

BAB IV
SISTEM HDSL
(HIGH BIT-RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINES)

4.1 Teknologi Akses xDSL (*Digital Subscriber Lines*)

Jaringan telepon dari sentral lokal ke pelanggan secara umum dapat dikatakan semuanya masih menggunakan pasangan kawat tembaga (*twisted pair copper*), sementara itu layanan jasa telekomunikasi saat ini tidak hanya terbatas pada suara (*voice*) saja. Penggantian saluran kawat tembaga dari sentral ke pelanggan dengan saluran fiber (fiber optik) untuk transmisi multimedia dirasa masih sangat mahal, bahkan untuk sepuluh tahun mendatang. Oleh sebab itu, peningkatan layanan ke pelanggan masih tetap diusahakan dengan mengoptimalkan saluran kawat tembaga, yakni dengan teknologi DSL (*Digital Subscriber Lines*). Jadilah DSL sebagai cara pemecahan secara teknis bagi perusahaan penyedia layanan telekomunikasi untuk menawarkan biaya lebih murah kepada pelanggannya, walaupun tidak dapat dipungkiri bahwa fiber optik merupakan jawaban yang paling tepat dalam jangka panjang untuk mengintegrasikan distribusi jalur pita lebar dan pita sempit.

Internet yang merupakan teknologi dan jaringan komunikasi data yang paling populer saat ini. Pada lima tahun lalu, trafik telnet dan *World Wide Web* merupakan jenis-jenis trafik dominan. Akan tetapi, bentuk layanan yang ditawarkan internet semakin beragam. Pengguna internet mulai menggunakan aplikasi-aplikasi “pembunuh”, seperti *video conference*, *telemedicine*, *distance learning*, dan layanan-layanan lain yang banyak menghabiskan *bandwidth*.

Akan tetapi, teknologi modem *voice* konvensional saat ini yang mempunyai kecepatan 56 Kbps tentu saja tidak dapat mengakomodasi layanan-layanan baru ini. Para pengguna internet menginginkan kapasitas *transfer* data yang lebih besar agar dapat melaksanakan komunikasi data. Oleh karena itu, teknologi xDSL saat ini merupakan sebuah alternatif terbaik yang cocok diterapkan untuk mempercepat akses *transfer* data di *subscriber lines*.

4.1.1 DSL (*Digital Subscriber Lines*)

4.1.1.1 Riwayat DSL (*Digital Subscriber Lines*)

Ketika permintaan *bandwidth* yang besar mulai meningkat pada tahun 1980-an, perusahaan penyedia layanan telekomunikasi dihadapkan pada masalah yang sulit berupa jalur kawat dari sentral lokal ke tempat pelanggan memiliki keterbatasan untuk menangani rangkaian-rangkaian yang berkecepatan tinggi. Hal ini disebabkan saluran kawat tembaga bersifat menurunkan kualitas sinyal pada jarak tertentu. Oleh sebab itu, pada jarak tertentu diperlukan *repeater* yang berfungsi untuk menguatkan dan mengembalikan kualitas sinyal menjadi seperti semula. Pada jaringan T1 (Amerika) maupun E1 (Eropa) sekarang ini (yang masing-masing berkecepatan 1,544 Mbps dan 2,048 Mbps), peralatan-peralatan tersebut harus dipasang pada setiap 3000 sampai 4000 ft (900 m sampai 1,2 km). Hal ini jelas akan mengakibatkan boros waktu dan biaya.

Pada tahun 1980-an itulah, Bellcor (*Bell Communication Research*) mulai melakukan percobaan dengan suatu metoda baru pada jaringan T1/E1 yang dapat mengurangi jumlah *repeater* dan menyederhanakan keseluruhan penyebaran jaringan yang mempunyai *bandwidth* besar. Dari usaha tersebut, lahirlah spesifikasi HDSL (*High bit-rate Digital Subscriber Lines*). Setelah ditemukan oleh Bell, kemudian diterapkan oleh AT&T Paradyne di awal tahun 1990-an dan dimanufaktur oleh Westell dari Oswego, Illinois. Perusahaan yang lain, Amati *Communication* menemukan teknologi alternatifnya dengan bantuan John Cioffi dari Stanford *University*.

Dengan penemuan HDSL, laju bit tinggi melalui kawat tembaga mulai marak. Walaupun sistem transportasi T1/E1 kini tidak dipandang sebagai bagian DSL, namun kesuksesannya memicu teknologi lain.

Empat tahun setelah usaha tersebut, terlihat peluncuran SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Lines*), ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Lines*) dan VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Lines*). Dalam waktu singkat setengah lusin pembuat DSL telah menggunakan beberapa teknologi digital yang saling berbeda.

4.1.1.2 Metoda Penyandian (*Coding*) DSL

Ketika DSL diperkenalkan pertama kali, metoda penyandiannya menggunakan 2B1Q (dua biner satu kuaterner) yang mirip dengan modulasi pada ISDN BRI (*Basic Rate Interface*). Namun dalam perkembangannya, keadaannya menjadi berubah, yakni terjadi persaingan antara penggunaan metoda CAP dan DMT. CAP (*Carrierless Amplitude/Phase Modulation*) adalah suatu teknik modulasi yang mirip dengan QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), tetapi tidak membutuhkan frekuensi pembawa, sedang DMT (*Discrete Multi Tone*) adalah teknik modulasi yang memecah-mecah *bandwith* yang ada menjadi beberapa *sub-band* yang sempit untuk menjamin reliabilitas transmisi data, bahkan ketika derau mempengaruhi area tertentu dalam spektrum yang ada.

Perusahaan AT&T di Florida Amerika Serikat mengimplementasikan metoda modulasi CAP, dengan Westel, *Performance Technologies*, dan *AT&T Network System* membuat produk-produk yang dapat bekerja sama dengan metode CAP. Sementara itu BT (*British Telecom*) melakukan uji teknis (juga *Amati Communication*) dengan menggunakan metode DMT dari *Northern Telecom*.

Bell Atlantic kemudian menggunakan metoda CAP pada ADSL dari AT&T Paradyne di Northern Virginia untuk melakukan program pengujiannya. AT&T juga telah menandatangani persetujuan lisensi dengan 11 pabrik pembuat peralatan di Amerika, Jepang, Korea, Taiwan dan Australia. AT&T Paradyne kemudian mempublikasikan pengumuman persetujuan ADSL dengan *AT&T Network System*, Westell, dan *Westell International*. Permutafakatan dengan perusahaan di luar Amerika adalah dengan Goldstar, Il Jin *Telecom Electric* dari Korea dan C-Com dari Taiwan. Selain ADSL, AT&T sekarang ini memberikan lisensi teknologi *transceiver* HDSL CAP kepada perusahaan-perusahaan tersebut di atas, juga *Performance Technologies* di Amerika Serikat dan Schmid *Electronics* di Swiss.

Kesuksesan awal percobaan DMT dan standarnya yang telah disetujui tahun 1995 oleh ANSI (*American National Standards Institute*) tidak mampu digoyahkan oleh pendukung CAP yang demikian banyak yang sedang mengusahakan untuk mendapatkan standar formal ANSI. Namun pada akhir persaingan teknologi, AT&T, Amati, Aware, Bellcore dan perusahaan yang lainnya setuju bahwa CAP dan DMT menawarkan kinerja yang kira-kira sama jika diimplementasikan secara optimal.

4.1.1.3 Jenis-jenis DSL

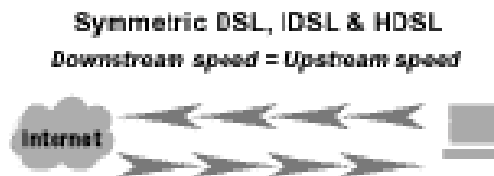
Berbagai macam DSL seperti HDSL (*High bit-rate Digital Subscriber Lines*), SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Lines*), ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Lines*) dan VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Lines*) telah disediakan di pasar internasional, yakni melalui sepasang modem, satu modem (atau *line card*) dipasang pada sentral telepon dan satunya lagi di tempat pelanggan. Karena kebanyakan teknologi DSL tidak menggunakan keseluruhan *bandwith* pada saluran kawat tembaga, maka masih ada tempat tersisa untuk kanal suara. Misalnya saja, para pengguna yang menjelajahi internet dengan modem ADSL masih dapat melakukan dan menerima panggilan telepon pada jalur tersebut.

4.1.2 HDSL (*High bit-rate Digital Subscriber Lines*)

HDSL merupakan sebuah sistem yang lebih baik untuk mengirimkan T1/E1 melalui saluran kawat *twisted-pair*. HDSL memerlukan *bandwidth* yang lebih kecil dan tidak memerlukan *repeater*. Dengan menerapkan teknik modulasi yang lebih baik, HDSL dapat mengirimkan data dengan transfer *rate* 2,048 Mbps (E1) hanya dengan *bandwidth* sekitar 80 kHz hingga 240 kHz.

HDSL dapat menyalurkan data pada kecepatan tersebut di atas pada saluran 24 AWG (*American Wire Gauge*) sepanjang 12 kft, biasa disebut CSA (*Carrier Serving Area*), dan memerlukan 2 pasang saluran untuk E1 yang masing-masing bekerja pada $\frac{1}{2}$ kecepatan total.

HDSL merupakan basis universal untuk layanan pelanggan (suara, data, video) dan dapat pula melayani (sebagai transportasi khusus atau sementara) seperti pada *base station network*.



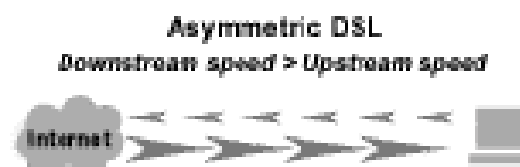
Gambar 4.1 Model *Bit Rate* HDSL dan SDSL

4.1.3 SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Lines*)

SDSL merupakan jenis lain HDSL. SDSL sama dengan HDSL dalam hal memberikan kecepatan 2,048 Mbps baik untuk *downstream* maupun *upstream*-nya, tetapi pada sepasang kawat tembaga pilin untuk menyalurkan POTS (*Plain Old Telephone Service*) dan T1/E1. Kelebihan utama SDSL dibandingkan dengan HDSL adalah mudah diterapkan di setiap pelanggan karena hanya memerlukan satu saluran telepon biasa. Penggunaan sepasang kawat saluran ini membatasi rentang operasi SDSL; dalam praktek, 10.000 ft (3 km) merupakan batas aplikasi SDSL. Aplikasinya adalah seperti pada *residential video conferencing* atau akses LAN jarak jauh.

4.1.4 ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Lines*)

ADSL merupakan perkembangan lanjut HDSL. ADSL teknologinya secara mendasar cocok untuk mengakses internet karena dibuat untuk memberikan lebih banyak lebar pita untuk aliran ke “bawah” (istilahnya *downstream*; yakni dari sentral ke pelanggan) daripada sebaliknya (*upstream*; dari pelanggan ke sentral). Laju *downstream*-nya berkisar dari 1,5 Mbps sampai 9 Mbps, sementara *upstream*-nya dari 16 kbps sampai 640 kbps. Transmisi ADSL bekerja pada jarak sampai 18.000 ft (5,48 km) pada sepasang kawat tembaga pilin (*single twisted pair*). Bersama dengan akses internet, perusahaan telekomunikasi berkemungkinan untuk dapat memberikan layanan akses LAN jarak jauh (*remote LAN*) dan layanan VOD (*video-on-demand*) melalui ADSL.



Gambar 4.2 Model *Bit Rate* ADSL

4.1.5 VDSL (*Very high bit-rate Digital Subscriber Lines*)

VDSL sebelumnya disebut sebagai VADSL karena pada awalnya, VDSL hanya dapat mengirimkan data digital secara asimetrik seperti ADSL, tetapi dengan kapasitas yang lebih tinggi dari ADSL dan panjang saluran yang lebih pendek. Belum ada standar yang umum untuk VDSL. Dari beberapa diskusi yang ada,

kapasitas downstream yang umum untuk VDSL adalah 12,96 Mbps ($\frac{1}{4}$ STS-1; 4,5 kft), 25,82 Mbps ($\frac{1}{2}$ STS-1; 4 kft), dan 51,84 Mbps (STS-1; 1 kft).

Untuk keperluan *upstream*, kapasitas tersedia antara 1,6 Mbps hingga 2,3 Mbps. Istilah VADSL banyak ditentang, terutama oleh T1E1.4, karena menunjukkan sesuatu yang selalu tidak simetrik. Padahal, banyak yang menginginkan suatu saat akan benar-benar simetrik. Oleh karena itu, nama VDSL lebih disukai.

Dalam beberapa hal, VDSL lebih sederhana dibandingkan ADSL. Saluran transmisi yang lebih pendek pada VDSL menyebabkan hambatan-hambatan pada saluran yang mungkin terjadi pada saluran yang lebih panjang menjadi dapat ditekan. Oleh karena itu, teknologi *transceiver*-nya dapat menjadi lebih sederhana dan kapasitasnya akan 10 kali lebih tinggi. VDSL merupakan sasaran dari arsitektur jaringan ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). VDSL memungkinkan terminasi jaringan pasif dan dapat digunakan pada lebih dari satu modem VDSL untuk digunakan pada saluran pelanggan, sama halnya dengan sistem telepon analog biasa (POTS).

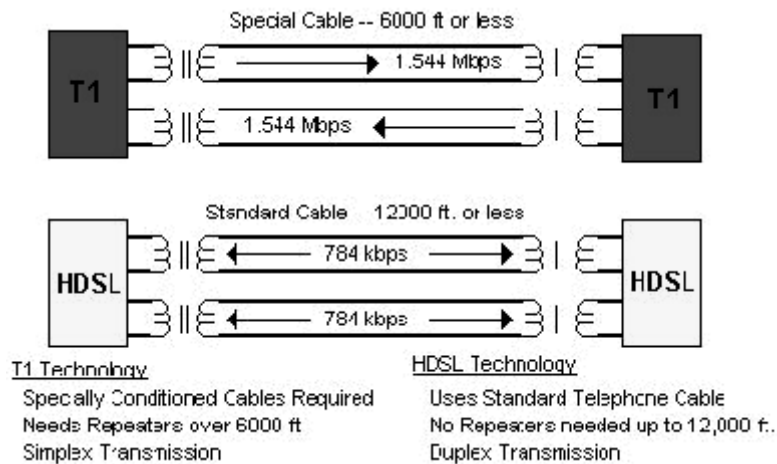
4.2 HDSL (*High bit-rate Digital Subscriber Lines*)

4.2.1 Definisi dan Aplikasi Utama

HDSL merupakan tipe DSL yang paling “matang” pada saat ini. HDSL dikembangkan pertama kali pada akhir 1980 sebagai alternatif standar T1/E1 saat ini. HDSL dapat memenuhi peran jalur T1/E1 dan saat ini sedang diimplementasikan di perusahaan-perusahaan.

Jalur T1/E1 (ITU *Recommendation G.703*) dikembangkan untuk transmisi data kecepatan tinggi. T1/E1 merupakan *dedicated lines* yang selalu ada koneksi antara pengguna (*end user*) dengan penyedia jasa (*service provider*). Jalur *leased* T1/E1 sangat mahal dari pihak konsumen, dan HDSL menawarkan alternatif lain yang sama efektifnya dan lebih murah.

4.2.2 Informasi Teknis



Gambar 4.3 Perbandingan *Bit Rate* T1 dengan HDSL

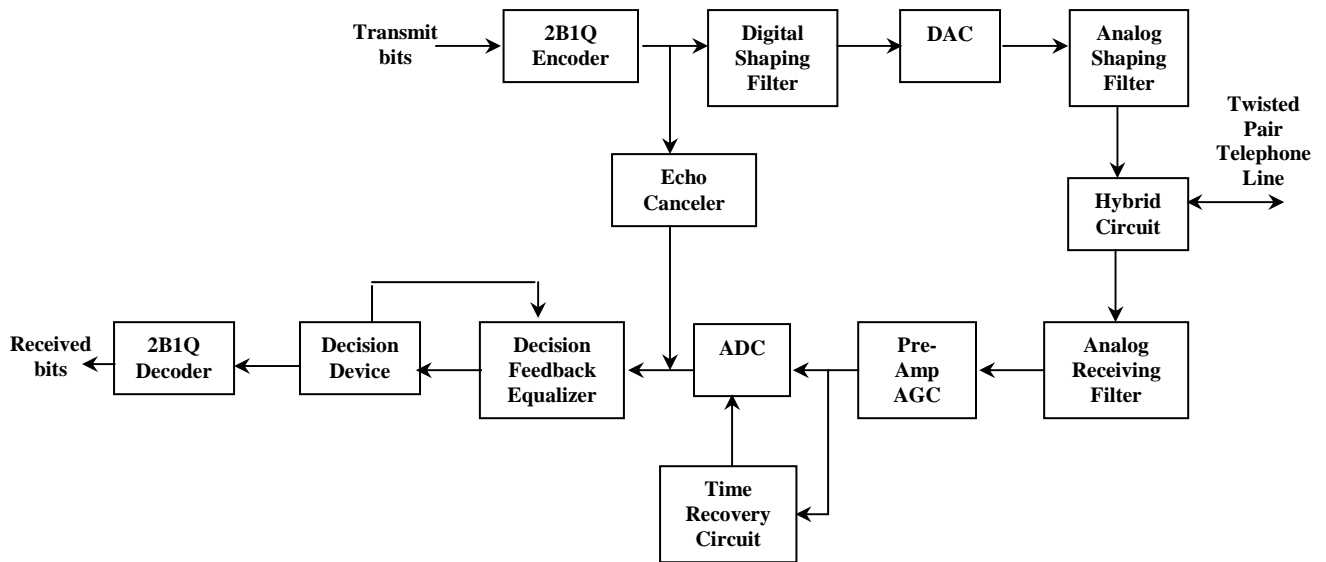
HDSL dirancang untuk menghadapi berbagai masalah teknis yang dihadapi T1/E1. Teknologi T1/E1 memerlukan pra kondisi untuk menyesuaikan spesifikasi jalur yang dibutuhkan. Untuk mendapat kondisi jalur yang diinginkan, memerlukan kabel khusus. HDSL dirancang untuk menyesuaikan dengan kondisi jalur. HDSL memperbolehkan *bridge taps* dan perubahan *wire gauge* yang teknologi T1/E1 tidak bisa.

Kelemahan lain teknologi T1/E1 adalah menggunakan transmisi *simplex*. Transmisi *simplex* merupakan transmisi yang informasinya dikirim secara satu arah pada satu jalur. Sebagai alternatifnya, HDSL menggunakan transmisi *duplex*. Transmisi *duplex* mengirimkan data dalam dua arah (*bi directional*). Dengan menggunakan teknik *echo cancellation*, HDSL memperbolehkan pengiriman data pada kedua arah pada frekuensi yang sama, yang hal itu sangat diinginkan, karena memerlukan *bandwith* frekuensi yang kecil untuk mengirimkan sejumlah data yang sama. *Bandwith* frekuensi kecil berarti bahwa hanya frekuensi rendah saja yang digunakan, yang dapat membantu mengurangi rugi-rugi (*losses*) dan *Near-End Cross Talk* (NEXT).

Pada Gambar 4.3 ditunjukkan, HDSL dirancang untuk berfungsi pada *bit rate* yang sama dengan jalur T1/E1 (1,544 Mbps/2,048 Mbps) dan menggunakan jumlah jalur yang sama, tetapi cepat mencapai *bit rate* sama dengan harga lebih murah pada jarak yang jauh. Untuk melakukan hal ini, tiap jalur HDSL mengirimkan *rate* sinyal (784 kbps/1,024 Mbps).

4.2.3 Struktur *Transceiver* HDSL

Sepasang *transceiver* HDSL dibutuhkan pada kedua sisi (*end subscriber loop*) untuk membentuk suatu *link* HDSL. Sepasang *link* HDSL diperlukan untuk membentuk *line E1 duplex* tanpa *repeater*, dengan masing-masing *link* mempunyai *bit rate* 1,024 Mbps.



Gambar 4.4 Struktur umum *transceiver* HDSL

Setiap dua dari sinyal yang dipancarkan dikodekan melalui *2B1Q encoder*. Sehingga *baud ratenya* adalah setengah dari *bit rate*. Simbol tersebut dikirimkan ke *Digital to Analog Converter* (DAC) melalui *digital shaping filter*. Selanjutnya sinyal keluaran DAC dilewatkan *analog shaping filter*. *Butterworth lowpass filter* empat tingkat biasa digunakan sebagai *analog shaping filter*. Tujuan penggunaan *shaping filter* adalah untuk mengendalikan daya keluaran (*out-of-band energy*). Penggunaan *digital shaping filter* dapat mengurangi penghitungan komponen pemancar secara keseluruhan.

Sinyal yang telah difilter disalurkan ke *twisted pair telephone subscriber loop* melalui *hybrid circuits*, yang mempunyai dua *port* satu arah (satu *port* untuk memancarkan dan *port* yang lain untuk menerima) dan satu *port* dua arah (*bi-directional port*). *Port* dua arah dihubungkan ke *subscriber loop*. Jika impedansi *subscriber loop* sesuai dengan impedansi *hybrid circuit*, maka akan tercipta suatu isolasi yang sempurna antara *port* pemancar dengan *port* penerima. Kenyataannya, impedansi *loop* adalah variabel dari frekuensi dan sangat berbeda untuk *loop* yang

berlainan. Bahkan, *hybrid circuits* yang telah dirancang dengan baik dapat menimbulkan rugi-rugi sebesar 15 dB pada frekuensi tertentu. *Butterworth lowpass filter* empat tingkat juga dapat digunakan sebagai *analog receiver filter*. Fungsi *receiver filter* adalah untuk meminimalkan *noise* keluaran (*out-of-band noise*). *Preamplifier* diperlukan agar level sinyal yang diterima dapat mendekati level sinyal yang dipancarkan untuk pengolahan sinyal digital selanjutnya. *Preamplifier gain* sebesar 35 dB diperlukan untuk menggantikan rugi-rugi *CSA loop* rata-rata pada frekuensi sekitar 200 kHz.

Preamplifier gain seharusnya diatur pada nilai 0 dB untuk *loop* yang pendek. *Preamplifier gain* dikendalikan oleh fungsi *digital signal processing* dari *transceiver* HDSL. *Analog to Digital Converter* (ADC) disinkronisasi dengan *time recovery circuits*. *Time recovery circuits* menerima informasi pewaktuan berdasarkan sinyal yang diterima dari *preamplifier*.

Simbol data yang sama pada pemancar juga dilewatkan melalui *echo canceller*. *Echo canceller* menyamakan *echo path*, termasuk *shaping filter* pemancar, DAC, *hybrid circuits*, *analog receiver filter*, *preamplifier*, dan ADC pada ADC *sampling rate*. DAC *sampling clock* juga disinkronisasi dengan ADC *sampling clock* untuk mempertahankan fungsi transfer *echo path* yang stabil. Kemungkinan pergeseran fase atas sinyal yang dipancarkan dengan sinyal yang diterima diatasi dengan penggunaan *stuffing bit* yang terdapat pada struktur frame HDSL. Fungsi transfer *echo path* diidentifikasi dengan algoritma *adaptive signal processing*.

Sinyal digital hasil *echo canceler* selanjutnya difilter dengan *decision feedback channel equalizer* sebelum dikirim ke *decision device*. *Decision feedback equalizer* terdiri atas *feedforward filter* dan *feedback filter*. *Feedforward filter* mengatur isyarat awal respon impuls *subscriber loop channel*, sedangkan *feedback filter* membatalkan efek isyarat akhir respon impuls *channel* tersebut.

Decision feedback equalizer diperlukan pada *transceiver* HDSL untuk mempertahankan peningkatan *noise* yang kecil selama proses *channel equalization*. *Decision device* merupakan detektor ambang (*threshold detector*) 4 tingkat yang menyesuaikan dengan 2B1Q *line code*. Simbol keluaran dari *decision device* selanjutnya diubah kembali menjadi bit-bit aslinya menggunakan 2B1Q *decoder*.

4.2.4 Parameter *Transceiver* HDSL

Parameter *transceiver* HDSL secara umum ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter *Transceiver* HDSL

<i>Line Code</i>	2B1Q
<i>Bandwith</i> (3 dB)	200 kHz
<i>Baud rate</i>	400 kHz
Keluaran	800 kbps
Daya Pancar	13,38 dBm (135 ohm)

Penerima (*receiver*) bekerja berdasarkan *baud rate decision feedback channel equalizer*. *Sampling rate* penerima (sama dengan *baud rate*) sebesar 400 kHz, menghasilkan *bandwith* transmisi 3dB sebesar 200 kHz. Untuk 2B1Q, tiap *baud* membawa dua bit informasi. Sehingga keluaran transmisi sebesar 800 kbps. Dengan asumsi tegangan masukan 5 volt dan efisiensi utilisasi 92 persen, dan tegangan keluaran maksimum 2,3 volt, maka untuk impedansi saluran 135 ohm, daya pancar total yang dilewatkan oleh *telephone loop* adalah sebagai berikut.

$$P = \frac{1}{2} \left(2,3^2 + \left(\frac{2,3}{3} \right)^2 \right) \frac{1}{135} = \frac{5,29}{2 \times 135} \left(1 + \frac{1}{9} \right) = \frac{5,29 \times 10}{2 \times 135 \times 9} = 0,02177 \text{ Watt} = 13,38 \text{ dBm}$$

HDSL *Power Spectral Density* (PSD) didefinisikan sebagai berikut.

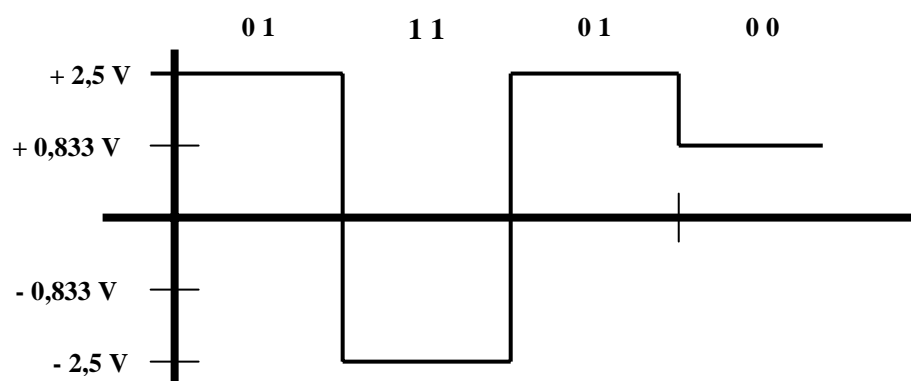
$$\text{PSD} = \frac{0,02177}{200 \times 10^3} = 1,08 \times 10^{-7} \text{ Watt/Hz} = -39,7 \text{ dBm/Hz}$$

4.2.5 Line Coding

Simbol-simbol (seperti huruf-huruf yang sedang dipakai saat ini) tidak dapat dikirim melalui kawat tembaga secara langsung, maka simbol-simbol tersebut harus di-*encode* dalam format yang dapat dikirim dan diterima tanpa ambigu. Metoda yang simbol-simbol yang dikirim sepanjang jalur data ini disebut *line coding*.

Gambar 4.5 Line coding 2B1Q

Line coding untuk HDSL disebut 2B1Q, yang merupakan kependekan *2-binary 1-quaternary*. 2B1Q merupakan kode 4 level yang mengkodekan dua bit dalam satu waktu. Tiap level mewakili dua bit data (satu bit tersebut dapat berupa 1 atau 0). Jika suatu unit transmisi akan mengirimkan deretan 01110100 (jika dalam simbol ASCII merupakan 'J'), maka sinyal outputnya akan ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Sinyal output pengkodean ASCII 'J' dengan 2B1Q

Salah satu keuntungan menggunakan metode 2B1Q untuk mengkodekan data adalah sangat mudah untuk dimengerti dan diimplementasikan serta tidak mengalami NEXT (*Near End Cross Talk*).

4.2.6 Keuntungan dan Kekurangan HDSL

Keuntungan yang utama HDSL adalah teknologi ini paling “matang” dibanding tipe DSL lainnya dan telah terbukti. Teknologi HDSL sangat mudah dan ekonomis untuk di-*install*. Keuntungan lainnya adalah teknologi ini cukup memuaskan dalam transmisi data dalam dua arah pada bit rate 1,544 Mbps (784 kbps x 2) untuk T1 dan 2,048 Mbps (1,024 Mbps x 2) untuk E1.

Kekurangan yang utama HDSL adalah teknologi ini membutuhkan dua pasang kabel dalam pengoperasiannya, yang dapat meningkatkan biaya pengembangan dari penyedia jasa (*service providers*). Kekurangan lainnya HDSL adalah teknologi sedikit lebih rendah dibandingkan tipe DSL lainnya, tetapi masih tetap jauh lebih unggul dibandingkan transmisi analog.