

Pengaruh Jarak Kabel Terhadap BER pada Aliran -Turun ADSL

Sayed Muzammil¹, Budi Setiyanto², Mulyana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

Abstract

Asymentric Digital Subscriber Lines (ADSL) adalah suatu modem yang biasa digunakan untuk akses internet dengan "dial up connection", bukan suatu sistem sambungan/jaringan. Sistem ADSL dapat memiliki pesat data hingga 9 Mbps menggunakan teknologi OFDM sehingga dapat menghemat penggunaan lebar pita. Sistem ADSL menerapkan metode Forward Error correction (FEC) pada penyandian kanalnya sehingga galat yang diterima dapat diperbaiki, yang menggunakan Reed Solomon Encoder. Tujuan penelitian ini adalah mengamati pengaruh jarak kabel terhadap besarnya galat yang terjadi. Pemodelan dan simulasi dilakukan dengan menggunakan Simulink-Matlab. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa makin panjang jarak kabel, maka nilai galat yang diterima juga semakin besar. Pada nilai AWGN maksimum, terdapat galat sebesar 0.1910 % pada jarak kabel 5 km.

Kata kunci: ADSL, penyandian kanal, jarak kabel

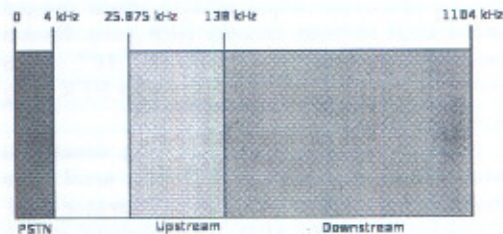
1. Pendahuluan

ADSL hanyalah suatu modem yang biasa digunakan untuk akses internet dengan "dial up connection", bukan suatu sistem sambungan/jaringan. Teknologi ADSL adalah suatu teknologi modem. Perbedaan antara modem ADSL dengan modem konvensional yang paling mudah dijumpai adalah dalam pesat transfer (*upload/download*) data. Walaupun sama-sama menggunakan saluran telepon umum sebagai jalur komunikasinya, pesat data pada modem ADSL berkisar antara 1.5 Mbps sampai 9 Mbps. Perbedaan pesat yang mencolok diantara keduanya (modem konvensional dan ADSL) dikarenakan perbedaan penggunaan frekuensi untuk mengirim sinyal/data.

Pada modem konvensional digunakan frekuensi dibawah 4 kHz, sedangkan pada modem ADSL digunakan frekuensi di atas 4 kHz, karena frekuensi 0-4 KHz digunakan untuk jaringan telepon dan frekuensi antara 34 kHz sampai 1104 kHz digunakan untuk transfer data. Dengan adanya perbedaan bandwidth itu, maka dengan ADSL saluran telepon masih tetap dapat digunakan walaupun sedang melakukan koneksi internet. Inilah penyebab utama perbedaan pesat transfer sinyal/data antara modem konvensional dan modem ADSL.

Pada ADSL digunakan sistem modulasi DMT (*Discrete Multi Tone*). Akhir-akhir ini dalam bidang *wireless communication* OFDM (*Orthogonal Frequency Domain Multiplex*) banyak digunakan. DMT memiliki prinsip dasar yang sama dengan OFDM. DMT menggunakan

wilayah frekuensi dari 30kHz sampai 1MHz sebagai sinyal pembawa. Frekuensi pembawa dipilah menjadi sub-pembawa 4.3125 KHz untuk kemudian dimodulasikan.



Gbr. 1 Pembagian Frekuensi pada ADSL

Keuntungan sistem modulasi DMT ini adalah memiliki karakteristik saluran yang sangat baik dalam penyaluran data/sinyal/informasi, baik dari segi rugi (hilangnya data) maupun derau. Hal ini disebabkan karena adanya pembagian pada frekuensi pembawa menjadi sub-pembawa. DMT merupakan standar ANSI T1.413 yang ditetapkan pada tahun 1995 untuk modulasi demodulasi pada ADSL.

Pengesahan standar internasional untuk xDSL disahkan oleh ITU (*International Telecommunications Union*) pada pertemuan yang dinamakan ITU-T SG15/Q4, dengan berdasarkan pada standar ANSI T1.413 Issue 2 ditambah dengan option-option untuk disesuaikan dengan kondisi negara-negara yang bersangkutan, ditambahkan lagi dengan standar Annex, pada bulan Juni tahun 1999 ditetapkan standar internasional untuk ADSL dengan nama G.992.1 (G.dmt).

Tabel 1 Standard ADSL

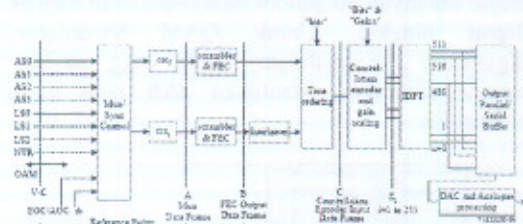
G.992.1 (G.dmt)	Sistem transmisi ADSL (full rate)
G.992.2 (G.lite)	Sistem Transmisi ADSL tanpa splitter (ADSL-Lite)
G.994.1 (G.hs)	DSL system handshake
G.995.1 (G.ref)	Referensi-referensi yang terkait dengan DSL
G.996.2 (G.test)	Sistem Pengujian DSL
G.997.1 (G.ploam)	Protokol administrasi DSL

Data-data dimodulasikan pada interval carrier sebesar 4.3125kHz. Frekuensi pembawa rendah digunakan untuk wilayah *upstream* dan frekuensi pembawa tinggi digunakan untuk wilayah *downstream*. Jumlah pembawa wilayah *downstream* G.922.2 kurang dari setengahnya jumlah pembawa G.992.1. Karenanya diberi sebutan LITE (G.lite). Selain G.992.1 dan G.992.2, masih ada 4 buah standar yang direkomendasikan oleh ITU untuk xDSL, seperti tertulis pada tabel 1 di atas [1].

Gambar dibawah menunjukkan blok struktur modem ADSL yang menggunakan sistem modulasi DMT. Secara singkat prinsip kerja dari blok diagram di atas adalah sebagai berikut. Pertama-tama, data masukan dibingkaikan, kemudian dilakukan penyandian (*coding*) dengan menggunakan rangkaian CRC. Untuk mencegah kesalahan pada kode-kode data, pada proses pengkodean ini disertakan juga kode tambahan lain yang bertujuan untuk melakukan pembetulan bila nantinya terjadi kesalahan data dengan menggunakan *scramble* dan *Reed Solomon Encoder*. Setelah itu dimodulasikan (*encoder*) dengan rangkaian modulator DMT (*constellation encoder*). Lalu sinyal keluaran (sinyal digital) dianalisa dengan menggunakan rangkaian IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*). Setelah itu dikonversikan dengan DAC (*Digital to Analog Converter*) yang sebelum dilewatkan ke rangkaian P/S (*Parallel/Serial*). Rangkaian (*line*) driver di sini berfungsi meng-amplitude-kan sinyal-sinyal keluaran analog dari rangkaian DAC. Setelah itu dengan melalui rangkaian *hybrid*, keluaran dari rangkaian dialirkan ke sambungan (*line*) telepon.

Pada ADSL terdapat rangkaian pengirim dan penerima yang satu sama lain terpisah. Baik sinyal dari rangkaian pengirim maupun sinyal dari rangkaian penerima menggunakan sepasang saluran telepon yang sama. Rangkaian hybrid bertugas memisahkan sinyal pengirim yang

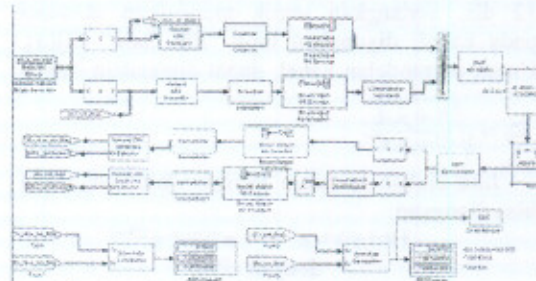
dilewatkan di atas saluran telepon dan sinyal penerima dialirkan ke rangkaian penerima. Prinsip kerja (proses) rangkaian penerima kebalikan rangkaian pengirim.



Gbr 2 Skema Transmitter ADSL

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dibuat simulasi sistem ADSL dengan menggunakan perangkat lunak Simulink-Matlab R2009. Diagram blok sistem ADSL tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa pemodelan hanya memodelkan beberapa bagian dari keseluruhan sistem ADSL. Pemodelan hanya memodelkan sebagian sistem saja karena simulasi yang dibuat hanya memfokuskan penelitian pada pengamatan BER terhadap jarak tempuh kabel. Keseluruhan pengaturan parameter pada simulasi dibuat berdasarkan standar ADSL ITU 992.1.

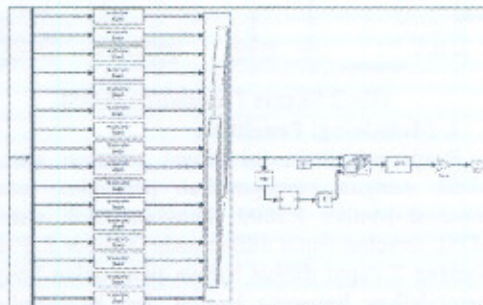


Gbr.3 – Diagram blok sistem ADSL pada Simulink

Bit masukan blok tersebut adalah bit masukan yang dibangkitkan oleh blok "Bernoulli Binary Generator" dengan jumlah bit 0 sama dengan jumlah bit 1. Lalu diberikan *Cyclic Redundancy Check* untuk memastikan data yang ditransmisikan dan diterima adalah sama. Untuk memodelkan FEC, digunakan blok *Scramble* dan *Reed Solomon Encoder* pada pengirim dan *descramble* dan *Reed Solomon Decoder* pada penerima. Untuk jalur *downstream*, ditambahkan *covolutional Interleaver* pada pengirim. Ini merupakan salah satu teknik pengacakan data untuk menambah kekebalan data terhadap derau.

Kemudian diberikan *DMT Modulator*, yang terdiri dari 256 modulator QAM, *complex mirror conjugate*, IFFT, gain dan *cyclic prefix*.

Untuk memodelkan modulasi QAM, digunakan blok "Rectangular QAM". Blok "IFFT" untuk melakukan proses IFFT pada OFDM [6] [7]. Setelah proses IFFT dilakukan, penguatan daya sebesar $\sqrt{512}$. Setelah dikuatkan, sebelum dikirim adada diberikan *cyclic prefix* sebanyak 40 simbol ditambahkan di bagian depan bingkai. Untuk QAM Modulator, digunakan 256 modulator QAM yang masing-masing nilainya ditentukan oleh niali pada alokasi bit.



Gbr. 4 DMT modulator

Kanal transmisi yang digunakan dalam simulasi dipengaruhi oleh AWGN dan atenuasi kabel. Untuk memodelkan AWGN, digunakan blok "AWGN". SNR pada blok "AWGN" akan diubah-ubah mulai dari 0 dB, 1 dB, 2 dB, sampai 12 dB. Sedangkan untuk meodelkan atenuasi pada kabel, digunakan blok "dB Gain" [2][3]. Untuk permodelan kabel, dapat digunakan rumus

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Jika diubah kedalam *transfer function*, maka bisa dianggap:

$$H(d, \omega) = e^{-\gamma(\omega)} = e^{-\alpha(\omega)} * e^{-j\beta(\omega)}$$

dengan nilai

$$\gamma(\omega) = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

Dengan melihat rumus diatas, dapat diketahui bahwa nilai

$$\alpha(\omega) = \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}}$$

$$\beta(\omega) = \omega \sqrt{LC} + \frac{k_R}{2} \sqrt{\frac{\omega C}{L}}$$

Karena $\alpha(\omega)$ dan $\beta(\omega)$ merupakan pangkat eksponensial, maka digunakan rumus:

$$e^{a+bi} = e^a (\cos b + i \sin b)$$

Untuk niali a dan nilai b, meupakan nilai real [5]. Sehingga untuk mencari daya yang hilang pada kabel, rumusnya menjadi:

$$\begin{aligned} H_{dB}(d, f) &= 20 \log_{10} |H(d, f)| \\ &= \frac{-20}{\ln 10} d\alpha(f) \\ &= -8.686d \times k_R \sqrt{\frac{\pi f C}{2L}} \end{aligned}$$

Kanal transmisi yg digunakan pada simulasi ini adalah kanal yang terpengaruh oleh derau kabel yang tidak ideal dan AWGN (*Addictive White Gaussian Noise*). Untuk nilai atenuasi kabel tersebut, digunakan standar *American Wire Gauge (AWG)* dengan tipe 26[4]. Untuk memodelkan atenuasi pada kabel, digunakan blok db gain.

Untuk nilai Kr, C, dan L disi berdasarkan standar AWG-26, yaitu

$$K_r = 0.02 \Omega/\text{km}$$

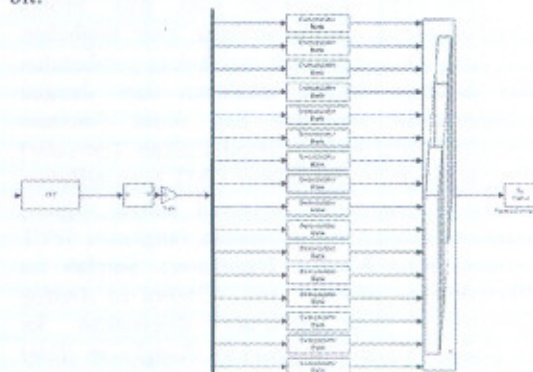
$$L = 0.6 \text{ mH}/\text{km}$$

$$C = 0.05 \mu\text{F}/\text{km}$$

Sedangkan untuk nilai f (frekuensi pengiriman), digunakan frekuensi sebesar 552 kHz. Untuk nilai d (pajang kabel dalam satuan km) nilai tersebut dapat berubah-ubah sesuai dengan jarak yang ingin disimulasikan.

Pada bagian penerima, simbol OFDM yang ortogonal akan diproses dengan menggunakan blok "FFT" setelah *cyclic prefix* dihilangkan. Demodulasi QAM dimodelkan oleh blok "Rectangular QAM Demodulator". Proses Convolutional *deinterleaver* dimodelkan oleh blok "Convolutional Deinterleaver".

Setelah keluar dari *convolutional Interleaver*, akan terdapat *delay* sebesar 40 bit, sehingga ditambahkan blok delay dengan nilai sebesar 800 bit.



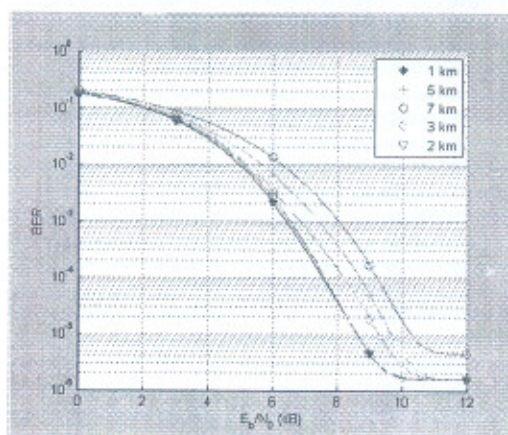
Gambar 3.9 DMT Demodulator

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter masukan pada simulasi ini adalah pesat bit masukan adalah 4000 baud, ukuran bingkai bit masukan adalah 1552 bit per bingkai, SNR pada AWGN sebesar 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 dB, waktu simulasi adalah 1 s, BER diamati pada keluaran *CRC Detector* pada

penerima setelah proses FEC dilakukan. Pengamatan dilakukan dengan cara membandingkan jarak panjang kabel transmisi dengan BER dan dilihat pada titik-titik penelitian AWGN.

Grafik dari hasil keseluruhan pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gbr. 5 – Grafik hasil pengamatan

3.1 Pengamatan BER dengan jarak kabel sepanjang 1 kilometer

Pada percobaan yang menggunakan kabel sepanjang 1 kilometer, untuk SNR maksimum (0 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 0.1774 % data error, jadi untuk setiap frame yang dikirimkan, terdapat 2 - 3 bit error (antara 2 sampai 3 bit error). Untuk nilai SNR minimum, (12 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 1.16×10^{-6} % data error. Untuk nilai tersebut, hanya terdapat 5 bit error dari 2 frame

3.2 Pengamatan BER dengan jarak kabel sepanjang 2 kilometer

Pada percobaan yang menggunakan kabel sepanjang 2 kilometer, untuk SNR maksimum (0 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 0.1802 % data error, jadi untuk setiap frame yang dikirimkan, terdapat 2.796 bit error (antara 2 sampai 3 bit error). Untuk nilai SNR minimum, (12 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 1.16×10^{-6} % data error. Untuk nilai tersebut, hanya terdapat 5 bit error dari 2 frame. Adapun bit error tersebut disebabkan oleh proses *Convolutional Deinterleaver* dan proses FEC (*Reed Solomon Decoder* dan *Descramble*).

3.3 Pengamatan BER dengan jarak kabel sepanjang 3 kilometer

Pada percobaan yang menggunakan kabel sepanjang 3 kilometer, untuk SNR maksimum (0 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 0.1835 % data error, jadi untuk

setiap frame yang dikirimkan, terdapat 2.847 bit error (antara 2 sampai 3 bit error). Untuk nilai SNR minimum, (12 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 1.16×10^{-6} % data error. Untuk nilai tersebut, hanya terdapat 5 bit error dari 2 frame. Adapun bit error tersebut disebabkan oleh proses *Convolutional Deinterleaver* dan proses FEC (*Reed Solomon Decoder* dan *Descramble*).

3.3 Pengamatan BER dengan jarak kabel sepanjang 5 kilometer

Pada percobaan yang menggunakan kabel sepanjang 2 kilometer, untuk SNR maksimum (0 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 0.1910 % data error, jadi untuk setiap frame yang dikirimkan, terdapat 2.964 bit error (antara 2 sampai 3 bit error). Untuk nilai SNR minimum, (12 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 1.16×10^{-6} % data error. Untuk nilai tersebut, hanya terdapat 5 bit error dari 2 frame. Adapun bit error tersebut disebabkan oleh proses *Convolutional Deinterleaver* dan proses FEC (*Reed Solomon Decoder* dan *Descramble*).

3.4 Pengamatan BER dengan jarak kabel sepanjang 7 kilometer

Pada percobaan yang menggunakan kabel sepanjang 7 kilometer, untuk SNR maksimum (0 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 0.2005 % data error, jadi untuk setiap frame yang dikirimkan, terdapat 3.11 bit error (antara 2 sampai 3 bit error). Untuk nilai SNR minimum, (12 dB), dari 3104000 bit yang terkirim, terdapat 4.51×10^{-6} % data error. Untuk nilai tersebut, terdapat 6.99×10^5 error pada setiap frame.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan BER pada sistem ADSL, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Makin panjang jarak yang ditempuh, maka makin besar pula nilai penyusutan daya yang terjadi pada kabel.
2. Makin panjang jarak kabel, maka makin besar pula BER yang terjadi.
3. Batas kabel maksimal agar derau yang terjadi pada kondisi minimal adalah antara jarak 5 km hingga 6 km.

8. Referensi

- [1] International Telecommunication Union, 1999, Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers G.992.1, ITU

- [2] Johns, David A., Daniel Essig, 1997, *Integrated Circuits for Data Transmission Over Twisted-Pair Channels*, IEEE
- [3] LAO, Richad, 2002, *The Twisted-Pair Telephone Transmission Line*, Sumida America Technologies
- [4] Matthew J. Langlois, 2002, ADSL TUTORIAL , University of New Hampshire InterOperability Laboratory 121 Technology Drive, Suite 2, Durham, NH 03824 USA.
- [5] Schutt-Ainé, José E, 2001, *High-Frequency Characterization of Twisted-Pair Cables.*, Senior Member, IEEE
- [6] Setiyanto, B., 2004, *Modulasi Digital*, handout, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [7] Setiyanto, B., dan Mulyana, 2008, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) K sub-kanal 4^M -Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*, handout, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.