

PROSIDING

e-Indonesia Initiatives (ell) Forum ke VI

Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk Indonesia

"Broadband Economy
TIK Untuk Pembangunan Ekonomi dan Sosial"

BANDUNG 5 - 7 MEI 2010



Host:
Sekolah Teknik Elektro Informatika ITB
e-Indonesia Initiative forum
Indonesia Academy of CIO

Supported by:
Dewan TIK Nasional
Depkominfo

ISBN : 978-602-96907-0-5

12. Mobile Digital Television dengan Menggunakan Teknologi DVB-H <i>R.M. Fajar Rahmat Kusumah, M. Bujana Deva, Dwi Astharini</i>	59
13. I/Q Imbalance Estimation and Compensation on DVB-T <i>Alfath Akbar Harahap, Trio Adiono</i>	63
14. Analisis Karakteristik Sinyal Propagasi Radio Pada Sistem Penyiaran TV Digital Menggunakan Model Okumura-Hata <i>Rahmat, Syifa'ul Barir, Fahdy Azhar A., Arief Ruffyanto</i>	69
15. Analisis Posisi Mobile User Dengan Metode Prediksi Kalman pada Sel-Sel Fractional Frequency Reuse IEEE 802.16e <i>Vetho Sayuthi, S.T., M.T, Desti Madya Saputri, S.T</i>	73
16. Konsep Cross Layer Design Untuk Aplikasi Video Telemedicine Menggunakan H.264/SVC dan IEEE 802.11e <i>Emansa Hasri Putra, Eko Supriyanto, Jafri bin Din, Haikal Satria</i>	77
17. Integrated Audio/Video Performance Test Tool Untuk Mengevaluasi Kualitas Layanan Multimedia Internet <i>Claudio Franciscus, Yoanes Bandung, Armein Z.R. Langi</i>	85
18. Desain sistim Kontrol Elektronik untuk C+L Band EDFA untuk Pita Lebar <i>Anwar Mujadin, Ary Syahriar, Ahmad H. Lubis</i>	91
19. Perancangan Arsitektur Sistem Integrasi Informasi Radar Pada Jaringan Pertahanan Udara Bergerak <i>Tinton Dwi Atmaja, Hendri Maja Saputra</i>	95
20. Tingkat Keamanan Password Pengguna Internet di Indonesia <i>Dewis Akbar</i>	101
21. Implementasi Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Penentuan Posisi Optimum Router-router Campus-wide WMN <i>Santika W.P., Carmadi Machbub, Adi Indrayanto, Iping Supriana Suwardi</i>	107
22. Pengembangan Model Rekayasa Trafik untuk Manajemen Jaringan dan Manajemen Pendapatan <i>Sinung Suakanto dan Suhardi</i>	113

B. E-Services 2.0

1. Implementasi Cloud Computing pada Jejaring Pendidikan Nasional <i>Arief Kurniawan, Roswan Latuconsina</i>	121
2. Cloud Hardware Komunikasi: Kasus Sistem Telepon Internet <i>Eko Didik Widiyanto, Armein Z.R. Langi</i>	125
3. Implementasi Interoperabilitas Antar Aplikasi Dengan Service Oriented Architecture <i>Rafika Kurnia Dewi, Jaka Sembiring</i>	131

Desain Sistem Kontrol Elektronika Untuk C+L Band EDFA pada Pita Lebar

Anwar Mujadin¹⁾ Ary Syahriar²⁾ Ahmad H. Lubis³⁾
^{1,2,3} Fakultas Teknik, Teknik Elektro Universitas AlAzhar Indonesia
amujadin@uai.ac.id¹⁾ ary@uai.ac.id²⁾ ahlubis@uai.ac.id³⁾

Abstraksi

Pusat Penelitian Amplifier optic seperti EDFA memerlukan sebuah sistim kontrol laser pemompa dan gain keluaran yang saling bergantung satu dan lainnya Untuk EDFA C+L band diperlukan dua buah laser pemompa dengan panjang gelombang 980nm dan arus pemompa yang berbeda. Perbedaan ini menimbulkan komplikasi dalam mendisain gain keluaran yang sama pada rentang C dan L band. Tulisan ini menjelaskan tentang sistem kontrol arus laser pemompa dan gain keluaran dari sitim C+L band.

Kata Kunci: EDFA, C+L Band EDFA, Laser Pumping, Noise Figure

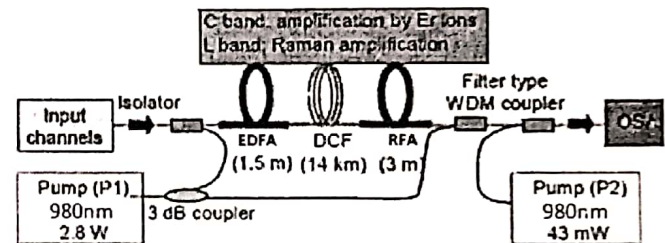
1. Pendahuluan

Penguat optik sangat diperlukan untuk mengkompensasi hilangnya rugi-rugi daya serat optik pada sistim transmisi jarak jauh [1-2]. Dengan keuntungan bandwidth yang sangat luas Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA) akan memungkinkan sebagai *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) jaringan berbasis optik dengan memperkuat semua saluran secara bersamaan tanpa menimbulkan sinyal distorsi dan *crosstalk*. EDFA C-Band beroperasi pada rentang band 1530-1565nm, dan EDFA L-band beroperasi pada rentang sekitar 1570-1605 nm [1]. EDFA L-band memiliki *Noise Figure* (NF) yang lebih besar dari pada NF EDFA C-band [3]. EDFA memiliki atenuasi pada saat tidak terjadi pemompaan dengan panjang gelombang *constrained* pada daerah 1,53-1,56 μm .

Raman Fiber Amplifier (RFA) telah di cetuskan sebagai teknologi Erbium Doped Fiber (EDF) saat ini karena ia memiliki kapasitas yang tinggi, bandwidth yang lebar, NF kecil dan biaya menengah. RFA dapat digunakan untuk memperkuat tidak hanya C-band, tetapi juga S-band, L-band dan band lainnya. RFA memiliki kemampuan dalam menghindari noise dan kenonlinearitasan. Saat ini memang sudah ada EDFA C+L band yang memiliki dua pompa dengan penguatan 24 dB efektif [8]. Tetapi pita spektrum L-band masih dibatasi oleh pita spektrum C-band, sehingga menjadi polemik agar didapatkan *plattening gain* untuk C+L EDFA ini secara seimbang.

2. Sistem hibrida C+L band EDFA amplifier

Gambar. 1 menunjukkan skema diagram hibrida yang C+L band EDFA dengan dua pompa yang berbeda,



Gambar 1. hybrid C+L band dengan 2 pompa

dari gambar terlihat pada masukan penguat optik C-band dan L-band WDM digunakan coupler untuk memisahkan sinyal WDM untuk C dan L band. Sinyal C-band diperkuat oleh EDFA dan sinyal L-band diperkuat oleh RFA. Keduanya sama-sama menggunakan laser pompa 980nm. Rasio pemisahan laser pompa antara C-band EDFA dan L-band RFA dioptimalkan berdasarkan pada karakteristik fisik sifat dari (EDF) dan *Dispersion Compensation Fiber* (DCF), serta efisiensi pemompaan. Penguatan C-band EDFA diberikan oleh:

$$g = \frac{\sigma_{em} \tau P_{abs} F}{h_p A_{eff} \eta_p} \quad (1)$$

Dimana mana σ_{em} adalah emisi *cross section*, τ adalah *upper state life time*, h_p adalah energi pompa foton, A_{eff} adalah daerah inti serat, P_{abs} adalah daya serap pompa, F adalah overlap integral antara pompa dan medan dalam dimensi melintang, dan η_p adalah energi pompa fraksional.

Sedangkan penguatan dari RFA L-band EDFA didefinisikan sebagai diberikan oleh [10] :

Dimana gR adalah koefisien penguatan Raman sebagai fungsi perbedaan panjang gelombang antara sinyal dan pompa, P_0 adalah daya pompa pada penguat masukan, dan L^{eff} adalah pompa panjang efektif.

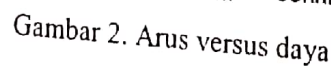
$$G_A^{ds} = 10 \log \left[\exp \left(\frac{g_R L_{eff}}{A_{eff}} x P_s \right) \right] = 10 x \frac{g_R L_{eff}}{A_{eff}} x P_s \log e$$

Harga g untuk C-band dalam persamaan (1) dan GA untuk L-band pada persamaan (2) adalah sama, NF untuk EDFA didefinisikan sebagai [11]

dimana G adalah penguatan EDFA, h adalah konstanta Planck, dan c adalah kecepatan cahaya dalam vakum. Untuk melihat *noise* RFA kita gunakan persamaan noise figure (NFeq), yang berasal dari rumus *cascading* NF yang dikenal sebagai rumus Friis [12]

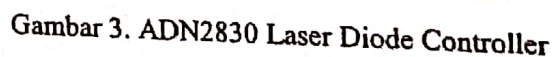
Dimana $h\nu$ adalah energi photon dan B_o adalah bandwidth. NF_{eq} merupakan NF diskrit *pre-amplifier* dari penguatan GR dan menghasilkan noise yang sama dari distribusikan RFA [13].

Arus masuk pada laser dioda (LD) berbanding lurus dengan daya, LD akan lasing apabila sudah melewati arus threshold (I_{TH}), dimana fungsi transfer pada laser dioda mempunyai dua karakteristik utama yaitu arus threshold (I_{TH}) dan efisiensi slope arus threshold. Gambar 2 dibawah ini menjelaskan hubungan antara arus dan daya pada LD.



Berkas LD selain disalurkan sebagai pumping juga dimonitor oleh photodiode, MPD. Arus pada MPD sebanding dengan arus yang diinjeksikan kedalam LD. Perubahan arus pada MPD dijadikan umpan balik *close loop control* agar didapat daya konstan pada LD. Daya LD di *adjust* oleh mikrocontroller dengan merubah nilai resistansi R_{PSET} (digital potensiometer), korelasi antara arus injeksi laser diode dengan R_{PSET} adalah sebagai berikut:

Dimana I_{AV} adalah arus rata-rata MPD, atau arus rata-rata yang di injeksikan ke LD.



ADN2830 memiliki dua aktivitas alarm, DEGRADE dan FAIL, sebuah resistor ASET (Digital potensiometer, dikontrol mikrocontroller) digunakan untuk mengeset arus aktivasi alarm ini, arus yang melewati resistor ASET mempunyai rasio (NX200):1, N adalah jumlah LD driver bila dipasang parallel. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

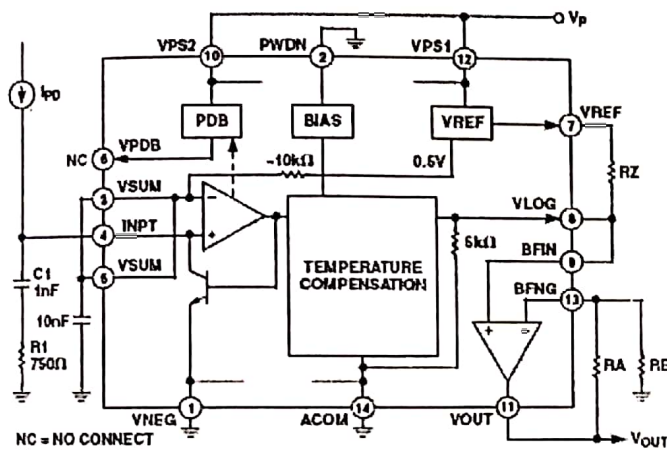
$$I_{\text{FAIL}} = 50\text{mA}, N = 1 \quad I_{\text{DEGRADE}} = 45\text{mA}$$

$$I_{ASET} = \frac{I_{BIASSTRIP}}{N \times 200} = \frac{50mA}{200} = 250\mu A$$

$$R_{ASET} = \frac{1.23V}{I_{ASET}} = \frac{1.23}{250\mu A} = 4.92k\Omega$$

DEGARDE akan muncul bila telah terjadi 90% , sebelum muncul alarm FAIL. Kedua alarm tersebut berfungsi untuk mendeteksi apabila ada arus yang melewati LD diluar kendali microcontroller, misalnya karena terjadi loncatan listrik akibat kurang baiknya power supply, sehingga sebelum terjadi kerusakan pada LD maka microcontroller akan segera meng-shut down LD di pin Automatic Laser Shutdown (ALS).

Daya output hasil amplifikasi EDFA/RCA setelah di pompa dengan laser 980nm akan dipantau untuk memastikan telah terjadinya amplifikasi, dengan menggunakan rangkaian pada gambar 4. Dibawah ini:



Gambar 4. Rangkaian optical power monitoring

Rangkaian menggunakan AD8304 *high accuracy optical power monitoring* buatan analog device ,yang memiliki logharitmic slope 10mV/dB, kepekaan arus hingga 10pA, Vout dapat dirumuskan dengan :

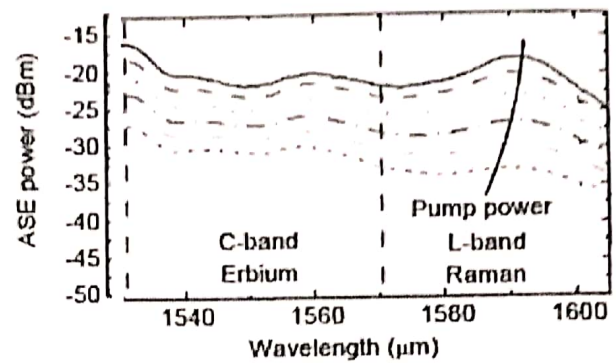
$$V_{OUT} = G \left[V_Y \times \frac{R_Z}{R_Z + R_{LOG}} \times \log_{10} \left(\frac{I_{PD}}{I_Z} \right) + V_{REF} \times \frac{R_{LOG}}{R_{LOG} + R_Z} \right]$$

Dimana :

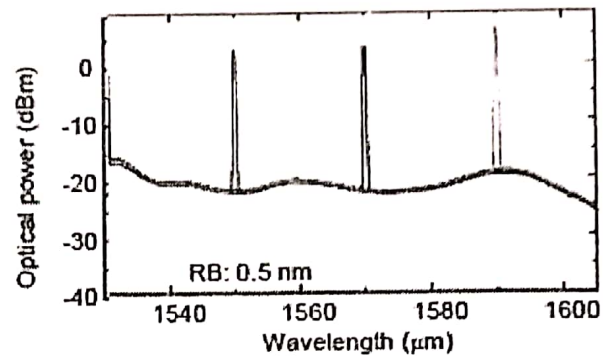
$$G = 1 + \frac{R_A}{R_B} \text{ and } R_{LOG} = 5 k\Omega$$

4. Data Hasil Pengamatan

Gambar 5(a) adalah karakteristik Amplified Spontan Emission (ASE) sesuai dengan peningkatan daya pemompaan 0,3-1,1 W. dari gambar terlihat jelas perilaku ASE pada rentang C-band pada rentang 1530-1565nm diperkuat kembali karena ion Er³⁺ di EDFA banyak mengalami inversi populasi [3].



(a)



(b)

Gambar. 5(a). Perilaku ASE dalam hubungannya dengan daya pemompaan dan 5(b) amflipikasi sinyal kecil pada daya pemompaan sekitar 1,1 W.

Sinyal input 20 dBm dimasukan ke dalam sistem penguatan dengan kekuatan pemompaan 1,1W maka terlihat pada gambar 5(a) Prilaku ASE dalam C-band yang dibentuk oleh kombinasi ASE di EDF dan ASE oleh SRS di DCF tersebut,. Gambar 5(b) menunjukkan hasil pengukuran secara individual 3 panjang gelombang yang dipilih dan ditampilkan secara bersamaan. Untuk semua panjang gelombang yang diukur, penguatan sinyal rata-rata 20 dB.

5. Kesimpulan

Hibrida C+L band EDFA/RFA dengan dua laser pompa 980nm pada daya 1,1W memberikan amplifikasi rata-rata sekitar 20 dB, Konsep hibrida ini didasarkan pada dua tingkat amplifikasi mekanisme untuk C-band EDFA dan mekanisme amplifikasi pergeseran L-band RFA. Masing-masing saluran C/L band memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Rasio optimal untuk daya pompa adalah EDFA:RFA= 1:29. Hibrida C+L band EDFA/ RFA adalah fitur dengan bandwidth luas, NF rendah, dan *cross talk noise* sangatlah kecil sehingga banyak dijumpai dalam sistem WDM dan transmisi gelombang cahaya. Sistem controller yang mendukung pengendalian laser pompa dan monitoring daya secara persisi dan stabil adalah sangat mutlak diperlukan, sehingga komponen ADN2830 LD driver dan AD8304 optical power monitoring buatan Analog Device corp., adalah merupakan referensi terbaik .

6. Daftar Pustaka

- [1] Y. Sun, A. K. Srivastava, J. Zhou and J. W. Sulhoff, "Optical fiber amplifiers for WDM optical networks", *Bell Labs Tech. J.*, vol. 4, pp. 187-206, 1999.
- [2] M. N. Islam, "Raman amplifier for telecommunications", *IEEE J. Sel. Area Quantum Electron.*, vol. 8, pp. 848-559, 2002.
- [3] M. N. Islam, S. Hwang, K. W. Song, K. U. Song, S. H. Park, J. Nilsson, and K. Cho, "Comparative high power conversion efficiency of C- plus L-band EDFA", *Electron. Lett.*, vol. 37, pp. 1539-1541, 2001.
- [4] X. Zhou, C. Lu, P. Shum and T.H. Cheng, "A simplified model and optimal design of a multiwave length backward-pumped Raman amplifier", *IEEE Photon. Technol. Lett.* vol. 13, pp. 945 - 947, 2001.
- [5] S. Namiki, "Recent Advance in Raman Amplifiers", *ECOC'01 Tutorial*, October, Amsterdam, pp. 162-181, 2001.
- [6] H. Masuda and S. Kawai, "Wide-band and gain-flattened hybrid fiber amplifier consisting of an EDFA and a multi-wavelength pumped Raman amplifier", *IEEE Photon. Technol. Lett.* vol. 11, pp. 647-649, 1999.
- [7] Y. Zhu, C. R. S. Fludger, W. S. Lee, P. Lobb, T. Schilhable and A. Hadjifotiou, "Experimental comparison of all-Raman and Raman/EDFA hybrid amplifications using 40Gbit/s-based transmissions over 400 km TW-RS fibre", *Electron. Lett.*, vol. 38, pp. 893-895, 2002.
- [8] S.-K. Liaw, Z. M. Hung, F.-C. Hung, Y.-F. Chiang and C.-F. Chen "Investigation of dual-pump power-equalized Raman amplifier with 21 dB gain", *APOC2002*, paper 4905-90, Shanghai, China.
- [9] K. Rottwitt, J. Bromage, M. Du and A. J. Stentz, "Design of distributed Raman amplifiers", *ECOC'00*, paper 4.4.1. 2000.
- [10] G. P. Agrawal, "Nonlinear Fiber Optics," second edition, *academic press*, New York, 1995
- [11] P. C. Becker, N.A. Olsson and J.R. Simpson, "Erbium-doped fiber amplifiers fundamentals and technology, pp.47, *Academic Press*. 1999.
- [12] G. P. Agrawal, "Nonlinear Fiber Optics," second edition, *academic press*, New York, 1995
- [13] Bristiel, B, Gallion, P. Jaouen, Y. and Pincemin, E., "Intrinsic noise figure derivation for fiber Raman amplifiers from equivalent noise figure measurement," *Lightwave Technologies instrumentation and Measurement Conference*, 135-140, 2004.