

HetNet Micro dan Pico Cell untuk AMC UE 10 GHz menggunakan SKE pada Lingkungan Bergedung

Andrita Ceriana Eska¹, Wahyu Muldayani²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, 68121

¹andritacerianaeska@gmail.com, ²wahyumuldayani.teknik@unej.ac.id

ABSTRACT

User Equipment (UE) was moved at trajectory around buildings. That UE used 10 GHz frequency. Single Knife Edge (SKE) method used for diffraction mechanism. UE trajectory through HetNet (Heterogeneous Networks) consist of microcell and picocell. UE propagation with uplink condition, and AWGN channel. AMC (Adaptive Modulation and Coding) that used MCS (Modulation and Code Scheme) such as QPSK, 16QAM, and 64QAM. Coverage percentages that used with Selection Combining HetNet obtained 95,52%, NodeBase microcell 88,05%, and NodeBase picocell 56,71%. The percentage of selection combining with 64 QAM modulation obtained 70,11%.

Keywords: *HetNet, Building, 10 GHz, AMC*

ABSTRAK

User Equipment (UE) bergerak pada lintasan yang berada diantara gedung-gedung. UE tersebut menggunakan frekuensi 10 GHz. Metode Single Knife Edge (SKE) digunakan untuk mekanisme difraksi. Lintasan UE melewati HetNet (Heterogeneous Networks) yang terdiri dari microcell dan picocell. Propagasi UE kondisi uplink, dan kanal AWGN. AMC (Adaptive Modulation and Coding) yang digunakan memanfaatkan MCS (Modulation and Code Scheme) yang terdiri dari QPSK, 16QAM, dan 64QAM. Persentase cakupan yang menggunakan selection combining HetNet sebesar 95,52%, Node Base microcell 88,05%, dan Node Base picocell 56,71%. Persentase penggunaan selection combining dengan modulasi 64 QAM didapatkan 70,11%.

Kata kunci: *HetNet, Gedung, 10 GHz, AMC*

I. PENDAHULUAN

Perubahan cakupan cell komunikasi diantaranya macrocell, microcell, picocell, maupun femtocell. HetNet (Heterogeneous Networks) merupakan kombinasi yang terdiri dari beberapa Node Base atau Base Station, seperti macrocell, microcell, picocell, dan femtocell. Penelitian yang terkait dengan hal tersebut beberapa diantaranya ekspansi cakupan pico cell pada LTE dengan Heterogeneous Network [1], alokasi sumberdaya LTE pada femtocell [2]. Penelitian yang terkait dengan gelombang millimeter beberapa diantaranya sistem

komunikasi outdoor to indoor dengan AMC menggunakan frekuensi 10 GHz [3], 3GPP rural macrocell pathloss untuk gelombang milimeter [4], pengukuran propagasi dan model pathloss pada urban microcell menggunakan frekuensi THz [5], base station dengan gelombang millimeter pada CoMP 5G [6], penentuan lokasi mobile station dengan metode AoA menggunakan frekuensi 47 GHz [7], Adaptive Modulation and Coding (AMC) pada lingkungan bergedung untuk mobile station pada kereta api [8], pengaruh mekanisme difraksi karena pengaruh

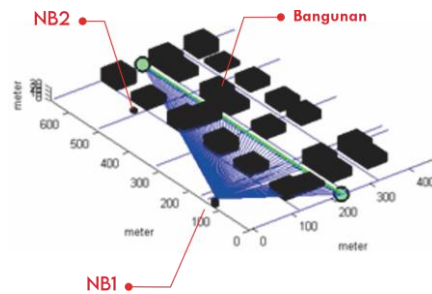
bangunan dengan gelombang milimeter untuk sistem komunikasi [9], pengaruh multipath pada mobile station yang berada pada lingkungan bergedung menggunakan frekuensi 47 GHz [10], sistem komunikasi seluler yang disimulasikan penempatannya pada *drone* dengan frekuensi 10 GHz [11], dan pengukuran propagasi *multipath* dan model kanal *pathloss* dengan frekuensi 142 GHz disekitar lingkungan gedung [12].

Penelitian ini menganalisa tentang komunikasi User Equipment (UE) yang bergerak diantara lingkungan bergedung melewati *HetNet base station* atau *NodeBase*. *HetNet* terdiri dari *NodeBase microcell* dan *NodeBase picocell*. Mekanisme *diversity* pada *HetNet* tersebut menggunakan metode *Selection Combining*. Sistem komunikasi seluler dari *User Equipment* tersebut menggunakan frekuensi 10 GHz. Kondisi uplink digunakan untuk sistem komunikasi pada UE. Propagasi komunikasi dipengaruhi oleh difraksi karena ketinggian bangunan, awgn, dan atmosfer. Metode *Single Knife Edge* dimodelkan untuk mekanisme difraksi tersebut. Nilai SNR dapat mempengaruhi modulasi, sehingga penerapan AMC (*Adaptive Modulation and Coding*) tersebut menggunakan MCS (*Modulation and Coding Scheme*). MCS yang digunakan terdiri dari beberapa modulasi yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Modulasi QPSK menggunakan *coderate* yang terdiri dari 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Modulasi 16 QAM menggunakan *coderate* yang terdiri dari 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Modulasi 64 QAM menggunakan *coderate* yang terdiri dari 2/3, 3/4, dan 4/5.

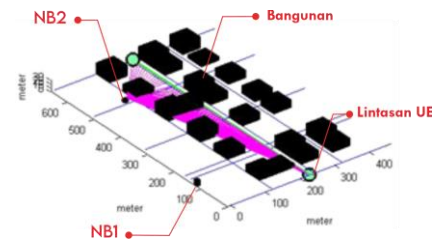
II. METODE PENELITIAN

Sistem komunikasi *User Equipment* bergerak pada lingkungan bergedung. Lingkungan bergedung dimodelkan dengan menggunakan beberapa variasi ketinggian yang berbeda-beda, sehingga propagasi komunikasi menyebabkan kondisi NLOS atau LOS. Kondisi NLOS dimodelkan terjadinya difraksi. Mekanisme difraksi tersebut

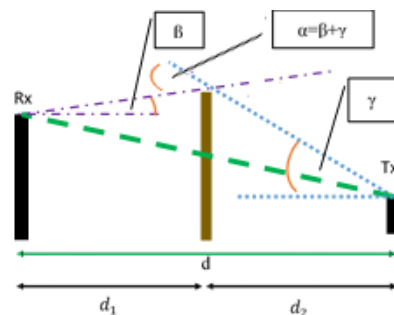
dimodelkan menggunakan metode *Single Knife Edge* (SKE). UE bergerak melewati *HetNet* cakupan dari *NodeBase*. *HetNet cell* tersebut menggunakan dua *NodeBase* atau dua *Base Station*. *HetNet* tersebut merupakan *NodeBase microcell* dan *NodeBase picocell*. Sistem komunikasi *NodeBase microcell* dapat diperhatikan pada Gambar 1 dan *NodeBase picocell* dapat diperhatikan pada Gambar 2. Ketinggian pemodelan *NodeBase microcell* menggunakan 15 meter, dan *NodeBase picocell* menggunakan 8 meter. Model *diversity NodeBase* diterapkan untuk kedua *NodeBase* tersebut, sehingga menggunakan metode *Selection Combining*.



Gambar 1. Propagasi dari *NodeBase* 1



Gambar 2. Propagasi dari *NodeBase* 2



Gambar 3. Metode *Single Knife Edge*

Analisa sistem komunikasi *User Equipment* dengan mekanisme difraksi menggunakan metode *Single Knife Edge*, dapat diperhatikan pada Gambar 3. Persamaan metode *Single Knife Edge* (SKE) tersebut dapat diperhatikan pada persamaan (1). Beberapa parameter dari persamaan tersebut diantaranya λ , v , h , d_1 , dan d_2 , yang terdiri dari panjang gelombang (m), *fresnel kirchoff*, ketinggian difraksi (m), jarak antara pengirim dengan NB (m), dan jarak antara penerima dengan NB (m) [13].

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

$$= \alpha \sqrt{\frac{2d_1 d_2}{\lambda (d_1 + d_2)}}$$

Daya pancar UE (*User Equipment*) menggunakan 30 dBm, gain antenna yang digunakan *NodeBase microcell* sebesar 8 dBi, dan gain antenna yang digunakan *NodeBase picocell* sebesar 4 dBi. SNR (*Signal to Noise Ratio*) dapat diperhatikan pada persamaan (2).

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

Noise power terdiri dari ketetapan *boltzman*, *noise bandwidth* menggunakan 200 MHz, *noise factor* pada *NodeBase microcell* 1,7 dB, *noise factor* pada *NodeBase picocell* 1,2 dB, dan *noise temperature* (290°K) [14]. Persamaan untuk redaman atmosfer dapat diperhatikan pada persamaan (3), terdiri dari parameter jarak (km) dan redaman gas [14].

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

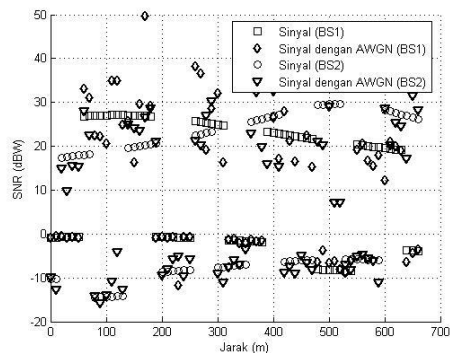
Proses AMC (*Adaptive Modulation and Coding*) berdasarkan dari modulasi pada MCS (*Modulation and Cose Scheme*). MCS yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM [15].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

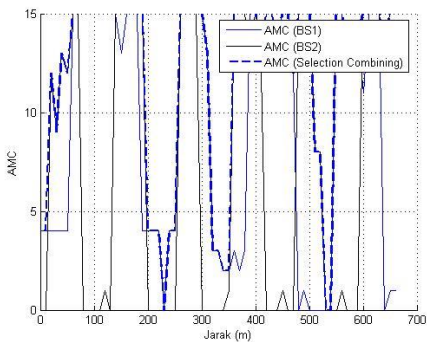
Sistem komunikasi *User Equipment* yang bergerak pada lingkungan bergedung. Variasi

ketinggian gedung yang digunakan yaitu 10 meter, 20 meter, dan 30 meter. Ketinggian bangunan yang dimodelkan dapat menyebabkan difraksi. Mekanisme difraksi tersebut dimodelkan menggunakan metode *Single Knife Edge* (SKE). UE bergerak melintasi *cell* atau cakupan *HetNet NodeBase* yang terdiri dari *NodeBase microcell* (NB1) dan *NodeBase picocell* (NB2). Kanal propagasi komunikasi dimodelkan dengan AWGN. AMC menggunakan MCS, yang diantaranya terdiri dari QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Pada modulasi QPSK, code rate yang digunakan diantaranya 1/8, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Pada modulasi 16 QAM, code rate yang digunakan diantaranya 1/2, 2/3, 3/4, dan 4/5. Pada modulasi 64 QAM, code rate yang digunakan diantaranya 2/3, 3/4, dan 4/5.

Pada gambar 4 merupakan SNR komunikasi dari cell NB1 dan cell NB2 dengan kondisi uplink. Beberapa data diantaranya saat UE bergerak ke titik 120 meter didapatkan sinyal asli NB1 27,1 dB dan NB2 -14,26 dB, AWGN NB1 35,03 dB dan AWGN NB2 -4,17 dB. Saat UE bergerak ke titik 260 meter didapatkan sinyal asli NB1 25,68 dB dan NB2 22,46 dB, AWGN NB1 38,28 dB dan NB2 21,23 dB. Saat UE bergerak ke titik 520 meter didapatkan sinyal asli NB1 -8,33 dB dan NB2 29,73 dB, AWGN NB1 -8,05 dB dan NB2 7,03 dB.



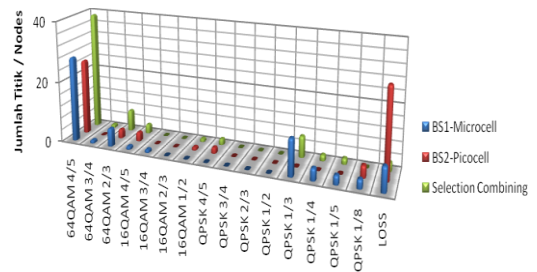
Gambar 4. Nilai SNR pada *NodeBase1* dan *NodeBase2*



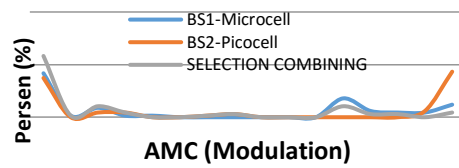
Gambar 5. AMC pada BS/NB 1 dan 2 dengan kanal AWGN

Pada gambar 5 menunjukkan jenis-jenis modulasi yang terdata pada MCS untuk level AMC. Beberapa penomoran dari nomor 1 hingga 15 merupakan deretan modulasi yaitu 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. Lebih ditunjukkan apabila nilai SNR berada dibawah SNR dari QPSK coderate 1/8. Pada gambar tersebut ditunjukkan beberapa kondisi diantaranya AMC NB1, AMC NB2, dan AMC ketika menggunakan metode Selection Combining (SC). Selection Combining tersebut menggunakan diversity dari NB microcell dan NB picocell. Beberapa data menunjukkan saat UE bergerak ke titik 120 meter didapatkan AMC pada NB1 menggunakan 64QAM coderate 4/5 atau AMC no 15, AMC pada NB2 menggunakan QPSK coderate 1/8 atau AMC no 1, dan AMC pada SC menggunakan 64 QAM coderate 4/5 atau AMC no 15. Saat UE bergerak ke titik 260 meter didapatkan AMC pada NB1 menggunakan 64 QAM coderate 4/5 atau AMC no 15, AMC pada NB2 menggunakan 64QAM coderate 4/5 atau AMC no 15, dan AMC pada SC menggunakan 64 QAM coderate 4/5 atau AMC no 15. Saat UE bergerak ke titik 520 meter didapatkan AMC pada NB1 kondisi loss, AMC pada BS2

menggunakan QPSK coderate 4/5 atau AMC no 8, dan AMC pada SC menggunakan QPSK coderate 4/5 atau AMC no 8.



Gambar 6. Nodes / titik-titik yang menggunakan AMC



Gambar 7. Persentase penggunaan AMC

Pada gambar 6 ditunjukkan jumlah titik atau nodes dari penggunaan AMC. Jumlah node untuk beberapa modulasi yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Penggunaan QPSK pada NB1 sebanyak 22 titik, NB2 sebanyak 6 titik, dan SC sebanyak 13 titik. Penggunaan 16 QAM pada NB1 sebanyak 2 titik, NB2 sebanyak 4 titik, dan SC sebanyak 4 titik. Penggunaan 64 QAM pada NB1 sebanyak 35 titik, NB2 sebanyak 28 titik, dan SC sebanyak 47 nodes. Lebih detail penggunaan 64 QAM coderate 4/5 pada NB1 sebanyak 28 titik, NB2 sebanyak 25 titik, dan SC sebanyak 39 titik.

Pada gambar 7 ditunjukkan persentase pada AMC yaitu NB1, BS2, dan SC. Beberapa data menunjukkan nilai persentase penggunaan modulasi QPSK pada NB1 sebesar 32,83%, NB2 8,95%, dan SC 19,4%. Penggunaan modulasi 16 QAM pada NB1 sebesar 2,98%, NB2 sebesar 5,97%, dan SC sebesar 5,97%. Penggunaan modulasi 64 QAM pada NB1 sebesar 52,23%, NB2 sebesar 41,79%, dan SC sebesar 70,14%. Lebih detail dari penggunaan modulasi 64

QAM dengan coderate 4/5 pada NB1 sebesar 41,79%, NB2 sebesar 37,31%, dan SC sebesar 58,2%. Persentase daerah cakupan keseluruhan dari *NodeBase microcell* menunjukkan 88,05%, *NodeBase picocell* 56,71%, dan SC 95,52%.

Berdasarkan data penelitian ditunjukkan bahwa modulasi saat *User Equipment* bergerak ke titik 120 meter didapatkan SC menggunakan 64 QAM coderate 4/5, saat UE bergerak ke titik 260 meter didapatkan SC menggunakan 64 QAM coderate 4/5, saat UE bergerak ke titik 520 meter didapatkan SC menggunakan QPSK coderate 4/5. Berdasarkan jumlah titik-titik komunikasi pada lintasan *User Equipment* (UE), dengan SC pada modulasi 64 QAM sebanyak 47 titik. Modulasi 64 QAM coderate 4/5 dengan SC sebanyak 39 titik. Nilai persentase AMC pada penggunaan SC untuk modulasi QPSK sebesar 12,4 %, modulasi 16 QAM sebesar 5,97%, dan modulasi 64 QAM sebesar 70,14%. Penggunaan *selection combining* (SC) pada modulasi 64 QAM didapatkan nilai persentase daerah yang tercakup adalah yang terbesar, dari persentase tersebut kontribusi modulasi 64 QAM coderate 4/5 sebesar 58,2%. Cakupan titik-titik dari keseluruhan perjalanan UE dalam penggunaan *NodeBase microcell* sebesar 88,05%, *NodeBase picocell* sebesar 56,71%, dan *selection combining* (SC) sebesar 95,52%. Nilai persentase cakupan titik-titik perjalanan UE pada NB *microcell* dengan *single site* lebih besar dari pada *picocell*, tetapi dengan menggunakan mekanisme *diversity HetNet* maka persentase titik-titik dari perjalanan UE yang tercakup menjadi lebih besar.

V. KESIMPULAN

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dari penelitian, tentang sistem komunikasi UE yang bergerak pada suatu lintasan diantara lingkungan bergedung dengan frekuensi komunikasi 10 GHz melewati *HetNet cell*. Mekanisme difraksi karena beberapa variasi ketinggian bangunan dimodelkan menggunakan metode *Single Knife Edge* (SKE). Propagasi komunikasi pada UE

menggunakan kanal AWGN. *HetNet cell* terdiri dari *NodeBase microcell* (NB1) dan *Nodebase picocell* (NB2). Nilai SNR mempengaruhi AMC yang akan digunakan. Mekanisme AMC berdasarkan MCS yaitu QPSK, 16 QAM, dan 64 QAM. Analisa penelitian terdiri dari perbandingan pada *NodeBase microcell*, *NodeBase picocell*, dan *Selection Combining* (SC). Nilai persentase dari cakupan titik-titik komunikasi dari perjalanan UE dengan menggunakan *selection combining* sebanyak 95,52%, persentase cakupan *NodeBase microcell* (NB1) sebanyak 88,05%, dan persentase *NodeBase picocell* (NB2) sebanyak 56,71%. Pada penggunaan *selection combining* (SC) didapatkan persentase modulasi 64 QAM sebanyak 70,14 %, kontribusi modulasi 64 QAM coderate 4/5 sebanyak 58,23%. Pengembangan dari penelitian ini diantaranya analisa dari sisi metode propagasi, penerapan frekuensi, lokasi komunikasi, maupun lingkungan komunikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Okino, T. Nakayama, C. Yamazaki, H. Sato, and Y. Kusano, "Pico Cell Range Expansion with Interference Mitigation toward LTE-Advanced Heterogeneous Networks," in *2011 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC)*, IEEE, Jun. 2011, pp. 1–5. doi: 10.1109/iccw.2011.5963603.
- [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," in *2014 IEEE Global Communications Conference*, IEEE, Dec. 2014, pp. 3447–3452. doi: 10.1109/GLOCOM.2014.7037341.
- [3] A. C. Eska, "The Communication System of Building from Outdoor to Indoor with AMC at 10 GHz," *JURNAL INFOTEL*, vol. 12, no. 1, Apr. 2020, doi: 10.20895/infotel.v12i1.465.

- [4] G. R. MacCartney and T. S. Rappaport, "Rural Macrocell Path Loss Models for Millimeter Wave Wireless Communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 35, no. 7, pp. 1663–1677, Jul. 2017, doi: 10.1109/JSAC.2017.2699359.
- [5] Y. Xing and T. S. Rappaport, "Propagation Measurements and Path Loss Models for sub-THz in Urban Microcells," in *ICC 2021 - IEEE International Conference on Communications*, IEEE, Jun. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICC42927.2021.9500385.
- [6] G. R. MacCartney and T. S. Rappaport, "Millimeter-Wave Base Station Diversity for 5G Coordinated Multipoint (CoMP) Applications," *IEEE Trans Wirel Commun*, vol. 18, no. 7, pp. 3395–3410, Jul. 2019, doi: 10.1109/TWC.2019.2913414.
- [7] A. C. Eska, "Determination of MS Location through Building Using AoA Method of Frequency 47 GHz," *IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering)*, vol. 1, no. 3, p. 76, Jan. 2018, doi: 10.22146/ijitee.31955.
- [8] 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, pp. 386–394, Dec. 2018, doi: 10.24003/emitter.v6i2.279.
- [9] A. C. Eska and G. Hendranto, "Preliminary study on the effect of building-induced diffraction upon millimeter wave mobile communications systems with macrodiversity," in *2012 7th International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications (TSSA)*, IEEE, Oct. 2012, pp. 157–160. doi: 10.1109/TSSA.2012.6366042.
- [10] A. C. Eska, "Multipath Effects in Building Environment Toward Bandwidth Enhancement for Mobile Communication of 47 GHz Frequency," *JURNAL INFOTEL*, vol. 10, no. 1, Feb. 2018, doi: 10.20895/infotel.v10i1.353.
- [11] A. C. Eska, "Cellular Communication Propagation at Drone around Building Environment with Single Knife Edge at 10 GHz," *JURNAL INFOTEL*, vol. 13, no. 1, pp. 25–30, Feb. 2021, doi: 10.20895/infotel.v13i1.541.
- [12] S. Ju and T. S. Rappaport, "142 GHz Multipath Propagation Measurements and Path Loss Channel Modeling in Factory Buildings," Feb. 2023.
- [13] J. S. Seybold, *Introduction to RF Propagation.*, John Wiley & Sons (New Jersey), 2005.
- [14] *ITU-R Radio Communication Sector of ITU (Attenuation by atmospheric gases) ITU-R P.676-10*. Electronic Publication (Geneva), 2013.
- [15] O. Werther, *LTE System Specifications and their Impact on RF & Base Band Circuits*. Rohde & Schwarz, 2013.