

# AMC pada UE Frekuensi 10 GHz melewati HetNet Microcell dan Femtocell menggunakan Metode SKE pada Lingkungan Bergedung

Andrita Ceriana Eska

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

andritacerianaeska@gmail.com

## Abstrak

Sistem komunikasi bergerak berupa user equipment (UE) bergerak pada lintasan lurus diantara lingkungan bergedung. Mekanisme difraksi karena pengaruh lingkungan bergedung yang dimodelkan menggunakan Single Knife Edge (SKE). Frekuensi komunikasi yang digunakan 10 GHz. Lintasan UE melewati HetNet (Heterogeneous Networks) yang terdiri dari microcell dan femtocell. Propagasi UE menggunakan kondisi uplink dengan kanal AWGN. Adaptive Modulation and Coding (AMC) yang menggunakan MCS (Modulation and Code Scheme). MCS tersebut terdiri dari QPSK, 16QAM, dan 64QAM. Sebagai hasil persentase cakupan pada penggunaan SC (Selection Combining) HetNet didapatkan sebanyak 94,03%, gNB1 microcell sebanyak 88,06%, dan gNB femtocell sebanyak 64,18%. Penggunaan selection combining HetNet dengan modulasi 64QAM sebanyak 67,16%, dan modulasi 64QAM dengan code rate 4/5 sebanyak 58,2%.

**Kata Kunci** — HetNet, gedung, 10 GHz, AMC.

## Abstract

*The mobile communication system was used user equipment (UE) moved at straight trajectory around buildings environment. Diffraction mechanism caused by buildings environment that modeled with Single Knife Edge (SKE). The communication frequency used 10 GHz. UE trajectory was moved through HetNet (Heterogeneous Networks) consist of microcell and femtocell. UE propagation used uplink condition with AWGN channel. Adaptive Modulation and Coding (AMC) that used MCS (Modulation and Code Scheme). That MCS consist of QPSK, 16QAM, and 64QAM. As the result of coverage percentage with HetNet SC (Selection Combining) was obtained 94,03%, gNB1 microcell obtained 88,06%, and gNB femtocell 64,18%. Selection combining used HetNet with 64QAM modulation obtained 67,16%, dan 64QAM modulation with code rate 4/5 obtained 58,2 %.*

**Keywords** — HetNet, building, 10 GHz, AMC.

## I. PENDAHULUAN

Komunikasi HetNet (*Heterogeneous Networks*) telah banyak digunakan. Perubahan cakupan cell komunikasi diantaranya microcell, picocell,

maupun femtocell. Beberapa penelitian yang berhubungan dengan hal tersebut seperti ekspansi cakupan femtocell pada LTE dengan Heterogeneous Network [1], skema alokasi sumberdaya untuk LTE pada femtocell [2]. Penelitian yang berhubungan dengan millimeter diantaranya propagasi komunikasi dari outdoor to indoor dengan AMC pada frekuensi 10 GHz [3], sistem komunikasi menggunakan Giovanelli Knife Edge dengan propagasi melewati pepohonan pada frekuensi 2,3 GHz [4], propagasi pada mobile dengan rintangan pepohonan menggunakan OFDM-QAM [5], sistem komunikasi dengan RBS femtocell pada tiang lampu jalan menggunakan frekuensi 10 GHz [6], 3GPP rural macrocell path loss untuk gelombang milimeter [7], pengukuran propagasi dan model pathloss pada urban microcell menggunakan sub-THz [8], base station dengan millimeter wave untuk CoMP 5G [9], penentuan lokasi MS menggunakan AoA pada frekuensi 47 GHz [10], AMC pada lingkungan bergedung untuk MS pada kereta api [11], pengaruh difraksi karena bangunan dengan gelombang milimeter untuk sistem komunikasi [12], pengaruh multipath pada MS yang berada dilingkungan bergedung menggunakan frekuensi 47 GHz [13], sistem komunikasi seluler yang diterapkan pada drone dengan frekuensi 10 GHz [14], pengukuran propagasi multipath dan model kanal pathloss dengan frekuensi 142 GHz disekitar bangunan [15], pengaruh coderate untuk RBS femtocell pada tiang lampu jalan dengan frekuensi 47 GHz [16], doppler shift effect pada frekuensi 10 GHz disekitar bangunan [17], diversity dengan selection

combining untuk komunikasi drone disekitar bangunan dengan frekuensi 10 GHz [18], AMC femtocell untuk komunikasi drone dengan frekuensi 5 GHz [19], performansi penjadwalan user yang bergabung pada sistem dinamik TDD 5G dengan beamforming [20], pengukuran propagasi dan model pathloss untuk sub-THz pada microcell daerah urban [21].

Makalah ini melakukan analisa tentang sistem komunikasi UE dengan kondisi uplink diantara lingkungan bergedung. Propagasi UE dipengaruhi oleh mekanisme difraksi dengan variasi ketinggian bangunan, kanal AWGN, dan redaman atmosfer. Pada lintasan UE melalui HetNet gNB1 berupa microcell dan gNB2 femtocell. Frekuensi sistem komunikasi tersebut menggunakan 10 GHz. Mekanisme difraksi dimodelkan menggunakan metode Single Knife Edge (SKE). SNR komunikasi dapat mempengaruhi perubahan AMC (Adaptive Modulation and Coding). AMC tersebut menggunakan MCS (Modulation and Coding Scheme) yang terdiri dari QPSK (coderate : 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5), 16 QAM (coderate : 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5), dan 64 QAM (coderate : 2/3, 3/4, dan 4/5).

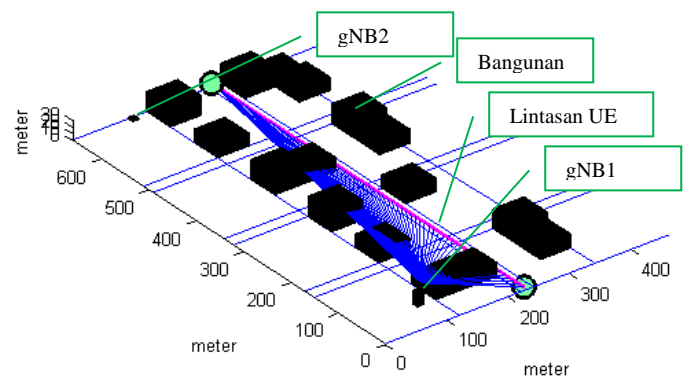
## II. METODE PENELITIAN

Sistem komunikasi UE (User Equipment) dimodelkan bergerak pada lintasan lurus diantara lingkungan bergedung dengan kondisi cuaca cerah. Lingkungan bergedung tersebut memiliki variasi ketinggian bangunan yang berbeda-beda. Propagasi NLOS dari pengaruh ketinggian bangunan tersebut menyebabkan mekanisme difraksi. Halangan dari tepi bagian gedung-gedung menyebabkan difraksi. Mekanisme difraksi tersebut dimodelkan dengan metode Single Knife Edge (SKE). Penelitian ini melakukan perbandingan komunikasi antara Tx dengan gNB1 microcell, komunikasi antara Tx dengan gNB2 femtocell, maupun komunikasi ketika menggunakan dua buah cell (HetNet) yaitu gNB1 microcell dan gNB2 femtocell terhadap Tx. Sehingga lokasi daerah yang tercakup dari proses komunikasi tersebut dapat diketahui perbandingannya. Selain hal tersebut juga dilakukan analisa lebih detail dari AMC

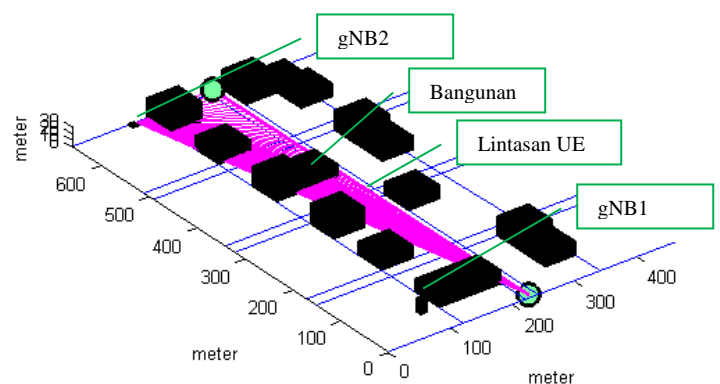
komunikasi yang digunakan, maka akan dapat mengetahui persentase penggunaan modulasi berikut dengan coderate yang terbaik pada hasil komunikasi.

HetNet cell terdiri dari gNB1 microcell dan gNB2 femtocell. Propagasi UE dengan gNB1 dapat diperhatikan pada Gambar 1. Propagasi UE dengan gNB2 dapat diperhatikan pada Gambar 2. Penerapan diversity dari kedua gNB tersebut menggunakan metode Selection Combining.

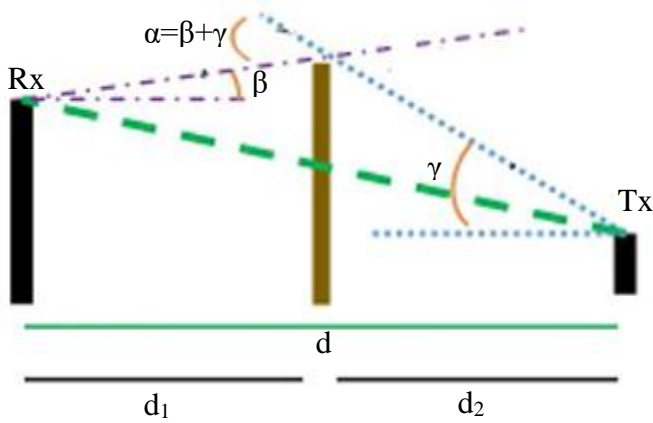
Propagasi komunikasi UE dengan mekanisme difraksi menggunakan metode Single Knife Edge (SKE), dapat diperhatikan pada Gambar 3. Parameter yang terdapat pada gambar tersebut dapat diperhatikan pada persamaan (1). Beberapa parameter tersebut diantaranya  $\lambda$  (panjang gelombang (m)),  $v$  (fresnel kirchoff),  $h$  (ketinggian difraksi (m)),  $d_1$  (jarak antara rx dengan node (m)), dan  $d_2$  (jarak antara tx dengan node (m)) [22].



Gbr. 1 Propagasi dari gNB1



Gbr. 2 Propagasi dari gNB2



Gbr. 3 Metode Single Knife Edge (SKE)

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

Power transmit pada UE menggunakan 30 dBm, dengan gain antenna pada gNB1 microcell 10 dBi, dan gain antenna gNB2 femtocell 3 dBi, dapat diperhatikan pada Tabel I. Persamaan SNR dapat diperhatikan pada persamaan (2).

TABEL I  
 P<sub>TX</sub> dan Gain gNB

	Keterangan
P <sub>TX</sub> UE	30 dBm
Gain gNB1 microcell	10 dBi
Gain gNB2 femtocell	3 dBi

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

Noise power terdiri dari parameter ketetapan boltzman, noise bandwidth (200 MHz), noise factor dari gNB1 microcell 2 dB, noise factor dari gNB2 femtocell 0,5 dB, dan noise temperature (290°K) [23]. Persamaan redaman atmosfer dapat diperhatikan pada persamaan (3), yang terdiri dari parameter redaman gas, dan jarak (km)[23]. Redaman gas tersebut terdiri dari uap air dan oksigen.

$$A = \gamma r_0 \text{ dB} \quad (3)$$

TABEL II  
 Coderate Modulasi

Modulasi	Coderate
QPSK	1/8; 1/5; 1/4; 1/3; 1/2; 2/3; 3/4; 4/5
16QAM	1/2; 2/3; 3/4; 4/5
64QAM	2/3; 3/4; 4/5

Proses AMC (Adaptive Modulation and Coding) berdasarkan modulasi dari MCS (Modulation and Cose Scheme) yang digunakan, yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM, dapat diperhatikan pada Tabel 2 [24].

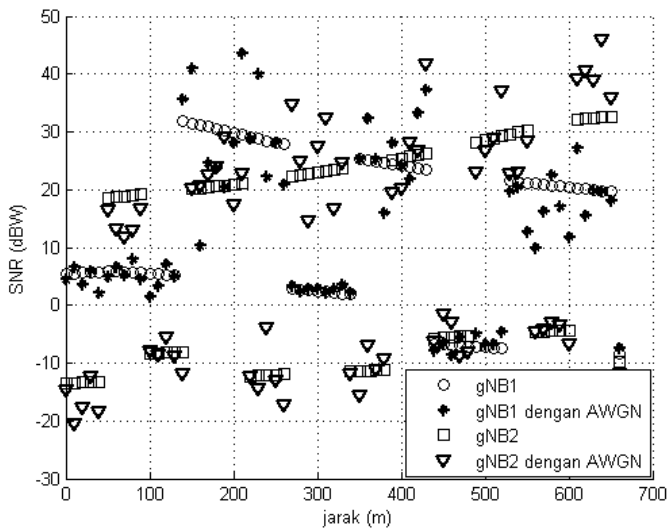
### III. HASIL PENELITIAN

Pada bagian ini merupakan hasil penelitian tentang sistem komunikasi UE yang bergerak pada lintasan diantara lingkungan ber gedung. Variasi ketinggian gedung diantaranya 10 meter, 20 meter, dan 30 meter. Pengaruh ketinggian bangunan dimodelkan dengan metode Single Knife Edge (SKE). Selama perjalanan UE melewati HetNet dari kedua gNB yaitu gNB1 microcell dan gNB2 femtocell. Propagasi komunikasi selain dipengaruhi oleh difraksi, tetapi juga dipengaruhi oleh kanal AWGN, maupun redaman atmosfer. Proses AMC berdasarkan MCS yang digunakan, yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Code rate modulasi QPSK terdiri dari 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Code rate modulasi 16 QAM terdiri dari 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Code rate modulasi 64 QAM terdiri dari 2/3, 3/4, dan 4/5.

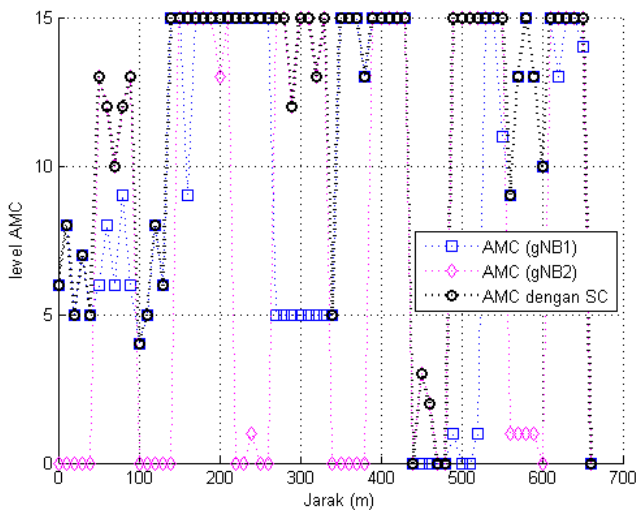
Pada gambar 4 merupakan nilai SNR komunikasi gNB1 microcell dan gNB2 femtocell dengan kondisi uplink. Beberapa data diantaranya saat UE berada pada titik ke 30 meter didapatkan sinyal asli gNB1 5,72 dB dan gNB2 -13,3 dB, AWGN gNB1 5,8 dB dan AWGN gNB2 -12,27 dB. Saat UE berada pada titik ke 330 meter didapatkan sinyal asli gNB1 2,03 dB dan gNB2 23,61 dB, AWGN gNB1 3,52 dB dan gNB2 24,62 dB. Saat UE berada pada titik ke 630 meter didapatkan sinyal asli gNB1 19,96 dB dan gNB2 32,39 dB, AWGN gNB1 19,89 dB dan gNB2 38,91 dB.

Pada gambar 5 menunjukkan jenis level modulasi dari AMC yang digunakan. Nomor 1 hingga 15 merupakan deretan modulasi yang terdiri dari 64 QAM coderate 4/5, 64 QAM coderate 3/4, 64 QAM coderate 2/3, 16 QAM coderate 4/5, 16 QAM coderate 3/4, 16 QAM coderate 2/3, 16 QAM coderate 1/2, QPSK coderate 4/5, QPSK coderate 3/4, QPSK coderate 2/3, QPSK coderate 1/2, QPSK coderate 1/3, QPSK coderate 1/4, QPSK coderate

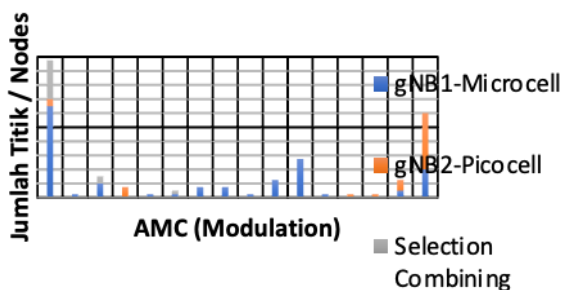
1/5, QPSK coderate 1/8, dan loss. Loss ditunjukkan apabila nilai SNR berada dibawah SNR QPSK coderate 1/8.



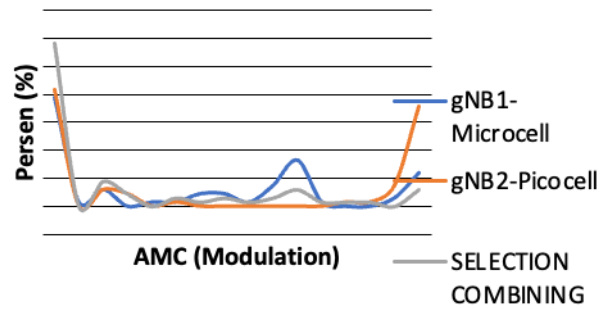
Gbr. 4 Nilai SNR pada gNB1 dan gNB2



Gbr. 5 Level AMC dengan kanal AWGN



Gbr. 6 Jumlah nodes / titik yang menggunakan AMC



Gbr. 7 Persentase penggunaan AMC

Gambar 5 ditunjukkan AMC dengan kanal AWGN pada gNB1, AMC pada gNB2, dan AMC menggunakan metode selection combining. Selection Combining tersebut menggunakan diversity dari gNB1 microcell dan gNB2 femtocell. Beberapa data menunjukkan saat UE berada pada titik ke 30 meter didapatkan AMC pada gNB1 menggunakan QPSK dengan coderate 3/4 atau AMC nomor 7, AMC pada gNB2 kondisi loss, dan AMC pada SC menggunakan QPSK dengan coderate 3/4 atau AMC nomor 7. Saat UE berada pada titik ke 330 meter didapatkan AMC pada gNB1 menggunakan QPSK dengan coderate 1/2 atau AMC nomor 5, AMC pada gNB2 menggunakan 64QAM dengan coderate 4/5 atau AMC no 15, dan AMC pada SC menggunakan 64 QAM dengan coderate 4/5 atau AMC nomor 15. Saat UE berada pada titik ke 630 meter didapatkan AMC pada gNB1 menggunakan 64QAM dengan coderate 4/5 atau AMC nomor 15, AMC pada gNB2 menggunakan 64QAM dengan coderate 4/5 atau AMC nomor 15, dan AMC pada SC menggunakan 64QAM dengan coderate 4/5 atau AMC nomor 15.

Pada gambar 6 merupakan jumlah titik dari penggunaan AMC. Jumlah titik untuk modulasi QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Penggunaan QPSK pada gNB1 sebanyak 23 nodes, gNB2 sebanyak 7 nodes, dan SC sebanyak 12 nodes. Penggunaan 16 QAM pada gNB1 sebanyak 5 nodes, gNB2 sebanyak 4 nodes, dan SC sebanyak 6 nodes. Penggunaan 64 QAM pada gNB1 sebanyak 31

nodes, gNB2 sebanyak 32 nodes, dan SC sebanyak 45 nodes. Lebih detail penggunaan 64 QAM dengan coderate 4/5 pada gNB1 sebanyak 28 nodes, gNB2 sebanyak 25 nodes, dan SC sebanyak 39 nodes.

Pada gambar 7 merupakan persentase pada AMC yang terdiri dari gNB1, gNB2, dan penerapan SC. Beberapa data menunjukkan persentase penggunaan QPSK pada gNB1 sebesar 34,33%, gNB2 10,45%, dan SC 17,9%. Penggunaan 16 QAM pada gNB1 sebesar 7,45%, gNB2 sebesar 5,97%, dan SC sebesar 8,96%. Penggunaan 64 QAM pada gNB1 sebesar 46,26%, gNB2 sebesar 47,76%, dan SC sebesar 67,16%. Lebih detail dari penggunaan 64 QAM dengan coderate 4/5 pada gNB1 sebesar 38,8%, gNB2 sebesar 41,79%, dan SC sebesar 58,2%. Persentase daerah cakupan keseluruhan dari gNB1 menunjukkan 88,05%, gNB2 64,18%, dan SC 94,03%.

#### IV. PEMBAHASAN

Pada bagian ini merupakan pembahasan dari hasil penelitian tentang sistem komunikasi UE kondisi uplink diantara lingkungan bergedung dengan frekuensi 10 GHz. Difraksi yang disebabkan dari variasi ketinggian bangunan dimodelkan dengan metode Single Knife Edge (SKE). Penerapan frekuensi 10 GHz juga dipengaruhi oleh redaman atmosfer. Sebagai hasil penelitian ini dilakukan perbandingan antara gNB1 microcell, gNB2 femtocell, dan Selection Combining (SC) dari HetNet. SC tersebut berdasarkan HetNet diversity dari kedua gNB tersebut. Berdasarkan data penelitian ditunjukkan bahwa modulasi saat UE berada pada titik ke 30 meter didapatkan SC menggunakan 64 QAM dengan coderate 4/5, saat UE berada pada titik ke 330 meter didapatkan SC menggunakan 64 QAM dengan coderate 4/5, saat UE berada pada titik ke 630 meter didapatkan SC menggunakan QPSK dengan coderate 4/5. Berdasarkan jumlah titik komunikasi pada lintasan UE, dengan SC didapatkan modulasi 64 QAM sebanyak 45 titik. Modulasi 64 QAM dengan coderate 4/5 dengan SC sebanyak 39 titik. Nilai persentase AMC pada penggunaan SC untuk QPSK

17,9%, 16 QAM 8,95%, dan 64 QAM 67,16%. Penggunaan SC dengan modulasi 64 QAM menunjukkan persentase terbesar, dari persentase tersebut kontribusi 64 QAM dengan coderate 4/5 sebesar 58,2%. Cakupan keseluruhan dalam penggunaan gNB1 microcell sebesar 88,06%, gNB2 femtocell sebesar 64,18%, dan selection combining (SC) sebesar 94,03%.

#### V. KESIMPULAN

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu tentang sistem komunikasi UE yang bergerak diantara lingkungan bergedung dengan frekuensi komunikasi 10 GHz melewati HetNet cell. Propagasi komunikasi dipengaruhi oleh difraksi, kanal AWGN, dan redaman atmosfer. Mekanisme difraksi karena lingkungan bergedung dimodelkan menggunakan metode Single Knife Edge (SKE). HetNet cell terdiri dari gNB1 microcell dan gNB2 femtocell. Nilai SNR mempengaruhi AMC komunikasi. Mekanisme AMC berdasarkan MCS yang terdiri dari QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM.. Sebagai analisa dilakukan perbandingan pada gNB1 microcell, gNB2 femtocell, dan Selection Combining (SC). Persentase cakupan penggunaan SC sebanyak 94,03%, persentase cakupan gNB1 microcell sebanyak 88,06%, dan persentase gNB2 femtocell sebanyak 64,18%. Pada penggunaan SC didapatkan persentase modulasi 64 QAM sebanyak 67,16%, kontribusi modulasi 64 QAM coderate 4/5 sebanyak 58,21%.

#### REFERENSI

- [1] K. Okino, T. Nakayama, C. Yamazaki, H. Sato, and Y. Kusano, "Pico Cell Range Ekspansi with Interference Mitigation toward LTE-Advanced Heterogeneous Networks," *IEEE*, 2011.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] A. C. Eska, "Komunikasi Bergerak Frekuensi 2.3 GHz Melewati Pepohonan Menggunakan Metode Giovanelli Knife Edge," *INFOTEL*, vol. 8, no. 1, pp. 94-99, May 2016.
- [5] 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.
- [6] A. C. Eska, "Propagasi Komunikasi Radio Base Station Femtocell pada Tiang Lampu Jalan Frekuensi 10 GHz," *INFOTEL*, vol. 9, no. 4, pp. 382-386, Nov. 2017.

- [7] G. R. MacCartney and T. S. Rappaport, "Study on 3GPP rural macrocell path loss models for millimeter wave wireless communications," *IEEE*, 2017.
- [8] Y. Xing and T. S. Rappaport, "Propagation Measurements and Path Loss Models for sub-THz in Urban Microcells," 2021 *IEEE International Conference on Communications*, June 2021, pp. 1-6.
- [9] 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.
- [10] A. C. Eska, "Determination of MS Location through Building Using AoA Method of Frequency 47 GHz," *IJITEE*, vol.1, no.3, 2017.
- [11] A. C. Eska, "Adaptive Modulation and Coding (AMC) around Building Environment for MS Communication at The Train," *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, vol.6, no.2, 2018.
- [12] A.C. Eska, and G. Hendranto, "Preliminary study on the effect of building-induced diffraction upon millimeter wave mobile communications systems with macrodiversity," *TSSA*, 2012.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] S. Ju and T. S. Rappaport, "142 GHz Multipath Propagation Measurements and Path Loss Channel Modeling in Factory Buildings," 2023 *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, May. 2023, pp. 1-6.
- [16] A. C. Eska, "Pengaruh Code Rate untuk Komunikasi RBS Femtocell Frekuensi 47 GHz pada Tiang Lampu Jalan," *INFOTEL*, vol. 9, no. 4, pp. 412-415, 2017.
- [17] A. C. Eska, "Doppler Shift Effect at The Communication Systems with 10 GHz around Building," *INFOTEL*, vol. 12, no. 4, pp. 129-133, 2020.
- [18] A. C. Eska, "Receiver diversity with selection combining for drone communication around buildings at frequency 10 GHz," *INFOTEL*, vol. 14, no. 2, pp. 141-145, 2022.
- [19] A. C. Eska, "AMC Femtocell untuk Komunikasi Drone Frekuensi 5 GHz menggunakan AWGN Metode Selection Combining pada Lingkungan Bergedung," *Jurnal Arus Elektro Inedonesia*, vol. 8, no.3, 2022.
- [20] A. Łukowa and V. Venkatasubramanian, "Coordinated User Scheduling in 5G Dynamic TDD Systems with Beamforming," 2018 *IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Bologna, Italy, 2018, pp. 596-597
- [21] Y. Xing and T. S. Rappaport, "Propagation Measurements and Path Loss Models for sub-THz in Urban Microcells," *ICC 2021 - IEEE International Conference on Communications*, Montreal, QC, Canada, 2021
- [22] J. S. Seybold, *Introduction to RF Propagation.*, John Wiley & Sons (New Jersey), 2005.
- [23] *ITU-R Radio Communication Sector of ITU (Attenuation by atmospheric gases) ITU-R P.676-10*. Electronic Publication (Geneva), 2013.
- [24] O. Werther, *LTE System Specifications and their Impact on RF & Base Band Circuits*. Rohde & Schwarz, 2013.