

BER PERFORMANCE ANALYSIS ON AWGN CHANNEL AND FADING CHANNEL BY USING DIVERSITY METHOD

Catur Budi Waluyo¹⁾, Mohammad Syahrul²⁾, Putri Diana³⁾, Rahmawati Hasanah⁴⁾

¹Program Studi Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto
Jl. Janti, Blok R Lanud Adisutjipto Yogyakarta
Email : catur_budiwaluyo@yahoo.co.uk

Abstract

In the last decades the development of telecommunications technology has increased. In the network access, one of the factors that influences was multipath fading. This study was aimed to simulate the effect of noise on digital communication error detection for various combinations of E_b / N_0 , as well as simulating the effect of various diversity techniques on BER values. In this study the performance of the wireless network communication system was measured in bit error rate (BER) as a function of the ratio of bit energy to noise power. Result of simulation from AWGN channels obtained BER values at E_b / N_0 are 2dB, 4dB, 6dB and 8dB, respectively 4×10^{-2} , 1.2×10^{-2} , 2.2×10^{-3} and 2×10^{-4} . The BER results on fading channels using spatial diversity were better than BER on fading channels without any use of antenna diversity with a difference of 10dB.

Keyword: AWGN, fading, BER.

1. Pendahuluan

Pada perkembangan teknologi telekomunikasi untuk menyediakan layanan data yang berkecepatan tinggi (*high datarate*) dan *bandwidth* yang lebar merupakan sebuah tantangan. Salah satu teknik untuk mewujudkannya adalah dengan menggunakan antena jamak [1-2]. Antena jamak adalah metode untuk melipatgandakan kapasitas dengan menggunakan banyak antena untuk mengirim dan menerima data. *Multi antenna* atau antena jamak menjadi hal yang sangat penting dalam komunikasi *wireless* [1-2]. Akan tetapi pada komunikasi *wireless* jika terdapat frekuensi yang sama akan rawan terjadi interferensi dan *noise* [3]. Pada komunikasi *wireless* jarak jangkauan perlu diperhatikan agar tidak *drop signal* [4] dan spektrum *bandwidth* yang digunakan perlu diperhatikan agar tidak terjadi interferensi antar frekuensi [5].

Gangguan *noise* dan *multipath fading* merupakan suatu proses acak yang tidak dapat diprediksi secara pasti terjadinya. Tetapi dalam suatu perancangan sistem komunikasi seluler, terjadinya gangguan akan mengikuti distribusi yang dari model distribusi yang sehingga dapat diprediksi dari model distribusi tersebut [6]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan disimulasikan efek dari gangguan *noise* dan *multipath* terhadap kesalahan deteksi komunikasi digital (BER) untuk berbagai kombinasi nilai E_b/N_0 , serta simulasi pengaruh berbagai teknik diversitas terhadap nilai BER.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Additive White Gaussian Noise (AWGN) adalah *noise* yang ditambahkan pada kanal yang mengikuti distribusi *gaussian*/ normal yang terjadi di seluruh frekuensi dengan rapat spektral daya yang konstan. Pada sistem komunikasi noise AWGN mempunyai karakteristik yaitu Spektrum daya *noise* dianggap memiliki harga yang sama di setiap frekuensi. Selain itu pola kemunculan noise dianggap terdistribusi *Gaussian* dengan nilai rata-rata nol dan varian

tergantung rapat daya yang diperkirakan *noise* tersebut. Menurut [6-7] spektral daya sinyal AWGN disimbolkan pada Persamaan 1.

$$S_w(f) = \frac{N_o}{2} \tag{1}$$

Probabilitas gaussian pada AWGN dapat dilihat pada persamaan 2 [6-7].

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \text{ dimana } \sigma^2 = \frac{N_o}{2} \tag{2}$$

2.2 Rayleigh Fading

Fading adalah fluktuasi daya yang terjadi pada sistem komunikasi seluler dan dapat dimodelkan dengan distribusi *Rayleigh*. *Probabilitas density function* (pdf) pada distribusi *rayleigh* dapat dilihat pada Persamaan 3 [7].

$$f_R(r) = \begin{cases} \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), & r \geq 0 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \tag{3}$$

Persamaan 2 jika dalam bentuk ternormalisasi dapat ditulis sebagai persamaan 4.

$$f_v(v) = \begin{cases} v \exp\left(-\frac{v^2}{2}\right), & v \geq 0 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases} \text{ dimana } v = \frac{r}{\sigma} \tag{4}$$

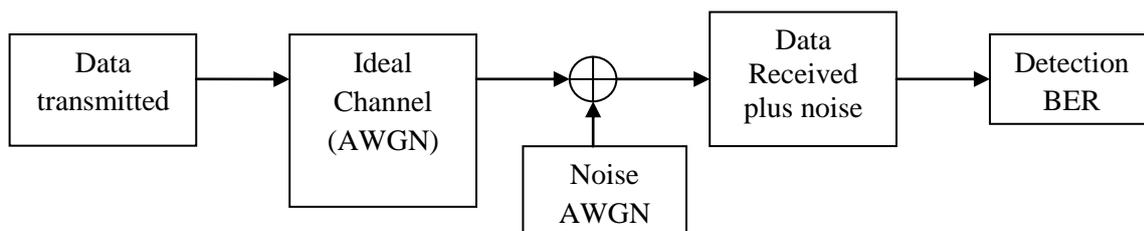
2.3 Kanal Additive White Gaussian Noise (AWGN)

Kanal *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) merupakan model kanal ideal pada sistem komunikasi yang hanya dipengaruhi oleh *thermal noise* akibat pergerakan partikel bermuatan (elektron) secara random dalam media konduktif. Oleh karena itu, *thermal noise* selalu ada pada sinyal informasi yang dikirimkan oleh *transmitter*. *Noise* ini memiliki rapat spektral daya yang sama pada seluruh spektrum frekuensi. Model untuk simulasi kanal AWGN dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada pemodelan kanal AWGN terdapat noise yang dibangkitkan untuk mensimulasikan kondisi kanal pada keadaan sebenarnya yang disebut *noise* AWGN. *Noise* AWGN pada kanal mempunyai sifat *additive*, sehingga noise akan dijumlahkan dengan sinyal informasi yang dikirim pada semua frekuensi kerja dan mengikuti distribusi *gaussian/normal*. Pada [7-8] persamaan daya AWGN dapat dituliskan seperti pada persamaan 5.

$$N = KTB \tag{5}$$

Dimana N adalah daya thermal noise dalam watt, k adalah konstanta *Boltzman* $1.38 \cdot 10^{-23}$ (*Joule/°K*), T adalah temperatur sistem dalam derajat kelvin, dan B adalah *bandwidth* dalam Hz.



Gambar 1. Model Kanal AWGN

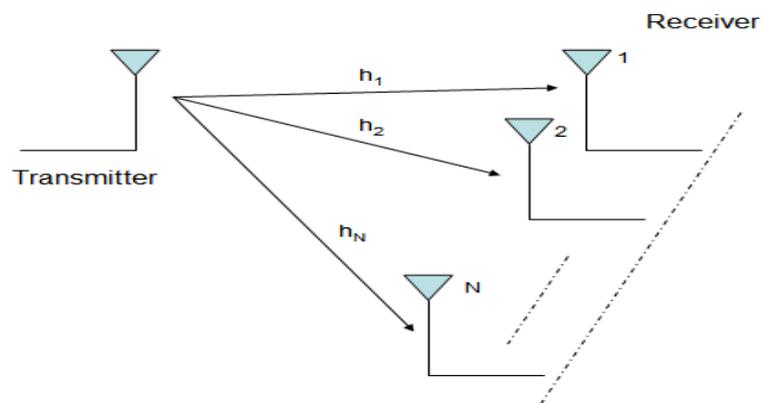
Pada sistem komunikasi seluler, *noise* AWGN selalu ada jika temperatur perangkat telekomunikasi bekerja bukan pada suhu 0 K atau -273°C . *Probabilitas noise* dianggap terdistribusi Gaussian dengan nilai rata-rata (*mean*) adalah nol dan *variansi* tergantung rapat daya yang diperkirakan dari *noise* tersebut.

2.4 Metode Diversitas di Penerima

Menurut [7],[9] metode diversitas di penerima terdiri dari *Selection Combining Diversity*(SCD), *Equal Gain Combining* (EGC), dan *Maximum Ratio Combining*(MRC). *Selection Combining Diversity* merupakan teknik combining diversity yang paling sederhana. Pada teknik ini, penerima memilih sinyal yang memiliki nilai *Signal to Noise Ratio* (SNR) paling baik. *Equal Gain Combining* merupakan suatu teknik penggabungan sinyal dengan pembobotan yang sama pada seluruh antenna. *Performansi equal gain combining* hampir sama dengan *selection diversity* tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan *maximal ratio combining*.

Maximum Ratio Combining (MRC) merupakan suatu teknik penggabungan pada diversitas dimana semua cabang diberi bobot untuk menyediakan SNR yang optimal pada sisi output, jika mempunyai sinyal yang bagus, maka pembobotan yang paling besar yang diukur. Sehingga dari segi performansi, *maximal ratio combining* memiliki kinerja yang lebih bagus dibandingkan dengan *equal gain combining* maupun *selection diversity*. Tetapi bersifat kompleks dari segi konfigurasi dan memerlukan biaya yang lebih besar dalam penerapannya.

Diversitas yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik diversitas ruang seperti pada Gambar 2. Teknik selection diversitas merupakan teknik diversitas ruang dengan menggunakan beberapa *antena receiver* lalu mengambil sinyal dengan SNR terbaik [10-11].



Gambar 2. Metode pengiriman data dengan metode diversitas di penerima

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Kanal AWGN

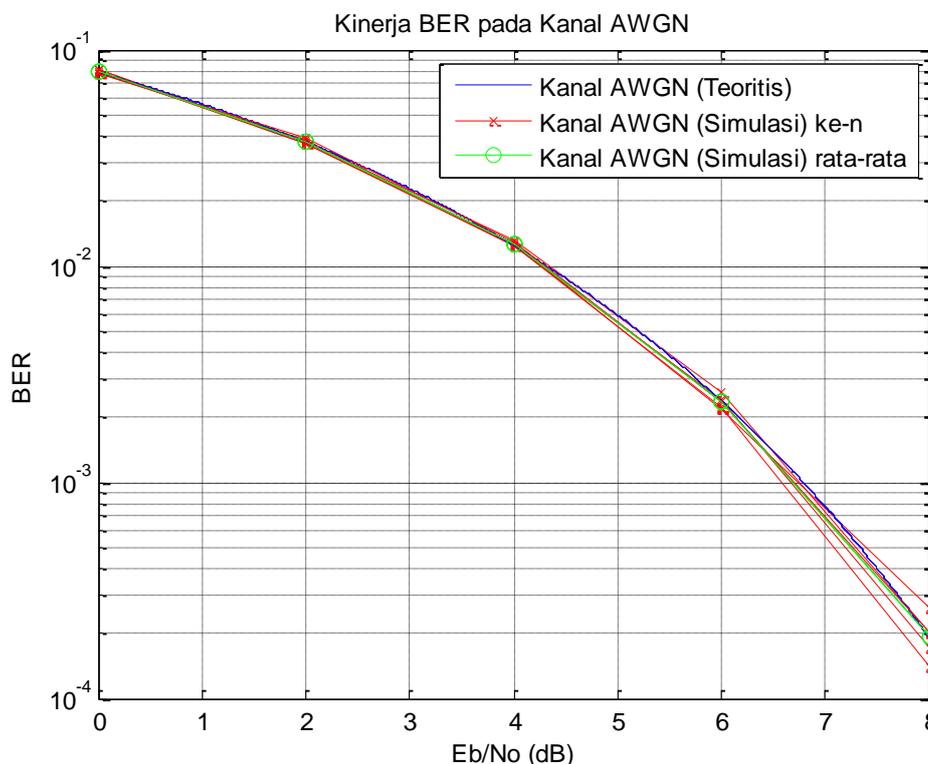
Pada pengujian kanal AWGN, jumlah data sebesar 100 Kbit ($N=10^5$). Jumlah tersebut dikarenakan BER minimum yang mungkin terjadi sekitar 10^{-4} , agar error dapat terdeteksi, maka jumlah bit pada simulasi harus lebih besar dari $(1/10^{-4})$ atau 10^4 bit. Pada pengujian ini pembangkitan data dengan fungsi $\text{sign}()$ terhadap output fungsi $\text{randn}()$. Pembangkitan dilakukan secara random dengan data yang dibangkitkan merupakan data bipolar yang memberikan nilai keluaran yang terdistribusi secara normal, dengan mean bernilai 0.

Nilai E_b/N_0 yang digunakan pada simulasi adalah 0 dB, 2 dB, 4 dB, 6 dB, dan 8 dB dan dilakukan simulasi Monte Carlo sebanyak 5 kali untuk masing-masing nilai E_b/N_0 . Untuk program perhitungan BER, dengan BER awal diinisialisasi 0. Kemudian ditentukan

variabel untuk BER rata-rata $BER(i)=0$ dan variabel untuk BER monte carlo adalah $BER_montecarlo(i,j)=0$.

```
for i=1:length(eb_no)
    BER(i)=0;
for j=1:n
    BER_montecarlo(i,j)=0;
```

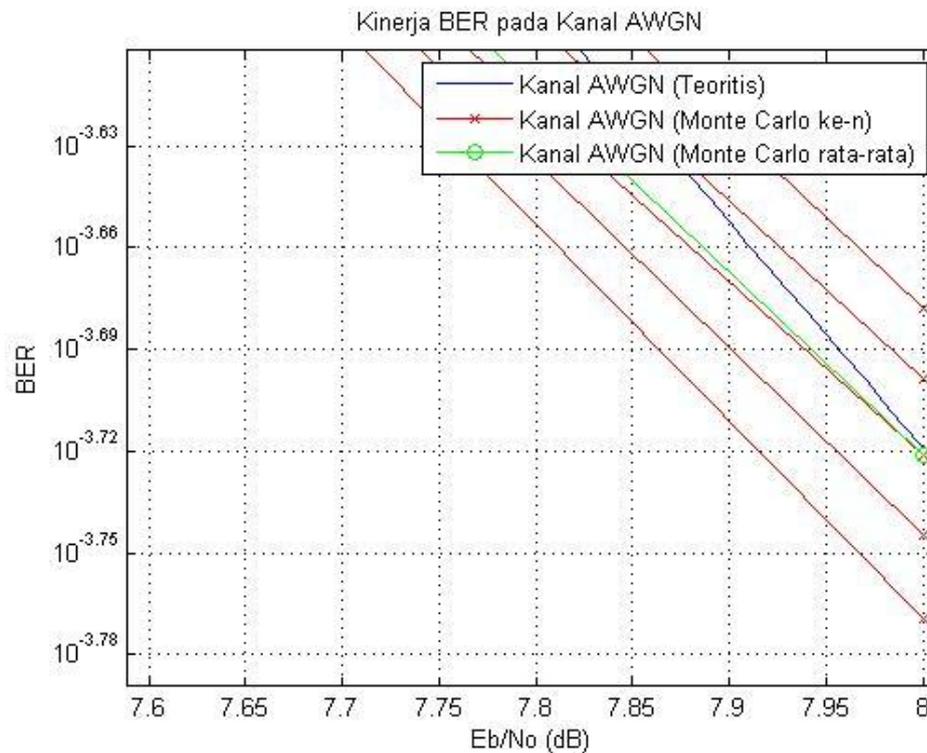
Data yang diterima oleh *receiver* merupakan penjumlahan antara data yang dikirim dengan *noise* AWGN. Digunakan fungsi `sign()` karena hasil penjumlahan kemudian dikonversi ke dalam data bipolar. Kemudian nilai BER dihitung dengan membandingkan antara jumlah bit dikirim yang terkena *error* dan jumlah bit total yang dikirim. Fungsi `symerr` digunakan untuk menghitung jumlah *error*, di mana sistemnya adalah membandingkan antara data yang dikirim dan diterima, kemudian dihitung berapa jumlah yang *error*. Untuk hasil pengujian dengan model kanal seperti gambar 1 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kinerja BER pada Kanal AWGN

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa kurva yang berwarna biru (garis lurus) adalah kurva yang didapat dari perhitungan teoritis, sedangkan kurva yang berwarna merah (garis lurus dengan tanda x) adalah hasil simulasi menggunakan metoda *Monte Carlo* sebanyak 5 kali untuk nilai E_b/N_0 yang berbeda-beda yaitu 0,2,4,6, dan 8 dB, dan yang terakhir kurva yang berwarna hijau (garis lurus dengan tanda o) adalah kurva rata-rata hasil simulasi menggunakan metoda Monte Carlo.

Pada Gambar 3 dilakukan pengujian kinerja BER pada kanal AWGN dengan ketentuan antara lain, jumlah bit *error* yang muncul setiap kali *run* simulasi minimal 10. Dari perhitungan teoritis, untuk nilai E_b/N_0 maksimum yaitu $E_b/N_0 = 8$ dB, didapat nilai $BER = 1.9091 \times 10^{-4}$. Karena jumlah data yang dibangkitkan harus lebih besar dari $1/BER$, maka untuk mendapatkan perhitungan yang akurat serta untuk memudahkan simulasi, untuk semua nilai E_b/N_0 diberikan jumlah data sebanyak 100 Kbit ($N=10^5$).

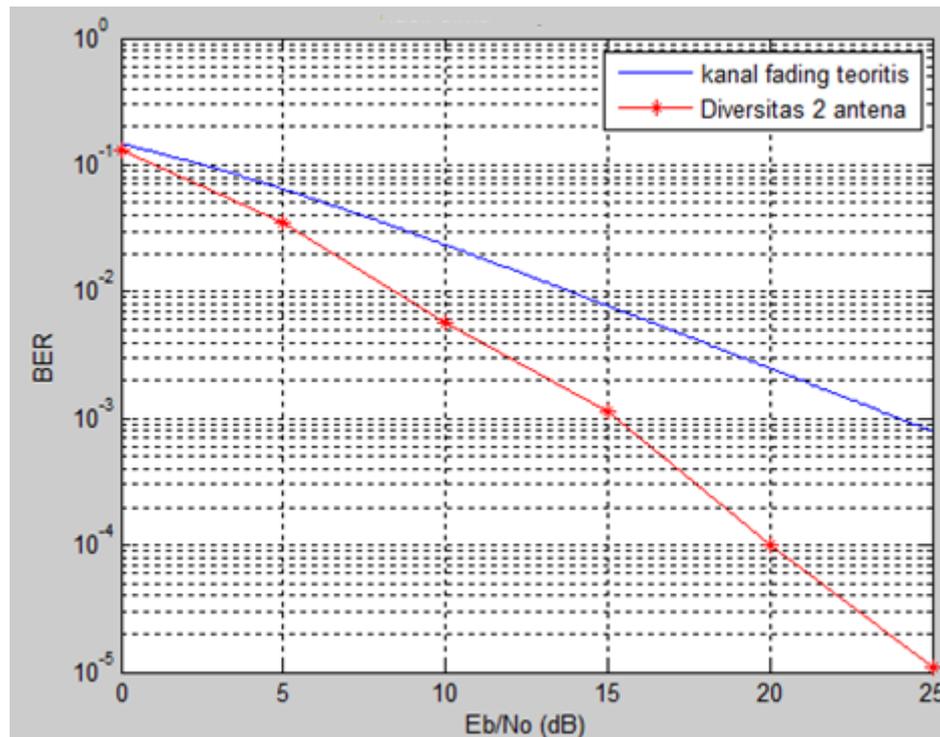


Gambar 4. Hasil simulasi Monte Carlo dengan $E_b/N_0 = 8$ dB

Metode yang digunakan dalam simulasi ini adalah metoda Monte Carlo dengan pengulangan 5 kali. Dari hasil simulasi yang ditampilkan pada gambar 3, dapat dilihat bahwa untuk setiap nilai E_b/N_0 yang diberikan, akan menghasilkan nilai BER yang berbeda. Gambar 3 menunjukkan kurva hasil simulasi Monte Carlo pertama hingga terakhir (kurva yang berwarna merah atau garis lurus dengan tanda x) berdekatan dengan kurva perhitungan BER secara teoritis (kurva yang berwarna biru atau garis lurus). Untuk lebih detail dapat dilihat pada Gambar 4. Apalagi setelah seluruh hasil simulasi tersebut dirata-ratakan, ternyata menghasilkan kurva yang semakin mendekati kurva teoritis. Hal ini membuktikan bahwa pada kanal AWGN adalah kanal ideal, dimana kanal hanya dipengaruhi oleh thermal noise sehingga nilai BER yang didapat dari simulasi mendekati nilai BER teoritisnya.

3.2 Pengujian Kanal Fading dengan Diversitas Spasial 2 Antena

Pada pengujian ini kanal yang digunakan yaitu kanal fading dengan diversitas spasial 2 antena (multi antenna). Untuk pembangkitan data dengan fungsi $\text{sign}(\text{randn}(1, N(i)))$. Data yang dibangkitkan merupakan data bipolar, yaitu 1 atau -1 dengan distribusi normal dan mean bernilai 0. Nisie yang dibangkitkan pada pengujian ini menggunakan noise AWGN dengan kanal fading. Untuk hasil simulasi kanal fading dengan diversitas spasial 2 antena dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil simulasi kanal fading dengan diversitas spasial 2 antenna

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa hasil simulasi dengan fading teoritis (garis berwarna biru atau garis lurus) yang dihasilkan memiliki nilai yang berbeda dengan hasil simulasi diversitas 2 antenna (garis merah atau garis dengan tanda *). Jika diberikan lebih dari satu antenna maka akan terdapat diversitas spasial antar antenna penerima tersebut. Semakin banyak antenna penerima yang digunakan, akan semakin banyak diversitas spasial yang terjadi. Sehingga, Eb/No yang diperlukan akan semakin kecil dan nilai BER yang dihasilkan semakin kecil. Berdasarkan pada Gambar 5 untuk mendapatkan error yang sama dengan nilai 10^{-3} didapatkan simulasi dengan menggunakan diversitas membutuhkan nilai Eb/No 15dB dan tanpa menggunakan diversitas membutuhkan Eb/No 25dB. Sehingga dapat menghemat Eb/No sebesar 10dB.

4. Kesimpulan

Pada pengujian BER di kanal AWGN dengan monte carlo sebanyak 5 kali didapatkan nilai BER pada Eb/No masing-masing 2dB, 4dB, 6dB dan 8dB yaitu 4×10^{-2} , 1.2×10^{-2} , 2.2×10^{-3} dan 2×10^{-4} . Hasil pengujian BER pada kanal fading dengan menggunakan diversitas ruang/spasial lebih baik dibandingkan BER pada kanal fading tanpa ada diversitas antenna. Untuk mendapatkan nilai error yang sama 10^{-3} , Eb/No yang dibutuhkan dengan diversitas 2 antenna sebesar 15dB sedangkan Eb/No tanpa menggunakan diversitas antenna membutuhkan 25dB. Sehingga metode diversitas dapat digunakan untuk memperbaiki BER pada kanal fading.

Daftar Pustaka

- [1] Waluyo, C. B. (2014). Analisa Performansi Dan Coverage Wireless Local Area Network 802.11 B/G/N Pada Pemodelan Sistem E-Learning. *Pros. Semin. Nas. Apl. Sains Teknol.*, no. November, 69-74.

- [2] Waluyo, C. B. (2016). Analisis Mimo untuk Peningkatan Kapasitas Sistem Seluler 4g Lte pada Sistem Komunikasi High Altitude Platform Station. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 8(2), 111-120.
- [3] Waluyo, C. B., & Astuti, Y. (2017). Analisis Peningkatan Kapasitas Sistem Seluler 4g Lte pada Sistem Komunikasi High Altitude Platform Station. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 9(1), 31-42.
- [4] Waluyo, C. B., A. Rizqiyah, & D. Dermawan, (2018). Design and Development of 72.83 MHz Signal Booster Transmitter to increase the remote control. *Jurnal Angkasa*, X (Nomor 2), 120–129.
- [5] Waluyo, C. B. (2015). Perencanaan dan Perencanaan Layanan Digital Video Broadcasting Cable Untuk Jaringan HFC, Studi Kasus Layanan untuk Laboratorium LTRGM dan Teknik Fisika ITB. *jurtek: Jurnal Teknologi*, 8(1), 44-52.
- [6] Goldsmith A. (2005) *Wireless Communications*. Combrige University press. United Kingdom.
- [7] Rappaport, T.S. (2010) “Wireless Communications Principles and practice second edition”, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series.
- [8] Bernard Sklar (1997). *Rayleigh fading Channels in Mobile Digital Communication systems part II Mitigation*. IEEE Communications.
- [9] Zarrinkoub. (2014) .*Understanding LTE with matlab from Mathematical modeling to simulation and prototyping*. John wiley & sons Ltd.
- [10] Waluyo, C. B. (2015). Iskandar, Performance analysis with LMMSE for MIMO LTE on the High Altitude Platform Station, Pages: 308-313, DOI: 10.1109/ICEEI.2015.7352516. *IEEE*.
- [11] Waluyo, C. B., & Astuti, Y. (2017, September). Performance analysis for MIMO LTE on the high altitude platform station. In *Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 2017 4th International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.