

ANALISA LAYANAN SUARA MELALUI JARINGAN *FRAME RELAY* (*Voice over Frame Relay*)

Oleh :
Ardiansyah
L2F399367

ABSTRAK

Hingga saat ini setiap layanan komunikasi mempunyai jaringan tersendiri. Layanan telepon misalnya mempunyai jaringan PSTN (*Public Switch Telephone Network*) dan komunikasi data menggunakan jaringan komunikasi PSPDN (*Packet Switch Public Data Network*). Tiap-tiap jaringan tersebut awalnya dirancang untuk melayani satu jenis layanan tertentu saja sehingga tidak fleksibel dan efisien karena selain masing-masing punya keterbatasan fungsi, juga membutuhkan perancangan dan perawatan yang berbeda-beda.

Frame relay merupakan salah satu jaringan komunikasi data kecepatan tinggi yang digunakan oleh jaringan LAN (*Local Area Network*), internet, dan bahkan jaringan suara untuk saling berhubungan di mana informasi yang dikirimkan tersebut dibagi dalam bentuk paket atau *frame*. Masing-masing *frame* mempunyai alamat sehingga jaringan akan menggunakannya untuk mengirimkan paket ke tujuan.

Dalam tugas akhir ini akan dianalisa bagaimana jaringan *frame relay* dapat dikembangkan untuk membawa informasi berupa suara dan data secara bersama-sama. Informasi suara tersebut akan diubah ke dalam bentuk suatu paket data yang bersifat *real-time* dengan menggunakan algoritma kompresi suara CS-ACELP untuk penghematan lebarpita. Penggunaan paket dengan lebarpita yang kecil memungkinkan paket tersebut untuk memperkecil adanya waktu tunda yang berpengaruh terhadap kualitas suara.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Frame relay merupakan salah satu jaringan komunikasi data kecepatan tinggi dengan menggunakan jaringan pensaklaran paket (*packet switching*). *Frame relay* yang merupakan penyederhanaan dari X.25 mempunyai lebar pita yang tinggi (hingga 45 Mbps). Salah satu teknologi yang merupakan aplikasi *frame relay* adalah *Voice over Frame Relay* (VoFR) yang saat ini semakin populer karena dapat mengurangi biaya telepon konvensional. Teknologi ini mengubah informasi suara menjadi *frame* atau paket, kemudian dikirimkan menuju ke tujuan bersamaan dengan paket data lainnya. Selanjutnya pada bagian penerima paket-paket suara tersebut diubah menjadi informasi suara kembali.

1.2. Sasaran

Sasaran dalam pembuatan tugas akhir ini adalah menganalisa proses pengiriman informasi suara melalui suatu jaringan *frame relay*. Pembahasan lebih ditekankan pada hal-hal berikut ini:

1. Pemaketan suara.
2. Penanganan terhadap waktu tunda (*delay*) dan variasi waktu tunda (*jitter*).
3. Format *frame* dan sub *frame*

1.3. Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini pembahasan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Pemaketan suara berdasarkan format paket FRF.11 annex E tentang CS-ACELP (*Conjugate Structure-Algebraic Code Excited Linear Prediction*) transfer syntax.
2. Penanganan terhadap waktu tunda dan variasi waktu tunda berdasarkan teknik *end-to-end fragmentation* seperti yang distandarkan Frame Relay Forum FRF.12 dan FRF.11 annex C.
3. Pembahasan format *frame* berupa struktur *payload* dan format subframe seperti yang distandarkan Frame Relay Forum FRF.11.
4. Pembahasan perangkat keras berupa tinjauan sebagai suatu sistem.

2. TEKNOLOGI KOMUNIKASI DATA

2.1. Teknologi Pensaklaran (*Switching*)

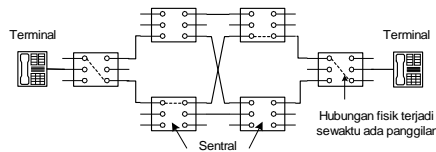
Komunikasi dapat dicapai dengan mentransmisikan data dari sumber menuju tujuan melalui suatu jaringan simpul-simpul saklar (*switching nodes*). Data yang dikirimkan dapat berupa suara, video, dan teks. Tujuan pensaklaran ini adalah untuk menghasilkan suatu fasilitas penyambungan yang dapat memindahkan data dari suatu simpul ke simpul yang lain hingga data-data tersebut dapat mencapai tujuannya [29].

2.1.1. Pensaklaran Rangkaian (*Circuit Switching*)

Komunikasi yang menggunakan pensaklaran rangkaian menunjukkan adanya jalur-jalur yang diperuntukkan bagi komunikasi antara dua terminal. Pada masing-masing hubungan fisik, sebuah kanal harus diperuntukkan bagi sebuah hubungan.

Komunikasi yang menggunakan pensaklaran rangkaian menggunakan tiga fase [29]:

1. Pembangunan rangkaian : Sebelum sinyal-sinyal dikirimkan, rangkaian antar terminal harus dibangun.
2. Pengiriman sinyal : Setelah hubungan antara terminal pengirim dan penerima dibangun, sinyal-sinyal dapat dikirimkan. Pemutusan hubungan : Sesudah beberapa periode pengiriman data berlangsung, hubungan dapat diterminasi, biasanya dilakukan oleh salah satu dari dua terminal yang berhubungan.

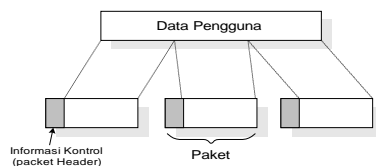


Gambar 2.3. Konsep Jaringan Telepon Pensaklaran Rangkaian [11]

Pensaklaran rangkaian awalnya dibangun untuk menangani lalu lintas suara, tetapi sekarang telah dapat digunakan untuk lalu lintas data dengan menggunakan sebuah modem. Sebuah contoh pensaklaran rangkaian adalah PSTN (*Public Switch Telephone Network*). Contoh lain dari pensaklaran rangkaian adalah PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) yang digunakan untuk interkoneksi suatu telepon di dalam suatu gedung atau kantor.

2.1.2. Pensaklaran Paket (*Packet Switching*)

Pada pensaklaran paket, data-data yang akan dikirimkan berupa paket-paket yang pendek. Jika suatu sumber mempunyai pesan yang lebih panjang untuk dikirim, pesan tersebut akan dipecah menjadi beberapa paket serial. Masing-masing paket mengandung bagian dari data pengguna ditambah beberapa informasi kontrol seperti terlihat pada Gambar 2.1. berikut



Gambar 2.1. Pemecahan Paket [29]

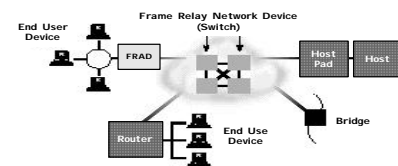
Informasi kontrol paling tidak berisi informasi untuk merutekan paket menuju suatu jaringan dan mengirimnya hingga ke tujuan. Pada masing-masing simpul dari jaringan, paket-paket tersebut diterima, disimpan, dan dilewatkan menuju simpul berikutnya.

3. FRAME RELAY

3.1. Piranti *Frame Relay*

Piranti-piranti yang berhubungan dengan *frame relay* dapat dibagi dalam dua kategori umum yaitu *data terminal equipment* (DTE) dan *data circuit-terminating equipment* (DCE).

DTE secara umum dapat dianggap piranti terminasi untuk jaringan yang spesifik dan khususnya terletak pada bagian pelanggan. Contoh-contoh piranti DTE adalah *terminal*, komputer pribadi (PC), *host*, *router*, FRAD (*Frame Relay Access Device*), dan *bridge*. Sedangkan DCE adalah piranti yang digunakan untuk menghasilkan detak (*clocking*) dan layanan pensaklaran (*switching*) di dalam suatu jaringan yang merupakan piranti untuk mengirimkan data. Piranti DCE dapat berupa saklar, *network router*, dan T1/E1 Multiplexer [12].



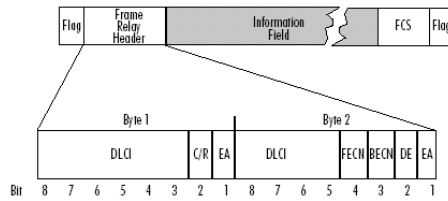
Gambar 3.1. Piranti Jaringan Frame Relay [20]

Hubungan antara piranti DTE dan DCE terdiri dari komponen lapisan fisik dan data *link*. Komponen-komponen lapisan fisik menentukan spesifikasi mekanik, elektrik, fungsional, dan prosedural untuk hubungan antara piranti. Salah satu spesifikasi antar muka (*interface*) lapisan fisik yang paling sering digunakan adalah spesifikasi *recommended standard* (RS)-232. Sedangkan untuk komponen lapisan data *link* adalah protokol yang membangun hubungan antara piranti DTE seperti *router*, dan piranti DCE, seperti saklar (*switch*).

3.2. Format Frame

Struktur frame ini terdiri dari *flag*, yang menyatakan awal dan akhir dari frame. Tiga komponen utama yang membentuk frame dari *frame relay* adalah *header* dan bagian alamat, bagian data pengguna, dan *frame check sequence* (FCS). Bagian alamat mempunyai panjang 2 byte yang terdiri dari 10 bit DLCI (*data link connection identifier*) dan 6 bit yang berhubungan dengan manajemen kemacetan. Masing-masing dari fungsi ini akan dijelaskan berikut ini.

Format frame standar *frame relay* diperlihatkan pada Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2. Struktur Frame [20]

Adapun fungsi dari masing-masing bagian dari struktur frame akan dijelaskan sebagai berikut [12]:

1. *Flag*
Flag berfungsi sebagai pembatas awal dan akhir frame. Nilai *flag* selalu sama, mempunyai nilai heksadesimal 7E atau nilai biner 01111110.
2. Alamat
 Bagian alamat terdiri dari beberapa bagian berikut:
 - *DLCI (Data Link Connection Identifier)*
 DLCI mempunyai 10 bit yang merupakan inti dari *header frame relay*. Nilai ini menunjukkan hubungan virtual antara piranti DTE dan saklar.
 - *Extended Address (EA)*
 Digunakan untuk menentukan ukuran *header*. Jika bernilai 0, *header byte* berikutnya akan mengikuti. Jika bernilai 1 maka *byte* berikutnya merupakan *header byte* terakhir.
 - *C/R (Command/Response)*
 C/R adalah bit yang mengikuti *most significant DLCI byte* dalam bidang alamat (*address field*). Fungsi bit C/R saat ini belum ditentukan.
 - *Kontrol Kemacetan*
 Terdiri atas tiga bit yang mengontrol mekanisme pemberitahuan kemacetan pada *frame relay*. Ketiga bit ini adalah *FECN (Forward Explicit Congestion Notification)*, *BECN (Backward Explicit Congestion Notification)*, dan *DE (Discard Eligibility)*.
3. Data
 Berisi data pengguna atau *payload* yang bervariasi 1 hingga 1.600 *byte*
4. *Frame Check Sequence (FCS)*
 FCS digunakan untuk menjamin integritas pengiriman data. Nilai ini akan dihitung oleh piranti sumber dan diverifikasi oleh penerima untuk menjamin kesatuan pengiriman

3.3. Rangkaian Virtual Frame Relay

Rangkaian virtual *frame relay* dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu *Switched Virtual Circuit (SVC)* dan *Permanent Virtual Circuit (PVC)* [12].

3.3.1. Switched Virtual Circuit (SVC)

SVC tersedia berdasarkan *call-by-call*. Membangun sebuah panggilan menggunakan protokol pensinyalan SVC (Q.933) dapat disamakan dengan menggunakan telepon biasa. Pengguna yang akan menentukan alamat tujuan sehingga mirip dengan nomor telepon.

Sesudah rangkaian virtual diputus, piranti DTE harus membangun SVC yang baru jika terdapat data tambahan yang akan dikirimkan lagi.

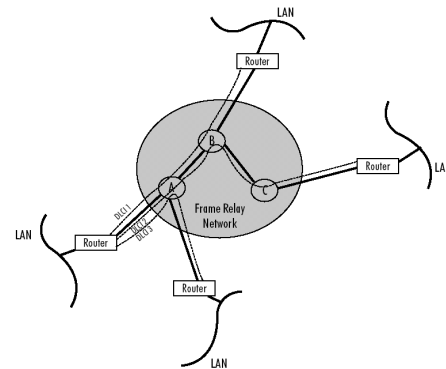
3.3.2. Permanent Virtual Circuit (PVC)

PVC ini merupakan suatu jalur yang telah tetap, yang secara permanen dibangun untuk mengirimkan data yang bersifat kontinyu. Komunikasi menggunakan PVC tidak memerlukan keadaan *call setup* dan terminasi seperti digunakan pada SVC.

Dengan PVC, piranti DTE dapat mengirim data kapanpun data itu diperlukan sebab rangkaian dibangun secara permanen.

3.3.3. Data Link Connection Identifier (DLCI)

Header frame relay terdiri dari deretan angka sepuluh bit. DLCI merupakan nomor rangkaian virtual *frame relay* yang berkaitan dengan arah tujuan frame tersebut. Dalam hal hubungan antar kerja LAN-WAN, DLCI ini akan menunjukkan *port-port* LAN pada sisi tujuan yang akan dicapai (Gambar 3.3) [20].



Gambar 3.3. DLCI Menentukan *Port* Lokasi Tujuan [20]

Dengan mempunyai 10 bit maka DLCI akan mempunyai 2^{10} atau 1.024 kemungkinan kombinasi alamat tujuan. Tetapi beberapa nomor DLCI dicadangkan untuk tujuan-tujuan tertentu).

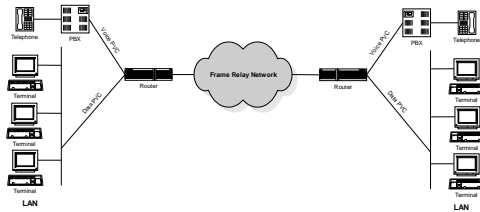
3.4. Pembuangan Data

Untuk menjaga mekanisme dasar *frame relay* sesederhana mungkin, ada satu aturan dasar, yakni jika ada suatu masalah dengan penanganan suatu frame, maka langsung saja frame tersebut dibuang. Dua prinsip yang menyebabkan adanya pembuangan adalah hasil dari adanya deteksi kesalahan pada data atau adanya kemacetan seperti jaringannya terbebani secara berlebihan (*overloaded*).

4. ANALISA LAYANAN SUARA MELALUI JARINGAN *FRAME RELAY*

Layanan *frame relay* saat ini sangat populer untuk komunikasi data khususnya di Amerika Serikat dan tersedia dalam kecepatan 56 kbps hingga 45 Mbps. *Frame relay* digunakan untuk menghubungkan LAN (*Local Area Network*) dari suatu kantor cabang yang jauh dengan suatu jaringan perusahaan, serta dapat juga digunakan untuk menggabungkan beberapa layanan termasuk suara, video, dan data. *Frame relay* menerapkan teknologi *statistical multiplexing* yang secara dinamis akan mengalokasikan lebarpita untuk beberapa layanan [2].

Pemakaian VoFR (*Voice over Frame Relay*) dapat menghemat biaya percakapan telepon dari suatu perusahaan terutama untuk perusahaan yang melakukan lebih banyak panggilan internal dari pada eksternal. Perusahaan dapat menghubungkan beberapa PBX melalui *trunk* yang digunakan jaringan *frame relay* yang sama yang menghubungkan beberapa LAN seperti terlihat pada Gambar 4.1 berikut.

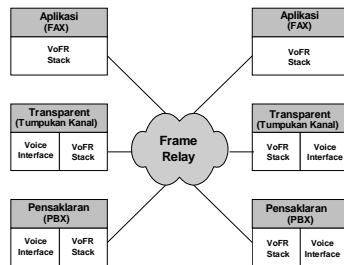


Gambar 4.1. Integrasi Suara dan Data melalui Frame Relay [2]

4.1. Deskripsi Layanan dan Model Referensi

4.1.1. Akses *Frame Relay*

Sebuah VFRAD menggunakan layanan *frame relay* pada antarmuka pengguna jaringan (*User Network Interface*) sebagai fasilitas pengiriman untuk suara, data, dan pensinyalan. Model referensi dari VoFR diperlihatkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Model Referensi Jaringan VoFR [21]

Terdapat tiga tipe piranti yang diperlihatkan pada Gambar 4.2. Pada lapisan paling atas diperlihatkan piranti sistem akhir (*end system*) yang berupa telepon atau mesin fax. Lapisan tengah memperlihatkan piranti multipleksing yang nyata (*transparent*) berupa tumpukan kanal PCM (*PCM channel banks*). Sedangkan lapisan yang paling bawah

memperlihatkan piranti sistem pensaklaran berupa PBX (*Private Branch Exchange*).

4.1.2. Deskripsi Layanan *Voice over Frame Relay* (VoFR)

Deskripsi layanan ini akan menentukan format dan prosedur yang mendukung layanan VoFR. Elemen-elemen layanan VoFR yang mendukung layanan bagi pengguna dilaksanakan oleh beberapa aplikasi suara berikut [21]:

1. Pembentukan dan terminasi panggilan (untuk sistem akhir).
2. Hubungan kerja yang jelas antara sub kanal pada antarmuka VoFR dengan sub kanal dari antarmuka suara yang mempunyai tipe yang berbeda.
3. Pensaklaran tiap-tiap panggilan. Sistem pensaklaran yang digunakan pada saat pembangunan dan terminasi hubungan untuk tipe antarmuka suara yang lain.

Untuk mendukung layanan VoFR, tumpukan protokol yang mendasari layanan tersebut harus memiliki layanan transport *full duplex*. Layanan bagi pengguna dapat menggunakan elemen-elemen layanan untuk mengoperasikan hubungan suara. Elemen layanan yang mendukung transport dari 2 tipe *payload* yaitu: *payload* primer (*primary payload*) dan pensinyalan (*signalled payload*).

4.1.2.1. *Payload* Primer

Payload Primer terdiri dari [21]:

- a. Suara yang dikodekan (*Encoded Voice*)
Layanan ini menyampaikan informasi suara antar pengguna. Informasi ini dipaketkan berdasarkan aturan yang ditentukan oleh sintak pengiriman suara (*voice transfer syntax*). Sintak pengiriman suara didefinisikan sebagai beberapa teknik kompresi suara.
- b. *Encoded Fax* atau *Voice-Band Modem Data*
Pengguna dapat melakukan pertukaran data digital dalam format *baseband* yang sesuai, kemudian dimodulasi kembali ke dalam sinyal fax atau sinyal modem analog.
- c. *Frame Data*

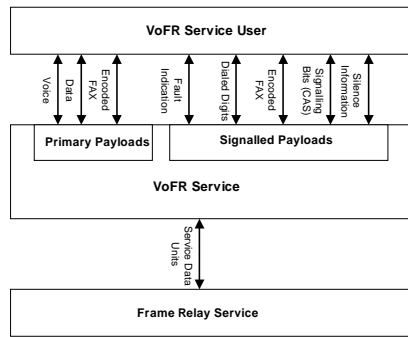
Elemen dasar ini dapat menyampaikan frame-frame data yang dikirimkan oleh pengguna. Frame data dipaketkan berdasarkan aturan yang telah dispesifikasikan. (FRF.11 Annex C).

4.1.2.2. *Payload* Pensinyalan

Payload pensinyalan terdiri dari [21]:

- a. Digit Putar (*Dialed Digits*)
- b. Bit Pensinyalan (*Signalled Bit*)
- c. Indikasi Kesalahan (*Fault Indication*)
- d. Pensinyalan Orientasi Pesan (*Message-Oriented Signalling*).
- e. *Encoded Fax*
- f. *Silence Information Descriptor*

Gambar 4.3 menunjukkan blok diagram layanan VoFR yang merupakan hubungan antara layanan VoFR, layanan pengguna VoFR, dan layanan *frame relay*.



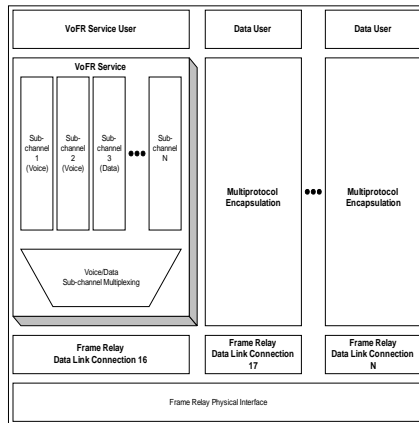
Gambar 4.3. Diagram Blok Layanan VoFR [21]

4.1.3. Konfigurasi VFRAD

Piranti VoFR yang tidak sesuai dengan persetujuan implementasi ini (FRF.11), harus merundingkan kembali parameter operasional, sehingga pada awal perencanaan jaringan penyedia layanan harus menyusun parameter ujung-ke ujung (*end-to-end*) seperti *vocoder* yang sesuai dengan persetujuan implementasi ini. Piranti titik akhir yang akan menghasilkan layanan VoFR harus disusun agar sesuai (*interoperability*) dengan penugasan sub kanal, pensinyalan, algoritma kompresi, dan lain-lain.

4.1.4. Layanan Multipleksing

Antarmuka pengguna jaringan (UNI) *frame relay* dapat menggunakan beberapa PVC (*Permanent Virtual Circuit*), dimana masing-masing PVC dapat menghasilkan layanan VoFR. Layanan VoFR dapat mendukung beberapa kanal suara dan data dalam sebuah hubungan data *link* tunggal. Layanan VoFR mengirim frame pada masing-masing sub kanal ke tujuannya.



Gambar 4.4. Model Multipleksing VoFR [21]

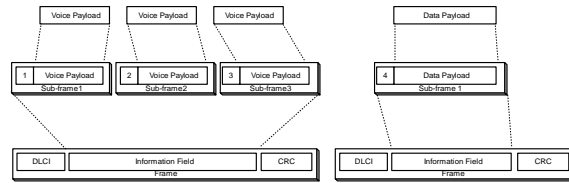
Gambar 4.4 memperlihatkan contoh lapisan multipleksing suara / data yang dapat mendukung satu atau lebih hubungan suara dan tumpukan protokol data melalui sebuah PVC tunggal.

4.2. Format Frame

Payload suara dan data yang telah multipleksing ke dalam DLCI dari VoFR, selanjutnya dilakukan pembungkusan (*encapsulation*) di dalam format frame yang telah ditentukan oleh FRF.11. Tiap *payload* selanjutnya dikemas sebagai sebuah sub frame di dalam bidang informasi (*information field*) frame. Masing-masing sub frame mempunyai sebuah *header* dan *payload*. *Header* sub frame mengidentifikasi sub kanal data dan suara, serta jika memungkinkan tipe dan panjang *payload* [21].



(a). Pembungkusan sub frame data dan suara dalam satu frame



(b). Pemisahan sub frame data dan suara

Gambar 4.5. Hubungan Antara Frame dan Sub Frame [21]

Gambar 4.5 mengilustrasikan contoh hubungan frame dan sub frame. Dalam contoh ini, sebuah DLCI terdiri dari 3 kanal suara dan 1 kanal data yang dibungkus dalam satu frame (Gambar 4.5a). Sedangkan kemungkinan yang lain ketiga *payload* suara itu dikemas dalam frame pertama dan sebuah *payload* data dikemas dalam frame yang kedua (Gambar 4.5b).

4.2.1. Format Sub Frame

Tiap-tiap sub frame terdiri dari panjang *header* yang bervariasi dan sebuah *payload*. *Header* dari sub frame minimal adalah satu *byte* yang terdiri dari 6 bit LSB (*least significant bit*) sebagai identifikasi dari kanal suara / data tersebut, dan 2 bit untuk indikasi pengembangan dan indikasi panjang (*extension* dan *length indication*).

Bits							
8	7	6	5	4	3	2	1
EI	LI	Sub-channel Identification (CID) (Least significant 6 bits)					
CID (msb)		0	0	Type Payload (Payload Type)			
Panjang Payload (Payload Length)							
Payload							

Gambar 4.6. Format Sub Frame [21]

4.3. Waktu Tunda (Delay) dan Variasi Waktu Tunda (Jitter)

4.3.1. Waktu Tunda

Waktu tunda adalah waktu yang diperlukan oleh suatu paket untuk mencapai DTE (*Data Terminal Equipment*) atau *endpoint* penerima sesudah paket tersebut dikirimkan oleh DTE pengirim. Waktu tunda ini biasanya disebut *end-to-end delay* (waktu tunda ujung ke ujung) atau *one-way delay* (waktu tunda searah) [15].

End-to-end delay yang dapat diterima untuk kebanyakan pengguna adalah 150 ms berdasarkan rekomendasi ITU-T G.114 [15].

Tabel 4.1 Pedoman Waktu Tunda Suara berdasarkan Rec. ITU-T G.114 [15]

Waktu tunda searah (msec)	Deskripsi
0 – 150	Dapat diterima oleh banyak pengguna
150 – 400	Dapat diterima asal penyedia (<i>service provider</i>) mengetahui pengaruh waktu transmisi terhadap kualitas pengiriman bagi pengguna (sesuai keadaan).
400 <	Tidak dapat diterima untuk perencanaan kebanyakan jaringan.

Waktu tunda pada selang 150-400 ms juga dapat diterima tetapi tergantung pada jaringan yang ada. *End-to-end delay* terdiri dari dua jenis waktu tunda yaitu *fixed network delay* (waktu tunda yang tetap) dan *variable network delay* (waktu tunda yang bervariasi).

Komponen waktu tunda yang tetap adalah [15]:

1. Waktu Tunda Perjalanan (*Propagation Delay*)

Propagation delay atau waktu tunda perjalanan disebabkan oleh karakteristik dari kecepatan cahaya yang melewati media transmisi. Waktu tunda perjalanan ini sebesar 6 μs/km [15].

2. Waktu Tunda Serial (*Serialization Delay*)

Waktu tunda serial adalah waktu yang diperlukan untuk menempatkan paket ke dalam suatu antarmuka. Makin besar kecepatan suatu jaringan maka waktu tunda serial akan semakin kecil. Nilai waktu tunda serial tidak boleh melebihi 20 ms [24]. Nilai waktu tunda serial dapat diperoleh melalui rumus berikut [17]:

$$\text{Waktu Tunda Serial} = \frac{\text{Ukuran Frame (bit)}}{\text{Lebar Jalur (bps)}} \quad (4.1)$$

3. Waktu Tunda Pemrosesan (*Processing Delay*)

Waktu tunda pemrosesan adalah waktu yang diperlukan untuk membentuk suara menjadi suatu paket. Waktu tunda pemrosesan ini terdiri dari dua :

- *Coding, compressing, decompressing, dan decoding*

Waktu yang diperlukan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital dan sebaliknya. Waktu tunda ini besarnya didasarkan pada algoritma kompresi yang dipakai. ITU-T telah menstandarkan untuk algoritma kompresi CS-ACELP G.729 mempunyai waktu tunda kompresi 15 ms.

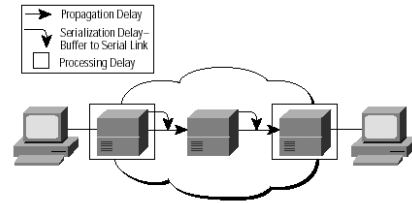
- *Packetization*

Waktu tunda pemaketan adalah waktu tunda yang diperlukan untuk menempatkan paket suara setelah proses kompresi ke dalam *payload*. Untuk ITU-T G.729 waktu

tunda pemaketan adalah 10 ms untuk 10 *byte* paket.

Tabel 4.2. Waktu Tunda Pemaketan [22]

Coder	Ukuran Payload (byte)	Waktu tunda Pemaketan	Ukuran Payload (byte)	Waktu tunda Pemaketan
PCM, G.711 64 kbps	160	20 ms	240	30 ms
ADPCM, G.726, 32 kbps	80	20 ms	120	30 ms
CS-ACELP, G.729, 8 kbps	20	20 ms	30	30 ms



Gambar 4.7. Komponen Waktu Tunda Tetap [15]

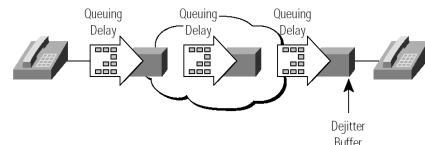
Sedangkan komponen waktu tunda variabel adalah [15]:

1. *Dejitter Buffer*

Penyangga *dejitter* digunakan pada DTE penerima untuk memperhalus variasi waktu tunda dan untuk memenuhi proses dekoding dan dekompresi. Penyangga *dejitter* ini juga membantu untuk menghasilkan pembentukan kembali (*playback*) suara.

2. Waktu Tunda Antrian (*Queuing Delay*)

Waktu tunda antrian disebabkan oleh proses menunggu suatu paket agar dapat dilayani untuk melewati suatu jalur.



Gambar 4.8. Komponen Waktu Tunda yang Bervariasi [15]

4.3.2. Variasi Waktu Tunda (*Jitter*)

Jitter adalah salah satu faktor yang ikut mempengaruhi waktu tunda. *Jitter* merupakan variasi waktu kedatangan suatu paket yang berdekatan. *Jitter* akan menyebabkan terjadinya suara yang terdengar menjadi tidak alami [5].

Salah satu cara yang sederhana untuk mengatasi *jitter* biasanya dipasang sebuah penyangga pada penerima untuk memperhalus pembentukan kembali (*playback*) sinyal suara, seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 4.10. Penyangga *Jitter* [5]

4.4. Pemecahan Paket

Salah satu tantangan yang terbesar pada pengintegrasian suara dan data adalah pengaturan terhadap waktu tunda ujung ke ujung searah maksimum (*maximum one way end-to-end delay*), untuk lalu lintas yang sensitif terhadap waktu seperti suara.

Untuk mendapatkan kualitas suara yang baik, waktu tunda ini harus lebih kecil dari 150 ms. Salah satu bagian terpenting dari waktu tunda ini adalah waktu tunda serial yaitu waktu yang dibutuhkan oleh bit-bit untuk ditempatkan ke dalam antarmuka.

Jika paket data tersebut dipecah (*fragmented*) menjadi paket-paket yang lebih kecil, maka paket-paket tersebut dapat disisipi (*interleaved*) oleh paket-paket suara. Dengan cara ini kedua paket data dan suara dapat dikirimkan bersama-sama tanpa menyebabkan waktu tunda yang berlebihan bagi lalu lintas suara.

Tabel 4.3 berikut ini akan menunjukkan ukuran pecahan paket yang direkomendasikan untuk suatu jalur dengan kecepatan tertentu

Tabel 4.3. Ukuran Pecahan Paket pada Jalur [18]

Kecepatan Jalur (kbps)	Pecahan Paket yang Direkomendasikan
56	70 byte
64	80 byte
128	160 byte
256	320 byte
512	640 byte
768	1000 byte
1536	1600 byte

4.4.1. Model Pemecahan Paket

Frame Relay Forum telah menstandarkan dua Persetujuan Implementasi yang digunakan untuk memecah paket menjadi paket-paket yang lebih kecil, yaitu FRF.11 (*Voice over Frame Relay Implementation Agreement*) Annex – C dan FRF.12 (*Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement*).

Frame relay DLCI hanya menggunakan salah satu dari dua standar pemecahan paket ini dengan persyaratan [11]:

- Jika DLCI disusun untuk VoFR, maka digunakan FRF.11 Annex – C untuk pemecahan paket
- Jika DLCI tidak disusun untuk VoFR (hanya membawa paket data *non real time*), maka digunakan FRF.12 untuk pemecahan paket. Jika DLCI membawa suatu paket VoIP (*Voice over Internet Protocol*) maka tetap digunakan FRF.12 karena paket VoIP tetap dianggap sebagai data biasa

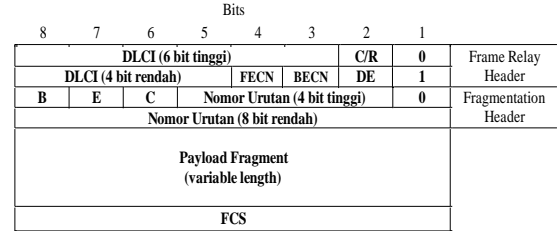
4.4.1.1. Pemecahan Paket Berdasarkan FRF.12 (*End-to-End Fragmentation*)

Pemecahan paket ujung ke ujung (*end-to-fragmentation*) digunakan antara DTE yang setingkat, dan terletak hanya pada PVC saja.

Pemecahan ini digunakan untuk pertukaran lalu lintas *non-real time* yang melalui antarmuka yang lebih lambat [10].

DTE pengirim akan memecah paket yang panjang menjadi sebuah urutan paket-paket yang pendek, dan akan digabungkan kembali menjadi paket yang asli oleh DTE penerima.

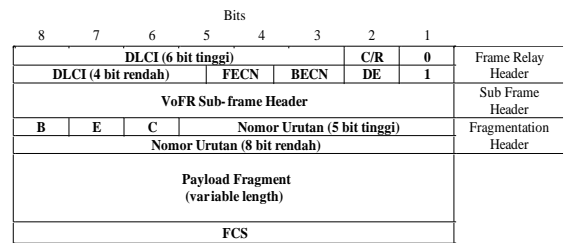
Format untuk masing-masing pecahan paket diperlihatkan pada gambar berikut [10]:



Gambar 4.11. Format Pemecahan Ujung ke Ujung [7]

4.4.1.2. Pemecahan Paket Berdasarkan FRF.11 Annex – C

FRF.11 Annex – C menentukan sebuah format yang memungkinkan pembungkusan paket-paket data yang dipecah ke dalam *payload data sub frame* VoFR. PVC yang menggunakan *payload data sub frame* VoFR untuk paket *non-voice* harus menggunakan *Data Transfer Syntax Payload Format* yang ditentukan di dalam FRF.11 Annex – C, sebagai pengganti format FRF.12.



Gambar 4.12. Format Pecahan Paket FRF.11 Annex – C [21]

4.5. Kompresi Suara

Teknologi kompresi suara memungkinkan jaringan pensaklaran paket untuk lebih efektif membawa kombinasi informasi suara dan data. Ketika kecepatan akses *frame relay* yang biasanya berada pada kecepatan 56-64 kbps, penggunaan algoritma kompresi suara dengan bit rendah akan sangat membantu penghematan lebarpita, sehingga beberapa panggilan dapat dilaksanakan bersama-sama.

Ada beberapa teknologi kompresi suara yang saat ini digunakan pada pemaketan suara dengan algoritma kompresi tipikal didasarkan pada teknologi CELP (*Code Excited Linear Prediction*). Tabel algoritma kompresi suara dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini

Tabel 4.4 Metode Kompresi [17]

Metode Kompresi	MOS	Waktu Tunda Kompresi	Bit Rate (kbps)
PCM	4,4	0,75 ms	64
ADPCM	4,1	1 ms	32, 24, 16
LD-CELP	3,65	3-5 ms	16
CS-ACELP	3,9	15 ms	8
MP-MLQ	3,8	30 ms	5,3-6,3

Frame Relay Forum telah merekomendasikan bahwa standar (*default*) algoritma kompresi suara yang digunakan adalah G.729 CS-ACELP (*Conjugate Structure – Algebraic Code Excited Linear Prediction*) [1, 35].

4.5.1. MOS (Mean Opinion Score)

Kualitas kompresi suara biasanya diukur dalam MOS (*Mean Opinion Score*). MOS mempunyai nilai antara 1 (*Bad/Jelek*) hingga 5 (*Excellent/Memuaskan*) yang dinyatakan dalam tabel 4.5.

Nilai MOS 4-5 menyatakan kualitas toll (*toll quality*), nilai 3-4 menyatakan kualitas komunikasi (*communication quality*), dan kurang dari 3 menyatakan kualitas sintetik (*synthetic quality*) [15].

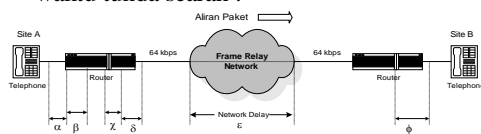
Tabel 4.5. MOS (Mean Opinion Score) [5]

Rating	Kualitas Pembicaraan	Keterangan
5	<i>Excellent / Memuaskan</i>	Pembicaraan orang ke orang
4	<i>Good / Baik</i>	Pembicaraan kualitas telepon
3	<i>Fair / Cukup</i>	Cukup dimengerti, tetapi kualitas tidak terlalu baik
2	<i>Poor / Kurang</i>	Dapat mengerti kata-kata, tetapi tidak dapat mengenali si pembicara
1	<i>Bad / Jelek</i>	Tidak dapat mengerti kata-kata dan mengenali si pembicara

4.6. Analisa Unjuk Kerja Voice over Frame Relay

4.6.1. Perhitungan Delay Budget

Umumnya batas waktu tunda searah yang dapat diterima pengguna adalah 150 ms. Jika waktu tunda tersebut meningkat melebihi nilai tersebut maka pembicara dan pendengar menjadi tak sinkron (*un-synchronized*). Berikut ini akan diberikan contoh tentang perhitungan waktu tunda searah :



Keterangan:

- α = Waktu Tunda Pengkodean δ = Waktu Tunda Serial
 β = Waktu Tunda Pemaketan ϵ = Waktu Tunda Jaringan
 χ = Waktu Tunda Antrian ϕ = Waktu Tunda Penyangga *de-jitter*

Gambar 4.13. Hubungan Langsung

Gambar 4.13 menunjukkan suatu hubungan langsung antara pembicara dan pendengar. Jarak antara pembicara (*site A*) dan pendengar (*site B*) diasumsikan 5.000 km, paket yang dikirimkan sebesar 20 *byte* dan antri dibelakang dua paket suara 20 *byte*, jaringan yang dipakai adalah jaringan frame relay dengan *leased line* 64 kbps. Berdasarkan asumsi diatas maka dapat dilakukan perhitungan untuk waktu tunda searah sebagai berikut:

Tabel 4.6. Perhitungan Waktu Tunda Searah Hubungan Langsung

Tipe waktu Tunda	Waktu Tunda Tetap	Waktu Tunda Variabel
Pengkodean	15 ms	
Pemaketan	20 ms	
Antrian/Penyangga		5 ms
Serial (64 kbps)	2,5 ms	
Jaringan	30 ms	25 ms
Penyangga dejitter	45 ms	
Total	100,5 ms	30 ms

4.6.2. Perhitungan Lebarpita Paket Suara

Dalam membangun suatu jaringan suara paket, salah satu hal penting yang harus diperhatikan adalah perancangan kapasitas. Dalam perancangan kapasitas ini perhitungan jumlah lebarpita menjadi sangat penting karena berpengaruh terhadap jumlah pengguna / panggilan.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan lebarpita suara paket dari VoFR. Untuk melakukan perhitungan digunakan beberapa asumsi:

A. Asumsi

- Codec yang digunakan CS-ACELP (G.729) 8 kbps
- Ukuran *Payload* Suara = 20 *byte* (*default*)
- 2 *byte* DLCI *header*
- 2 *byte* FRF.11 *header*
- 1 *byte* *sequence number*
- 2 *byte* FCS

B. Perhitungan

1. *Payload* Suara
 $2 \times 80 \text{ bit} = 160 \text{ bit} = 20 \text{ byte}$
2. Jumlah Paket Suara per detik (PPS)

$$\text{PPS} = \frac{\text{Codec bit rate}}{\text{payload suara}}$$

$$= \frac{8.000 \text{ bps}}{160 \text{ bit}} = 50 \text{ PPS}$$
3. Ukuran paket suara
 $20 \text{ byte payload suara} + 7 \text{ byte Header}$
 $= 27 \text{ byte} = 216 \text{ bit}$
(Header = DLCI + FRF.11 + Seq.Number + FCS)
4. Perhitungan Lebarpita
 $216 \text{ bit paket suara} \times 50 \text{ PPS} = 10,8 \text{ kbps per panggilan}$

Nilai dari beberapa ukuran paket dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.7. Lebarpita yang Diperlukan Tiap Panggilan VoFR

Codec	Lebarpita Codec	Ukuran Frame Suara	Lebarpita per Panggilan
CS-ACELP	8.000 bps	20 <i>byte</i>	10.800 bps
CS-ACELP	8.000 bps	30 <i>byte</i>	9.866 bps
CS-ACELP	8.000 bps	40 <i>byte</i>	9.400 bps
CS-ACELP	8.000 bps	80 <i>byte</i>	8.700 bps
CS-ACELP	8.000 bps	120 <i>byte</i>	8.466 bps

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. *Frame relay* merupakan suatu jaringan pensaklaran paket yang bersifat *connection oriented*. *Frame relay* pada awalnya dikhususkan untuk lalu-lintas data tetapi pada saat sekarang sudah dapat dikembangkan untuk membawa lalu-lintas suara.
2. Untuk layanan VoFR, *payload* mempunyai 2 tipe yaitu *payload* primer dan persinyalan. *Payload primer* dapat berisi informasi suara yang dikodekan, *encoded fax*, dan data. Sedangkan *payload* persinyalan dapat berisi digit putar, indikasi kesalahan, bit persinyalan, dan lain-lain.
3. Waktu tunda ujung ke ujung (*end-to-end delay*) terdiri dari waktu tunda tetap dan bervariasi. Besarnya waktu tunda ujung ke ujung yang ideal adalah 150 milidetik (standar ITU-T G.114).
4. Waktu tunda tetap terdiri dari waktu tunda perjalanan, serial, dan pemrosesan. Sedangkan waktu tunda variasi terdiri dari waktu tunda penyangga *de jitter*, dan antrian.
5. Pemecahan paket frame relay terdiri dari dua jenis yaitu pemecahan paket berdasarkan FRF.12 dan FRF.11 Annex C.
6. Pemecahan paket FRF.12 digunakan untuk memecah paket data bila tidak terdapat layanan VoFR, sedangkan bila digunakan layanan VoFR maka pemecahan paket dilakukan berdasarkan FRF.11 Annex C.
7. Algoritma kompresi suara yang digunakan adalah CS-ACELP dengan laju 8 kbps. Panjang paket suara dapat bervariasi dari 10 hingga 60 *byte*, dimana panjang paket standar adalah 20 *byte*.
8. Berdasarkan perhitungan, lebarpita per panggilan VoFR lebih kecil dari VoIP sehingga VoFR lebih efisien dalam penggunaan jalur.

5.1. Saran

1. Tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan pembahasan mengenai layanan video pada jaringan *frame relay*, perbandingan antara VoFR dengan layanan suara paket lainnya seperti VoIP, ataupun lebih lagi dikhususkan terhadap algoritma kompresi suara CS-ACELP
2. Selain itu juga pembahasan dapat dikembangkan tentang pengintegrasian antara jaringan *frame relay* dan ATM.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] _____, "Integration of Voice and Data Network," <http://www.networking.ibm.com/voice/integration.html>
- [2] _____, "Network Convergence – One Network for Voice and Data," <http://www.gte.com/atm>
- [3] _____, "A Discussion of Voice over Frame Relay" August 2000 <http://www.frforum.com/4000/4017.html>
- [4] _____, "Trillium Frame Relay White Paper" http://www.trillium.com/whats-new/wp_frmrly.html
- [5] _____, "Voice over Internet Protocol" <http://lumumba.luc.ac.be/jori/thesis/onlinethesis/content.html>
- [6] _____, "Voice/Fax over Frame Relay vs. Voice/Fax over IP" <http://www.memotec.com/technology/frirp.p.html>
- [7] A.G. Malis (ed.), "Frame Relay Fragmentation Agreement (FRF.12)", Frame Relay Forum Technical Committee, 1997
- [8] A. S. Tanenbaum, "Jaringan Komputer", edisi Bahasa Indonesia, jilid 1 dan 2, Prehallindo, Jakarta, 1997
- [9] B. Giran, "Voice over Frame Relay, IP, and ATM," RAD Data Communication Ltd. <http://www.protocols.com/papers/voe.htm>
- [10] Cisco Systems, "Deploying Voice over ATM or Frame Relay Networks", Cisco Systems Inc. http://www.cisco.com/networkers/nw99_press/403.pdf
- [11] Cisco Systems, "Frame Relay Fragmentation for Voice", Cisco Systems Inc. http://www.cisco.com/warp/public/788/vofr/fr_ag.htm
- [12] Cisco Systems, "Frame Relay", Internetworking Technology Overview, Juni 1999 http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/frame.html

- [13] Cisco Systems, "Frame Relay Traffic Shapping for VoIP dan VoFR", Cisco Sistem Inc.
http://www.cisco.com/warp/public/788/voip/fr_traffic.html
- [14] Cisco Systems, "Introduction to VoIP," Cisco Systems Inc.
http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/lan/cat4000/inst_nsts/c4224_cn/voipintr.htm
- [15] Cisco Systems, "Packet Voice Networking", Cisco Systems Inc.
http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/me3810/prodlit/pvnet_in.pdf
- [16] Cisco Systems, "Understanding Delay in Packet Voice Networks", Cisco Systems Inc.
<http://www.cisco.com/warp/public/788/voip/delay-details.html>
- [17] Cisco Systems, "Voice over IP – Per Call Bandwidth Consumption", Cisco System Inc.
http://www.cisco.com/warp/public/788/pkt-voice-general/bwidth_consume.pdf
- [18] Cisco Systems, "VoIP over Frame Relay with Quality of Service", Cisco Systems Inc.
<http://www.cisco.com/warp/public/788/voice-qos/voip-0v-fr-qos-htm>
- [19] D. Minoli, "Voice Compression,"Datapro Information Service, Sept. 1988
<http://163.18.14.55/datapro/51140-1.htm>
- [20] Frame Relay Forum,"The Basic Guide to Frame Relay Networking", Frame Relay Forum
<http://www.frforum.com>
- [21] K. Rehbehn, R. Kocen, dan T. Tahala (ed.), "Voice over Frame Relay Implementation Agreement (FRF.11)," Frame Relay Forum Technical Committee, 1988
- [22] L. W. Couch II, "Digital and Analog Communication System", 5th edition, Prentice Hall. Inc., International Edition, 1997
- [23] L. Pouchard dan J. Redwine, "Frame Relay Network : An Introduction"
http://www.cs.utk.edu/~pouchard/frame/fr_new.html
- [24] R. Horak, "Voice over Frame Relay", May 2001
<http://www.commweb.com/article/COM20010506S0001>
- [25] R. L. Freeman, "Telecommunication Transmission Handbook", 3rd edition, John Wiley and Son Inc., USA, 1991
- [26] S. Soulhi,"Telephony over Packet Network", IEEE Canadian Review-Winter/Hiver 1999
- [27] S. Widodo dan B. Basuki, "Komunikasi Data I", Diktat Kuliah Politeknik Negeri Semarang, 1997
- [28] Sunomo., "Frame Relay dan Perkembangannya", Majalah Elektro Indonesia, Edisi ke Delapan, 1997
<http://www.ElektroIndonesia.com/elektro/elkom8a.html>
- [29] W. Stallings, "ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM", Third Edition, Prentice Hall International Inc.,1995.

Menyetujui,
Pembimbing II

Sukiswo, ST
NIP. 132162548