



# TELNECT

Journal homepage: <http://ejournal-purwakarta.upi.edu/telnect>



## Analisis Perbandingan 16-QAM dan 64-QAM Pada Kanal AWGN untuk Sistem Komunikasi Nirkabel

Winda Pratiwi<sup>1\*</sup>, Endah Setyowati<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Sistem Telekomunikasi, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

\*Corresponding Author: E-mail: [winda pratiwi@upi.edu](mailto:winda pratiwi@upi.edu)

### ABSTRACTS

Sistem komunikasi nirkabel merupakan salah satu teknologi telekomunikasi yang terus dikembangkan mengikuti kebutuhan penggunaannya. Pemilihan dalam penggunaan modulasi pada sistem komunikasi merupakan hal penting yang perlu diperhatikan supaya menghasilkan performansi sistem yang baik. Selain itu, dalam penggunaan modulasi juga harus disesuaikan dengan kondisi kanal. Untuk itu, artikel ini akan melakukan penelitian terhadap penggunaan modulasi 16-QAM dan 64-QAM tanpa menggunakan pengkodean LDPC pada kanal AWGN melalui simulator MATLAB R2019a untuk mengetahui hasil performansi modulasi yang terbaik. Hasil penelitian ini kemudian menunjukkan hasil nilai SNR pada 16-QAM lebih baik dibandingkan dengan 64-QAM.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 15 Oktober 2021

Revised 22 November 2021

Accepted 11 Desember 2021

Available online 15 Desember 2021

#### Keyword:

Modulasi,  
16-QAM,  
64-QAM,  
AWGN,  
BER,  
Nirkabel.

## 1. PENDAHULUAN

Sistem komunikasi nirkabel (tanpa kabel) merupakan sistem komunikasi dengan media transmisi berupa gelombang radio yang berjalan pada medium udara. Dalam komunikasi nirkabel ini, ketika melakukan propagasi sinyal dari pengirim menuju ke penerima seringkali masih mengalami berbagai gangguan yang mengakibatkan si penerima akan menerima sinyal distorsi akibat dari efek kanal (*small scale fading*). Karenanya, pemilihan dalam penggunaan modulasi dalam sistem komunikasi nirkabel merupakan hal penting yang perlu diperhatikan supaya mendapatkan performansi sistem yang baik.

Modulasi adalah suatu proses perubahan suatu gelombang periodik untuk membawa suatu data atau informasi. Ketika terdapat informasi dengan frekuensi yang rendah, maka akan di proses dengan dimasukkan ke dalam suatu gelombang pembawa yang pada umumnya berupa gelombang sinusoidal dengan frekuensi tinggi.

Ada tiga parameter utama pada gelombang sinusoidal yang dapat dimodifikasi sesuai dengan sinyal informasi untuk membentuk sinyal yang termodulasi, yaitu: (1) Amplitudo, (2) Frekuensi, dan (3) Fase. Informasi yang dikirim ini nantinya berupa data analog ataupun digital, sehingga terdapat dua jenis modulasi, yaitu: (1) modulasi analog (respon informasi sinyal berupa sinyal analog), dan (2) modulasi digital (penumpangan sinyal digital (*bit stream*) ke dalam sinyal *carrier*). Penggunaan modulasi ini juga perlu disesuaikan dengan kondisi kanal, sebab modulasi berperan penting juga dalam mengurangi *error* akibat kanal.

Pada modulasi digital memiliki beberapa sistem modulasi, yaitu:

- 1) *Amplitude Shift Keying* (ASK),
- 2) *Phase Shift Keying* (PSK), dan
- 3) *Frequency Shift Keying* (FSK).

Kemudian, dikembangkan lagi dengan mengkombinasikan dua modulasi digital ASK dan PSK yang kini disebut dengan istilah *Quadrature Amplitude Modulation* atau yang disingkat dengan sebutan QAM. Modulasi ini menjadi lebih dipilih untuk modulasi tingkat tinggi daripada teknik modulasi lainnya.

Pada penelitian [1] dan [2], telah diketahui bahwa hujan memiliki pengaruh terhadap sistem komunikasi nirkabel. Hujan memberikan tambahan *noise* pada sinyal di kanal. Modulasi 16-QAM dan 64-QAM menjadi solusi untuk mengurangi *error* akibat kanal. Penggunaan modulasi menggunakan parameter BER juga dilakukan pada penelitian [4], pada komunikasi satelit. Penelitian lainnya [5] dan [6], menggunakan modulasi serupa, yaitu salah satunya terdapat 16-QAM dan 64-QAM menggunakan simulator MATLAB, sementara pada penelitian [7], menggunakan LABView sebagai simulatornya.

Pada artikel ini secara spesifik akan melakukan penelitian untuk mengetahui penggunaan modulasi terbaik yang dapat dilakukan pada sistem untuk mengurangi gangguan kanal berdasarkan analisis perbandingan 16-QAM dan 64-QAM pada kanal AWGN tanpa pengkodean LDPC (*Low Density Parity Check*) yang mempunyai proses decoding yang linear. Ketika modulasi sudah dapat meningkatkan kehandalan sistem pada kanal, maka kualitas keseluruhan layanan akan meningkat yang salah satunya ditandai nilai *Bit Error Rate* (BER) yang rendah terhadap *Signal-to-Noise Ratio* (SNR). Dan dari penelitian ini dapat bermanfaat untuk bidang telekomunikasi seluler.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN METODE

Metode penelitian ini menggunakan sistem simulasi dengan menggunakan perangkat keras berupa PC (*Personal Computer*) dan perangkat lunak yang digunakan untuk merealisasikan sistem, yaitu: MATLAB R2019a.

### 2.1 MATLAB (*Matrix Laboratory*)

MATLAB merupakan bahasa pemrograman tinggi dengan setiap data menggunakan dasar matriks yang mampu membuat grafik dengan visualisasi yang baik. Beberapa *tools* serta banyaknya *library* sangat membantu dalam menyelesaikan permasalahan matematika, salah satunya dalam bentuk simulasi fungsi, pemodelan matematika dan perancangan GUI. MATLAB kita pilih pada penelitian ini, guna mengetahui kualitas sinyal pada kanal AWGN menggunakan modulasi QAM.

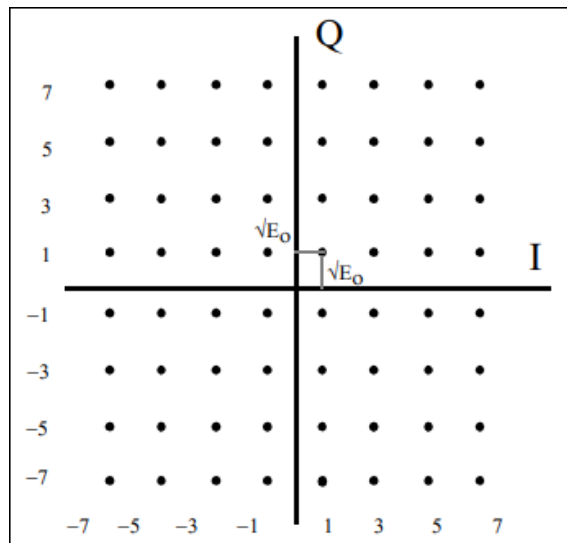
## 2.2 QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

QAM ini merupakan modulasi digital (kombinasi ASK dan PSK) dengan proses pentransmisian pada kanal lebar pita yang terbatas. ASK merupakan modulasi di mana amplitude diubah-ubah, sehingga pengiriman sinyal berdasarkan dari pergeseran amplitude, sementara PSK merupakan modulasi di mana fase dari frekuensi gelombang *carrier* (pembawa) berubah-ubah sesuai dengan perubahan status sinyal informasi digital, sehingga pengiriman sinyal berdasarkan dari pergeseran fase.

Persamaan sinyal QAM adalah sebagai berikut:

$$S_i(t) = \sqrt{2} E_i(t) T \cos[\omega_0 t + \phi_i] \quad (1)$$

dengan syarat batas  $0 \leq t \leq T, i = 1, 2, \dots, M$

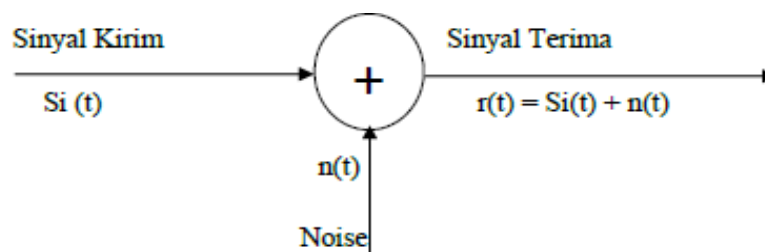


Gambar 1. Diagram Konstelasi 64-QAM [3]

Berdasarkan Gambar 1, pada konstelasi 64-QAM, simbol-simbol disebar secara merata dengan jarak antar simbol yang presisi. Dan setiap simbol mewakili 6 bit info. Dan pada penelitian ini QAM yang akan digunakan adalah 16-QAM, yang ditandai dengan setiap simbol berisi 4 bit ( $16=2^4$ ) atau nilai  $M=4$  dan 64-QAM, yang ditandai dengan setiap simbol berisi 6 bit atau  $M=6$ .

## 2.3 AWGN (Additive white Gaussian noise)

Kanal AWGN merupakan proses stokastik di mana kanal ini memiliki karakteristik rapat spektral daya *noise* merata di sepanjang *range* frekuensi.



Gambar 2. Kanal AWGN [1]

Pada Gambar 2, didapatkan hasil persamaan:

$$r(t) = S_i(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

artinya, sinyal kirim  $S_i(t)$  ditransmisikan dari bagian pengirim, kemudian diterima pada bagian penerima, sementara  $n(t)$  adalah *noise* yang terjadi selama proses transmisi sinyal tersebut.

Pada kanal transmisi AWGN, biasanya muncul penambahan derau yang timbul akibat akumulasi derau termal pada perangkat pemancar, kanal transmisi, dan perangkat penerima. Derau AWGN ini merupakan gangguan yang bersifat *additive* yang dimodelkan dalam pola distribusi acak Gaussian dengan:

- *mean* atau rata-rata ( $m$ ) = 0,
- standar deviasi ( $\sigma$ ) = 1,
- *power spectral density* =  $N_0/2$  (W/Hz),

dengan rapat spektral daya yang tersebar merata pada lebar pita frekuensi tak berhingga.

Sinyal terima  $S_{rx}(t) = S_{tx}(t) + n(t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ . Distribusi pada AWGN dengan pdf :

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3)$$

dengan keterangan :

- $p(x)$  : probabilitas kemunculan derau,
- $x$  : tegangan atau daya sinyal (*variable*)

Parameter model kanal yang digunakan pada simulasi penelitian ini ialah sebagai berikut:

**TABEL 1. PARAMETER KANAL**

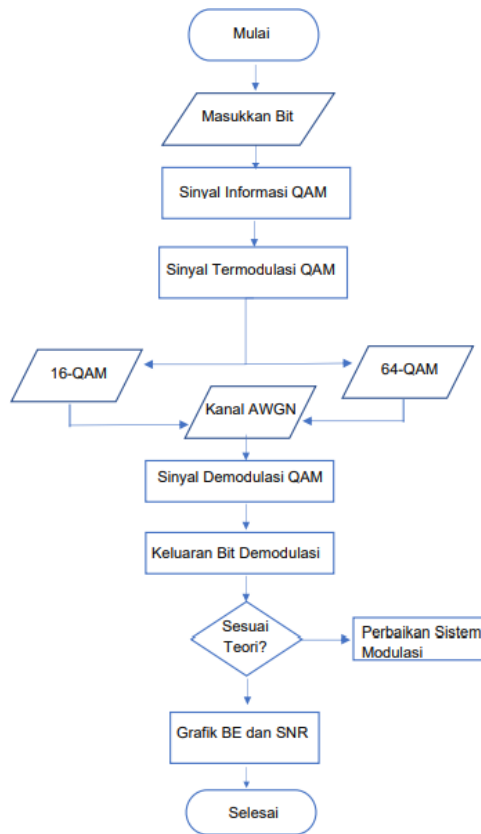
| No. | Parameter     | Nilai     |
|-----|---------------|-----------|
| 1.  | Kanal         | AWGN      |
| 2.  | SNR           | 0-20 (dB) |
| 3.  | Iterasi Kanal | 20        |

Berdasarkan teori bahwa pengujian sistem dikatakan baik, apabila hasil rata-rata dari perilaku kanal setiap iterasi, menghasilkan jumlah iterasi yang semakin banyak, karena ketika dirata-ratakan dari perilaku kanal setiap iterasi. Namun, semakin banyak jumlah iterasi, maka waktu komputasi untuk *running* program di MATLAB juga akan semakin lama. Untuk itu, pada penelitian ini akan melakukan 20 kali iterasi dengan pertimbangan waktu komputasi dan hasil yang didapat sudah cukup dikatakan baik.

## 2.4 Proses Pengujian

Hal pertama yang dilakukan pada penelitian ini ialah melakukan parameter pengukuran performansi sistem pada nilai BER terhadap SNR. Kedua, simulasikan sistem yang dilakukan pada kanal AWGN. Dari penelitian ini akan didapatkan hasil atau data analisa pengaruh dari modulasi 16-QAM dengan 64-QAM pada sistem komunikasi nirkabel, sehingga hasil akhirnya dapat diketahui performansi penggunaan modulasi mana yang terbaik.

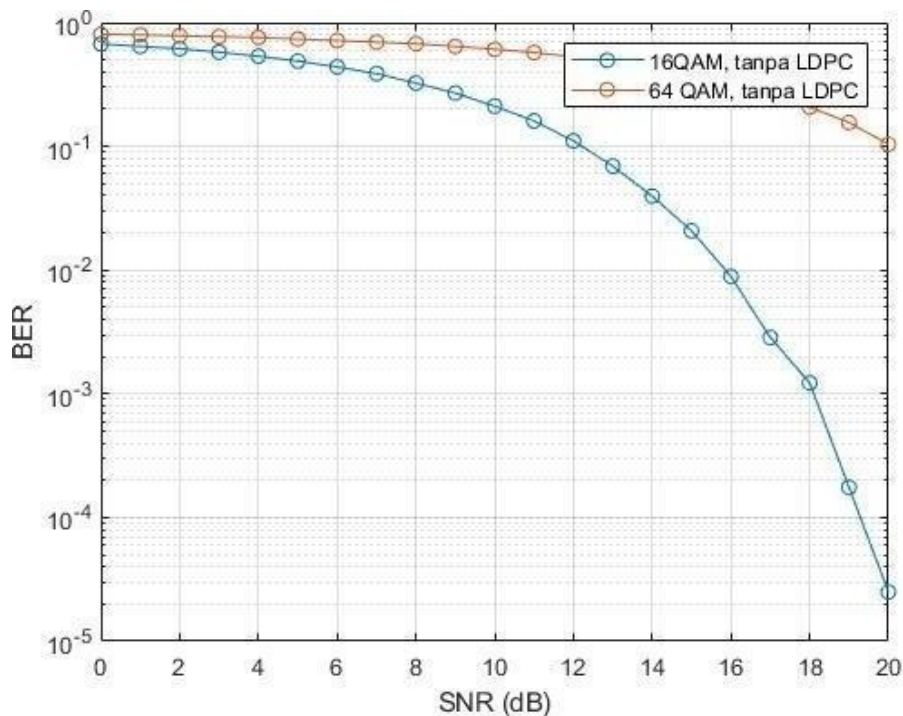
Berikut ini *flowchart* dari metode penelitian yang akan dilakukan:



**Gambar 3.** Flowchart Penelitian Simulasi 16-QAM dan 64-QAM pada Kanal AWGN

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan berdasarkan metode penelitian yang sudah disusun, maka diperoleh hasil pengujian seperti Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik hasil simulasi 16-QAM dan 64-QAM menggunakan kanal AWGN, tanpa pengkodean LDPC

Dari Gambar 4 tersebut, diketahui bahwa untuk mencapai BER  $10^{-3}$  maka SNR yang dibutuhkan ialah sebagai berikut:

TABEL 2. NILAI SNR

| No. | Modulasi | SNR (dB) |
|-----|----------|----------|
| 1.  | 16-QAM   | 18       |
| 2.  | 64-QAM   | >20      |

Dari data tersebut diketahui bahwa penggunaan modulasi terhadap sistem yang dinyatakan oleh nilai SNR untuk mendapatkan target BER  $10^{-3}$ . Dengan menggunakan modulasi 16-QAM diperlukan nilai SNR yang lebih kecil daripada 64-QAM untuk mencapai BER  $10^{-3}$ . Hal tersebut menyatakan bahwa modulasi 16-QAM memberikan performansi yang lebih baik dibandingkan 64-QAM pada penelitian ini. Hal ini membuktikan pula bahwa semakin banyak bit yang disimbolkan, maka probabilitas banyak bit yang *error* dari simbol yang membawanya, akan semakin besar. 64-QAM membawa 6 bit setiap simbol kemudian ketika melewati kanal dan mengalami *error*, maka akan rusak sebanyak 6 bit dari setiap simbol. Sedangkan pada 16-QAM, hanya 4 bit tiap simbol, maka lebih sedikit bit yang rusak ketika terjadi *error* di kanal. Namun begitu, 64-QAM dapat menunjang kecepatan pengiriman data pada kanal yang baik (yaitu kanal minim gangguan).

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Modulasi 16-QAM memberikan performansi yang lebih baik ditandai dengan nilai SNR yang dibutuhkan lebih sedikit untuk mendapatkan BER  $10^{-3}$  dibandingkan sistem dengan modulasi 64-QAM pada simulasi sistem penelitian ini.

Pada penelitian selanjutnya dapat dianalisa pula perbandingan performansi 16-QAM dengan 64-QAM dengan menggunakan LDPC ataupun dengan penggunaan *coderate* yang berbeda pada teknik pengkodean LDPC untuk mengetahui menambah rekomendasi *coderate* berapa yang paling baik.

#### 5. REFERENSI

- [1] E. Setyowati, G. M. Suranegara, and I. N. Ichsan, "Rain Effect to A 60 GHz Broadband Wireless System's Performance: Study Case In Purwakarta", J. INFOTEL, vol. 13, no.1, pp. 13-17, Feb. 2021.
- [2] A. N. Alamsah, K. Sujatmoko, and M. I. Maulana. "Analisis Pengaruh Redaman Hujan Terhadap Performansi Sistem Komunikasi Optik Ruang Bebas Dengan Modulasi 16-QAM." *eProceedings of Engineering 7*, no. 2 (2020).
- [3] S. Brand, Philips Semiconductors. QAM Demodulation, Wireless Communications. PCALE.
- [4] Y. Prabowo, N. Chasanah, R. C. Anwar, A. Rohman, and A. Ruhayat. "Analisa Bit Error Rate (BER) pada Penggunaan Modulasi Digital PSK dan QAM untuk Sistem Komunikasi Satelit UAV." (2021): 63-72.
- [5] Gupta, R. Kant, A. Jain, and P. Singodiya. "Bit error rate simulation using 16 qam technique in matlab." *International Journal of Multidisciplinary Research and Development 2*, no. 5 (2015): 59-64.
- [6] L. Faridah, and A. Pratiarso. "Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital 8-QAM, 16-QAM, dan 64-QAM dengan Menggunakan Software." *EEPIS Final Project*. (2011).
- [7] F. Dheaputro, Y. S. Rohmah, and A. D. Pambudi. "Perancangan Simulator Modulasi dan Demodulasi 16-QAM dan 64-QAM Menggunakan LABVIEW."