

# Analisis Kinerja *Decoding* LDPC pada Sistem DVB-T2 Dengan Simulasi MATLAB Simulink

Muhammad Fadla Abdus Salam<sup>1</sup> dan Muhammad Subali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Teknologi Industri, Universitas Gunadarma  
Jl. Margonda Raya No. 100 Pondok Cina Depok Jawa Barat

<sup>2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Cendekia Abditama  
Kompleks Pendidikan Islamic Village, Tangerang

E-mail: abdussalam.muhammadfadla@gmail.com, subali@cendekia.ac.id

## Abstrak

DVB-T2 adalah sistem televisi digital terbaru yang akan menggantikan siaran televisi analog di Indonesia pada tahun 2022. Teknologi ini diatur oleh standar ETSI dan regulasi dari kementerian komunikasi tahun 2019. Inti dari teknologi ini adalah penggunaan decoding BCH-LDPC dan OFDM. Ada beberapa pilihan code rate LDPC dan format OFDM yang dapat digunakan untuk sistem DVB-T2. Kementerian komunikasi telah merekomendasikan code rate 4/5 dan ukuran OFDM 32K untuk sistem DVB-T2 di Indonesia. Penulis mencoba mensimulasikan model DVB-T2 pada MATLAB Simulink untuk membandingkan kinerja BER code rate 4/5 dengan code rate LDPC lainnya yaitu 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5 dan 3/4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua code rate memiliki nilai performa BER yang hampir sama yaitu sekitar 0.5, namun pada parity check failure hasilnya berbeda-beda, nilai terburuk ada pada code rate 1/3 dengan nilai parity check failure 24100, sedangkan nilai terbaik ada pada code rate 4/5 yang memiliki nilai parity check failure terkecil yaitu 6485, sehingga disimpulkan bahwa code rate 4/5 merupakan code rate LDPC terbaik untuk sistem DVB-T2 dengan 32K OFDM dan 64-QAM.

**Kata kunci** : DVB-T2, LDPC, OFDM, MATLAB, Simulink

## Pendahuluan

Siaran televisi analog yang telah tayang di Indonesia selama hampir 60 tahun akan digantikan oleh siaran televisi digital pada 2 November 2022[1]. Siaran televisi digital dengan menggunakan sistem modulasi dan kompresi sinyal digital akan menghadirkan kualitas gambar yang lebih bersih, suara yang lebih jernih dan teknologi yang canggih bagi masyarakat Indonesia.

Teknologi televisi digital yang digunakan adalah teknologi DVB-T2 yang juga berkembang di beberapa negara Eropa dalam beberapa tahun terakhir, standar terbaru yang digunakan mengacu pada *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)* tahun 2015 dengan versi 1.4.1 [2], dan untuk spesifikasi dan regulasi standar DVB-T2 di Indonesia sendiri dibuat dalam Peraturan Kementerian Komunikasi dan Informatika Tahun 2019 Nomor 4 tentang Persyaratan Teknis Alat dan/atau Perangkat Telekomunikasi Untuk Penyiaran Tujuan penyiaran televisi dan radio [3].

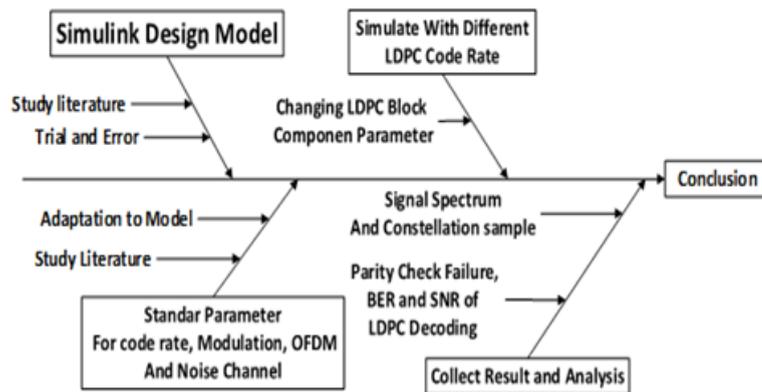
Sistem DVB-T2 bisa memiliki berbagai spesifikasi dan konfigurasi yang dapat digunakan, namun titik kunci dari proses pensinyalan DVB-

T2 adalah penggunaan *decoding low-density parity-check (LDPC)* dan teknologi *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* [4]. *Code rate* LDPC yang digunakan bisa bervariasi, namun yang direkomendasikan oleh Kementerian adalah *code rate* 4/5 dan OFDM dengan ukuran 32K serta penggunaan modulasi 64-QAM [3]. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis mencoba membuat model simulasi DVB-T2 yang sesuai dengan parameter yang direkomendasikan oleh regulasi kementerian komunikasi dan informatika dan untuk menguji performansi decoding LDPC dengan *code rate* 4/5 dan membandingkannya dengan code rate lain pada software MATLAB Simulink, tanpa mengubah nilai parameter lain yang direkomendasikan

## Metode Penelitian

Gambar 1, dalam pemodelan pada Simulink penulis mengambil contoh desain dari berbagai sumber. Pada bagian *Encoding* dan *decoding*, penulis mengambil bagian model dari jurnal [5], tesis [6] dan contoh model Simulink DVB-S2 pada website MathWorks [7], penulis memilih model tersebut

karena DVB-S2 juga menggunakan proses *encoding* yang sama. Pada proses pemodelan OFDM, penulis dan *decoding* BCH-LDPC dengan jumlah *codeword* mengambil sumber dari buku [8].



Gambar 1: Diagram Metode Penelitian

### Batasan Penelitian

Parameter yang diujikan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

1. *Code rate* LDPC yang diuji adalah 1/4, 1/3, 2/5, 3/4, 3/5, dan 4/5, dengan keputusan *hard decision*, dan dengan panjang *codeword* 64800, iterasi maksimal sebanyak 50 kali iterasi.
2. Modulasi 64-QAM, dengan demodulasi *hard decision*.
3. 12 Sinyal *Sub stream*.
4. Ukuran OFDM 32K, dengan tambahan *guard interval* dengan rasio sebanyak 1/16.
5. Lamanya proses pada setiap blok dalam simulasi hanya mengikuti aturan pustaka MATLAB Simulink tanpa mengubah pengkodean pada blok yang tersedia, dan waktu simulasi yang ditetapkan adalah 100 detik
6. Proses desain model Simulink DVB-T2 dan simulasinya dilakukan pada *software* MATLAB versi R2021a.
7. *Primitive Polynomial* BCH code yang digunakan dalam bentuk *code word* adalah

[1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1]

Dimana *code primitive polynomial* tersebut diambil dari standar ETSI versi 1.4.1.[2], yaitu dari daftar polinomial BCH code berikut ini:

Tabel 1: *Primitive Polynomial BCH Code*

$G_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$G_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$G_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$G_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$G_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$G_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$G_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$G_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$G_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$G_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$G_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$G_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

Dari Tabel 1. Dapat dilihat bahwa penulis menggunakan polinomial nomor 1, yaitu *polynomial*  $G_1(x)$ .

Lalu Generator polinomial yang digunakan adalah generator polinomial BCH yang berjalan untuk 12 *t-error correction*, dalam bentuk matrix *code word* sebagai berikut [6]:

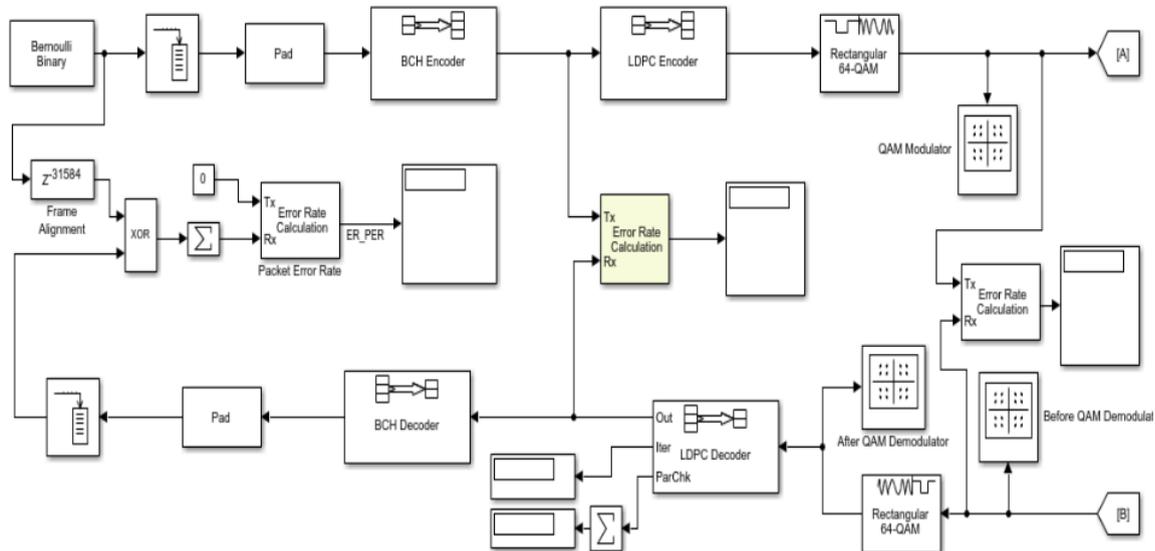
```
[1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 0 0 0
0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 1 0
0 0 1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0
0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0
0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 0
1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0
1 1 1 1]
```

### Desain Model

Berikut ini adalah model Simulink yang telah didesain, karena model desain yang panjang sehingga dibagi menjadi dua bagian, Gambar 2 adalah bagian model Simulink yang dimana terdapat proses yang diawali dengan pengeluaran sinyal

binary oleh blok *bernoulli generator*, lalu pada blok *Buffer* dan *Pad* adalah blok yang merepresentasikan proses BBFrame, yaitu proses pembentukan pesan untuk blok *BCH encoder*. Kode BCH atau kode *Bose-Chaudhuri-Hocquenghem* adalah kelas kode koreksi kesalahan siklik yang dibangun menggunakan polinomial di atas bidang terbatas (juga

disebut *Galois field*). Berkenaan dengan komunikasi satelit kode BCH sangat cocok karena menggunakan struktur aljabar (polinomial) yang sudah dipahami dan mudah diimplementasikan dalam perangkat keras [9]. Pada sistem DVB-T2 blok kode ini bersambung membentuk rangkaian (*concatenated*) dengan kode LDPC [6].



Gambar 2: Model Simulink bagian 1

Pada blok-blok tersebut dan blok sebelumnya dilakukan perubahan nilai parameter pada setiap simulasi dengan *code rate* LDPC yang berbeda, hal ini agar lebar frekuensi dan sampling sinyal yang dihasilkan memiliki nilai yang sama, kecuali hanya pada rasio pesan sinyal dan *code word*-nya saja. Berikut adalah nilai-nilai parameter pada setiap *code rate* yang berbeda.

Tabel 2: Daftar Parameter Setiap Code Rate

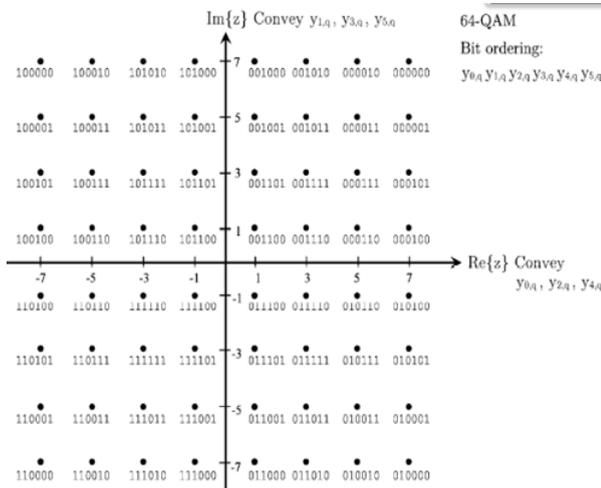
Code Rate	Sampling Time per second	Message Length of BCH Encoder	Message Length of LDPC Encoder
1/4	15040	16008	16200
1/3	21056	21408	21600
2/5	25568	25728	25920
1/2	31574	32208	32400
3/5	37600	38688	38880
3/4	48128	48408	48600
4/5	51136	51648	51840

Tabel 2 adalah nilai dari parameter-parameter pada setiap *code rate*. Setiap blok yang memiliki nilai pada Tabel 1 diatas dirubah nilainya mengikuti perubahan *code rate* yang disimulasikan. Diawali dari melakukan perubahan *sampling time* sinyal pada blok *Bernoulli generator* yang nilainya didapat dari jumlah kelipatan *frame*, yang besarnya dibuat untuk mendekati nilai *message length* dari *BCH Encoder*, dimana 1 *frame* sinyal terdiri dari 1504 bit. Nilai *frame* ini adalah jumlah standar

paket MPEG untuk sistem DVB-T2 [2].

Output dari blok *Encoding* LDPC merupakan Input dari blok *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM). QAM merupakan pengembangan dari kombinasi teknik modulasi ASK (*Amplitude Shift Keying*) dan PSK (*Phase Shift Keying*). Sehingga pada modulasi QAM, konstelasi sinyal berubah sesuai dengan amplitudo dan sesuai fasa. Pada proses modulasi QAM, sinyal informasi yang akan ditransmisikan dibagi menjadi dua komponen yaitu *In-phase* dan *Quadrature* yang berbeda fasa 90°. *In-phase* adalah komponen dari bagian *real* dan *Quadrature* adalah komponen dari bagian imajiner [10]. Komponen sefasa akan dimodulasi dengan gelombang kosinus, sedangkan komponen kuadratur akan dimodulasi dengan gelombang sinus. Sehingga teknik modulasi QAM memiliki keunggulan dalam hal kecepatan data, dimana 2 bit data dapat dikirimkan secara bersamaan dalam interval waktu 1 bit. Order QAM adalah jumlah simbol(n) QAM yang dapat dihasilkan, dimana nilai M-Ary QAM adalah 2n [11]. Sehingga untuk 64-QAM dapat memproses data sebanyak 6 bit per symbol. Input yang diterima oleh blok 64-QAM adalah sudah berupa sinyal berorientasi kolom, sehingga tidak diperlukan lagi adanya pemakaian blok interleaver yang melakukan permutasi yang menkonversi baris sinyal ke kolom. Jumlah output sinyal dari blok LDPC adalah sejumlah

codewordnya, yaitu 64800 bit, sehingga hasil sinyal yang diproses oleh blok 64-QAM dengan kapasitas proses 6 bit per symbol adalah berjumlah  $64800/6 = 10800$  bit sinyal.

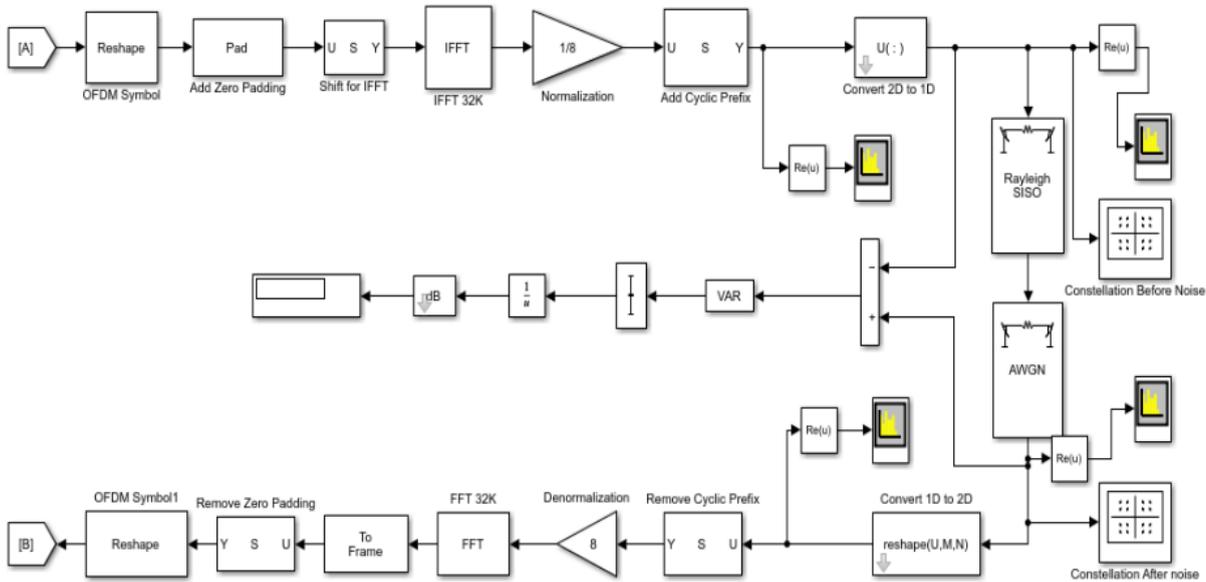


Gambar 3: Konstelasi 64-QAM DVB-T2

Dalam blok modulator dan demodulator 64-QAM untuk DVB-T2 parameternya mengikuti standar ETSI [2], dimana sudut rotasi dari konstelasinya dibuat mirng sebanyak 8.6 derajat, lalu untuk pemetaan konstelasinya diperlihatkan pada Gambar 3. Gambar 3 adalah nilai pemetaan konstelasi ke 64 titik dari modulasi 64-QAM untuk system DVB-T2, dimana proses instruksi inputnya menggunakan *bit ordering*.

Gambar 4 adalah bagian 2 dari model Simulink yang dimana proses pembentukan sinyal OFDM dilakukan, dan bagian dimana terjadinya proses transmisi sinyal melalui kanal Rayleigh dan AWGN, serta proses perubahan sinyal untuk siap didemodulasi dan didecoding. Proses pembentukan sinyal OFDM pada bagian ini direpresentasikan dengan adanya proses *invers fast fourier transform* (IFFT) dan *fast fourier transform* (FFT) [12].

Proses dimulai dengan sinyal yang sebelumnya telah dimodulasi oleh oleh blok 64-QAM dirubah bentuknya menjadi 2 dimensi dengan membaginya menjadi 12 sub stream pada blok reshape (OFDM symbol), sehingga menjadi sebanyak  $10800/12 = 900$  bit kolom dan 12 baris sinyal, setelah itu kolom sinyal tersebut diberi zero padding pada blok Pad sampai dengan 32728 bit.



Gambar 4: Konstelasi 64-QAM DVB-T2

Blok selector (Shift for IFFT) adalah blok yang mewakilkan serial to parallel, yang diberi input 1:32768 agar mengambil semua rentang kolom sinyal untuk diproses oleh blok IFFT. Nilai 32768 bit ini adalah size IFFT yang digunakan.

Setelah proses IFFT, sinyal dinormalisasi oleh blok gain dengan nilai [8]:

$$Normalisasi_{QAM} = \frac{1}{\sqrt{k}} \quad (1)$$

dimana  $k$  adalah jumlah modulasi M-Ary yang digunakan pada modulasi QAM yaitu 64, sehingga nilainya adalah  $1/8$ .

Pada blok *add cyclic prefix* adalah tempat dimana pemberian sinyal tambahan yang disebut dengan sinyal guard interval, dimana rasio jumlah

sinyal yang ditambahkan ini sebesar  $1/16$  dari sinyal OFDM yang telah diproses oleh IFFT [3].

Sinyal ditransmisikan dengan mengubah dimensi sinyal terlebih dahulu dengan blok *convert 2-D to 1-D* yang mengubah sinyal 2 dimensi menjadi 1 dimensi agar mudah untuk menganalisa sinyal yang terbentuk sebelum dan sesudah melewati blok kanal *Rayleigh* dan AWGN. *Rayleigh* adalah salah satu model yang menggambarkan propagasi sinyal, dalam skenario komunikasi nirkabel bergerak/terrestrial yang nyata, gelombang radio siaran sering kali tidak mencapai antenna penerima secara langsung. Jalur *line of sight* (LOS) dipengaruhi oleh berbagai rintangan (misalnya pohon, bukit, bangunan, mobil yang bergerak). Sinyal yang diterima blok ini akan mengalami perubahan sebagai efek total dari beberapa yang disebabkan oleh *noise*, *interferensi* dan pergeseran Doppler dan jenis distribusi (*spectrum*) yang disebabkan rintangan-rintangan tersebut [13]. Sedangkan *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) adalah model *noise* sinyal yang paling umum untuk diasumsikan pada kondisi nyata. Aditif artinya ditambahkan. *Gaussian* artinya mengikuti distribusi *Gaussian* yang juga dikenal sebagai distribusi normal. Sedangkan *noise* ini disebut *white* karena terdiri dari semua frekuensi *spectrum* dengan daya sama pada setiap frekuensi [14].

Pada blok *Rayleigh Fading*, model *doppler* yang diberikan adalah *doppler Jakes* dengan pergeseran *doppler* sebanyak 5 Hz [13], nilai 5 Hz ini untuk merepresentasikan pergeseran frekuensi pada pejalan kaki di daerah perkotaan, apabila pada kendaraan maka nilai pergeseran frekuensi ini akan lebih besar lagi. Untuk AWGN, mode yang digunakan adalah SNR dengan nilai yang diberikan sebanyak 10 dB mengikuti *default*.

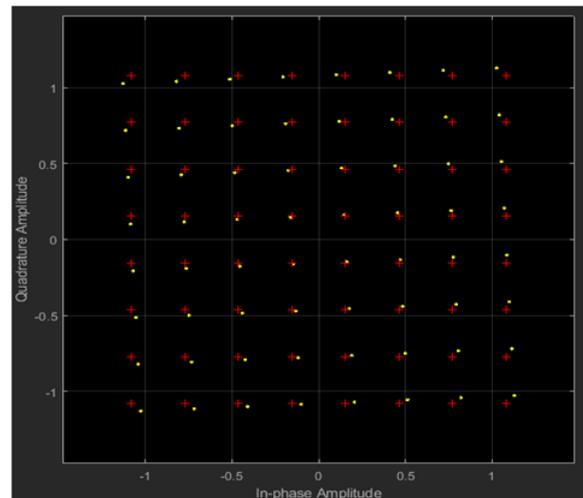
Pada bagian *receiver*, proses dilakukan dengan kebalikan dari cara sebelumnya, sampai sinyal yang diterima kembali menjadi sinyal informasi dengan jumlah kolom dan baris yang sama dengan hasil dari modulasi QAM, sehingga siap untuk didemodulasi dan didecoding di bagian blok pada Gambar 2.

Proses demodulasi pada blok 64-QAM demodulator dilakukan dengan *hard decision*, lalu pada proses decoding pada blok dekoder LDPC juga menggunakan *hard decision*. Pada blok LDPC, jumlah iterasi maksimal untuk setiap code rate yang diujikan ditetapkan sebanyak 50 kali iterasi. Jumlah *parity check failure* pada hasil simulasi didapatkan pada blok ini.

## Hasil dan Pembahasan

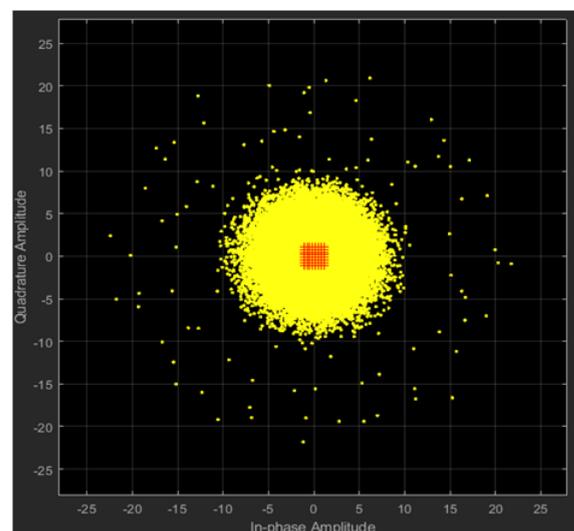
Berikut ini adalah sampel konstelasi dan spektrum sinyal dari hasil simulasi yang dilakukan pada model DVB-T2 yang telah dirancang, dengan nilai code rate LDPC  $\frac{1}{2}$ .

## Hasil Konstelasi dan Spektrum sinyal



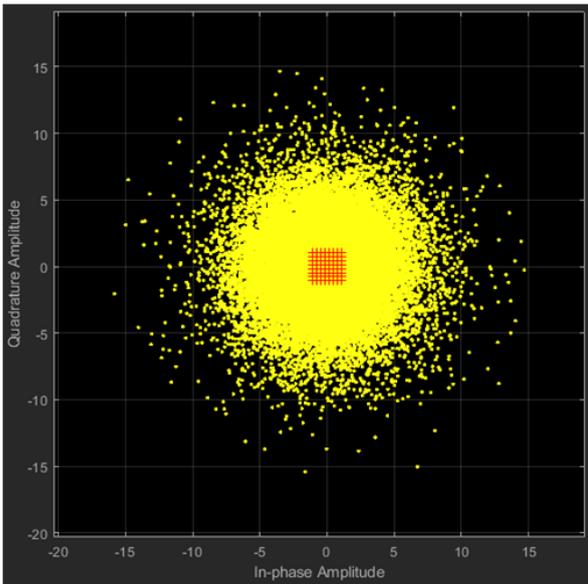
Gambar 5: Kosntelasi Modulator 64-QAM

Gambar 5 adalah merupakan hasil dari konstelasi modulator 64-QAM, dimana dapat dilihat tersebar 64 titik kuning dengan masing-masing titik mewakili 6-bit sinyal yang diproses. Pada Gambar 5 juga diperlihatkan bahwa konstelasinya memiliki kemiringan dari titik-titik merah atau dari sumbu tegak lurus, yaitu sebanyak 8,6 derajat



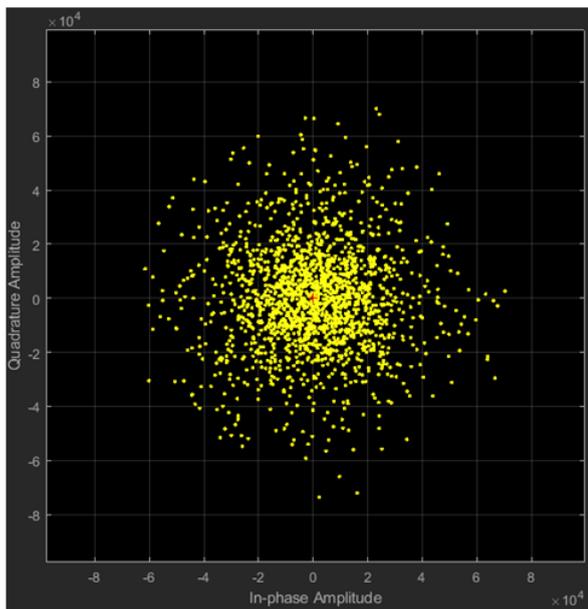
Gambar 6: Konstelasi Sinyal Sebelum Kanal Rayleigh dan AWGN

Gambar 6 adalah hasil konstelasi dari pengolahan sinyal modulasi QAM setelah melalui blok OFDM, normalisasi, beserta blok sinyal guard interval yang ditambahkan sebelum dikirimkan melalui kanal Rayleigh dan AWGN. Dapat dilihat bahwa nilai in-phase amplitude sinyal mengalami penambahan.



Gambar 7: Konstelasi Sinyal Setelah Kanal Rayleigh dan AWGN

Gambar 7 adalah konstelasi sinyal setelah melewati kanal *Rayleigh* dan AWGN, dimana nilai *in-phase* amplitude sinyal mengalami penurunan



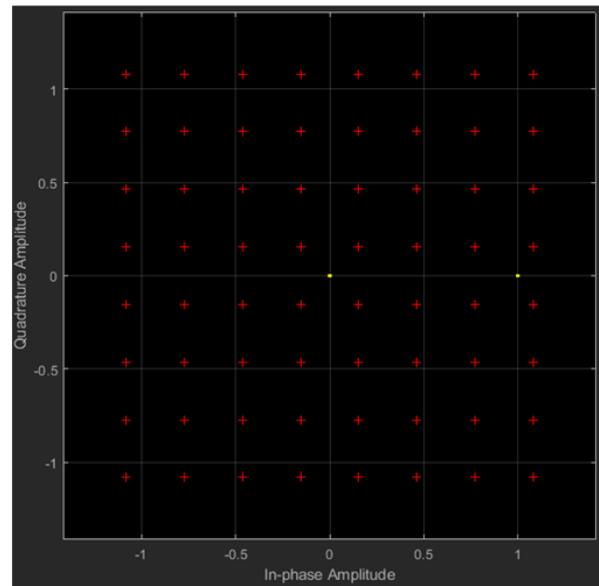
Gambar 8: Konstelasi Sinyal Sebelum Demodulator QAM

Gambar 8 adalah konstelasi sinyal sebelum melewati blok demodulator 64-QAM, dimana kepadatan sinyal berkurang dikarenakan proses denormalisasi, penghapusan *padding* sinyal dan sinyal *guard* pada blok sebelumnya, hal ini dilakukan untuk didapatkan kembali sinyal hasil modulasi yang

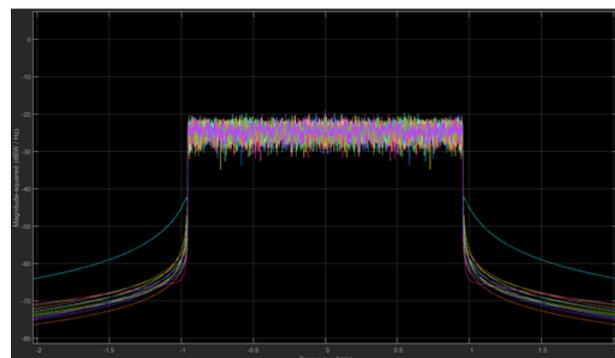
siap untuk didemodulasi pada blok demodulator 64-QAM.

Gambar 9 memperlihatkan konstelasi sinyal pada demodulator 64-QAM, dimana titik-titik konstelasi sinyal yang sebelumnya tersebar diterjemahkan menjadi hanya berada pada dua titik, dua titik ini adalah konstelasi biner dengan nilai 0 dan 1.

Gambar 10 memperlihatkan spektrum 2 dimensi dari sinyal OFDM yang telah diproses sebelum dilewatkan pada kanal *Rayleigh* dan AWGN. Sinyal ini terdiri dari 12 *sub streams* sinyal beserta *guard interval*nya.



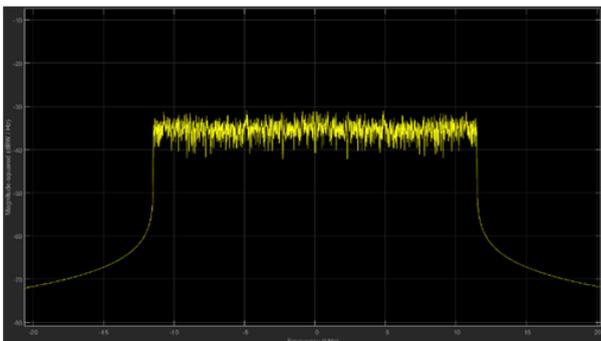
Gambar 9: Konstelasi Sinyal Setelah Demodulator QAM



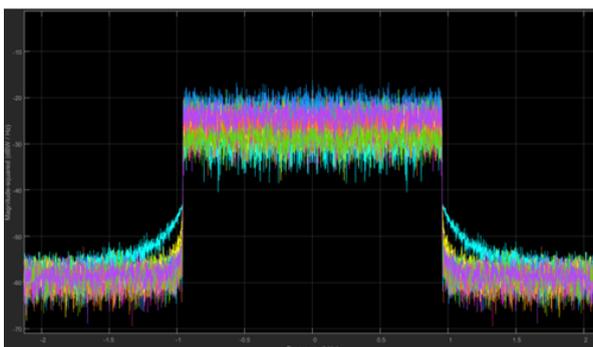
Gambar 10: Spektrum Sinyal 2 Dimensi OFDM Sebelum Kanal *Rayleigh* dan AWGN

Gambar 11 memperlihatkan spektrum 1 dimensi dari sinyal OFDM yang telah diproses sebelum dilewatkan pada kanal *Rayleigh* dan AWGN. Sinyal ini terdiri dari 12 *sub streams* sinyal beserta *guard interval*nya.

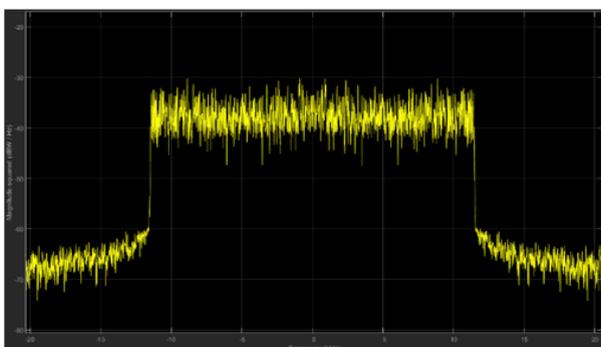
Gambar 12 memperlihatkan spektrum 2 dimensi dari sinyal OFDM yang telah diproses setelah dilewatkan pada kanal *Rayleigh* dan AWGN. Sinyal ini terdiri dari 12 *sub streams* sinyal beserta guard intervalnya. Dapat dilihat bahwa, spektrum sinyal mengalami penambahan magnitude dikarenakan penambahan *noise* dari kanal AWGN.



Gambar 11: Spektrum Sinyal 1 Dimensi OFDM Sebelum Kanal *Rayleigh* dan AWGN



Gambar 12: Spektrum Sinyal 2 Dimensi OFDM Setelah Kanal *Rayleigh* dan AWGN



Gambar 13: Spektrum Sinyal 1 Dimensi OFDM Setelah Kanal *Rayleigh* dan AWGN

Gambar 13 memperlihatkan spektrum 1 dimensi dari sinyal OFDM yang telah diproses setelah dilewatkan pada kanal *Rayleigh* dan AWGN. Sinyal ini terdiri dari 12 *sub streams* sinyal beserta *guard* intervalnya. Dapat dilihat bahwa, spektrum sinyal mengalami penambahan magnitude dikarenakan penambahan *noise* dari kanal AWGN.

### Hasil BER, Parity Check dan SNR

Bagian ini menunjukkan hasil simulasi dekoder LDPC dengan *code rate* yang berbeda. Semua laju *code rate* dari hasil simulasi berjalan dengan jumlah iterasi sebanyak 50 kali iterasi, dan simulasi berjalan selama 100 detik sesuai dengan yang ditetapkan sebelumnya. Hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3: BER, *Parity Check Failure*, dan SNR

Code Rate	BER	Parity Check Failure	SNR (dB)
1/4	0.5121	1.934e+04	13.95
1/3	0.5009	2.41e+04	13.87
2/5	0.4984	1.742e+04	13.79
1/2	0.5036	1.722e+04	13.84
3/5	0.5075	1.334e+04	13.77
3/4	0.5015	8021	13.79
4/5	0.5039	6485	13.8

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semua kode rate LDPC yang diuji menghasilkan nilai BER yang hampir sama yaitu sekitar 0,5 dan hasil SNR yang hampir sama yaitu sekitar 13,8 dB, namun jumlah *parity check failure*-nya berbeda-beda, dengan nilai *parity check failure* tertinggi pada code rate 1/3 yaitu sebanyak 24100, dan nilai terendah pada *code rate* 4/5 yaitu sebanyak 6485, disusul *code rate* 3/4 dengan nilai sebanyak 8021.

### Penutup

Berdasarkan hasil data dan pembahasannya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Telah dilakukan pembuatan model Simulink untuk DVB-T2 dengan modulasi 64-QAM dan OFDM dengan ukuran 32K dan 12 *substream* pada MATLAB Simulink. Simulasi dapat dilakukan dengan code rate LDPC 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 3/4 dan 4/5 dengan mengubah parameter sesuai rasio dan parameter code rate standar yang digunakan. Konstelasi sinyal, konstelasi, spektrum sinyal dapat diamati.

Pada hasil nilai performansi BER LDPC dengan pengaruh noise dari *Rayleigh Jakes Fading* dengan *Doppler shift* 5Hz dan AWGN dengan SNR 10 Db hasilnya hampir sama untuk semua *code rate* yang diujikan yaitu sekitar 0,5, Namun pada *parity check failure* hasilnya berbeda-beda, nilai terbesar ada pada *code rate* 1/3 dengan nilai *parity check failure* 24100, sedangkan nilai terkecil ada pada *code rate* 4/5 yang memiliki nilai *parity check failure*

6485, nilai *parity check failure* dari masing-masing *code rate* yang diujikan menentukan jumlah kualitas data yang didecoding, semakin kecil nilainya maka semakin tinggi kualitas decodingnya, sehingga disimpulkan bahwa LDPC dengan *code rate* 4/5 merupakan *code rate* LDPC terbaik untuk sistem DVB-T2 dengan 32K OFDM dan 64-QAM.

Dari penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Simulasi yang dijalankan tanpa adanya parameter waktu pemasukan sinyal atau lamanya proses sinyal pada blok IFFT dan *interval Guard*, karena model simulasi ini hanya menggunakan blok Simulink dari *Library* yang tersedia dimana kode sumber tidak dapat dimodifikasi. Diharapkan pada penelitian yang akan datang jenis konfigurasi atau model OFDM lainnya dapat digunakan untuk melihat hasil simulasi DVB-T2 yang lebih akurat.

Model Simulink yang dirancang ini hanya dapat digunakan untuk decoding LDPC dengan keputusan *Hard Decision* saja, untuk simulasi keputusan *Soft Decision*, perlu adanya memodifikasi model atau menggunakan blok LDPC kostumisasi

Penulis memiliki masalah dalam membandingkan kinerja Eb/No untuk setiap *code rate* dengan *tool bertool* yang tersedia di MATLAB untuk dijalankan pada model Simulink yang telah dirancang, Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan cara untuk mendapatkan hasil perbandingannya.

## Daftar Pustaka

- [1] Kominfo, "Apa Itu Siaran Televisi Digital?", diakses daring pada <https://siarandigital.kominfo.go.id/>, 21 November 2021.
- [2] Anonym, "ETSI EN 302 755 V1.4.1 - Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", European Telecommunications Standards Institute, 2008.
- [3] Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor 4 Tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan/Atau Perangkat Telekomunikasi Untuk Keperluan Penyelenggaraan Televisi Siaran Dan Radio Siaran", Jakarta: Kementerian Komunikasi Dan Informatika, 2019.
- [4] Inaki Eizmendi, David Gomez-Barquero and Javier Morgade, "DVB-T2: The Second Generation Of Terrestrial Digital Video Broadcasting System", IEEE Transactions On Broadcasting, Vol. 60, No. 2, June 2014.
- [5] Lamia Fathi Abusendra, Amer Muhammad Daeri, Amer Ragab Zerek, "Implementation and Performance Study of the LDPC Coding in the DVB-S2 Link system Using Matlab", 17th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering - STA, Sousse, Tunisia, December 19-21, 2016.
- [6] Asfia Bente Habib, "Digital Video Broadcast Satellite - Second Generation Under Jakes Fading Channel", Thesis, North South University, 2014.
- [7] Anonym, "DVB-S.2 Link, Including LDPC Coding in Simulink", diakses daring pada <https://fr.mathworks.com/help//comm/ug/dvb-s-2-link-including-ldpc-coding-in-simulink.html>, 21 November 2021.
- [8] Arthur A. Giordano & Allen H. Levesque, "Modeling of Digital Communication Systems Using SIMULINK®", John Wiley & Sons, New Jersey, 2015.
- [9] Mustaq Ahamed, Raji C., "A Review On Multiple Bit Error Correction Using Bch Code", International Journal For Technological Research In Engineering, Volume 2, Issue 7, March-2015
- [10] Angga Yuda Prasetya, Suwadi, Titiek Suryani, "Implementasi Modulasi dan Demodulasi M-ary QAM pada DSK TMS320C6416T", JURNAL TEKNIK POMITS, Vol. 2, 2013, pp. 46-50
- [11] K., Kisiel, D., Sahota, G., Swaminathan, "Quadrature Amplitude Modulation: A simulation study", Simon Frasier University, Canada, 2005.
- [12] Shaminder Kaur, Rajesh Mehra, "FPGA Implementation of OFDM Transceiver using FFT Algorithm", International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST).2012.
- [13] L Polak, O.KallerL.KlozarJ.SebestaT.Kratochvil," Exploring and Measuring Possible Co-Existences between DVB-T2-Lite and LTE Systems in Ideal and Portable Fading Channels", Journal of Applied Research and Technology, Volume 13, issue 1, pp. 32-44, February 2015.
- [14] Catur Budo Waluyo, Mohammad Syahrul, Putri Diana and Rahmawati Hasanah, "BER Performance Analysis Of AWGN Channel and Fading Channel By Using Diversity Method", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan, SENATIK, Vol. IV, Desember 2018.