

# Optimasi Parameter Transmisi OFDM pada DVB-T untuk Penerimaan Tetap dan Bergerak

Teguh Arfianto

Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana

teguh\_arfian@yahoo.com

## Abstrak

Standar Televisi digital yang digunakan di PT. M2V merupakan standar TV digital untuk siaran *terrestrial* yang dikembangkan di Eropa. Sistem DVB-T memiliki ketahanan tinggi terhadap berbagai gangguan akibat kondisi kanal yang buruk dengan adanya derau, lintasan jamak, dan variasi daya terima karena *fading* karena dipadu dengan dua lapis teknik pengodean untuk koreksi sinyal. Dengan menggunakan sistem ini, dalam setiap frekuensi carier 8 Mhz diisi dengan 8 channel program siaran. DVB-T juga dapat diimplementasikan dalam mode SFN (*Single Frequency Network*) di mana suatu operator dapat memasang beberapa pemancar dengan frekuensi yang sama tersebar pada suatu area dengan tujuan untuk memperluas dan memperbaiki kualitas cakupan tanpa perlu menambah frekuensi. Pada Teknologi DVB-T yang digunakan di M2V menggunakan parameter-parameter yang memang berbeda dengan Teknologi televisi digital yang dipakai Nexmedia di frekuensi VHF maupun TVRI di frekuensi UHF. Di M2V telah mengaplikasikan DVB-T pada penerimaan bergerak (*mobile*), dan rencana pengembangan untuk mengaplikasikan DVB-T pada rumah (*fixed*), sehingga diperlukan adanya perubahan sistem transmisi. Dalam penelitian ini penulis akan melakukan analisis parameter transmisi dengan harapan diperoleh parameter transmisi yang cocok untuk penerimaan di rumah (*fixed*) dan penerimaan bergerak (*mobile*), sehingga dapat membantu rencana pengembangan di M2V.

**Keywords:** DVB-T, SFN, frekuensi, fixed, mobile

## 1. PENDAHULUAN

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, merupakan sistem penyiaran langsung dari pemancar bumi (*terrestrial*) ke pemirsa di rumah. Fungsi pemancar bumi adalah untuk mentransmisikan data digital MPEG-2 yang telah dimodulasi menjadi gelombang VHF/UHF dan L-Band untuk dipancarkan menggunakan antena pemancar.

Pada unit penerima, dibutuhkan sistem penerima digital yang berupa *set-top box* (STB) yang fungsinya menerima sinyal modulasi DVB-T dan mengolahnya sehingga siarannya dapat ditonton melalui televisi biasa. Perangkat STB ini bentuk dan fungsinya mirip seperti penerima satelit/dekoder (semacam milik Indovision atau Aora TV), hanya saja alat ini cukup dihubungkan ke antena biasa. Nantinya, rangkaian penerima pada televisi masa depan akan dapat langsung mengolah sinyal modulasi DVB-T sehingga tidak lagi dibutuhkan penerima STB terpisah. Sebagai catatan, meski sistem DVB-T tidak ditujukan untuk sistem penerima bergerak, namun kemampuan penerimaan DVB-T dalam kendaraan yang bergerak juga dimungkinkan meski memiliki keterbatasan.

## 2. DVB-T dan OFDM

### 2.1 DVB-T Carrier

Kanal DVB-T mempunyai lebar bandwidth 8,7 dan 6 Mhz dengan dengan mengoperasikan 2 mode yaitu 2K mode dengan 2048 titik dalam IFFT dan 8k dengan 8192 titik dalam IFFT sebagai gelombang pembawa (*carrier*) untuk melakukan transmisi data. Jenis konten dalam gelombang pembawa dalam DVB-T beserta besar kapasitasnya untuk kedua mode ditunjukkan dalam tabel 1

**Tabel 1** Perbandingan Mode 2K dan 8K

No	Mode 2K	Mode 8K	Keterangan
1	2048	8192	Carrier
2	1705	6817	Used Carrier
3	142/131	568/524	Scattered Pilots
4	45	177	Continual Pilots
5	17	68	TPS Carrier
6	1512	6048	Payload Carrier

Payload carrier akan digunakan untuk melakukan transmisi data yang sesungguhnya, sedangkan TPS (*Transmission Parameter Signaling*) carrier akan berada pada frekuensi yang ditentukan TPS mempresentasikan sebagai pembawa informasi kanal sejumlah 68 simbol atau 68 bits, dimana 17 bitnya digunakan sebagai inisialisasi dan sinkronisasi. Simbol-simbol tersebut berisikan informasi tentang jenis mode, panjang guard interval, jenis modulasi, *code rate* serta penggunaan *hierarchical coding*.

## 2.2 DVB-T Modulator

Penyiaran TV digital DVB-T menggunakan teknik modulasi OFDM, sehingga data akan didistribusikan menggunakan beberapa frekuensi *carrier* yang saling *orthogonal* satu sama lain.

DVB-T menerapkan pengkodean teknik *Reed Solomon* dan *Viterbi* untuk menyediakan *Forward Error Correction* dan melakukan penyisipan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan. Setelah dilakukan kontrol kesalahan awal pada paket *MPEG Transport Stream* (MPEG-TS), selanjutnya TS akan ditingkatkan 16 bytes sebagai proteksi error yang diteruskan dalam *block coding*. DVB-T modulator mempunyai 2 input untuk MPEG-TS yaitu *high priority path* (HP) dan *low priority path* (LP) yang berbeda *code rate*-nya. Kedua input ini digunakan modulasi *hierarchical* yang dimanfaatkan ketika terjadi penerimaan yang kurang bagus di sisi penerima.

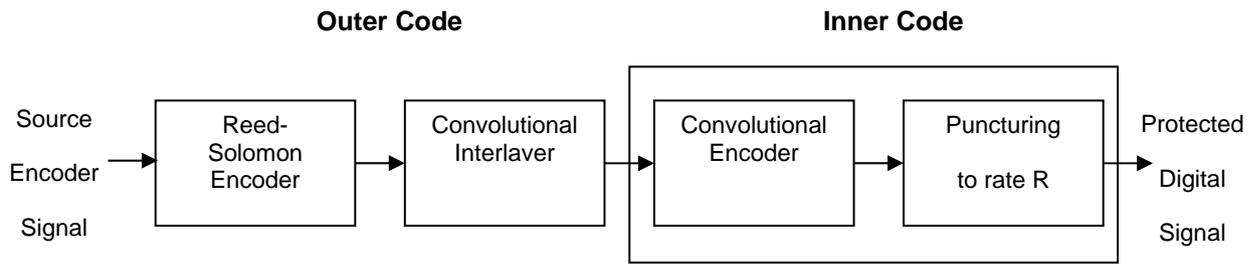
HP melakukan transmisi dengan *low data rate* dengan kompresi tinggi menggunakan modulasi QPSK, sedangkan LP menggunakan modulasi 16QAM atau 64QAM dengan *low data rate* dan *low error correction*. Pada sisi perangkat penerima HP dan LP dengan teknik hirarki yang dipilih sesuai dengan kondisi penerimaan.

## 2.3 Error Coding ( Pengkodean Kesalahan)

Pengkodean kesalahan dalam system digital digunakan untuk mengurangi kesalahan baik pada sisi pengirim maupun penerima pada sistem dengan modulasi *carrier* tunggal maupun atau modulasi dengan banyak *carrier*. Pada gambar 1 di perlihatkan dua level pendekatan pengkodean FEC ( *Forward Error Correction*) pada transmisi DVB yaitu suatu pengkodean modulasi “*inner*” dan suatu kode perbaikan kesalahan simbol “*outer*”. Selain itu juga digunakan *interleaver* dan *de-interleaver* untuk mengeksplorasi kemampuan koreksi kesalahan dari kode FEC.

Penyedia layanan video kabel, satelit dan *terrestrial* menggunakan modulator televisi digital (DTV) untuk mengubah program-program video (termasuk video, audio dan data tambahan) kedalam satu format yang dapat dipancarkan melalui media yang ada. Modulator menerima data sebagai suatu aliran transport program tunggal (*Single Program Transport Stream-SPTS*) atau banyak program (*Multi Program Transport Stream-MPTS*), dikirim melalui penyiaran video digital (DVB) ASI (*Asynchronous Serial Interface*) pada kecepatan 270 Mbps. Aliran transport (*Transport Stream-TS*) meliputi input audio, video, dan data *ancillary* yang telah dikodekan dengan skema kompresi seperti MPEG-2.

Modulator DTV melakukan pengkodean FEC dan memetakan data biner ke dalam skema modulasi yang sesuai untuk disiarkan. Gambar 1 menunjukkan kode-kode FEC pada transmisi DVB. Semua modulator yang digunakan pada sistem penyiaran digital tersebut harus menyediakan beberapa bentuk pengkodean FEC dan selanjutnya memetakan ke dalam skema modulasi yang sesuai untuk penyiaran.

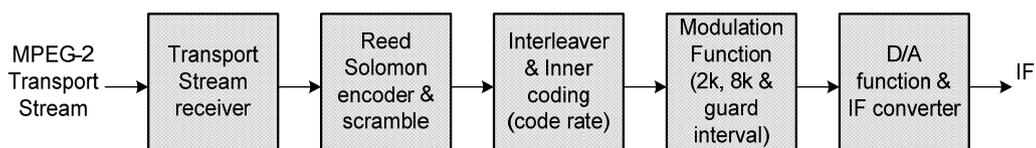


**Gambar 1** Kode-kode FEC pada transmisi DVB

Pada siaran *terrestrial* menggunakan modulasi COFDM seperti yang digunakan pada beberapa negara yang mengimplementasikan DVB-T, data pada COFDM didistribusikan dengan menggunakan beberapa frekuensi carrier yang saling orthogonal satu sama lain. Modulasi COFDM ini mempunyai antarmuka baseband untuk menerima MPEG-TS. Sistem ini menerapkan pengkodean teknik-teknik *Reed Solomon* dan *Viterbi* untuk menyediakan FEC dan melakukan penyisipan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan. Kemudian data dipetakan QAM ke sinyal dan dikonversikan lagi.

#### 2.4 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) adalah sebuah teknik transmisi yang menggunakan beberapa buah frekuensi (multicarrier) yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Masing-masing sub-carrier tersebut dimodulasikan dengan teknik modulasi konvensional pada rasio symbol yang rendah. Prinsip kerja dari OFDM dapat dijelaskan sebagai berikut. Deretan data informasi yang akan dikirim dikonversikan kedalam bentuk parallel, sehingga bila bit rate semula adalah  $R$ , maka bit rate di tiap-tiap jalur parallel adalah  $R/M$  dimana  $M$  adalah jumlah jalur parallel (sama dengan jumlah sub-carrier). Setelah itu, modulasi dilakukan pada tiap-tiap sub-carrier. Modulasi ini bisa berupa BPSK, QPSK, QAM atau yang lain, tapi ketiga teknik tersebut sering digunakan pada OFDM. Kemudian sinyal yang telah termodulasi tersebut diaplikasikan ke dalam *Inverse Discrete Fourier Transform* (IDFT), untuk pembuatan simbol OFDM. Penggunaan IDFT ini memungkinkan pengalokasian frekuensi yang saling tegak lurus (*orthogonal*). Setelah itu simbol-simbol OFDM dikonversikan lagi ke dalam bentuk serial, dan kemudian sinyal dikirim.

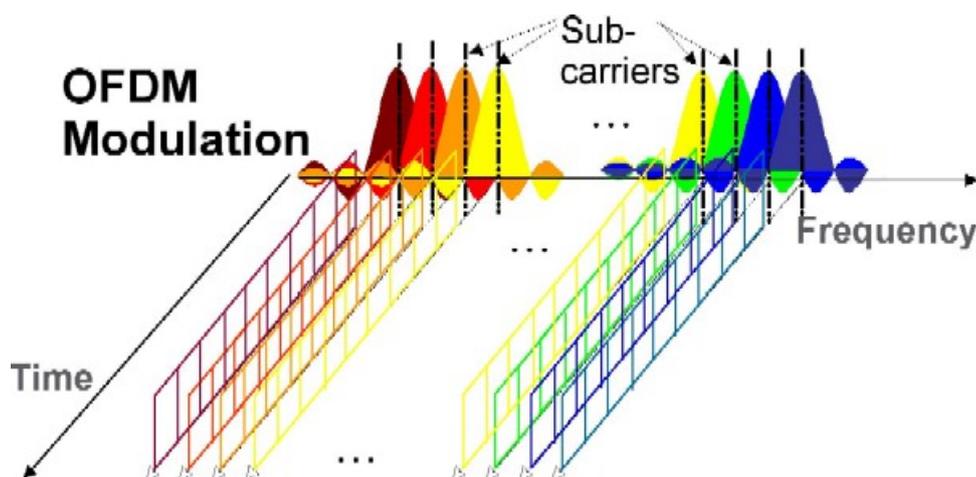


**Gambar 2** Blok diagram OFDM modulator

Seperti terlihat pada blok diagram dari OFDM Modulator, input MPEG *transport stream* yang dibawa tidak hanya memuat data program yang sudah

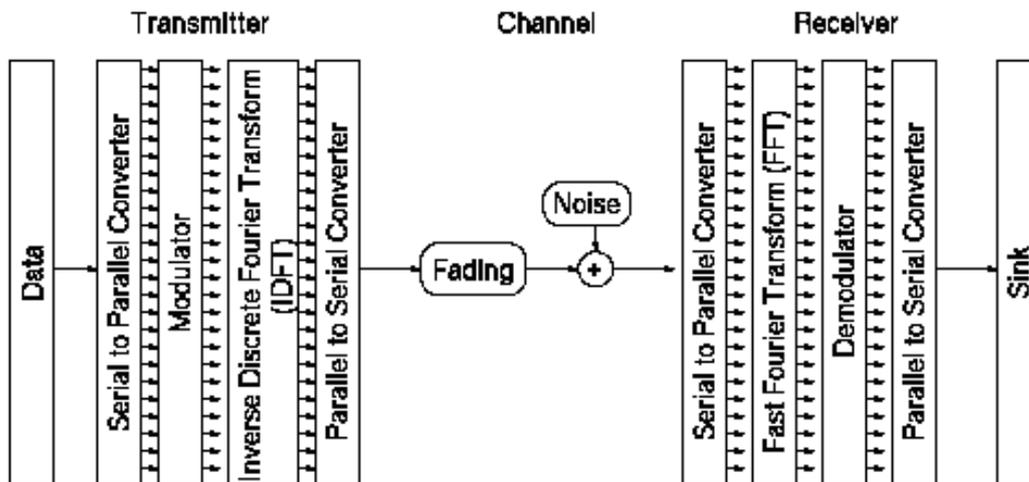
dikodekan, tetapi juga informasi tentang isi program, jumlah program dan *Conditional Acces System* (CAS). Sebelum OFDM memodulasi sinyal dilakukan dua sistem perlindungan kesalahan dan proses *interleaving*. Perlindungan kesalahan dan *interleaving* membuat kemungkinan dalam banyak situasi untuk menghasilkan sinyal walaupun sinyal telah hilang beberapa saat. *Interleaving* merupakan sebuah proses dimana Bytes atau beberapa bit yang dipesan ulang dimana informasi yang semula mengikuti satu sama lain terpisah dan kemudian yang disusun kembali. Gangguan dalam proses transmisi disebabkan oleh pantulan atau noise pulsa listrik yang bisa menyebabkan bit-bit hilang selama proses transmisi. Nantinya Byte-Byte diatur kembali secara proses alami. Tingkat kemajuan rata *interleaving* yang digunakan oleh prinsip OFDM sedikit hilang atau adanya *error* dan proses begitu luas menyebar memungkinkan rangkaian *error protection* untuk memperbaiki sinyal.

Teknik modulasi OFDM digunakan oleh beberapa standar nirkabel. Seperti TV digital, *Wireless LAN*, *Metropolitan Area Networks*, dan selular. Dengan OFDM data yang telah dimodulasi ditransmisikan secara paralel melalui *subcarrier-subcarrier*. Konsep dasar OFDM ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3** Konsep dasar OFDM (Sumber: Darcy Poulin, Ph.D. and Gord Rabjohn, *The future of wireless networks*)

Dengan cara ini, tiap *subcarrier* menduduki lebar spectrum yang sempit, dan kondisi kanal hanya mempengaruhi amplitudo dan fasa dari subcarrier. Oleh sebab itu, untuk mengatasi *frequency-selective fading* lebih mudah dilakukan pada OFDM karena hanya diperlukan kompensasi dari amplitudo dan fasa dari tiap subcarrier. Pemrosesan sinyal dari OFDM juga relatif mudah karena hanya diperlukan dua FFT (*Fast Fourier Transform*), masing-masing satu dipancarkan (*modulator*) menggunakan IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*), dan penerima (*demodulator*) menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*).



**Gambar 4** Block diagram Sistem OFDM (sumber: *Training M2V*)

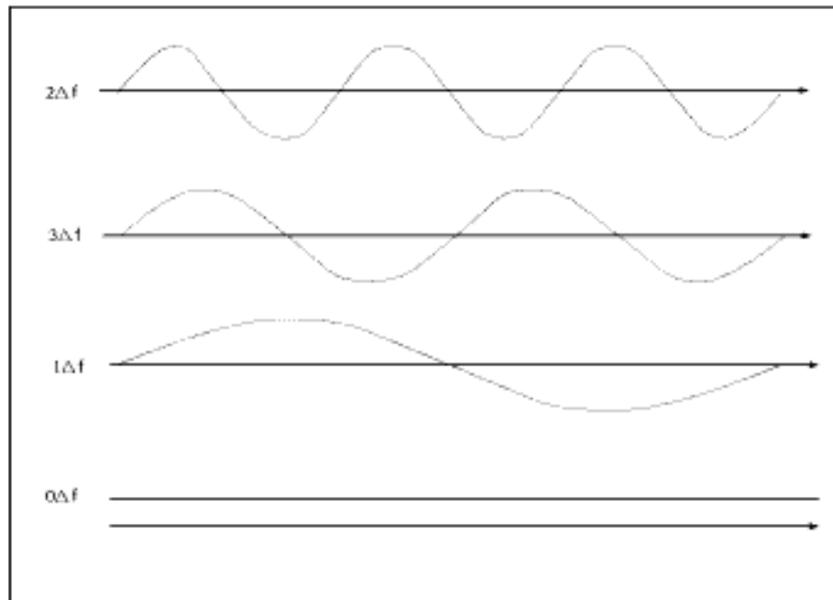
Sinyal carrier dari OFDM merupakan penjumlahan dari banyaknya sub-carriers yang orthogonal, dengan data baseband pada masing-masing sub-carriers dimodulasikan secara bebas menggunakan teknik modulasi QAM atau PSK.

Pada stasiun penerima, dilakukan operasi yang berkebalikan dengan apa yang dilakukan di stasiun pengirim. Mulai dari konversi dari serial ke parallel, kemudian konversi sinyal parallel dengan *Fast Fourier Transform* (FFT), setelah itu demodulasi, konversi parallel ke serial, dan akhirnya kembali menjadi bentuk data informasi.

Pada OFDM, frekuensi-frekuensi *multicarrier* tersebut saling tegak lurus, yang berarti bahwa *crosstalk* di antara sub-channels dihilangkan dan *inter-carrier guard bands* tidak diperlukan. Istilah *orthogonal* dalam *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) mengandung makna hubungan matematis antara frekuensi-frekuensi yang digunakan. Pemakaian frekuensi yang saling orthogonal pada OFDM memungkinkan overlap antar frekuensi tanpa menimbulkan interferensi satu sama lain. Ada beberapa kumpulan sinyal yang orthogonal, salah satunya yang cukup sering kita gunakan adalah sinyal sinus, sebagaimana diperlihatkan pada gambar 5.

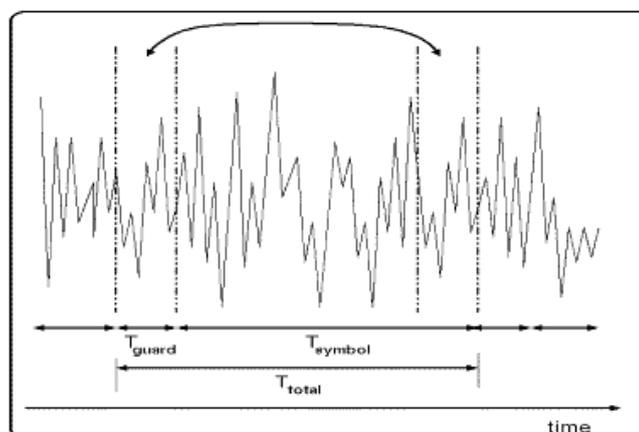
Ortogonalitas juga memungkinkan efisiensi spektral yang tinggi, mendekati rasio Nyquist. OFDM secara umum mendekati spektrum "white", sehingga terdapat properti interferensi elektromagnetik terhadap pengguna channel yang lain.

Satu prinsip kunci dari OFDM adalah dimana skema modulasinya dengan *rasio symbol* yang rendah sehingga hanya mendapat sedikit pengaruh *intersymbol interference* dari multipath fading. Oleh karena itu, maka dapat ditransmisikan sejumlah aliran *low-rate* dalam parallel, bukan aliran *high-rate* tunggal. Karena durasi dari tiap simbol panjang, maka memungkinkan untuk penyisipan guard interval di antara simbol-simbol OFDM, sehingga dapat menghilangkan *intersymbol interference*.



**Gambar 5** Sinyal sinus (*sumber: Training M2V*)

Pada OFDM, sinyal didesain sedemikian rupa agar *orthogonal*, sehingga bila tidak ada distorsi pada jalur komunikasi yang menyebabkan ISI (*intersymbol interference*) dan ICI (*intercarrier interference*), maka setiap subchannel akan bisa dipisahkan stasiun penerima dengan menggunakan DFT. Tetapi pada kenyataannya tidak semudah itu. Karena pembatasan spektrum dari sinyal OFDM tidak mutlak, sehingga terjadi distorsi linear yang mengakibatkan energi pada tiap-tiap subchannel menyebar ke subchannel di sekitarnya, dan pada akhirnya ini akan menyebabkan interferensi antar simbol (ISI). Solusi yang termudah adalah dengan menambah jumlah subchannel sehingga periode simbol menjadi lebih panjang, dan distorsi bisa diabaikan bila dibandingkan dengan periode simbol. Tetapi cara diatas tidak aplikatif, karena sulit mempertahankan stabilitas carrier dan juga menghadapi *Doppler Shift*. Selain itu, kemampuan FFT juga ada batasnya.

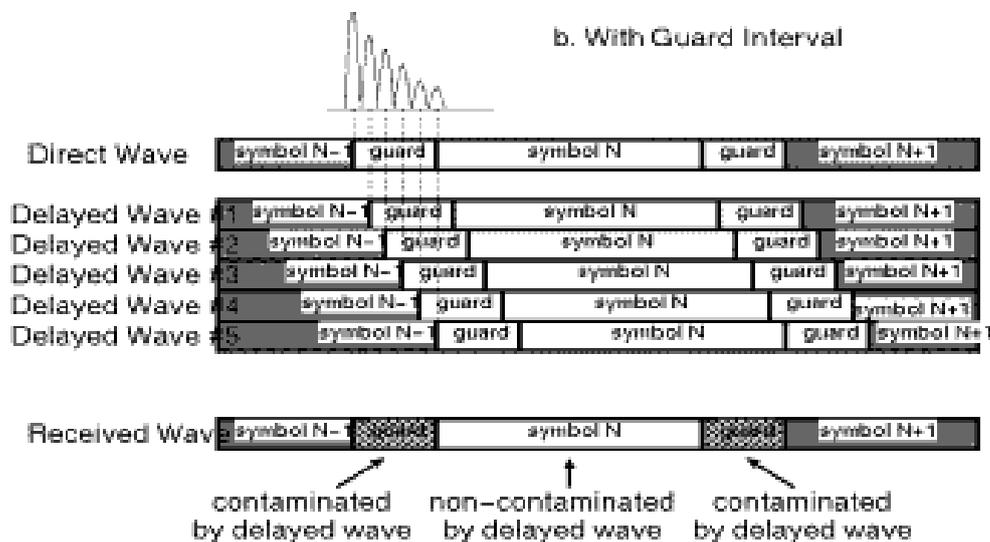


**Gambar 6** Periode simbol OFDM (*sumber: Training M2V*)

Pendekatan yang relatif sering digunakan untuk memecahkan masalah ini adalah dengan menyisipkan *guard interval* (interval penghalang) secara periodik pada tiap simbol OFDM. Sehingga total dari periode simbol menjadi :

$$T_{\text{total}} = T_{\text{guard}} + T_{\text{symbol}}$$

Efek dari penyisipan tersebut dapat di lihat pada Gambar 7. *Cyclic prefix* yang ditransmisikan selama *guard interval*, terdiri dari akhir dari simbol OFDM yang dikopi ke guard interval, dan guard interval ditransmisikan diikuti dengan simbol OFDM. Alasan *guard interval* terdiri atas kopi dari akhir simbol OFDM adalah agar receiver nantinya mengintegrasikan masing-masing multipath melalui angka *integer* dari siklus *sinusoid* ketika proses demodulasi OFDM dengan FFT.

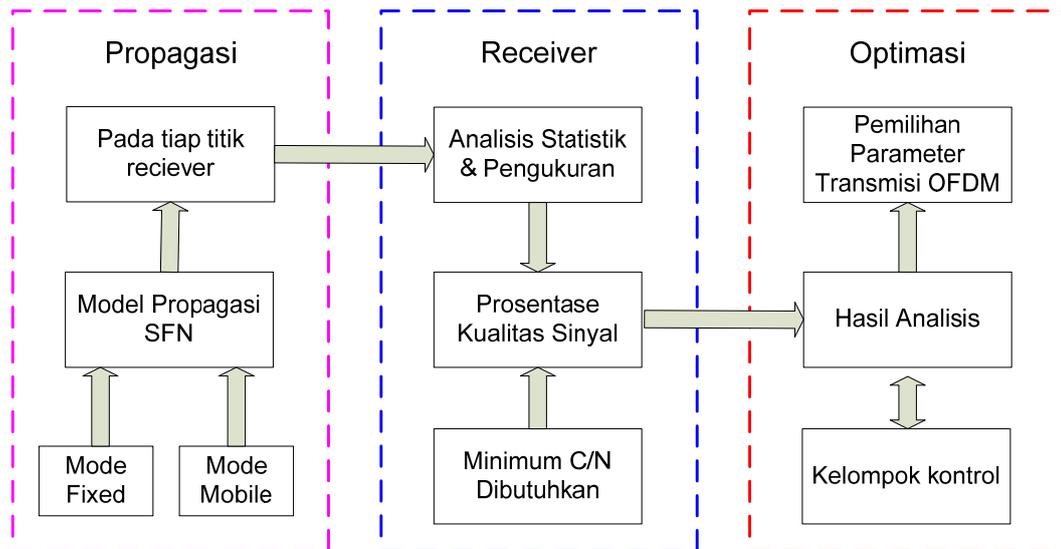


**Gambar 7** Efek penyisipan Guard Interval (*sumber: Training M2V*)

### 3. ANALISIS CODING RATE DAN FFT MODE

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi pustaka tentang sistem *Digital Video Broadcast Terrestrial* (DVB-T) kemudian membandingkan jika pada sistem tersebut dapat dilihat unjuk kerja yang maksimal. Data pendukung parameter-parameter transmisi yang harus diketahui diperoleh dari pustaka, untuk mengetahui parameter-parameter apa saja yang perlu dilakukan pengaturan. Hasil unjuk penelitian diterapkan sesuai dengan data yang diperoleh dari pustaka DVB-T. sehingga menghasilkan nilai perbandingan C/N pada sistem DVB-T dengan melihat hasil maksimal.



**Gambar 8** Diagram blok rancangan penelitian

Dalam tahap perencanaan dan optimasi DVB-T untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan penerimaan di rumah (*fixed*), dilakukan pengaturan pada parameter transmisi, yang diperlukan untuk menyediakan layanan DVB-T dengan kualitas sinyal yang diinginkan. Penelitian dilakukan untuk menguji kualitas sinyal pada penerimaan sejumlah titik di daerah cakupan dengan cara mengukur nilai *C/N* pada tiap titik tersebut.

Kemudian hasil pengukuran dari penerimaan pada sejumlah titik di daerah cakupan tersebut dianalisis, untuk masing-masing kelompok pengukuran di peroleh persyaratan QoS untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan penerimaan di rumah (*fixed*), akan didapat minimum *C/N* requirement dan prosentase *C/N* yang memenuhi standar penerimaan.

Dari hasil analisis akan dibandingkan dengan kelompok control, kelompok control merupakan hasil pengukuran dan analisis penerimaan dari Nexmedia dan TVRI sebagai operator DVB-T lain yang menggunakan pemilihan parameter transmisi yang berbeda. Sehingga akan diperoleh pemilihan parameter yang sesuai untuk penerimaan di M2V untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan penerimaan di rumah (*fixed*).

Dalam penelitian ini empat masalah sistem transmisi untuk dikembangkan, dimana dapat memilih salah satu dari pilihan parameter yang digunakan yang baik untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan penerimaan di rumah (*fixed*). Adapun ada empat pilihan parameter tersebut yaitu :  $\frac{1}{2}$  2K,  $\frac{1}{2}$  8K,  $\frac{2}{3}$  2K dan  $\frac{2}{3}$  8K. Setiap pilihan parameter mempunyai nilai berbeda untuk variabelnya.

### 3.2 Analisis Statistik

Pada penelitian ini, analisis data yang akan digunakan adalah SPSS dengan menggunakan metode *Analysis of Variance* (Anova). Anova digunakan dalam membandingkan empat eksperimen yang dilakukan dimana dilakukan perubahan

pada parameter transmisi. Anova merupakan lanjutan dari uji-t independen dimana terdapat empat kelompok percobaan dengan melakukan perubahan pada dua parameter transmisi. Anova biasa digunakan untuk membandingkan mean dari beberapa kelompok sampel independen (bebas).

Asumsi yang digunakan adalah subjek diambil secara acak menjadi satu kelompok percobaan. Distribusi mean berdasarkan kelompok normal dengan keragaman yang sama. Ukuran sampel antara masing-masing kelompok sampel diperoleh dari hasil pengukuran di wilayah coverage area M2V, perbedaan nilai kelompok sampel yang besar dapat mempengaruhi hasil uji perbandingan keragaman.

### 3.3 Analisis Pengukuran

Pengambilan sampel dilakukan pada titik-titik di wilayah coverage area M2V, dimana M2V menggunakan 4 pemancar yang di konfigurasi dengan menggunakan frekuensi yang sama (SFN) untuk wilayah jakarta dan sekitarnya. Dan sampel penelitian dari Nexmedia dan TVRI diambil sebagai kelompok control, Nexmedia dan TVRI menggunakan pemancar tunggal untuk wilayah Jakarta. Data yang diambil meliputi, kecepatan penerimaan (Km/jam), kualitas sinyal (C/N) dan *minimum C/N requirement*, dengan menggunakan pilihan parameter transmisi yang berbeda, dan dikelompokkan sesuai dengan pemilihan parameter sehingga didapatkan hasil yang optimal.

## 4. HASIL

### 4.1. Hasil Analisis Statistik Menggunakan ANOVA

Test of Homogeneity of Variances, Analisis ini bertujuan untuk mengkaji berlaku tidaknya asumsi untuk ANOVA, yaitu apakah ke-4 eksperimen mempunyai varians yang sama.

Hipotesis

Ho: Keempat varians populasi adalah identik

Ha: Keempat varians populasi adalah tidak identik

Pengambilan keputusan:

Jika Sig > 0,05 maka Ho diterima

Jika Sig < 0,05 maka Ho ditolak

Keputusan:

Terlihat bahwa Levene Test hitung adalah 6,918 dengan signifikasi 0,000. Oleh karena sig < 0,05 maka Ho ditolak atau keempat varians populasi adalah tidak identik. Sehingga analisis selanjutnya dapat dilakukan.

Rumusan masalah:

Apakah terdapat perbedaan kualitas sinyal antara eksperimen A, B, C dan D?

Hipotesis:

Ho: Tidak terdapat perbedaan kualitas sinyal antara eksperimen A, B, C dan D.

Ha: Terdapat perbedaan kualitas sinyal antara eksperimen A, B, C dan D

Pengambilan keputusan:

Jika Sig > 0,05 maka Ho diterima

Jika Sig < 0,05 maka Ho ditolak

Atau

Jika F hitung < F tabel maka Ho diterima

Jika F hitung > F tabel maka Ho ditolak

**Tabel 2** Perbedaan Kuat Sinyal Antara Beberapa Pilihan Parameter Transmisi di M2V Tahun 2012

Parameter Transmisi	Mean Kualitas Sinyal	SD	Min	Max	Range Kualitas Sinyal	Sig	f hitung	N
Code Rate 1/2, FFT Mode 2K	27,231	6,4795	13	36	25,006-29,457	0,000	31,916	35
Code Rate 1/2, FFT Mode 8K	16,657	5,4621	10	28	14,781-18,533			
Code Rate 2/3, FFT Mode 2K	20,931	7,2828	13	31	18,430-23,433			
Code Rate 2/3, FFT Mode 8K	14,157	4,3297	10	26	12,670-15,644			

Ket\* : Dihitung dengan menggunakan uji statistik *Anova*.

**Tabel 3** Hasil Spss Kualitas Sinyal Pada Parameter Transmisi

Parameter Transmisi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Code Rate ½, FFT mode 2K	35	27.231	6.4795	1.0952	25.006	29.457	13	36.2
Code Rate ½, FFT Mode 8K	35	16.657	5.4621	0.9233	14.781	18.533	10	28
Code Rate 2/3, FFT Mode 2K	35	20.931	7.2828	1.231	18.43	23.433	13	31
Code Rate 2/3, FFT Mode 8K	35	14.157	4.3297	0.7319	12.67	15.644	10	26
Total	140	19.744	7.7367	0.6539	18.451	21.037	10	36.2

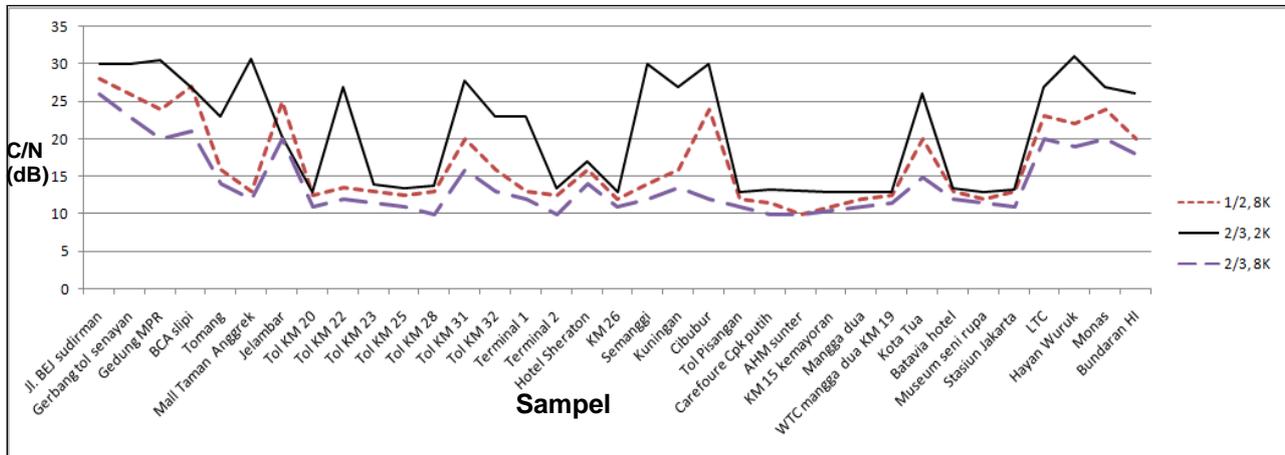
Keputusan :

Signifikansi sebesar 0,000. Oleh karena  $\text{sig} < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak.

Terlihat bahwa F hitung 31,916, sedangkan F tabel ( $V_1 = \text{jumlah eksperimen} - 1$ )  $4 - 1 = 3$  dan ( $V_2 = \text{jumlah kasus} - \text{jumlah eksperimen}$ )  $35 - 4 = 31$  dengan derajat kesalahan 5%, F hitung (31,916) > F tabel (2,911) maka  $H_0$  ditolak. Artinya Terdapat perbedaan kualitas sinyal antara eksperimen A, B, C dan D.

#### 4.2. Hasil Analisis Pengukuran

Dari keempat eksperimen yang dilakukan, tujuan yang akan dicapai pemilihan parameter yang sesuai untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dimana C/N masih stabil pada batas kecepatan diatas 100 km/jam, dan penerimaan di rumah (*fixed*) dimana bitrate lebih besar, dalam penelitian ini bitrate yang diharapkan 13.4 Mbps.



**Gambar 9** Distribusi Frekuensi Parameter transmisi penerimaan di rumah (*fixed*) dan bergerak (*mobile*)

Berdasarkan Gambar 9 pada code rate 2/3 dan FFT mode 2K didapatkan hasil bahwa kualitas sinyal (C/N) dengan di bawah minimum adalah enam puluh persen (60%). Pada pilihan parameter (2/3, 2K), *bitrate* yang diperoleh 13.3 Mbps sehingga kualitas video cukup bagus untuk screen monitor 32 inch, yang digunakan untuk standar penerimaan di rumah, dan kecepatan kendaraan sampai batas 105 km/jam, penerimaan sinyal masih bisa sampai diatas batas minimum C/N.

## 5. DISKUSI

### 5.1 Perbandingan Code Rate $\frac{1}{2}$ dan $\frac{2}{3}$

Dengan menggunakan coding rate 2/3 dan FFT mode 2K didapatkan hasil bahwa kualitas sinyal di atas minimum adalah 60 %, cukup bagus sampai pada batas kecepatan 105 km/jam Sedangkan pada coding rate 2/3 dan FFT mode 8K diperoleh hasil bahwa kualitas sinyal diatas minimum kurang bagus, hanya 34.29%.

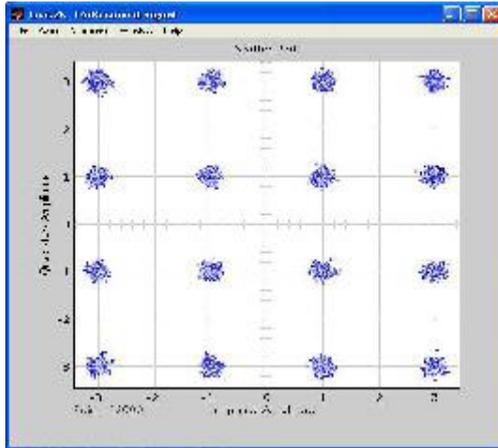
Untuk memperoleh Kualitas Video dan audio juga cukup bagus diperlukan *bitrate* yang lebih besar karena pada penerimaan di rumah menggunakan TV 32 inch sebagai standar acuan. *Bitrate* yang diinginkan pada penelitian ini 13.3 Mbps untuk 8 program siaran. Sehingga lakukan pemilihan parameter *coding rate* 2/3 sebagai analisis penelitian di rumah.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ralf Schäfer, Thomas Wiegand and Heiko Schwarz, (**The emerging H.264/AVC standard**, Ebu Technical Review – January 2003). Dengan menggunakan *coding rate* 2/3 ada peningkatan *bitrate* menjadi 13.3 Mbps, sehingga kualitas video menjadi lebih baik, jika pada *bandwidth* 8 di isi 8 program siaran, maka dalam 13.3 Mbps, masing-masing program rata-rata 1.66 Mbps.

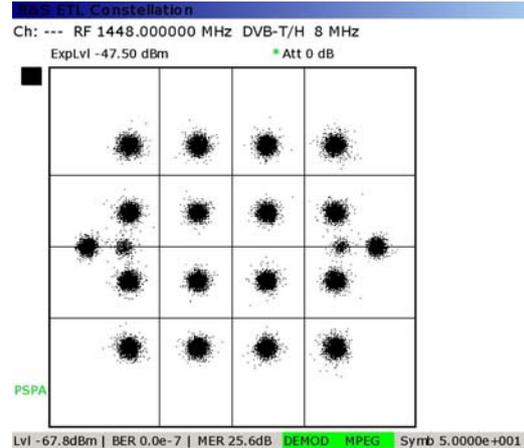
## 5.2 Perbandingan FFT Mode 2K dan 8K

Dengan menggunakan *coding rate*  $\frac{1}{2}$ , FFT mode 2K, kualitas sinyal lebih stabil, dibandingkan dengan *coding rate*  $\frac{1}{2}$ , FFT mode 8K.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Costas Chaikalis, Nicholas S. Samaras and Costas Kokkinos [9] dan Dedi Usman Effendy, Agung Darmawansyah, Rudy Yuwono [10].



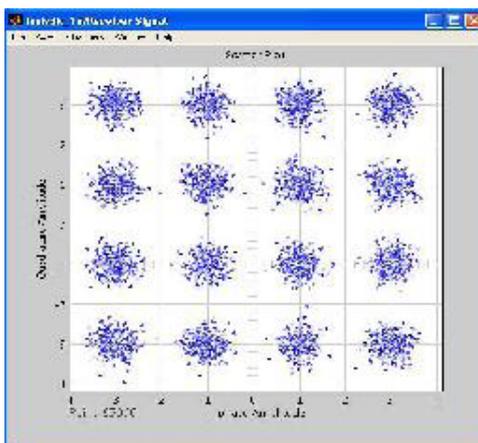
a. Simulasi, 2K 16QAM



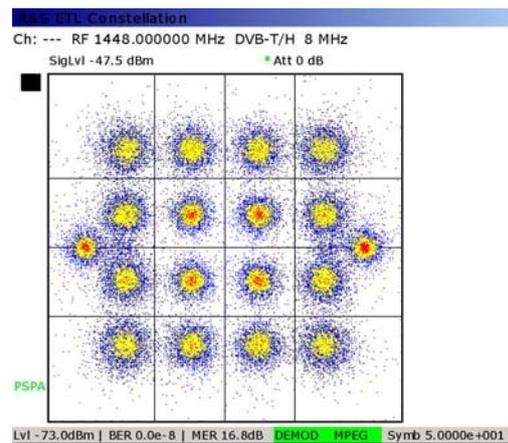
b. M2V, 2K 16QAM

**Gambar 10** Formasi Sinyal 2K 16QAM

Pada simulasi seperti pada gambar 10 diatas, terlihat bahwa noise pada formasi sinyal 2k 16QAM simulasi dan pengukuran di M2V lebih kecil, menyebabkan C/N menjadi besar sehingga nilai BER lebih kecil dibandingkan dengan formasi sinyal 8k 16QAM seperti pada gambar 11. Dengan demikian dapat disimpulkan untuk penerimaan bergerak (*mobile*) menggunakan formasi 2K 16QAM.



a. Simulasi, 8K 16QAM

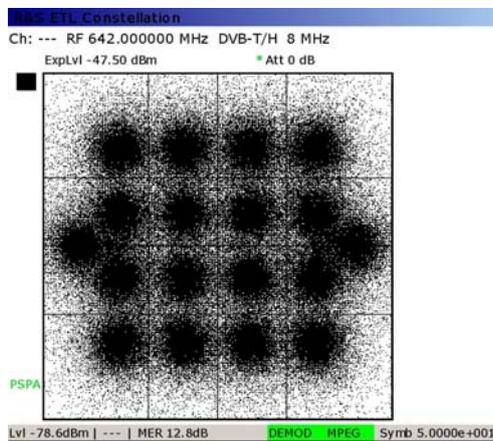


b. M2V, 8K 16QAM

**Gambar 11** Formasi Sinyal 8K 16QAM

Pada M2V konfigurasi menggunakan Single Frequency Network (SFN) dengan menggunakan beberapa transmitter dengan pilihan FFT mode 2K, sedangkan TVRI menggunakan transmitter tunggal dengan pilihan FFT mode 8K. Parameter transmisi TVRI dengan menggunakan Bandwidth 8 MHz, FFT mode 8K, Guard Interval 1/16, Constellation 16 QAM dan Code Rate 5/6.

Seperti terlihat pada gambar 11, Sinyal M2V lebih bagus, dengan sedikit noise sehingga untuk penerimaan bergerak akan lebih stabil, untuk mengatasi efek doppler dan *multipath fading*. jika dibandingkan dengan menggunakan formasi parameter pada TVRI Digital noise lebih besar sehingga lebih rentan, seperti terlihat pada Gambar 12. Dengan demikian FFT mode 2K sebagai pilihan parameter yang tepat untuk penerimaan bergerak (*mobile*) pada konfigurasi jaringan M2V yang menggunakan sistem SFN dengan jarak antar transmitter yang pendek.



**Gambar 12** Diagram konstelasi 8K 16QAM TVRI Digital

Pada DVB-T, bandwidth 8, 7 atau 6 MHz. Ada dua macam transmisi mode (FFT mode): mode 2K dan mode 8K, dimana 2K berdiri dari 2046-poin IFFT dan 8K singkatan untuk 8192-poin IFFT.

**Tabel 4** Perbandingan 2K dan 8K

Mode	2K	8K
No. of subcarriers	2048	8192
Subcarrier spacing $\Delta f$	$\sim 4$ kHz	$\sim 1$ kHz
Symbol duration $\Delta t$	$1/\Delta f = \sim 250$ $\mu s$	$\sim 1$ ms

Jumlah subcarrier COFDM harus menjadi kekuatan dari keduanya. Dalam DVB-T, adanya pilihan untuk menggunakan simbol-simbol dengan panjang sekitar 250 mikrodetik (2K mode) atau 1 ms (8K mode). Tergantung pada persyaratan, untuk menentukan mode mana yang dipilih. Mode 2K memiliki jarak *subcarrier* yang lebih besar sekitar 4 kHz tetapi periode simbol jauh lebih pendek. Dibandingkan dengan mode 8K dengan jarak *subcarrier* sekitar 1 kHz, itu jauh lebih rentan terhadap penyebaran dalam domain frekuensi disebabkan oleh efek doppler karena penerimaan bergerak (*mobile*) dan beberapa *echo* tapi jauh lebih rentan terhadap penundaan *echo* yang lebih besar.

Dalam jaringan frekuensi tunggal, misalnya, mode 8K akan selalu dipilih karena lebih besar memungkinkan pemancar spasi. Dalam penerimaan *mobile*, mode 2K adalah lebih baik karena jarak subcarrier lebih besar. Standar DVB-T memungkinkan untuk kontrol fleksibel dari parameter transmisi. Terlepas dari panjang simbol, yang merupakan hasil dari penggunaan mode 2K atau 8K.

Perlindungan kesalahan (FEC) dirancang untuk sama seperti pada DVB-S. Transmisi DVB-T dapat disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing berkaitan dengan ketahanan atau kecepatan transfer data dengan menyesuaikan tingkat kode (1/2 ... 7/8). Selain itu, DVB-T standar menyediakan untuk coding hirarkis sebagai option. Dalam pengkodean hirarkis, modulator memiliki dua input transport stream dan dua konfigurasi bebas yang identik FEC. Idenya adalah untuk menerapkan besarnya *error correction* untuk transport stream dengan data rate rendah dan kemudian mengirimkan dengan jenis modulasi yang sangat kuat. Pada *bitrate* rendah, jika penerimaan rendah, setidaknya masih akan menerima karena tingkat data yang lebih rendah dan kompresi yang lebih tinggi, bahkan jika kualitas gambar dan suara yang rendah. Jika menginginkan data rate yang lebih tinggi dan ditransmisikan dengan mengurangi *bit parity* pada *coding rate*, dengan cara *coding rate* di perbesar.

### 5.3 Parameter Transmisi Penerimaan Bergerak (*mobile*) dan Penerimaan di Rumah (*fixed*)

Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 didapatkan hasil bahwa code rate 2/3 dan FFT mode 2K sebagai pilihan parameter yang sesuai untuk penerimaan bergerak (*mobile*) dan penerimaan di rumah (*fixed*), dengan pilihan parameter tersebut kualitas sinyal (C/N) dengan di bawah minimum adalah enam puluh persen (60%), *bitrate* yang diperoleh 13.3 Mbps sehingga kualitas video cukup bagus untuk screen monitor 32 inch, yang digunakan untuk standar penerimaan di rumah, dan kecepatan kendaraan sampai batas 105 km/jam, penerimaan sinyal masih bisa sampai diatas batas minimum C/N.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Uwe Ladebusch and Claudia A. Liss [12].

Kombinasi pemilihan parameter transmisi untuk konfigurasi *Single Frequency Network* (SFN) memungkinkan untuk mengalokasikan cukup satu frekuensi saluran untuk DVB-T agar dapat memulai dengan DVB-T di setiap daerah. Untuk jaringan SFN yang cukup besar untuk mendukung dalam penerimaan bergerak (*mobile*) dan memungkinkan untuk penerimaan tetap (*fixed*) akan menjadi cukup

layak pada parameter modulasi yang dipilih adalah transmisi mode 2K dengan 16QAM. Panjang relatif *guard interval* biasanya 1/4, tingkat coding rate 2/3. Akibatnya, *bitrate* 13,27 Mbps tersedia untuk pengiriman data yang lebih besar, sehingga bisa diisi lebih banyak program siaran atau memperbaiki kualitas siaran.

## 6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah parameter transmisi yang sesuai untuk penerimaan di rumah (*fixed*) dan penerimaan bergerak (*mobile*) adalah dengan menggunakan code rate 2/3 dan FFT mode 2K sebagai pilihan parameter yang sesuai untuk penerimaan di M2V dengan konfigurasi jaringan SFN kecil dengan menggunakan 4 buah transmitter untuk meng-cover wilayah Jakarta. Pilihan parameter tersebut disesuaikan dengan wilayah Jakarta sebagai wilayah urban yang terdiri dari gedung-gedung bertingkat, sehingga pemilihan parameter tersebut bisa mengatasi permasalahan multipath dan efek doppler ketika penerimaan mobile. Dengan parameter diatas *bitrate* yang diperoleh 13.3 Mbps sehingga kualitas penerimaan video / visual cukup bagus untuk screen monitor 32 inch, yang digunakan untuk standar penerimaan di rumah, dan kecepatan kendaraan sampai batas 105 km/jam, penerimaan sinyal masih bisa sampai diatas batas minimum C/N.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1). Fischer, Walter. (2009). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology A Practical Engineering Guide*, 3<sup>rd</sup> ed., Springer
- (2). Benoit, Herve. (2008). *Digital Television, Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*, 3<sup>rd</sup> ed., USA: Focal Press
- (3). Editors-in-Chief Borko Furht Syed Ahson. (2008). *Handbook of Mobile Broadcasting DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, USA: CRC Press
- (4). L. Hanzo, P. J. Cherriman and J. Streit. (2007). *Video Compression and Communications*. UK: IEEE Press
- (5). U. Reimers. (2005), *DVB the Family of International Standards for Digital Video Broadcasting*, , Berlin, Germany, Springer.
- (6). Yong Jiang, Wen Xu, and Cyprian Grassmann. (2009). Implementing a DVB-T/H Receiver on a Software-Defined Radio Platform, *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting Volume 2009*.
- (7). Sudipta Ghosh and Ankit Bass, Students. (2012). SECE Lovely Professional University Jalandhar, INDIA Implementation of Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T) using Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) on Physical Media Dependent Sub layer, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 44– No.22*.
- (7) Filbert Hilman Juwono dan Dadang Gunawan. (2010). *Prinsip-prinsip OFDM*, Yogyakarta: Andi

- (8) Hary Budiarto, Bambang Heru Tjahjono, dkk. (2007). Sistem TV Digital dan Prospeknya di Indonesia. Jakarta: PT. Multikom Indo Persada
- (9) Costas Chaikalis, Nicholas S. Samaras and Costas Kokkinos. (2012). An SCCC turbo decoder for DVB-T), *Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications (JSAT)*, [pp.13-20].
- (10) Dedi Usman Effendy, Agung Darmawansyah, Rudy Yuwono. (2009). Analisis Unjuk Kerja Sistem Digital Video Broadcast (DVB), *Jurnal EECCIS Vol. III, No. 2*, [pp. 10-16]
- (11) Schäfer, Thomas Wiegand and Heiko Schwarz. (2003). The emerging H.264/AVC standard, EBU Technical Review.
- (12) Uwe Ladebusch and Claudia A. Liss. (2006). Terrestrial DVB (DVB-T): A Broadcast Technology for Stationary Portable and Mobile Use, *Proceedings of the IEEE, VOL. 94, NO. 1*, [pp. 183-193].