

KINERJA SINYAL BRIGHT SOLITON DENGAN APLIKASI EDFA MENGGUNAKAN SISTEM FORMAT MODULASI OPTIK PADA SISTEM TRANSMISI SERAT OPTIK

Mayko Sofyan Hadi¹, A.ali Muayyadi², Phd³

¹Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Kebutuhan user akan komunikasi yang semakin pesat dimana sampai saat ini sampai level layanan "triple play". Maka untuk memenuhi tuntutan tersebut, dibutuhkan sistem transmisi yang memiliki kapasitas dan tingkat kehandalan yang tinggi. Fiber optik menjadi salah satu pilihan karena memiliki sejumlah keunggulan. Meskipun banyak keunggulannya, hendaknya harus diimbangi dengan metode transmisi yang handal dan optimal sehingga informasi yang akan ditransmisikan dapat diterima dengan sangat layak.

Untuk menghasilkan suatu metode yang optimal diperlukan sinyal carrier yang stabil, penguat untuk kompensasi rugi-rugi sistem dan suatu format modulasi yang toleran terhadap efek non linear sehingga menghasilkan nilai BER yang rendah.

Pada thesis ini dibahas kinerja suatu format modulasi yaitu NRZ Non-Return-to-Zero (NRZ) dan Return-to-Zero (RZ) di dalam sistem komunikasi optik. Selanjutnya, masing-masing format modulasi dianalisis dan diformulasikan dengan aplikasi sinyal carrier soliton yang handal dan stabil terhadap rugi-rugi (dispersi dan loss), Modulator Mach Zehnder (MZ), dan penguat optik Erbium Dopped Fiber Amplifier (EDFA). Hasil formulasi tersebut akan dibandingkan kinerjanya (dalam hal ini BER). Dari hasil analisa, format RZ memiliki level daya pulsa yang paling tinggi 3 kali lipat dibandingkan NRZ yaitu 228,3 nW, memiliki level daya terima paling besar yaitu -13,9 dBm dan memiliki probability of bit error terkecil 10^{-8} dibanding format NRZ yaitu 10^{-5} .

Kata Kunci : NRZ,RZ,MZ,EDFA,Soliton

Abstract

The needs of communication amongst User are very high and rapid which is now barely covered up to level of triple play coverage. To provide all those demands, a high transmission that has high level of capacity and technology should be offered. A Fiber Optic as one of solutions can answer all those demands due to having variations of superior technology and instrument.

Meanwhile this device has to be balanced with high tech and optimally methodology of transmission to accommodate amongst the User.

To get an optimal methodology is needed stable carrier signal, an intensifier to compensate some weaknesses on the supporting instruments of fiber optic and a modulation format which can be cooperated with non linear effect to get a good quality of BER low result.

On this thesis, described ways of working a modulation format, NRZ (Non Return to Zero) and RZ (Return to Zero) in fiber communication system. Each format of modulation will be analyzed and formulated with application of best and steady carrier signal solution toward some weaknesses (dispersion and loss), Modulator March Zehnder (Mz) and an intensifier on optic of Erbium Dopped Fiber Amplifier (EDFA). The result of those analysis will be compared with ways of working of BER. Form result of analysis, the format of RZ have energy level of pulsa highest 3 times fold to be compared to NRZ that is 228,3 nW, owning energy level accept biggest that is -13,9 dBm and have beet of probability of error smallest 10^{-8} compared to format of NRZ that is 10^{-5} .

Keywords : NRZ, RZ,MZ, EDFA, Soliton

BAB I PENDAHULUAN

I. LATAR BELAKANG

Kebutuhan *user* akan mutu, kualitas, dan jenis layanan telekomunikasi yang lebih baik serta perkembangan teknologi yang pesat memberikan dampak terhadap pemilihan media transmisi yang sesuai.

Sebagai salah satu media transmisi yang banyak dipakai, serat optik memiliki kelebihan dibandingkan dengan media transmisi yang lain, diantaranya :

- Kapasitas kanal yang besar (satu *core* dapat menampung ± 40000 *voice bandwidth*)
- Tidak ada efek *crosstalk* (kebal terhadap pengaruh interferensi elektromagnetik)
- Kebal terhadap penyadapan
- Efektif sebagai *redundant* (1+1) untuk sistem komunikasi *wireless* dan *coaxial cable*

Kinerja suatu sistem komunikasi serat optik dapat ditunjukkan melalui *bandwidth*. Keterbatasan *bandwidth* dapat dikaitkan dengan masalah dispersi yang merupakan peristiwa pelebaran pulsa karena berbagai hal, seperti bermacam-macam *path* propagasi cahaya dalam serat optik, material pembuat serat optik itu sendiri, dan lain-lain.

Salah satu cara untuk kompensasi pelebaran pulsa dengan aplikasi pulsa *soliton*. Pulsa *soliton* terdiri dari dua jenis yaitu *bright soliton* dan *dark soliton*. Pulsa *bright soliton* adalah pulsa terang difungsikan pada daerah dispersi *anomalous* yaitu daerah dispersi positif. Sedangkan pulsa *dark soliton* adalah pulsa gelap difungsikan pada daerah dispersi normal yaitu daerah dispersi negatif. Dengan demikian pulsa *bright soliton* banyak

Telkom
University

digunakan, karena bentuk solusinya yang dapat membawa sinyal informasi daripada pulsa *dark soliton*.

Pulsa Soliton yang diterapkan bertindak sebagai sinyal *carrier* dan untuk teknik modulasi diterapkan suatu modulator yakni *Mach Zehnder*. Metode kerja modulator ini menghasilkan perpaduan sinyal antara sinyal hasil modulasi dan sinyal *carrier* laser soliton.

Selanjutnya, untuk kompensasi peluruhan sinyal *soliton* diterapkan suatu penguat optik berupa EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) yang mampu memberikan penguatan hingga puluhan dB tergantung panjang, daya pompa dan ion *erbium* yang digunakan.

II. PERUMUSAN MASALAH

Pulsa *bright soliton* merupakan proses keseimbangan dari faktor *Group Velocity Density (GVD)*/Dispersi dan *Self Phase Modulation (SPM)*/*nonlinearity*. Analisis kestabilan *bright soliton* dengan dan tanpa efek *loss* akan dibahas pada thesis ini.

Selanjutnya pada keluaran modulator *Mach Zehnder* terjadi Interaksi *bright soliton* akibat perpaduan dua sinyal *bright soliton*. Agar interaksi tersebut tetap stabil maka hal khusus yang perlu mendapat perhatian yaitu perbedaan fasa pada perpaduan dua sinyal *bright soliton*.

Seluruh masalah diatas akan dianalisa dengan mendefinisikan awal beberapa parameter sesuai spesifikasi perangkat yang telah diaplikasikan di dunia telekomunikasi, seperti laser *soliton*, *optical fiber*, EDFA, *RZ/NRZ* format, photodetektor dan target *performance* yang diharapkan.

III. PEMBATAAN MASALAH

Batasan masalah dalam penulisan Thesis ini adalah :

1. Serat optik yang dipakai adalah G.654 *type*
2. Untuk analisa *performance* , jarak transmisi yang dianalisa adalah 400 km
3. Untuk analisa kestabilan dan karakteristik *bright soliton* mencapai jarak hingga ribuan kilometer
4. Propagasi *bright soliton* dalam serat optik mempunyai efek *loss*.
5. Modulator yang digunakan adalah *Mach Zehnder, amplifier* yang digunakan adalah EDFA dan photodetektor yang digunakan adalah APD.
6. Pembahasan parameter-parameter yang dianalisa meliputi pemilihan panjang gelombang operasi, karakteristik sinyal keluaran MZ Modulator, analisa performansi sistem dan analisa BER

IV. TUJUAN DAN KEGUNAAN

4.1. Tujuan dari penulisan Thesis ini adalah :

1. Dapat mengetahui beberapa parameter yang penting saat merancang sistem komunikasi *bright soliton* seperti jarak, fasa dan parameter-parameter yang berkaitan dengan performansi sistem.
2. Dengan menggunakan pulsa *bright soliton* akan dapat meningkatkan *bandwidth* transmisi daripada sistem komunikasi serat optik yang konvensional.
3. Memahami perbedaan aplikasi format RZ dan NRZ dalam sistem komunikasi *bright soliton*

4.2 Kegunaan dari penulisan Thesis ini adalah :

1. Menambah wawasan dan pengetahuan penulis
2. Mendukung layanan *triple play* yang menjadi suatu kebutuhan user masa kini
3. Mendukung *Next Generation Network (NGN)*, khususnya aplikasi FTTx dengan rata-rata kebutuhan Bw lebih dari 30 Mbps/user
4. Sangat bermanfaat untuk aplikasi long haul link, seperti Sistem Komunikasi Kabel Laut (SKKL)

V. HIPOTESIS

Dari riset yang telah dilakukan, diketahui bahwa sinyal *bright soliton* mempunyai bentuk karakteristik yang stabil di mana perioda pulsanya tetap saat penjalaran, dengan demikian pulsa *bright soliton* tidak terpengaruh oleh dispersi dan redaman.

Dalam merancang suatu sistem komunikasi *bright soliton*, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan yaitu jarak propagasi, amplitudo pulsa, modulasi dan sistem penguatan. Sehingga hasil yang diharapkan yaitu dengan aplikasi *bright soliton* dapat meningkatkan *bandwidth* dengan performansi sistem yang handal daripada sistem komunikasi optik yang konvensional.

Namun penulis mengemukakan hipotesis bahwa sinyal *bright soliton* akan kurang kestabilannya jika diaplikasikan pada link komunikasi *long haul* dimana terjadi peluruhan terhadap intensitas pulsa seiring dengan jarak tempuh link transmisi. Dengan demikian dibutuhkan komponen pendukung yang dapat diaplikasikan secara bersamaan dan mempunyai *interoperability* seperti laser optik, *optical fiber*, panjang gelombang

operasi, modulator, *amplifier* dan fotodetektor untuk komunikasi *bright soliton*.

Dalam thesis ini penulis membahas tentang keluaran MZ modulator dan aplikasi EDFA sebagai salah satu penguat, hal ini dikarenakan EDFA :

1. Memberikan penguatan yang tinggi dengan noise yang rendah (terbukti dengan tidak ada *ripple* penguatan pada spektrum penguatan terhadap panjang gelombang sinyal) dan *Noise figure* yang ideal (3 - 5dB)
2. Dapat memperkuat sinyal dengan format modulasi yang beraneka macam (*modulation signal format flexibility*)
3. Dapat memperkuat sinyal dengan beraneka ragam bit rate bahkan sampai 10 Gbps (*bit rate flexibility*)
4. Laser pemompa mudah diperoleh dan terbuat dari semikonduktor InGaAs yang telah terbukti keandalannya
5. EDFA juga tersusun dari komponen-komponen pasif seperti isolator , filter, kopler dan *splice* yang membuat EDFA sebagai suatu sistem yang sederhana dan reliabilitas yang tinggi

Selanjutnya laser *soliton*, *Optical fiber*, Format modulasi, MZ Modulator, EDFA dan APD yang akan dioperasikan sesuai spesifikasi perangkat yang telah diaplikasikan. Khusus untuk MZ modulator, karena menghasilkan perpaduan dua sinyal pada keluarannya, maka akan dilakukan analisa pada perubahan fasa sehingga diperoleh perbedaan fasa yang diharapkan untuk memberikan performansi terbaik pada sistem.

VI. METODOLOGI DAN PENYELESAIAN MASALAH

Langkah yang akan ditempuh dalam menyelesaikan Thesis ini diantaranya adalah :

Telkom
University

6.1 Studi literature :

Dengan mengkaji teori–teori dasar dan teori pendukung yang tersedia dalam buku referensi tentang serat optik,sinyal soliton,penkuat EDFA dan Modulator *Mach Zehnder*.

6.2 Konsultasi dengan para pembimbing dan para ilmuwan yang mengerti tentang bidang optik

6.3 Analisa Matematis

Dengan melakukan penurunan formula matematis/rumus

6.4 Simulasi dan Software

Simulasi dilakukan dengan software MATLAB 7.0 untuk mendapatkan Kinerja yang ditampilkan dalam bentuk visualisasi gambar 3D dan tabel sesuai dengan parameter yang telah ditentukan

6.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem disesuaikan dengan model yang telah didesain

6.6 Analisa

Analisa dilakukan terhadap performansi/kelayakan sistem terhadap pengiriman informasi dengan *carrier* pulsa soliton dan aplikasi modulator *Mach Zehnder*.

VII. SISTEMATIKA PENULISAN

Pada Thesis ini disusun dalam lima bab yang terdiri dari beberapa sub-sub sebagai penjelasan secara rinci. Kelima bab tersebut antara lain berisi :

BAB I Pendahuluan

Pada bagian ini berisi latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan dan kegunaan



penulisan, hipotesis, metode dan penyelesaian masalah, dan sistematika pembahasan.

BAB II Landasan Teori

Di sini akan dijelaskan prinsip dasar propagasi serat optik secara umum meliputi skema serat optik, prinsip propagasi cahaya, redaman dan dispersi pada serat optik, SPM dan GVD. Dilanjutkan dengan penjelasan modulasi cahaya, modulator optik, penguat EDFA, prinsip penjalaran pulsa, parameter performansi sistem dan detektor optik

BAB III Perancangan Sistem

Konfigurasi sistem yang dibahas meliputi penjelasan mengenai karakteristik *bright* soliton, sumber optik, modulator *Mach Zehnder*, kanal transmisi dan receiver

BAB IV Hasil Perancangan

Hasil perancangan yang dimaksud meliputi analisis pemilihan panjang gelombang operasi, analisis propagasi sinyal beserta visualisasi penjalaran sinyal *bright soliton* dalam serat optik, analisis keluaran sinyal dari modulator *Mach Zehnder*, Analisis Hasil Modulasi, Analisis performansi sistem dan analisa BER.

BAB V Penutup

Pada bagian ini berisi kesimpulan dari Thesis ini secara keseluruhan dan saran-sarannya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari ketiga panjang gelombang operasi yang dianalisa dapat disimpulkan bahwa untuk panjang gelombang 1550 nm memiliki batasan jarak transmisi yang lebih besar hingga mencapai 628,08 km.
2. Bright soliton dengan orde 1 lebih memungkinkan untuk diaplikasikan dalam sistem transmisi komunikasi optik. Karena mempunyai kestabilan di amplitudo dan periode pulsa.
3. Untuk analisa kestabilan *Bright Soliton* :
 - a. Dalam hal amplitudo sama, maka keluaran sinyal soliton dari Modulator MZ dipengaruhi oleh beda fasa. Dengan beda fasa 0 rad lebih memiliki kestabilan (sinyal selalu terpadu) di amplitudonya secara periodik dibandingkan dengan beda fasa lainnya.
 - b. Untuk beda fasa $\neq 0$ rad, setelah mengalami pemecahan sinyal di keluaran modulator MZ maka sinyal mengalami peluruhan intensitas secara fluktuatif dan akhirnya mengalami radiasi pada kisaran jarak 10 kali jarak awal proses pemecahan sinyal modulasi soliton.
4. Dari power spektrum yang digambarkan, maka diperoleh bahwa Bw RZ lebih besar 2 kali lipat dari Bw NRZ. Sehingga dengan format RZ akan lebih besar menampung jumlah kanal informasi yang akan ditransmisikan.
5. Format RZ memiliki level daya yang paling tinggi 3 kali lipat dibandingkan NRZ yaitu 228,3 nW. Sehingga *photocurrent* yang dihasilkan RZ lebih besar daripada NRZ dan hal ini

menyebabkan nilai BER yang dihasilkan RZ lebih rendah (kinerja yang lebih baik). Hal ini dikarenakan nilai nilai *noise* untuk format RZ jauh lebih rendah daripada dibandingkan nilai *photocurrent* yang dihasilkan.

6. Penguat EDFA yang dipalikasikan memiliki sensitivitas – 13,5 dBm untuk menghasilkan penguatan dari 19 sampai 32 dB. Jika daya terima EDFA kurang dari sensitivitas maka *ranges* penguatan yang diinginkan tidak akan tercapai.
7. Untuk analisa *link power budget*, khususnya tentang pengaturan jarak repeater. Harus diperhatikan sensitivitas repeater, agar repeater dapat menghasilkan penguatan yang optimal. Untuk memenuhi sensitivitas repeater maka perlu dilakukan *reposition* repeater ke *transmitter*, repeater ke repeater dan repeater ke *receiver*. Untuk format NRZ diperoleh daya terima detektor sebesar -25,9 dBm lebih kecil dari format RZ sebesar -13,97 dBm.
8. Untuk analisa *rise time budget*, perlu diperhatikan rise time yang ditimbulkan oleh modulator agar *rise time* sistem selalu sama dengan atau lebih kecil dari *rise time format modulasi*. Untuk rise time modulator yang diijinkan maksimal adalah 28 ps.
9. Dari analisa BER, format NRZ menghasilkan BER 10^{-5} dan RZ menghasilkan BER 10^{-8} . Agar BER 10^{-9} dapat tercapai maka perlu dilakukan perbaikan peningkatan level daya terima sebesar 2 dB. Dengan asumsi spesifikasi perangkat yang sama maka yang dapat dilakukan adalah minimalisir tambahan loss saat dilakukan penyambungan dan

penambahan konektor serta mengoptimalkan kinerja penguatan repeater dengan pengaturan jarak.

10. Semakin tinggi sensitivitas suatu perangkat detektor maka semakin kecil nilai *probability of bit error*-nya . Hal ini bisa dilakukan dengan menaikkan nilai efisiensi dan memperkecil NF.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian khusus mengenai *amplifier* khusus selain EDFA untuk komunikasi *bright soliton* karena penulis hanya membahas kinerja sinyal *bright soliton* beserta kestabilan dalam penjarannya sampai *receiver*.
2. Perlu adanya penelitian tentang pengaruh penguatan terhadap pulsa amplitude.
3. Adanya penelitian lanjutan untuk menganalisa demodulator Mach Zehnder dan Detektor yang harus diaplikasikan. Hal ini dikarenakan pada awal perambatan berkas *bright soliton* telah mengalami perpaduan interferensi
4. Adanya penelitian lanjutan terhadap teknik-teknik modulasi beserta format data yang harus digunakan seperti DPSK,PLSK, HDB3 dan CS RZ.
5. Pengaplikasian sistem soliton pada DWDM, GPON, GEAPON dan bit rate yang lebih tinggi untuk NGN

DAFTAR PUSTAKA

Agrawal,G.P,"Optical Communications System",Institute of Optics
University of Rochester,New York, United State,2003

C. R. Menyuk, IEEE J. Quantum Electron. 25, 12, 2674-2682,
December 1, 1989.

David R Smith,,"Digital Transmission System",Van Nostrand Reinhold
Company,New York, 1985

J.R.Taylor,"Optical Soliton-Theory and Experiment",Cambridge
University Press, New York,1992

Kahn,J.M,"Modulation and Detection Technique for Optical
Communication Systems",Departement of Electrical
Engineering,Stanford University,Stanford,USA,2005

L. F. Mollenauer *et al.*, in *Opt. Fiber Telecommunications iVA*,
(Academic, San Diego, Calif., 1997).

Mayko Sofyan Hadi,"Planning of EDFA Application for SDH Optical
Fiber Transmission System in MEA Bandung",STT
TELKOM,Bandung,2004

Telkom,PT.,,"FTP TELKOM 2000",Bandung,2000

Telkom
University