

STUDI PERANCANGAN SISTEM RoF-OFDM POLARISASI TIDAK SEIMBANG MENGGUNAKAN MODULASI QPSK DAN QAM

Teguh Wahyu Dianto ¹⁾, Dodi Zulherman ²⁾, Fauza Khair ³⁾

^{1),2),3)}Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. D.I. Panjaitan No. 128 Purwokerto
Email : 14101032@st3telkom.ac.id

Abstrak. Peningkatan kebutuhan layanan yang diharapkan oleh pelanggan dalam hal kapasitas bandwidth besar, kemampuan layanan real time dan aplikasi yang sensitif delay, telah mendorong perkembangan teknologi telekomunikasi. Radio over Fiber (RoF)- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) menjadi salah satu pilihan dalam memenuhi kebutuhan layanan. Penggunaan sistem RoF-OFDM saat ini sudah mengarah pada layanan berbasis Long Term Evolution (LTE) namun masalah yang masih dihadapi yaitu kehandalan sistem RoF-OFDM pada daya rendah masih terbatas. Penelitian ini dirancang untuk mengamati pengaruh daya terhadap kinerja sistem dengan indikator pengamatan EVM. Rancangan sistem menggunakan perangkat OptiSystem, pengujian menggunakan variasi daya dan variasi jarak, analisis kinerja menggunakan parameter EVM dan BER. Berdasarkan hasil penelitian, sistem menunjukkan kinerja baik untuk semua variasi pengujian jika ditinjau dari BER sedangkan hanya sistem dengan daya masukan tinggi yang dapat memenuhi standar EVM untuk sistem LTE yaitu dibawah 8%. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan daya menghasilkan kinerja sistem yang semakin meningkat ditinjau dari BER dan EVM.

Kata kunci : RoF-OFDM, QPSK, QAM, EVM

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi dipengaruhi oleh peningkatan kebutuhan layanan pelanggan khususnya penyediaan kapasitas bandwidth yang besar, kecepatan transmisi yang tinggi dan delay yang rendah. Berdasarkan tipe transmisi, sistem telekomunikasi dibagi menjadi dua jenis yaitu *wireless* dan *wireline* [2]. *Wireless* merupakan sistem telekomunikasi yang menggunakan udara sebagai media perambatan sinyal. *Wireless* memiliki beberapa kelebihan seperti fleksibilitas, cakupan area jangkauan yang luas, proses instalasi yang cepat, serta biaya peralatan yang relatif terkangkau. Salah satu contoh layanannya yaitu 3GPP. 3GPP sebagai salah satu platform standar telekomunikasi memiliki standar terbaru LTE (Long Term Evolution) dengan tujuan untuk mendukung kebutuhan komunikasi bergerak yang berkembang pesat [1]. Selain kelebihan, sistem *wireless* juga memiliki kekurangan seperti delay yang cukup besar, kualitas sinyal yang kurang stabil, serta rentan terhadap interferensi [2]. Berbeda dengan *wireless*, sistem *wireline* memiliki beberapa kelebihan seperti kecepatan transmisi data yang tinggi, kualitas sinyal yang sangat baik, tahan terhadap noise atau interferensi, serta memiliki bandwidth yang besar. *Wireline* juga memiliki kekurangan yaitu proses instalasi membutuhkan waktu yang cukup lama, area cakupan yang sangat terbatas, biaya peralatan yang relatif mahal, dan penempatan jaringan yang tidak bisa dipindah (permanen). Salah satu contoh layanan *wireline* yaitu komunikasi serat optik. Penggabungan sistem telekomunikasi *wireless* dan *wireline* dalam satu sistem telekomunikasi dapat memberikan unjuk kerja yang sangat baik dan dapat memenuhi kebutuhan layanan pelanggan di atas [2]. Radio over Fiber atau lebih dikenal dengan RoF merupakan solusi dari permasalahan diatas [2]. Implementasi Radio over Fiber dapat dimanfaatkan sebagai jaringan *backhaul* layanan komunikasi bergerak seperti LTE dengan standar yang telah ditetapkan salah satunya nilai *Evaluated Vector Magnitude* (EVM). Penelitian ini bertujuan untuk merancang pemodelan jaringan RoF berbasis OFDM yang dapat memenuhi standar EVM layanan LTE dengan nilai lebih kecil dari 8%.

2. Kajian Pustaka

Teknologi RoF merupakan sebuah teknologi terbaru yang dapat menggabungkan teknologi transmisi data yang dimiliki *wireless* yaitu teknik multiplexing OFDM dengan teknologi pada *wireline* yaitu media transmisi serat optik. Teknologi RoF memanfaatkan kelebihan teknik *multiplexing* OFDM yaitu suatu kemampuan untuk memanipulasi sinyal menjadi beberapa *subcarrier* dan kelebihan media serat optik yaitu memiliki ketahanan terhadap interferensi dan kecepatan transmisi yang tinggi [2]. Dalam penerapannya teknologi RoF menggunakan teknologi *wireless* pada bagian pengirim dan penerima lalu menggunakan kabel serat optik untuk menghubungkan sisi pengirim dan penerima tersebut. Proses transmisi data akan berlangsung dengan cepat jika pada sisi pengirim dan penerima menggunakan teknologi yang handal seperti teknologi OFDM [3].

Orthogonal Frequency Division *Multiplexing* (OFDM) merupakan suatu teknik modulasi dan *multiplexing* sinyal *multicarrier* yang memungkinkan sinyal dapat dimodulasikan dengan bertumpang tindih antara sinyal satu dengan lainnya. Pada teknik *multiplexing* OFDM sinyal carrier atau sinyal pembawa diubah menjadi subband untuk transmisi *multicarrier* dalam bentuk paralel sehingga membuat *bandwidth* untuk masing-masing *subband* relatif lebih kecil [4]. Teknik *multiplexing* OFDM membuat carrier-carrier tersebut dipisahkan dengan jarak yang sangat sempit bahkan saling *overlapped*, sehingga lebih hemat dalam penggunaan *bandwidth* jika dibandingkan dengan *multicarrier* yang lain seperti Frequency Division Multiplexing (FDM) [4]. Teknik *multiplexing* OFDM sudah diterapkan untuk berbagai standar sistem telekomunikasi *wireless* yang dikeluarkan oleh ITU-T. IEEE 802.11g merupakan sebuah standar untuk sistem telekomunikasi *Wireless LANs* [5]. Sementara ITU-T G9901 merupakan sebuah standar sistem telekomunikasi yang dikeluarkan oleh ITU-T untuk teknik *multiplexing* OFDM [4].

Teknik *multiplexing* OFDM dapat menggunakan beberapa macam teknik modulasi digital diantaranya teknik modulasi M-PSK dan teknik modulasi M-QAM [5]. Teknik modulasi M-PSK dan teknik modulasi M-QAM merupakan teknik modulasi digital multi simbol yang dapat menempatkan beberapa bit data dalam satu simbol. Teknik modulasi M-PSK memanfaatkan perbedaan sudut atau phase untuk memodulasi sinyal dengan besar amplitudo yang sama. Teknik modulasi M-QAM menggunakan perbedaan sudut dan besar amplitudo yang beragam untuk memodulasi sinyal. Teknik modulasi M-PSK sangat baik dalam mengirimkan sinyal tapi memiliki kelemahan karena akan sangat rentan ketika terjadi interferensi pada salah satu sudut. Sementara teknik modulasi M-QAM dapat bertahan walaupun terjadi interferensi pada salah satu sudut karena perbedaan amplitudo pada masing masing bitnya [6].

Polarisasi sinyal merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk merubah sinyal listrik menjadi sinyal cahaya serat optik [7]. Teknik ini dapat merubah data yang awalnya berupa sinyal elektrik menjadi sinyal *optical* atau cahaya yang dapat dikirimkan lewat fiber optik. Pada teknologi RoF ketika sinyal elektrik melewati perangkat E/O, maka sinyal tersebut akan dirubah menjadi sinyal cahaya. Kemudian sinyal cahaya akan melewati media serat optik lalu ketika sampai pada perangkat O/E sinyal tersebut akan dirubah menjadi sinyal elektrik kembali [7]. Penelitian RoF-OFDM telah dilakukan oleh beberapa peneliti lain. Penelitian (T. Kanesan, 2015) menggunakan rancangan sistem RoF-OFDM *direct modulation* dengan variasi modulasi yaitu QPSK, 16-QAM, 64-QAM dan variasi jarak yaitu 10 km, 50 km serta variasi daya yaitu -8 dBm hingga 10 dBm. Peneliti menyatakan bahwa variasi daya 2 dBm hingga 10 dBm menimbulkan efek non-linier yang mengakibatkan penurunan performa sistem [1]. Penelitian lain (T. Kanesan, 2014) mengamati perbandingan *external modulation* dan *direct modulation* pada sistem RoF-OFDM dengan variasi jenis modulasi dan daya masukan. Peneliti menyimpulkan juga terjadi efek non-linier pada daya 2 dBm hingga 10 dBm [8]. Penelitian lain (Ayoob Alateeq, 2013) melakukan pengamatan sistem RoF-OFDM dengan variasi bit rate sebesar 20 Gbps, 30 Gbps dan variasi modulasi menggunakan 8-PSK, 16-PSK, 16-QAM. Peneliti menyimpulkan bahwa teknik PSK memiliki kelebihan dalam daya terima dibandingkan QAM dan 16-PSK lebih baik dari 8-PSK dalam parameter BER [2].

Pada penelitian ini akan dibahas secara khusus mengenai performansi sistem RoF-OFDM untuk polarisasi tidak seimbang dengan modulasi QPSK dan QAM. Perancangan simulasi akan

menggunakan 128 kanal dengan panjang serat yang digunakan adalah 50 km, dan 100, serta menggunakan bit rate 40 Ghz. Tujuan penelitian yaitu dapat menganalisis performa sistem RoF-OFDM polarisasi tidak seimbang dengan modulasi QPSK dan QAM yang disimulasikan melalui *software* Optisystem.

3. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental berbasis perangkat simulator. Tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu pemodelan sistem RoF-OFDM menggunakan OptiSystem, pengujian model rancangan dengan variasi daya untuk jarak 50 km, pengujian rancangan dengan variasi daya untuk jarak 100 km, penganalisisan hasil pengujian sistem berdasarkan parameter BER dan EVM, penarikan simpulan terhadap hasil penelitian.

Pemodelan sistem RoF-OFDM dibagi dalam tiga subsistem yaitu pengirim (*transmitter*), saluran transmisi (*optical link*), penerima (*receiver*). Pada bagian pengirim, kami menggunakan sumber data digital dari PRBS yang akan menjadi masukan modulator QAM dan QPSK. Luaran modulator QAM dan QPSK menjadi masukan pada modul OFDM. Luaran OFDM yang masih dalam bentuk sinyal listrik dimodulasi dengan sinar optis dari CW laser pada modulator optis (*optical modulator*). Modulator optis yang kami gunakan dalam rancangan yaitu tipe Mach-Zender Modulator (MZM). Subsistem kedua yaitu link optis menggunakan panjang link sebesar 50 km dan 100 km dengan sebuah penguat optis EDFA. Pada subsistem terakhir, pemodelan rancangan menggunakan PIN sebagai converter sinyal optis menjadi sinyal elektrik. Luaran sinyal elektrik digunakan sebagai masukan pada *BER Analyzer* sebagai alat bantu analisis performa rancangan.

Tahapan pengujian dilakukan dengan mengamati kinerja rancangan secara simulasi dengan menggunakan variasi dari dua variabel bebas yaitu daya CW-Laser dan panjang link optis. Pengamatan kinerja kami lakukan untuk variasi daya sebesar -8 dBm hingga 6 dBm dan untuk variasi panjang link optis sebesar 100 km. Proses analisis kinerja kami lakukan terhadap dua parameter yaitu EVM dan BER.

4. Hasil dan Analisa

Hasil penelitian yang telah dilakukan mencakup nilai EVM (Evaluated Vector Magnitude) dan nilai BER (Bit Error Rate) dari simulasi jaringan RoF-OFDM. Variasi yang dilakukan berupa daya di sisi transmitter dengan nilai -8, -6, -4, -2, 0, 2, 4, 6 dBm.

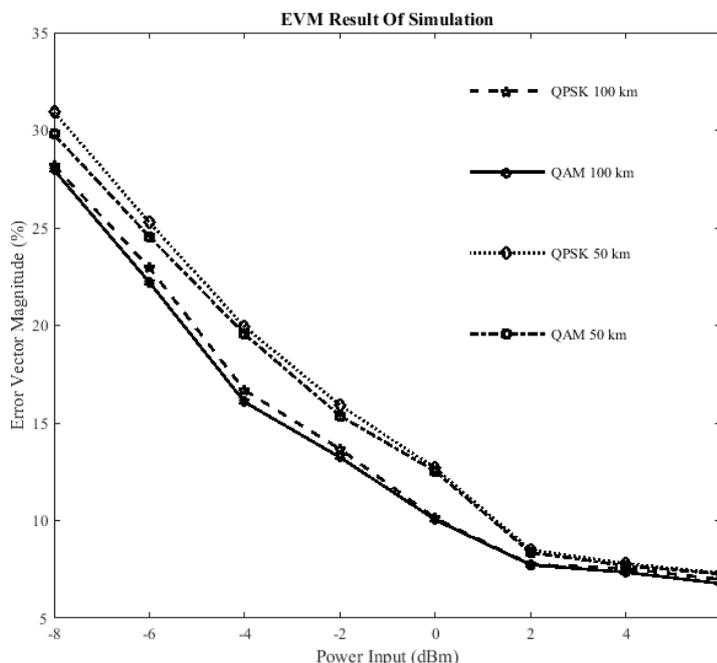
Pada tabel 1 menyajikan nilai EVM dari simulasi yang telah dilakukan. Evaluated Vector Magnitude merupakan presentase yang dapat menunjukkan keberhasilan transmisi data. Semakin kecil nilai EVM maka semakin bagus pula proses pengiriman data. Standar nilai EVM yang baik untuk system LTE adalah 8%. Sedangkan Bit Error Rate merupakan hasil simulasi yang menunjukkan seberapa besar bit error ketika proses transmisi data.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem RoF-OFDM dengan nilai daya laser -8 dBm hingga 0 dBm dengan variasi jarak 50 km dan 100 km belum memenuhi standar nilai EVM. Sedangkan dengan variasi daya laser 2 dBm hingga 6 dBm dengan variasi jarak 50 km, 100 km telah memenuhi standar nilai EVM. Hasil penelitian terbaik di dapatkan pada variasi daya 6 dBm dengan variasi jarak 50 km. Sedangkan hasil terburuk didapatkan dengan variasi data -8 dBm dengan variasi jarak 100 km. Variasi panjang fiber optik 100 km menghasilkan nilai yang lebih buruk dibandingkan dengan variasi panjang fiber optik 50 km.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem dengan Variasi Daya dan Variasi Panjang terhadap Parameter EVM

No	Daya Laser (dalam dBm)	Nilai EVM (dalam %)			
		QPSK		QAM	
		50 km	100 km	50 km	100 km
1	-8	28,20	30,92	27,96	29,78
2	-6	22,95	25,28	22,21	24,55
3	-4	16,67	19,93	16,07	19,55
4	-2	13,67	15,92	13,24	15,37
5	0	10,12	12,68	10,04	12,53
6	2	7,76	8,05	7,73	8,37
7	4	7,54	7,79	7,35	7,68
8	6	6,98	7,31	6,77	7,27

Pada gambar 1 menunjukkan nilai EVM yang didapatkan dengan memvariasikan daya *laser* masukan dan panjang fiber optik. Dari grafik yang di sajikan dapat terlihat bahwa nilai EVM dianggap semakin baik jika nilainya semakin kecil. Hasil penelitian menunjukkan nilai EVM semakin baik di setiap peningkatan daya masukan. Dari awalnya nilai EVM sangat buruk pada nilai daya -8 dBm hingga akhirnya nilai EVM sangat baik dan memenuhi standar pada nilai daya 2 hingga 6 dBm.



Gambar 1 Pengaruh daya *laser* dan panjang kabel terhadap nilai EVM

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem RoF-OFDM memiliki performansi yang sangat baik. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2, semua nilai BER yang didapatkan oleh kedua jenis teknik modulasi yang digunakan yaitu 0. Hal ini membuktikan bahwa pengiriman data dilakukan dengan sempurna

tanpa ada satupun data yang rusak atau gagal dikirim. Hal ini dapat terjadi karena sistem yang digunakan sangat baik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem dengan Variasi Daya dan Variasi Panjang terhadap Parameter BER

No	Daya Laser (dalam dBm)	Nilai BER			
		QPSK		QAM	
		50 km	100 km	50 km	100 km
1	-8	0	0	0	0
2	-6	0	0	0	0
3	-4	0	0	0	0
4	-2	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	2	0	0	0	0
7	4	0	0	0	0
8	6	0	0	0	0

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap rancangan, dapat diambil kesimpulan bahwa peningkatan daya CW laser akan memperkecil nilai EVM. Sedangkan peningkatan panjang kabel fiber optik akan memperbesar nilai EVM. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, teknik *multiplexing* 4-QAM memiliki nilai EVM yang lebih baik di dibandingkan dengan teknik *multiplexing* QPSK. Nilai EVM terbaik di dapatkan dengan memvariasikan daya *laser* 6 dBm pada jarak 50 km dengan nilai EVM 6,98 untuk teknik *multiplexing* QPSK dan 6,78 untuk teknik *multiplexing* QAM. Pada variasi jarak 100 km memiliki nilai EVM yang lebih buruk dibandingkan dengan jarak 50 km. Hal ini tentunya dapat digunakan sebagai dasar dari penelitian yaitu analisis performansi sistem RoF-OFDM dengan panjang kabel diatas 100 km menggunakan metode yang lain.

Daftar Pustaka

- [1] T.Kanesan, *et all* "Spectral Shape Impact of Nonlinear Compensator Signal In LTE RoF System," IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, p. 4, 2015.
- [2] M. M. Ayoob Alateeq, "Study of the BER performance in RoF-OFDM system modulated by QAM and PSK," IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), vol. 3, no. -, p. 6, 2013.
- [3] Febrizal, "Evaluasi Kinerja Sistem OFDM radio Over Viber (OFDM ROF)," Jurnal Sains dan Teknologi, vol. 1, no. -, p. 8, 2009.
- [4] S. T. S. Hasan, "Implementasi dan Evaluasi Kinerja Orthogonal," Teknik ITS, vol.4, no. -, p. 6, 2015.
- [5] PRAJOY PODDE, *et all* "BER PERFORMANCE ANALYSIS OF OFDM-BPSK, QPSK, QAM," -, Vol. %1 dari %2-, no. -, p. 5, 2014.
- [6] H.-J. K. Long Bora, "A Study on the Performance of OFDM Transmission Scheme for QAM Data Symbol," Computer Division, Mokwon University of South Korea, Vol. %1 dari %2-, no. -, p. 4, 2008.
- [7] An Li, *et all* "192-Gb/s 160-km Transmission of Carrier-Assisted Dual-Polarization Signal with Stokes Vector Direct Detection," Futurewei Technologies Inc, Vol. %1 dari %2-, no. -, p. 3, 2016
- [8] Thavamaran Kanesan, *et all* "Investigation of Optical Modulators in Optimized," Journal Of Lightwave Technology, p. 7, 2014