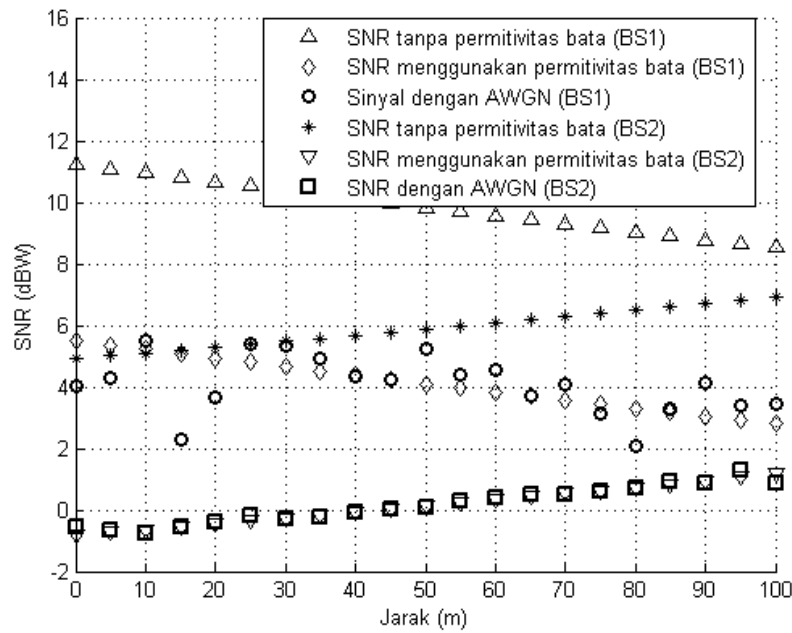
Hasil SNR komunikasi dapat diperhatikan pada gambar 4, dan penggunaan AMC komunikasi dapat diperhatikan pada gambar 5. Sistem komunikasi tersebut merupakan hasil komunikasi menggunakan BS1, BS2, dan SC. Beberapa kondisi komunikasi diantaranya SNR ketika tanpa redaman dari permitivitas bata, SNR dengan redaman dari permitivitas bata, dan SNR dengan AWGN. Kondisi SNR dengan kanal AWGN dan tanpa permitivitas bata diantaranya saat drone bergerak 10 meter pada BS1 didapatkan 7,8 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 4/5 dan BS2 didapatkan 6,63 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 4/5 sehingga SC menggunakan SNR 7,8 dB dengan modulasi QPSK code rate 4/5, saat drone bergerak 50 meter pada BS1 didapatkan 10,57 dB menggunakan modulasi 16QAM code rate 1/2 dan BS2 didapatkan 3,9 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 1/2 sehingga SC menggunakan SNR 10,57 dB dengan modulasi 16QAM code rate 1/2, saat drone bergerak 95 meter pada BS1 didapatkan 8,6 dB menggunakan modulasi 16QAM code rate 1/2 dan BS2 didapatkan 6,79 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 4/5 sehingga SC menggunakan SNR 8,6 dB dengan modulasi 16QAM code rate 1/2. Untuk data dalam bentuk tabel dapat diperhatikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa data SNR komunikasi

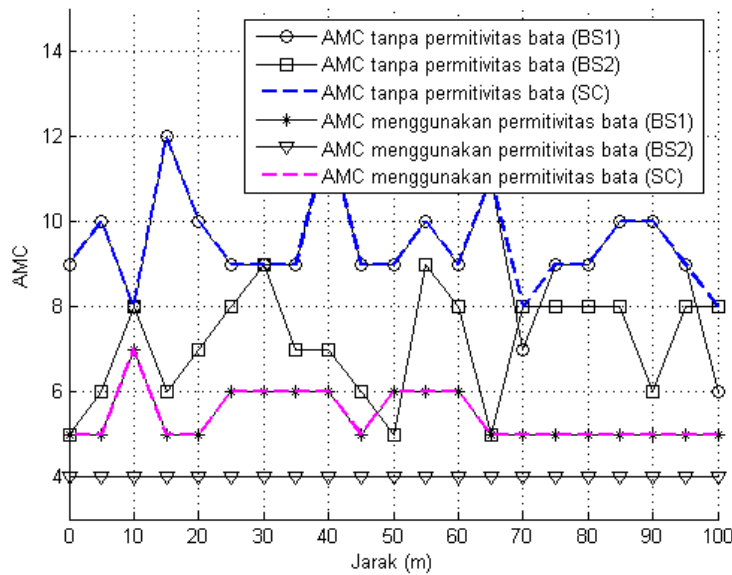
No	Titik (meter)	BS1		BS2		SC	
		SNR (dB)	MCS	SNR (dB)	MCS	SNR (dB)	MCS
1	10	7,8	QPSK 4/5	6,63	QPSK 4/5	7,8	QPSK 4/5
2	50	10,57	16QAM 1/2	3,9	QPSK 1/2	10,57	16QAM 1/2
3	95	8,6	16QAM 1/2	6,79	QPSK 4/5	8,6	16QAM 1/2

Kondisi SNR dengan kanal AWGN dan menggunakan permitivitas bata, diantaranya saat drone bergerak 10 meter pada BS1 didapatkan 5,5 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 3/4 dan BS2 didapatkan -0,79 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 1/3 sehingga SC menggunakan SNR 5,5

dB dengan modulasi QPSK code rate 3/4, saat drone bergerak 50 meter pada BS1 didapatkan 5,2 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 2/3 dan BS2 didapatkan -0,07 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 1/3 sehingga SC menggunakan SNR 5,2 dB dengan modulasi QPSK code rate 2/3, saat drone bergerak 95 meter pada BS1 didapatkan 3,4 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 1/2 dan BS2 didapatkan 1,27 dB menggunakan modulasi QPSK code rate 1/3 sehingga SC menggunakan SNR 3,4 dB dengan modulasi QPSK code rate 3/4.

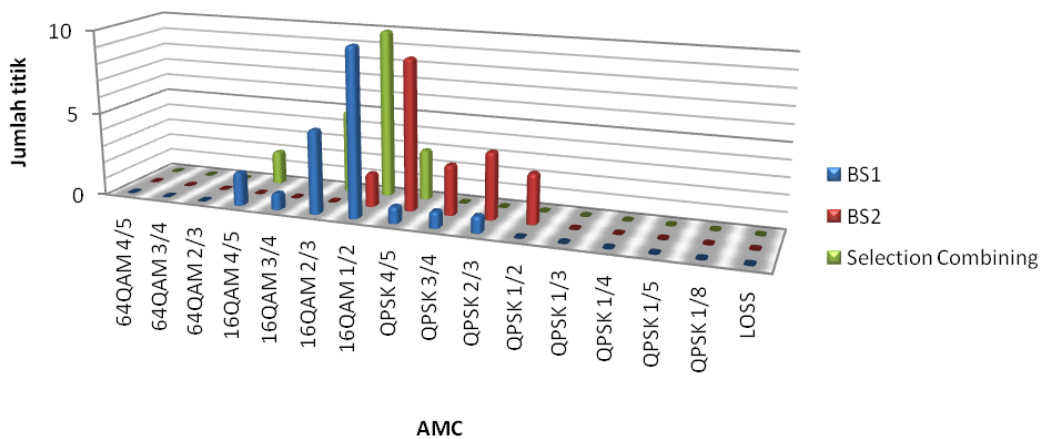


Gambar. 4 Nilai SNR pada BS1 dan BS2

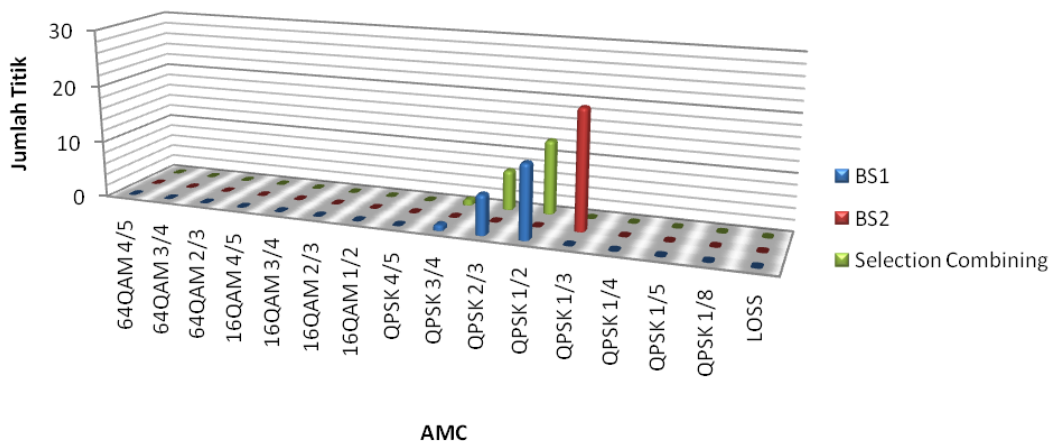


Gambar. 5 AMC dari kanal dengan AWGN

Pada gambar 6 merupakan hasil komunikasi berdasarkan jumlah node yang menggunakan AMC dengan BS1, BS2, dan SC. Beberapa kondisi dari penggunaan AMC tersebut diantaranya ketika tanpa permitivitas bata, dan menggunakan permitivitas bata. Pada gambar 7 merupakan persentase penggunaan AMC berdasarkan data jumlah node. Kondisi penggunaan AMC berdasarkan jumlah node terbanyak dan persentase tertinggi dari penggunaan modulasi ketika tanpa menggunakan permitivitas bata, yaitu penggunaan BS1 untuk 16QAM code rate 1/2 didapatkan sebanyak 10 nodes dengan persentase 47,6%, penggunaan BS2 untuk QPSK code rate 4/5 didapatkan sebanyak 9 nodes dengan persentase 42,86%, dan penggunaan SC untuk 16 QAM code rate 1/2 didapatkan sebanyak 10 nodes dengan persentase 47,6%. Kondisi penggunaan AMC berdasarkan jumlah node terbanyak dan persentase tertinggi dari penggunaan modulasi ketika menggunakan permitivitas bata, yaitu penggunaan BS1 untuk QPSK code rate 1/2 didapatkan sebanyak 13 nodes dengan persentase 61,9%, penggunaan BS2 untuk QPSK code rate 1/3 didapatkan sebanyak 21 nodes dengan persentase 100%, dan penggunaan SC untuk QPSK code rate 1/2 didapatkan sebanyak 13 nodes dengan persentase 61,9%.

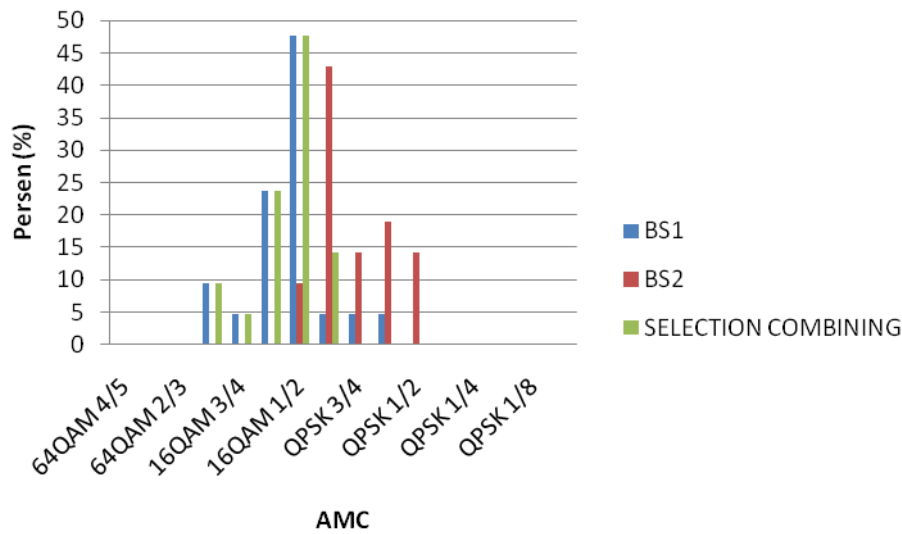


Gambar. 6 Jumlah titik dengan AMC dan tidak menggunakan permitivitas bata

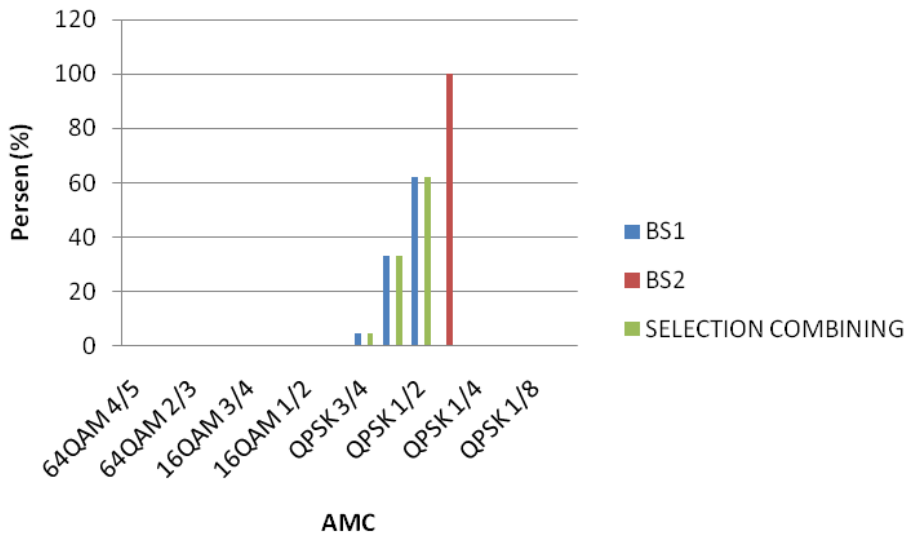


Gambar. 7 Jumlah titik dengan AMC dan menggunakan permitivitas bata





Gambar. 8 Persentase penggunaan AMC tanpa perimitivitas bata



Gambar. 9 Persentase penggunaan AMC menggunakan perimitivitas bata

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan kondisi ketika sistem komunikasi tersebut pada sistem komunikasinya mendapatkan pengaruh redaman perimitivitas bata dan tanpa perimitivitas bata. Berdasarkan hasil analisa tentang jumlah titik komunikasi yang terbesar dengan AMC terbaik ditunjukkan bahwa dari 21 titik komunikasi di dalam gedung, untuk kondisi tanpa perimitivitas bata didapatkan penggunaan AMC dengan modulasi 16QAM code rate 1/2 sebanyak 10 titik dengan persentase 47,6%, untuk kondisi menggunakan perimitivitas bata didapatkan penggunaan AMC dengan modulasi QPSK code rate 1/2 sebanyak 13 titik dengan persentase 61,9%. Perubahan antara redaman perimitivitas bata menyebabkan penurunan nilai SNR hasil komunikasi, sehingga penyesuaian modulasi yang digunakan semakin menurun. Persentase keseluruhan daerah cakupan komunikasi dengan menggunakan *Selection Combining* ketika ketika tanpa menggunakan perimitivitas bata didapatkan 100%, dan ketika menggunakan perimitivitas bata didapatkan 100%.



#### 4. KESIMPULAN

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dari paper ini. Sistem komunikasi drone mini menggunakan jaringan seluler yang bergerak di dalam gedung dengan frekuensi 10 GHz. Propagasi komunikasi drone mini tersebut dicakup oleh dua buah *base station pico cell* dengan kondisi *uplink*. Propagasi tersebut dipengaruhi oleh redaman atmosfer dan permitivitas bata. Lingkungan propagasi komunikasi menggunakan kondisi lingkungan bergedung. Mekanisme difraksi karena keberadaan gedung dimodelkan dengan metode *Single Knife Edge*. Sebagai hasil penelitian tersebut menunjukkan daerah cakupan komunikasi menggunakan *Selection Combining* adalah 100%, dengan persentase modulasi terbanyak adalah QPSK code rate 1/2 didapatkan 61,9%. Modulasi 16QAM ketika tanpa menggunakan permitivitas bata lebih banyak digunakan pada titik-titik komunikasi, daripada ketika menggunakan permitivitas bata yang banyak menggunakan modulasi QPSK. Perubahan penggunaan modulasi pada AMC komunikasi disebabkan dari nilai SNR yang didapatkan.

#### REFERENSI

- [1] G. Bartoli, R. Fantacci, D. Marabissi, and M. Pucci, "Resource Allocation Schemes for Cognitive LTE-A Femto-cells using Zero Forcing Beamforming and Users Selection," *Globecom Wireless Communications Symposium*, 2014.
- [2] J. Lota, S. Ju, O. Kanhere, T.S. Rappaport, and A. Demosthenous, "mmWave V2V Localization in MU-MIMO Hybrid Beamforming", *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, vol. 3, 2022.
- [3] A.C. Eska, "Propagation of Mobile Communication with Tree Obstacle used OFDM-QAM at 10 GHz", *INFOTEL*, vol. 11, no. 3, pp. 88-92, Sep. 2019.
- [4] A.C. Eska, "The Communication System of Building from Outdoor to Indoor with AMC at 10 GHz", *INFOTEL*, vol. 12, no. 1, pp. 13-17, Apr. 2020.
- [5] G. R. MacCartney and T. S. Rappaport, "Study on 3GPP rural macrocell path loss models for millimeter wave wireless communications," 2017.
- [6] A.C. Eska, "Doppler Shift Effect at The Communication Systems with 10 GHz around Building", *INFOTEL*, vol. 12, no. 4, pp. 129-133, Nov. 2020.
- [7] G. R. MacCartney, and T. S. Rappaport, "Millimeter-Wave Base Station Diversity for 5G Coordinated Multipoint (CoMP) Applications," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.18, no.7, 2019.
- [8] T.A.H. Bressner, M.N. Johansson, A.B. Smolders, and U. Johannsen, "High-Gain Lens-Horn Antennas for Energy-Efficient 5G Millimeter-Wave Communication Infrastructure", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 70, no. 5, May. 2022.
- [9] A.C. Eska, "Determination of MS Location through Building Using AoA Method of Frequency 47 GHz," *IJITEE*, vol.1, no.3, 2017.
- [10] A.C. Eska, "Multipath Effects in Building Environment Toward Bandwidth Enhancement for Mobile Communication of 47 GHz Frequency", *INFOTEL*, vol. 10, no. 1, pp. 39-44, Feb. 2018.
- [11] A.C. Eska, "Adaptive Modulation and Coding around Building Environment for Mobile Station Communication at The Train," *EMITTER*, vol.6, no.2, 2018.
- [12] A.C. Eska, and G. Hendratoro, "Preliminary study on the effect of building-induced diffraction upon millimeter wave mobile communications systems with macrodiversity," *TSSA*, 2012.

- [13] J. He, H. Wymeersch, and M. Juntti, "Leveraging Location Information for RIS-Aided mmWave MIMO Communications", *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 10, no. 7, July. 2021.
- [14] J. He, F. Jiang, K. Keykhosravi, J. Kokkonieni, H. Wymeersch, and M. Juntti, "Beyond 5G RIS mmWave Systems: Where Communication and Localization Meet", *IEEE ACCESS*, vol. 10, 2022.
- [15] S. Schwarz, E. Zochmann, M. Muller, and K. Guan, "Dependability of Directional Millimeter Wave Vehicle-to-Infrastructure Communications", *IEEE ACCESS*, vol. 8, 2020.
- [16] A.C. Eska, "Cellular Communication Propagation at Drone around Building Environment with Single Knife Edge at 10 GHz", *INFOTEL*, vol. 13, no. 1, pp. 25-30, Feb. 2021.
- [17] J. S. Seybold, *Introduction to RF Propagation.*, John Wiley & Sons (New Jersey), 2005.
- [18] O.F.T. Maryana, R. Ikhwanuddin, S. Anggini, dan R. Barna, "Banner Waste Mixture: The Impact on Quality of Traditional Brick's Compressive Strength", *JIPF*, vol. 9, Oct. 2020.
- [19] *ITU-R Radio Communication Sector of ITU (Effects of building materials and structures on radiowave propagation above about 100 MHz) ITU-R P.2040-1*. Electronic Publication (Geneva), 2015.
- [20] *ITU-R Radio Communication Sector of ITU (Attenuation by atmospheric gases) ITU-R P.676-10*. Electronic Publication (Geneva), 2013.
- [21] O. Werther, *LTE System Specifications and their Impact on RF & Base Band Circuits*. Rohde & Schwarz, 2013.