

## **Pengaruh Penggunaan Jenis Modulasi Sistem HAPS pada Layanan DVB-T**

Sri Wahyuni  
Fakultas Sains dan teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry  
Banda Aceh  
Sri.wahyuni@ar-raniry.ac.id

*Abstrak*— DVB-T (*Digital Video Broadcasting- Terrestrial*) merupakan sebuah standar terbuka dalam transmisi video digital yang telah diakui secara internasional dikeluarkan oleh ETSI. Pada penelitian ini akan menganalisis pengaruh pemilihan jenis modulasi yang digunakan terhadap performansi layanan DVB-T pada sistem *High Altitude Platforms Station* (HAPS). HAPS yang dikenal sebagai *stratospheric broadband* adalah sebuah standar infrastruktur telekomunikasi yang serupa dengan satellite, yang ditempatkan di lapisan stratosfer. HAPS dikembangkan untuk menjalankan layanan serupa satellite dengan biaya yang lebih hemat, waktu perealisasiannya yang jauh lebih pendek dan memiliki cakupan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan infrastruktur terestrial saat ini. Kanal HAPS dapat menyediakan hubungan LOS antara platform HAPS dengan *user* sehingga dapat disimulasikan dengan kanal rician. Berdasarkan hasil penelitian, performansi layanan DVB-T pada sistem HAPS dipengaruhi oleh jenis modulasi dan mode kerja yang digunakan, penggunaan modulasi QPSK dengan mode kerja 8K memberikan performansi paling baik, dengan memenuhi nilai BER yang telah ditentukan yaitu lebih kecil dari  $10^{-4}$

Kata Kunci—DVB-T, HAPS, Modulasi.

### **1. Pendahuluan**

Meningkatnya kebutuhan layanan telekomunikasi ikut menuntut berkembangnya infrastruktur telekomunikasi. *High Altitude Platform* (HAPS) merupakan salah satu alternatif solusi yang mampu memberikan multi layanan pada satu platform dan dapat memberikan banyak keuntungan dibanding dengan teknologi *existing* lainnya (*terrestrial* maupun satelit). HAPS memanfaatkan stasiun *transceiver* pada ketinggian yang berada jauh dibawah satelit, yaitu pada lapisan stratosfir.

*Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T) merupakan salah satu perkembangan dunia telekomunikasi khususnya penyiaran, dimana TV digital memungkinkan pengiriman terestrial pada sebuah *channel* TV hingga *7-8 channel* program

TV dan tambahan multimedia lainnya. Dengan segala kelebihan yang ditawarkan, hingga kini Indonesia terus bermigrasi dari penggunaan TV analog ke TV digital. Pada penelitian ini akan membahas performansi DVB-T pada kanal HAPS dengan memperhatikan nilai BER yang dihasilkan. HAPS disimulasikan dengan penggunaan kanal rician yang mengandung komponen LOS dan non LOS sehingga memiliki karakteristik di masing-masing posisi/jarak tertentu dari platform HAPS.

Paper ini terdiri dari pendahuluan, konsep dasar mengenai HAPS dan DVB-T, kemudian perancangan sistem serta hasil simulasi dan analisis.

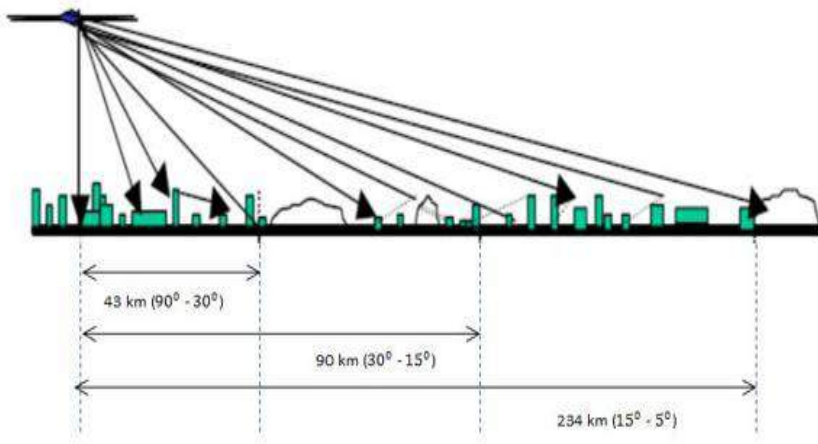
## **2. High Altitude Platform Station (HAPS)**

### **A. Karakteristik HAPS**

Karakteristik dimensi bumi dan ketinggian yang digunakan pada sistem HAPS sangat mempengaruhi jarak terhadap sudut elevasi dari stasiun bumi dengan HAPS itu sendiri. Seperti halnya antena geostationer yang memiliki ketinggian sekitar 300 m memiliki diameter yang mencakupi daerah LOS hanya untuk sekitar belasan kilometer. Estimasi kualitas LOS juga bergantung pada bentuk dari daratan tempat sistem ini diimplementasikan. Dalam simulasi kanal HAPS ini diasumsi karakteristik daerah datar, mengacu pada dataran yang terdapat beberapa pepohonan. Perhitungan diameter dapat diacu dengan persamaan berikut :

$$d = 2R \left( \cos^{-1} \left( \frac{R}{R+h} \cdot \cos \alpha \right) - \alpha \right)$$

Dimana  $d$  adalah diameter area yang dibentuk,  $R$  adalah jari-jari bumi yaitu 6370 km,  $h$  adalah ketinggian HAPS dan  $\alpha$  adalah sudut elevasi dalam derajat yang dibentuk antara stasiun bumi dan platform HAPS[9].



Gambar 1: Ilustrasi sudut terhadap *coverage* HAPS

## B. Pemodelan Kanal HAPS

Pada penelitian ini akan digunakan model kanal Rician karena diasumsikan sinyal LOS dari HAPS akan langsung ke *receiver* dengan sedikit *multipath*. Faktor redaman karena pengaruh cuaca dan gas alam juga diabaikan karena penggunaan frekuensi rendah yaitu 2.4 GHz. Model kanal yang digunakan dalam penulisan dan penelitian yaitu kanal AWGN dan kanal Rician-*fading* karena kanal HAPS yang digunakan terdistribusi secara *Rician*.

### a. Additive white Gaussian noise (AWGN)

Dalam sebuah sistem komunikasi sinyal selalu mengalami kerusakan yang disebabkan oleh adanya *noise* yang disebabkan oleh amplifier. Kerusakan sinyal hanya disebabkan oleh *noise* yang *white Gaussian* (AWGN), dan sinyal yang diterima dideterministik menggunakan statistik AWGN (terdistribusi Gaussian). Jika didefinisikan sinyal yang dikirimkan, *white Gaussian noise* dan sinyal yang diterima adalah berturut-turut  $s(t)$ ,  $n(t)$  dan  $r(t)$ , maka sinyal yang diterima adalah

$$r(t) = s(t) + n(t)$$

dengan  $n(t)$  adalah *sample function* proses AWGN dengan fungsi rapat peluang(pdf) dan rapat *spectral* daya adalah sebagai berikut:

$$\Phi_{nn}(f) =$$

Dimana  $N_0$  adalah rapat daya *noise* yang bernilai konstan.

## b. Kanal Rician

Posisi HAPS berada pada ketinggian 20 km dari permukaan bumi sehingga pancaran dari station pengirim yang ada pada HAPS dengan *ground station* memiliki satu lintasan (*path*) yang bersifat LOS tetapi memungkinkan juga terjadinya *multipath fading* karena struktur bumi, bangunan maupun pepohonan di sekitar *ground station* yang menjadi acuan.

Jika komponen dominan yang dimaksud adalah gelombang *Line of Sight (LOS)*. Jika sinyal yang dikirimkan pada station pengirim  $s(t) = \cos(\omega ct)$  maka pada station penerima akan diperoleh sinyal hasil pemfilteran *Rician Multipath Channel* sbb:

$$v(t) = C \cos(\omega ct) + \sum_{n=1}^N \rho_n \cos(\omega ct + \Phi_n)$$

Dimana:

- C = amplitude LOS component
- $\rho_n$  = amplitude sinyal pantul yang ke-n
- $\Phi_n$  = phase sinyal pantul yang ke -n
- n = 1 – N menunjukkan jumlah pantulan

Representasi kanal rician paling tepat untuk diterapkan mengingat ada pengaruh kecil mengenai *multipath fading* dari keadaan lingkungan, terutama pada sudut elevasi kecil. Pada keadaan seperti ini, komponen *random multipath* yang datang dari berbagai sudut dapat berpengaruh pada sinyal terima. Distribusi Rician diberikan sebagai :

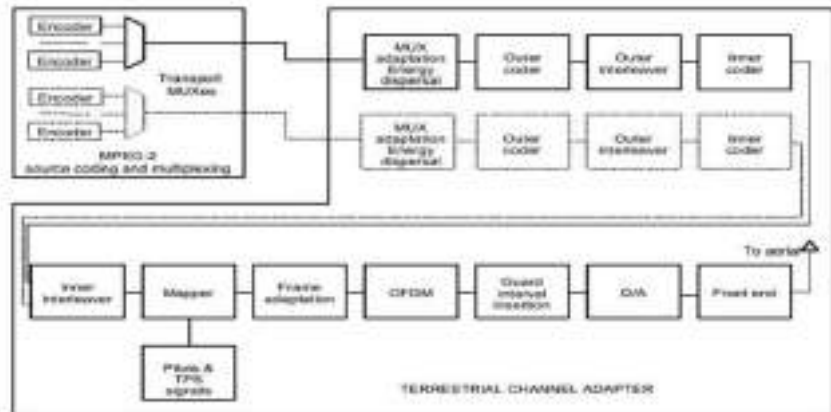
$$P(R) = \frac{R}{\sigma^2} \frac{(R^2 + A^2)^{-\frac{K}{2}}}{2\sigma^2} I_0\left(\frac{AR}{\sigma^2}\right); \text{ untuk } (A \geq 0, R \geq 0) \quad P(R) = 0; \text{ untuk } (r < 0)$$

Dimana A melambangkan puncak amplitude dan adalah fungsi Bessel dimodifikasi oleh *first kind* dan *zero order*. Salah satu parameter yang berpengaruh adalah parameter K, yang didefinisikan sebagai tingkat LOS dari suatu kanal Rician yang diamati.

## 3. Digital video broadcasting-terrestrial (DVB-T)

DVB-T lebih dikenal dengan siaran televisi digital menjadi standar yang banyak dipakai di dunia dan juga tengah diadaptasi di Indonesia karena beberapa kelebihanannya, terutama karena

kehandalan DVB-T yang mampu mengirimkan sejumlah besar data pada kecepatan tinggi secara *point-to-multipoint*. Sistem DVB-T yang telah ada merupakan sistem penyiaran langsung dari pemancar bumi (*terrestrial*) ke penerima di rumah. Fungsi pemancar bumi adalah untuk mentransmisikan data digital MPEG-2 yang telah dimodulasi menjadi gelombang VHF/UHF untuk dipancarkan menggunakan antena pemancar. Sistem modulasi digital yang dipakai dalam sistem DVB-T adalah modulasi OFDM (*orthogonal frequency division multiplex*) dengan pilihan tipe modulasi QPSK, 16-QAM atau 64QAM. Dengan menggunakan sistem ini, *bandwidth* yang digunakan (sekitar 6 hingga 8 MHz) dapat menjadi efisien sehingga memungkinkan pemakaian satu kanal untuk beberapa konten.



Gambar 2: Standar *transmitter* DVB-T

Pada penelitian ini tidak disertakan blok *channel coding*, error yang terjadi dianggap *bursty*. penelitian pada *baseband* sinyal di layer fisik.

### A. Modulasi digital

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital ke dalam sinyal carrier. terdapat banyak jenis modulasi digital yang dapat digunakan dalam sistem transmisi sinyal digital, berikut adalah jenis modulasi yang akan digunakan dalam penelitian ini :

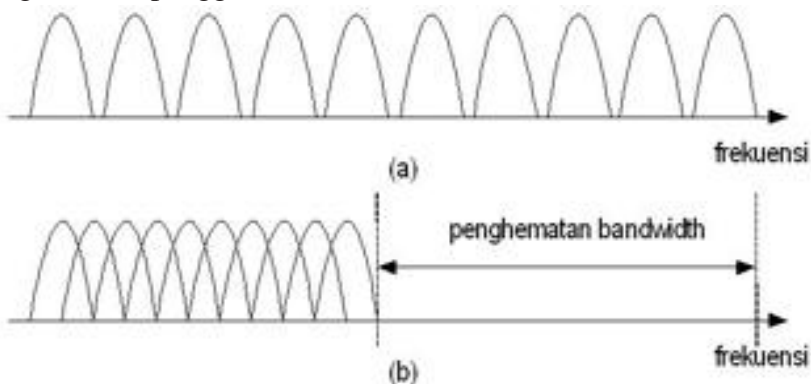
a. *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) Modulasi *phase shift keying* merupakan salah satu teknik modulasi digital dimana

pada modulasi QPSK menggunakan metode increment 90 pada fasanya yang menghasilkan 4 macam logic state(simbol) pada kondisi apapun. satu symbol direpresentasikan dalam dua bit. Modulasi QPSK dapat meningkatkan transmisi data rate yang lebih tinggi dari *binary phase shift keying* (BPSK) pada bandwidth yang sama namun QPSK membutuhkan sistem pembangkitan dan deteksi yang lebih kompleks.

- b. *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) Modulasi digital *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) adalah kombinasi antara modulasi digital ASK dan PSK yaitu bit data biner dinyatakan dengan perbedaan amplitude dan fasa.

### B. *Orthogonal Frekuensi Division Multiplexing* (OFDM)

OFDM merupakan teknik *spread spectrum* yang mana menggunakan sistem *multicarrier* yang mengirimkan data secara parallel pada beberapa *subcarrier* yang saling orthogonal. OFDM muncul sebagai solusi untuk mengatasi masalah dalam propagasi gelombang di udara. Konsep orthogonalitas dari sebuah sinyal dapat membuat sinyal saling overlapping satu sama lain tanpa mengalami efek *inter symbol interference* (ISI) dan *inter carrier interference* (ICI) sehingga pada akhirnya akan menyebabkan penghematan penggunaan bandwidth.



Gambar 3: Spektrum multicarrier

(a). tanpa overlapping

(b). dengan overlapping

Teknik OFDM dipakai pada transmisi DVB-T, dengan

parameter jumlah subcarrier yang telah ditentukan sesuai mode kerja yang digunakan pada transmisi DVB-T. Adapun parameter DVB-T untuk mode 2K dan 4K yang digunakan seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter OFDM pada DVB-T

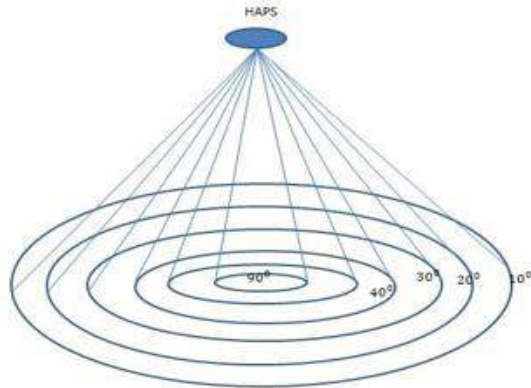
<i>Mode</i>	2K	8K
Jumlah <i>subcarrier</i> yang digunakan	1705	6817
Nilai $K_{\min}$	0	0
Nilai $K_{\max}$	1704	6816
<i>Sub-carrier spacing</i>	$1/(2048 \times T)$	$1/(8192 \times T)$
<i>Spacing antar carrier</i>	<i>Bandwith DVB</i>	

#### 4. Perancangan Sistem

Pada sesi simulasi akan dilakukan analisis terhadap kinerja system DVB-T pada HAPS yang ditunjukkan oleh nilai BER yang diperoleh terhadap Eb/No. Untuk memudahkan proses simulasi, maka beberapa asumsi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi HAPS dan penerima yang diperhatikan dalam posisi statis, HAPS dengan ketinggian 20 km.
2. Pengaruh Doppler lingkungan tidak berpengaruh.
3. Simulasi pada sinyal *baseband physical layer*.

Simulasi akan dilakukan pada beberapa posisi sudut penerima, ilustrasi model lokasi penerima seperti gambar 5. Diketahui bahwa penerima (*user*) pada daerah merupakan penerima yang mendapatkan pancaran daya yang paling baik karena asumsi penerima tepat berada dibawah platform HAPS (tanpa penghalang) sedangkan penerima pada daerah sudut merupakan lokasi paling jauh dengan HAPS.



Gambar 4 : Model lokasi penerima

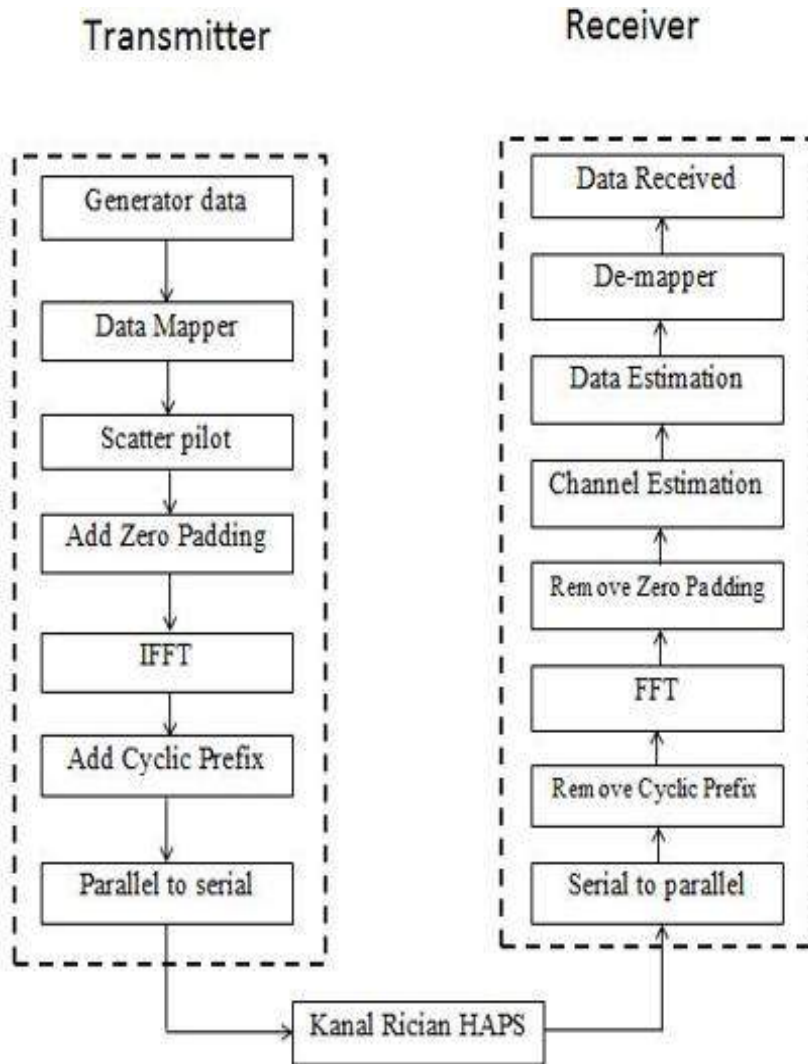
Pada masing-masing sudut yang diamati memiliki nilai K-faktor yang berbeda-beda. Nilai K-faktor yang digunakan dalam simulasi mengikuti hasil percobaan yang telah dilakukan sebelumnya [3]. Adapun nilai K-faktor pada setiap sudut elevasi terdapat pada tabel 2.

Tabel 2 : Nilai K-faktor  
Elevasi K-faktor

Elevasi	K-faktor
10	1.4
20	2.0
30	2.3
40	2.7
50	4.6
60	6.4
70	9.2
80	12.2
90	16.8

Secara garis besar sistem terdiri dari blok *transmitter*, kanal transmisi dan blok *receiver*.





Gambar 5 : Diagram sistem pengerjaan

Adapun penjelasan tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

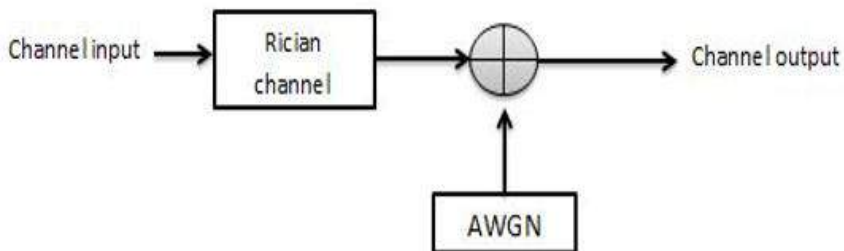
A. Blok transmitter

Pada blok ini data yang dikirimkan akan melewati data generator kemudian dilakukan teknik modulasi digital yaitu dengan mengubah amplitude, fasa yang direpresentasikan ke dalam bilangan kompleks *vektor in-phase* dan *quadrature-phase* (IQ). Data yang dialokasikan untuk masing-masing simbol tergantung

skema modulasi yang digunakan dan jumlah *subcarrier*: pada blok selanjutnya akan dilakukan penambahan *subcarrier zero padding* yang berfungsi agar jumlah input yang akan masuk dalam blok IFFT sejumlah dengan jumlah titik IFFT. Dalam hal ini jumlah yang digunakan tergantung jenis mode yang digunakan, sebagai contoh untuk mode 2K digunakan 343 *subcarrier zero padding*. Blok IFFT berfungsi merubah data dari domain frekuensi ke domain waktu dengan menggunakan algoritma IFFT. Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat ortogonalitas antar *subcarrier*, sehingga spektrumnya dalam domain frekuensi dapat dibuat saling tumpang tindih. Sebelum dikirimkan, data dalam domain waktu dibentuk menjadi deretan sinyal serial yang membentuk format sinyal OFDM.

#### B. Blok kanal transmisi

Pemodelan kanal yang dilakukan mengacu pada penelitian kanal HAPS, yang disimulasikan pada kanal rician dengan menambahkan noise AWGN seperti gambar 7



Gambar 7 : Blok kanal transmisi

#### C. Blok receiver

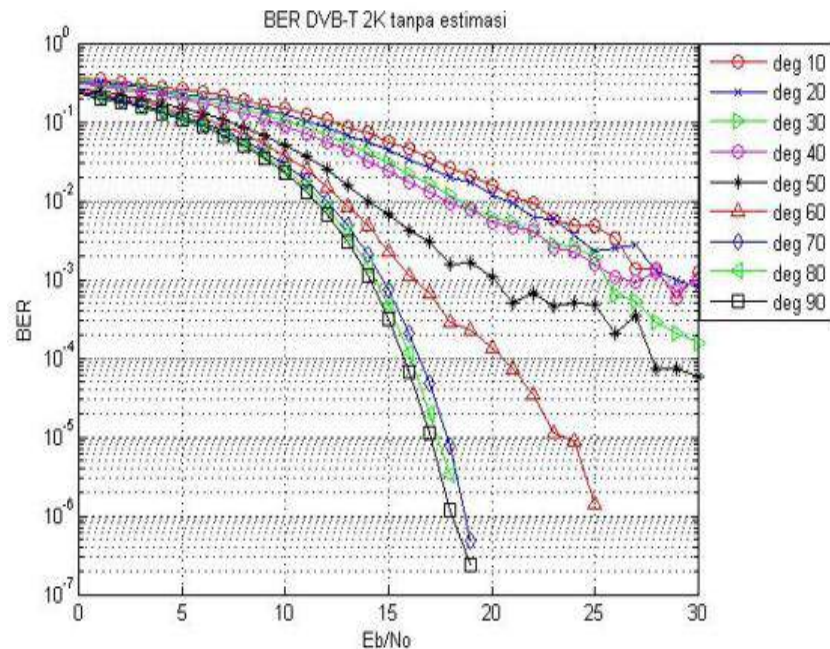
Pemodelan blok penerima adalah kebalikan dari blok pengirim, dimana data yang telah dilewatkan pada kanal akan diproses sehingga diperoleh kembali data yang dikirimkan. Deretan data serial yang diterima akan diubah menjadi deretan data paralel. Dimana jumlah deretan data paralel sesuai dengan jumlah point IFFT yaitu 2048 point IFFT pada mode 2K dan 8192 untuk mode 8K. Simbol OFDM yang diterima kemudian diubah menjadi domain frekuensi dengan menggunakan proses FFT. Dimana jumlah point FFT sama dengan point IFFT pada sisi pengirim. Selanjutnya proses demodulasi (sesuai proses modulasi

yang digunakan). Pada keluaran blok *de-mapper* akan dilakukan perhitungan *bit error rate* (BER), Perhitungan BER ditujukan untuk mengetahui banyaknya bit yang mengalami error akibat bercampur dengan *noise*. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan data yang diterima penerima dengan data yang dikirimkan oleh transmitter. BER merupakan parameter yang digunakan dalam simulasi untuk melihat performansi sistem.

## 5. ANALISIS HASIL SIMULASI

### A. Performansi layanan DVB-T pada modulasi QPSK

Kinerja dari keseluruhan sistem dilihat berdasarkan nilai BER yang diperoleh terhadap nilai *energy bit per noise* ( $E_b/N_0$ ) sistem. Performansi sistem yang baik akan ditunjukkan dengan nilai BER yang semakin kecil. Berikut adalah grafik nilai BER terhadap  $E_b/N_0$  yang diperoleh pada beberapa posisi *user*.

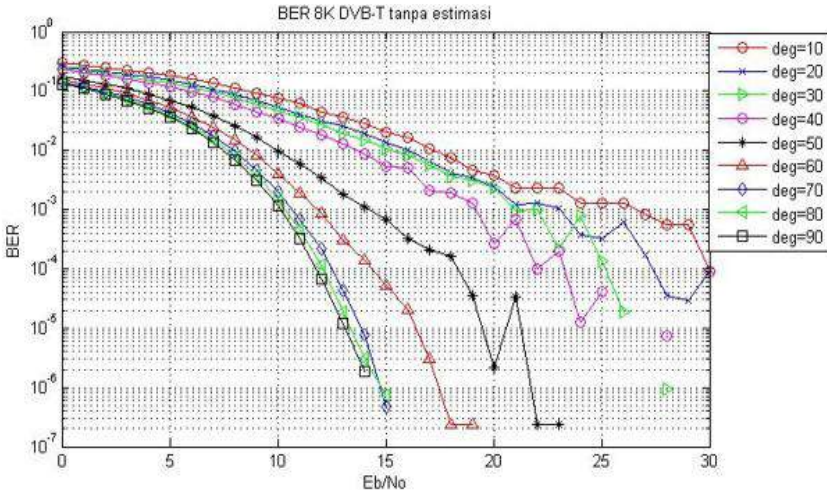


Gambar 8 : Grafik BER DVB-T 2K QPSK

Gambar 8 menunjukkan hasil BER yang diperoleh dari simulasi DVB-T 2K dengan modulasi QPSK pada kanal HAPS. Hasil yang diperoleh menunjukkan grafik BER yang paling baik

adalah ketika nilai K-faktor tertinggi yaitu  $K = 16.8$  yang artinya penerima berada pada sudut elevasi . Posisi tersebut merupakan posisi yang dianggap tepat dibawah platform sehingga daya pancar yang diterima maksimal. Hal ini juga ditunjukkan dengan besarnya nilai K-faktor yang artinya komponen LOS pada posisi tersebut lebih banyak. Begitu pula grafik BER yang performansinya paling rendah ditunjukkan oleh grafik dengan K-faktor kecil, dimana penerima berada pada posisi sudut elevasi yang kecil.

Pada gambar 9 akan ditunjukkan hasil simulasi pada DVB-T 8K QPSK, yang mana hasil grafik menunjukkan performansi simulasi kanal HAPS. Grafik BER yang paling baik juga ditunjukkan oleh K-faktor terbesar pada sudut elevasi . Nilai  $E_b/N_0$  yang paling kecil pada nilai BER paling kecil yaitu di sudut adalah 14.



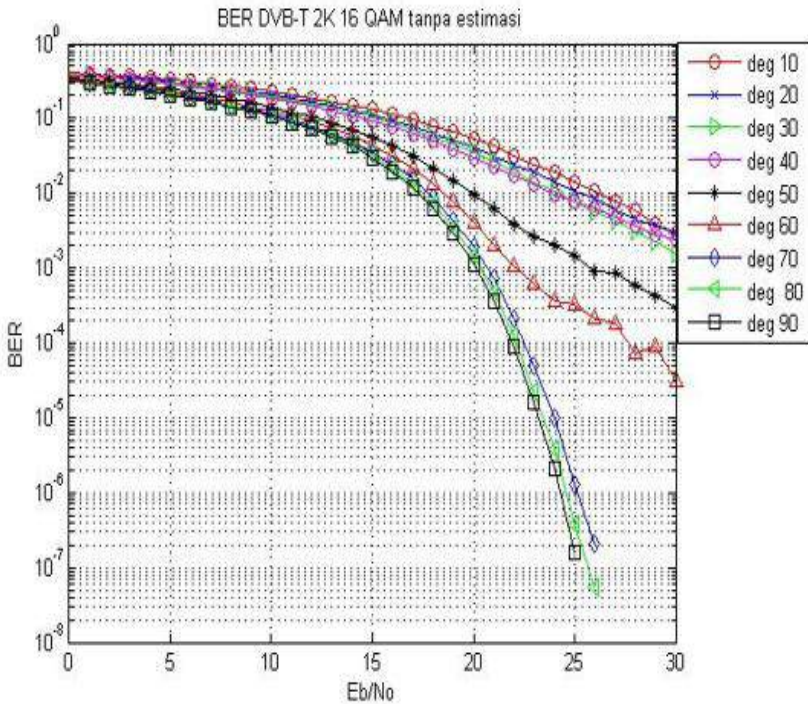
Gambar 9 : Grafik BER DVB-T 8K QPSK

**B. Analisis performansi layanan DVB-T pada modulasi 16-QAM.**

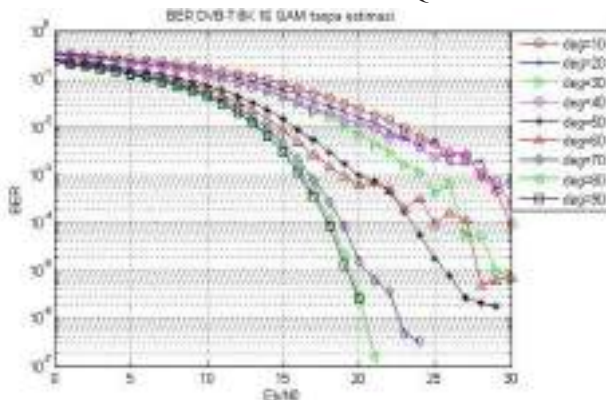
Selanjutnya simulasi dilakukan pada DVB-T mode 2K dan 8K dengan modulasi 16 QAM. Berdasarkan gambar 10, grafik BER yang diperoleh masih menunjukkan pola yang sama dimana nilai BER yang paling kecil ada pada sudut namun nilai BER dapat dicapai dengan nilai  $E_b/N_0$  yang lebih tinggi, sehingga menunjukkan penggunaan modulasi QPSK menunjukkan performansi lebih baik. Hal ini dapat disebabkan oleh jarak antara konstelasi simbol pada QPSK lebih besar dibandingkan jarak



antara konstelasi simbol pada 16-QAM sehingga menyebabkan peluang kesalahan simbol yang terjadi pada modulasi QPSK lebih kecil dibandingkan peluang kesalahan simbol yang terjadi pada modulasi 16-QAM.



Gambar 10 : Grafik BER DVB-T 2K 16 QAM



Gambar 11: Grafik DVB-T 8K 16QAM

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, mode kerja yang digunakan DVB-T berpengaruh pada performansi yang dihasilkan,

namun mode ini memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dengan penggunaan subcarrier dan titik FFT yang lebih banyak, untuk simulasi juga dibutuhkan waktu yang lebih lama.

## **6. KESIMPULAN**

Adapun tujuan penelitian adalah melihat performansi layanan *Digital Video Broadcasting – Terrestrial* (DVB-T) pada sistem *High Altitude Platform Station* (HAPS). Hasil simulasi menunjukkan performansi layanan DVB-T pada sistem HAPS yang paling baik dengan nilai toleransi BER diperoleh pada penggunaan mode 8K dan modulasi QPSK dengan EbNo 14 dB.

## Daftar Pustaka

- [1] A.Gifson, "High Altitude Platform System sebagai wahana baru dalam telekomunikasi" 2006.
- [2] Alejandro Aragón-Zavala, José Luis Cuevas-Ruíz, and José Antonio Delgado-Penín, *High-Altitude Platforms for Wireless Communications*, 1st edition, Wiley, December 2008.
- [3] Brito Luciano, Jose, dkk. "Design, Simulation and Hardware Implementation of a Digital Television System: System Overview". *IEEE Symposium on Spread Spectrum Techniques and Application*. 2006
- [4] Cho, Y.S., Kim, J., Yang, W.Y., Kang, C.G., "MIMO-OFDM Wireless Communication with Matlab", John Wiley and Son, 2010
- [5] ETSI EN 302 307 V1.1.1 (2004-06), "Digital Video Broadcasting (DVB) Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications". 2004-2006
- [6] F. DAVIS, R. Fantini, M.Mondin, and P. Savi, "Small-scale fading for high altitude platform (HAP) propagation channels," *IEEE J.Sel. Areas Commun.*, Vol. 20 ,No.3, pp.641-647, April 2002.
- [7] Haykin, Simon. "Communication System, 4<sup>th</sup> Edition", John-Wiley, 2001
- [8] <http://www.capanina.org/>
- [9] Iskandar, Shigeru Shimamoto, "Channel Characterization and Performance Evaluation of Mobile Communication Employing Stratospheric Platforms", *IEICE Trans. Communication*, vol.E89-B, No.3 March ,2002.
- [10] Mohammed Abbas, Asad Mehmood, "The Role of High Altitude Platforms (HAPs) in the Global Wireless Connectivity" *Proceeding of The IEEE* 2011
- [11] Mustikarani, Jauhar "Analisis Pengaruh Adaptif Filter Wiener Dalam Meningkatkan Performansi Channel estimation sistem DVB-T" *Institut teknologi Telkom* 2011

- [12] Muquet, B., Biglieri, E., Goldsmith, A., Sari, H. *MIMO Techniques for Mobile WiMAX Systems*. SEQUANS Communication
- [13] Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) Tutorial. Charan Langton. 2004 [Internet Draft].
- [14] Osvaldo Simeone, "Pilot-Based Channel Estimation for OFDM System by Tracking the Delay-Subspace," *IEEE Trans. Wireless Commun.* Vol. 3, No. 1, pp. 315 – 325, January 2004.
- [15] Pertiwi, Devita, "Analisis Performansi MIMO-OFDM pada Sistem HAPS" Institut Teknologi Telkom 2011
- [16] Prasad, Ramjee. *OFDM for Wireless Communication*. Universal Personal Communication. 2004
- [17] Rappaport, Theodore S. *Wireless Communication, Principle and Practice, second edition*. Prentice Hall, Inc. 2002.
- [18] S. Karapantazis, F.T. Pavlidou, "Broadband Communications Via High Altitude Platforms a Survey" *IEEE Commun*, Vol 7, No.1, 2005
- [19] Struzak Ryszard, "Mobile telecommunications via stratosphere," *International Communications Project*, 2003.
- [20] Viswanathan, Mathuranathan, "Simulation of Digital Communication Systems Using Matlab" Smashwords Edition, 2013.