

**PERENCANAAN INTERKONEKSI
JARINGAN *BLUETOOTH*
PADA JARINGAN ATM (*asynchronous transfer mode*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh:

M ROFIX

NIM. 0110633051-63

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

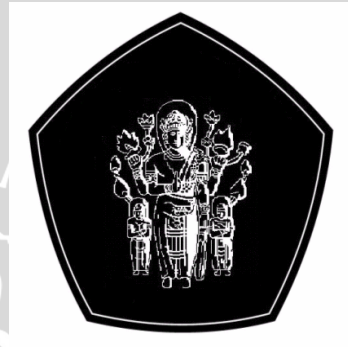
MALANG

2006

**PERENCANAAN INTERKONEKSI
JARINGAN *BLUETOOTH*
PADA JARINGAN ATM (*asynchronous transfer mode*)**

S K R I P S I

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

M ROFIX

NIM. 0110633051 - 63

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing:

Ir. Erfan Ahmad D
NIP. 131 124 663

Ali Mustofa, ST. MT.
NIP. 132 258 187

**PERENCANAAN INTERKONEKSI
JARINGAN *BLUETOOTH*
PADA JARINGAN ATM (*asynchronous transfer mode*)**

Disusun oleh:

M ROFIX
NIM. 0110633051 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 15 Juli 2006

MAJELIS PENGUJI:

Ir. Sugiri
NIP. 130 890 044

Ir. Endah Budi P, MT
NIP. 131 839 362

Dwi Fadila K, ST.MT
NIP. 132 258 185

Ir. Wahyu Adi P, MS
NIP. 131 759 602

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Purwanto, MT
NIP. 131 574 847

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir dengan judul "Perencanaan Interkoneksi Jaringan *Bluetooth* Pada Jaringan ATM (*asynchronous transfer mode*)" dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan tugas akhir ini banyak mendapat motivasi serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Purwanto, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Wahyu Adi Priyono, MS. Selaku KKDK Teknik Telekomunikasi, atas bimbingan, saran dan koreksinya, hingga judul ini terselesaikan.
3. Bapak Ir. Erfan Achmad Dahlan dan Bapak Ali Mustofa, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan hingga terselesaikan tugas akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Elektro 2001, dan teman-teman konsentrasi Teknik Telekomunikasi atas masukannya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran diharapkan demi kesempurnaan.

Akhir kata, Semoga apa yang terdapat dalam tugas akhir ini, dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Malang, Juni 2006

Penulis

TABLE OF CONTENTS

TITLE OF PAGE

AUTENTICATION OF PAGE

PREFACE	i
ABSTRACT	ii
TABLE OF CONTENT	iii
LIST PICTURE	vi
LIST OF TABLES	vii

CHAPTER I. PREFACE

1.1 Background.....	1
1.2 Problem.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Destination.....	2
1.5 Writing systematic way	2

CHAPTER II. BLUETOOTH

2.1 Umum	4
2.2 Pendukung Bluetooth	4
2.2.1 Sistem Bluetooth.....	4
2.2.2 Frequency hopping spread spectrum (FHSS).....	6
2.2.3 Macam transmisi pada Bluetooth	7
2.2.3.1 Asynchronous connectionless (ACL).....	7
2.2.3.2 Synchronous connection oriented (SCO)	8
2.3 Arsitektur Bluetooth	8
2.3.1 Format paket	8
2.3.2 Tipe paket Bluetooth	10
2.3.3 Komponen Bluetooth.....	13
2.4 Arsitektur jaringan Bluetooth	14
2.5 Protokol	15
2.6 Protokol pada Bluetooth	16
2.6.1 Protokol inti Bluetooth	17
2.6.1.1 Radio frekuensi.....	17

2.6.1.2	Baseband.....	18
2.6.1.3	Link manager protocol (LMP).....	19
2.6.1.4	Logical link controller & adaptation protocol (L2CAP).....	20
2.6.1.5	Audio	20
2.6.2	Protokol pertengahan Bluetooth.....	20
2.6.2.1	Service discovery protocol (SDP)	20
2.6.2.2	TCP/IP	20
2.6.2.3	RFCOMM.....	21
2.6.3	Protokol aplikasi.....	21
2.6.4	Adopted protocol.....	21
2.6.4.1	Point to point protocol (PPP).....	21
2.6.4.2	TCP/IP/UDP	21
2.6.4.3	Object exchange protocol (OBEX protocol)	21
2.6.4.4	Wireless application protocol (WAP).....	22
2.7	Bluetooth device address (BD ADDR)	22
2.8	Bluetooth Clock.....	22
2.9	Parameter jaringan Bluetooth.....	22
2.9.1	Signal to noise ratio (S/N).....	22
2.9.2	Delay time.....	24
2.9.3	Throughput	26

CHAPTER III. ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

3.1	Arsitektur Layer ATM.....	28
3.2	Physical Layer	29
3.3	ATM Layer	30
3.3.1	Format Sel ATM.....	31
3.3.2	Struktur Sel ATM.....	31
3.4	ATM Adaptation Layer (AAL)	33
3.4.1	ATM Adaptation Layer (AAL 1)	35
3.5	Layanan ATM.....	36
3.6	Parameter jaringan ATM.....	38
3.6.1	Kualitas layanan (quality of service).....	38
3.6.2	Delay time jaringan	38
3.6.3	Probabilitas kesalahan	41



3.6.4	Throughput	42
-------	------------------	----

CHAPTER IV. METODOLOGI

4.1	Metode pemilihan jaringan	44
4.2	Metode pengambilan data karakteristik jaringan.....	44
4.3	Metode perencanaan interkoneksi jaringan	45
4.4	Metode perhitungan parameter kinerja jaringan.....	45

CHAPTER V. PERENCANAAN INTERKONEKSI JARINGAN BLUETOOTH PADA JARINGAN ATM

5.1	Konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan Bluetooth pada jaringan ATM	46
5.2	Mekanisme pembentukan jaringan Bluetooth	48
5.2.1	Pembentukan sambungan	48
5.3	Perencanaan hardware jaringan Bluetooth terhadap ABR (available bir rate) service pada jaringan ATM	49
5.4	Mekanisme transmisi informasi interkoneksi jaringan Bluetooth pada jaringan ATM	50
5.5	Peramalan kedatangan (forecast) cell pada jaringan ATM, terhadap kecepatan kedatangan paket pada jaringan Bluetooth.....	51
5.6	Perencanaan parameter trafik pada jaringan Bluetooth.....	53
5.6.1	Definisi trafik.....	53
5.7	Trafik perencanaan interkoneksi jaringan Bluetooth pada jaringan ATM.....	54
5.8	Parameter perencanaan jaringan.....	54
5.8.1	Performansi jaringan Bluetooth.....	54
5.8.2	Delay time.....	57
5.8.3	Throughput	65
5.8.4	Nilai free space loss	72

CHAPTER VI. PENUTUP

6.1	Kesimpulan.....	74
6.2	Saran	75

DAFTAR PUSTAKA	76
-----------------------------	----

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Time slots</i> dengan <i>time division duplex</i> (TDD).....	4
Gambar 2.2 Blok diagram sistem <i>Bluetooth</i>	5
Gambar 2.3 Model transmisi SCO dan ACL <i>Bluetooth</i>	7
Gambar 2.4 <i>Header payload</i> paket ACL	8
Gambar 2.5 Format paket, format kode akses dan <i>header</i> paket.....	9
Gambar 2.6 <i>Piconet</i> pada <i>scatternet</i>	14
Gambar 2.7 Protokol <i>Bluetooth</i>	17
Gambar 3.1 Model referensi protokol ATM.....	28
Gambar 3.2 Format <i>cell</i> ATM.....	31
Gambar 3.3 Format <i>header</i> sel ATM.....	32
Gambar 3.4 <i>Virtual Circuit</i> dan <i>Virtual Path Switching</i>	33
Gambar 3.5 Pemrosesan data AAL, Pengaturan data ATM	35
Gambar 5.1 Konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan <i>Bluetooth</i> pada jaringan ATM.....	47
Gambar 5.2 Konfigurasi <i>delay time</i> pada perencanaan interkoneksi jaringan	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Kode untuk tipe paket <i>Bluetooth</i>	10
Tabel 2.2 Kecepatan transmisi paket ACL	13
Tabel 2.3 Klasifikasi daya pancar <i>radio Bluetooth</i>	18
Tabel 3.1 Format <i>Physical Layer</i>	30
Tabel 3.2 Pembagian kelas pada AAL	34
Tabel 5.1 contoh alokasi <i>hop</i> frekuensi <i>inquiry</i>	49
Tabel 5.2 contoh aplikasi <i>hops</i> frekuensi <i>paging</i>	49
Tabel 5.3 <i>Throughput</i> pada <i>link</i> 1 untuk paket 1024 byte MSS 512 byte	66
Tabel 5.4 <i>Throughput</i> maksimum pada <i>link</i> 1	68



RINGKASAN

M ROFIX, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2006, Perencanaan Interkoneksi Jaringan Bluetooth Pada Jaringan ATM (asynchronous transfer mode), Dosen Pembimbing Ir. Erfan Achmad Dahlan, Ali Mustofa, ST., MT.

Perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM (*asynchronous transfer mode*) merupakan perencanaan yang berdasarkan pada pemilihan jaringan dengan efisiensi dan fleksibilitas jaringan. Jaringan *Bluetooth* sebagai jaringan utama dengan kemudahan instalasi akses jaringan *wireless* (sebagai *access point* jaringan), yang dapat mendukung beberapa *user* dalam waktu bersamaan, dengan pembagian *time slot* melalui teknologi *frequency hopping*, dan jaringan ATM sebagai jaringan pendukung aplikasi ke jaringan *internet* dengan kecepatan tinggi yang mempunyai fleksibilitas *bandwidth*.

Dalam perencanaan interkoneksi lebih dititikberatkan pada mekanisme perencanaan yaitu, dalam hal pemilihan jaringan serta pendukungnya, prinsip dasar dari sistem jaringan, mekanisme transmisi informasi, trafik jaringan dan beberapa parameter jaringan diantaranya, performansi jaringan *Bluetooth*, waktu transfer jaringan interkoneksi, *free space loss*, serta *throughput* jaringan sebagai pembanding pada perencanaan.

Dari proses perencanaan maka ditentukan jaringan perencanaan interkoneksi yaitu jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM, karakteristik jaringan perencanaan terdiri dari pembentukan sambungan pada jaringan *Bluetooth* yang terdiri dari tahap *Address discovery* dan *Synchronization*, dengan perencanaan *throughput* 705 kbps, maka didapatkan jaringan *Bluetooth* sebagai perencanaan dengan kapasitas *throughput hardware* 487,724 kbps dan *throughput* maksimum 656,815 kbps. Yang digunakan sebagai dasar dari kontrak trafik ABR (*available bit rate*) pada jaringan ATM, besar paket dan kecepatan transfer pada jaringan *Bluetooth* mempengaruhi trafik sel pada jaringan ATM.

Pada sistem perencanaan jaringan setelah dilakukan perhitungan maka dapat diketahui beberapa parameter-parameter perencanaan *Delay handoff* jaringan *Bluetooth* sebesar 854 *slots* atau 534 ms, *Free space loss* jaringan *Bluetooth* rata-rata $L_{fs} = 60,18$ dBW, *Delay time* jaringan 173,3989 ms, *Throughput link* 1,2,3 $\eta_1 = 487,724$ kbps, $\eta_2 = 193,344$ kbps, $\eta_3 = 16,593$ Mbps, *Throughput_{MAX} link* 1,2,3 $\eta_{1MAX} = 656,815$ kbps, $\eta_{2MAX} = 1,2429$ Mbps, $\eta_{3MAX} = 125,198$ Mbps, *efisiensi throughput₁* = 5,45%, *efisiensi throughput₂* = 15,55%, *efisiensi throughput₃* = 13,25%, *Throughput_{MAX}* berdasarkan probabilitas *error* $\lambda_{1MAX} = 3235,6$ bit/s, $\lambda_{2MAX} = 144325,3$ bit/s, $\lambda_{3MAX} = 7267411,1$ bit/s.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi telekomunikasi tanpa disadari telah banyak mengalami perubahan percepatan yang cukup signifikan, sehingga belum sempat teknologi tersebut diaplikasikan, sudah lahir teknologi-teknologi baru yang lain.

Salah satu teknologi yang diharapkan dapat membawa perubahan dalam teknologi telekomunikasi adalah jaringan komunikasi yang fleksibel, efisien dan tanpa lisensi, yang dapat digunakan di daerah khusus dan bebas biaya. Walaupun demikian tidak mungkin untuk membuat jaringan yang benar-benar bebas tanpa biaya, tapi tetap murah dalam pengoperasiannya, sebagai pendukung akses ke jaringan yang lebih luas, yaitu jaringan *internet*. Jaringan ini harus memiliki semua karakteristik yang dapat mendukung semua kebutuhan jaringan yang dibangun sebelumnya. Untuk itu dalam perencanaan jaringan tersebut, harus ditentukan parameter parameter yang sesuai dengan kriteria diatas.

Perencanaan jaringan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah teknologi *wireless Bluetooth*, teknologi yang ditujukan sebagai protokol *wireless* yang efisien, berdaya rendah dan murah, yang berbasis teknologi media *wireline ATM* (*asynchronous transfer mode*) yang merupakan metode akses dengan kecepatan tinggi saat ini. Jaringan ATM sebagai pendukung trafik hingga 155,55 Mbps sedangkan jaringan *Bluetooth* dengan kecepatan transmisi 1 Mbps, yang bekerja pada frekuensi 2,4 – 2,4835 GHz diharapkan dapat memberikan fleksibilitas jaringan dan memberikan kemudahan interkoneksi perangkat-perangkat yang bisa mendukung teknologi *Bluetooth* (seperti: PC, *mobile PC*, *mobile phone*, PDA (*personal digital assistant*)) ke jaringan interkoneksi.

Adapun perencanaan jaringan melalui beberapa tahapan perencanaan yang baik, sehingga jaringan mempunyai spesifikasi yang diharapkan, perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang sistem jaringan baik konfigurasi, mekanisme maupun kinerja dari sistem jaringan yang direncanakan, satu hal yang juga diperhitungkan adalah mengetahui

mekanisme pembentukan jaringan *Bluetooth* sampai pada layanan pada jaringan ATM yakni ABR (*available bit rate*) service, sebagai unjuk kerja perencanaan dilakukan perhitungan nilai *delay time*, nilai *throughput* dan *free space loss* jaringan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar uraian tersebut diatas, maka rumusan masalah adalah berikut:

1. Bagaimana konfigurasi interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM.
2. Bagaimana mekanisme pembentukan jaringan *Bluetooth*.
3. Bagaimana perencanaan *hardware* jaringan *bluetooth* terhadap ABR (*available bit rate*) service pada jaringan ATM.
4. Bagaimana mekanisme transmisi informasi interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM.
5. Bagaimana perencanaan peramalan kedatangan (*forecast*) *cell* terhadap kecepatan kedatangan paket pada jaringan *Bluetooth*.
6. Seberapa besar kinerja jaringan, pada perencanaan interkoneksi jaringan dengan parameter standart jaringan.

1.3 Batasan Masalah

Berkaitan dengan pembahasan rumusan masalah maka penelitian hanya pada:

1. *Throughput* sebagai parameter perencanaan jaringan interkoneksi.
2. Perencanaan jaringan sesuai model jaringan perencanaan.
3. Referensi standart ATM mengacu pada referensi ITU-T.
4. Referensi standart *Bluetooth* mengacu pada publikasi *Bluetooth SIG (Special Interest Group)*.
5. Membahas tentang mekanisme pembentuk jaringan interkoneksi.
6. Penentuan *hardware* sebagai perhitungan kapasitas *throughput* jaringan.
7. *Hardware* jaringan *Bluetooth* sesuai standart SIG.

1.4 Tujuan Penulisan

Penulisan penelitian ini bertujuan untuk merencanakan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari beberapa bab yaitu:

Bab I Pendahuluan, yang memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

Bab II *Bluetooth*, membahas tentang arsitektur pembentuk jaringan *Bluetooth*.

Bab III ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), membahas tentang konsep jaringan ATM.

Bab IV Metodologi, membahas tentang metodologi dalam penulisan tugas akhir ini.

Bab V Perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM, membahas tentang perencanaan interkoneksi jaringan, serta parameter penting perencanaan interkoneksi jaringan.

Bab VI Penutup, memberi kesimpulan dan saran, berkaitan dengan perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM yang telah dilakukan.



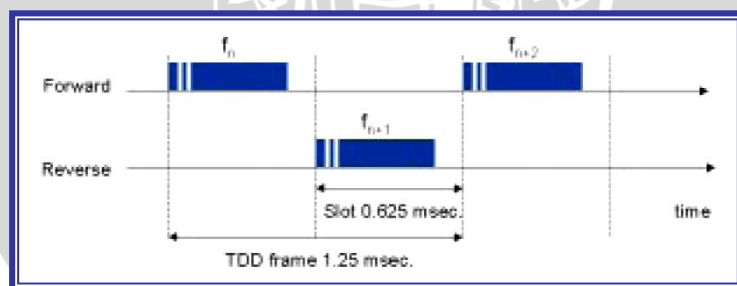
BAB II

BLUETOOTH

2.1 Umum

Bluetooth adalah teknologi pendukung jaringan *wireless* pada frekuensi tinggi yang bekerja pada jarak terbatas, dengan konsumsi daya rendah, piranti *Bluetooth* sendiri berupa *card* yang bentuk dan fungsinya hampir sama dengan *card* yang digunakan untuk *wireless local area network* (WLAN) yang menggunakan frekuensi *radio* standar IEEE 802.11.

Bluetooth merupakan teknologi *radio* berbentuk *chip*, sebagai piranti akses jaringan pribadi yang dibentuk antar perangkat yang *portable* dengan *Bluetooth*, *Bluetooth* menggunakan *link radio* 2,4 GHz *unlicensed ISM* (*industrial, scientific and medical*) dengan 79 kanal RF, spasi kanal 1 MHz, *Bluetooth* dirancang untuk mengirim dan menerima informasi melalui metode transmisi TDMA (*time division multiple access*) dengan *mode sinkron* dan *mode asinkron*. *Bluetooth* yang dikenal dengan jaringan *Ad-hoc*, menggunakan sistem TDD (*time division duplex*), yang dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.1. Sistem *Bluetooth* menggunakan metode akses *frequency hopping spread spectrum* (FHSS) yang disebut juga dengan metode lompatan frekuensi.



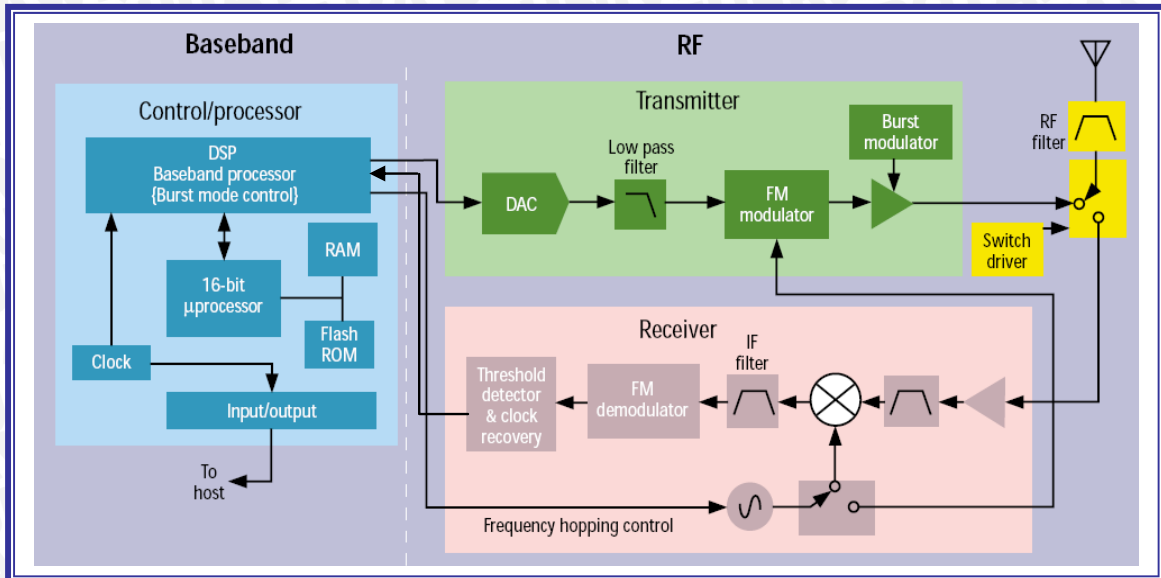
Gambar 2.1 *Time slots* dengan *time division duplex* (TDD)

Sumber: <http://www.Bluetooth.com>

2.2 Pendukung *Bluetooth*

2.2.1 Sistem *Bluetooth*

Bluetooth terdiri dari komponen-komponen pembentuk jaringan yang terdiri dari pemancar, penerima dan pengolah data. Adapun blok diagram sistem *Bluetooth* seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Blok diagram sistem *Bluetooth*

Sumber: <http://www.Bluetooth.com>

➤ Radio frekuensi (RF)

Radio frekuensi merupakan sistem yang mengatur manajemen proses transmisi dengan menggunakan media transmisi gelombang *radio*.

Beberapa perangkat pendukung *radio* frekuensi (RF) *Bluetooth* terdiri dari :

1. Bagian *Transmitter* ;

- ✘ DAC (*Device Access Code*), memberi kode akses ke jaringan.
- ✘ *Low pass filter*, melewatkan informasi (data, *voice*) pada frekuensi rendah.
- ✘ *FM modulator*, me-modulasi sinyal informasi dengan *hopping* frekuensi.
- ✘ *Burst modulator*, menyebarkan sinyal modulasi ke *hop* frekuensi transmisi.

2. Bagian *Receiver* ;

- ✘ *Amplifier*, penguat sinyal *receive* pada *radio Bluetooth*.
- ✘ *Band pass filter*, melewatkan *band* frekuensi kerja *Bluetooth*.
- ✘ *Mixer*, pencampur sinyal *receive* dengan sinyal dari *osilator* lokal.
- ✘ *If filter*, melewatkan sinyal hasil *mixing*
- ✘ *FM demodulator*, pengambilan sinyal informasi.

- ✘ *Threshold detector and clock recovery*, deteksi level sinyal keluaran demodulasi dan pemulihan *clock* sinyal informasi.
- ✘ *Frequency hopping control*, pengatur frekuensi kerja yang digunakan dalam proses *transceiver* sinyal transmisi.

3. Bagian *Transceiver* ;

- ✘ *Switch driver, switching* pembagi antara waktu *transmit* dan *receive* sinyal.
- ✘ *RF filter*, melewati frekuensi kerja *radio Bluetooth*.
- ✘ Dan *Antenna*, sebagai media perubah sinyal elektrik ke dalam medan elektrik dan sebaliknya.

Bluetooth sendiri menggunakan *GFSK (gaussian frequency shift keying)* sebagai teknik modulasi, dimana modulasi digital *FSK* yang menggunakan penyebaran *hop* frekuensi 1 MHz pada tiap paket transmisi informasi dengan menggunakan filter *gaussian* dalam proses transmisi sinyal *Bluetooth* sendiri. Dengan konsumsi daya yang minim, *Bluetooth* sendiri sangat efisien dalam penggunaan daya radiasi.

➤ **Baseband**

Sebagai penyedia layanan-layanan antara lain: *timing, framing*, pentransmisi paket, *flow control*, deteksi kesalahan dan koreksi kesalahan.

Adapun perangkat pendukung *baseband* terdiri dari:

- ✘ *Mikroprosesor-16 bit*, tempat pengola data pada sistem *Bluetooth*.
- ✘ *DSP baseband prosesor*, pengola *timing* antara *transmit* dan *receive*.
- ✘ *RAM*, menyimpan data sementara.
- ✘ *Flash ROM*, menyimpan data permanen, data inisial.
- ✘ *Clock*, pembangkit *timing* pada *hop* sinkronisasi.
- ✘ *Input/output, line* satuan keluar masuk informasi/data.
- ✘ dan media interkoneksi ke perangkat.

2.2.2 **Frequency hopping spread spectrum (FHSS)**

Spread spectrum dengan *frequency hopping* adalah proses *spread* atau penyebaran spektrum yang dilakukan pemancar dengan frekuensi pembawa informasi yang merupakan deretan pulsa termodulasi acak semu (*pseudorandom*) yang dilompat-lompatkan dari satu nilai frekuensi ke nilai frekuensi yang lain dalam lebar spektrum frekuensi yang telah ditetapkan sebelumnya dan berulang kali dengan pola kode yang dapat dimodifikasi secara saling bebas, sehingga dapat menempatkan sejumlah

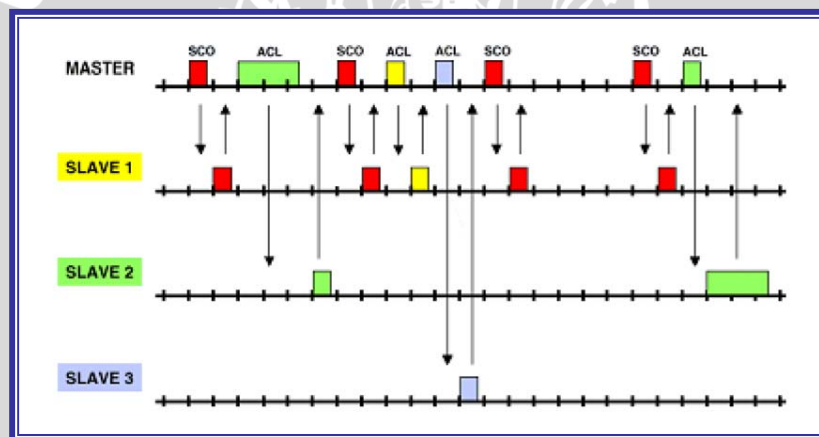
pemakai dalam lebar spektrum frekuensi tersebut dengan berbeda pola acak kode generatornya.

Penyebaran spektrum digunakan, karena:

- Mencegah interferensi internal disebabkan penggunaan frekuensi *radio*.
- Mencegah penyadapan informasi oleh penerima lain.
- Dapat dioperasikan dengan kerapatan spektral berenergi rendah.

2.2.3 Macam transmisi pada *Bluetooth*

Simulasi *time slots* paket SCO (*Synchronous Connection Oriented*) dan paket ACL (*Asynchronous Connectionless*) pada *Bluetooth* ditunjukkan pada Gambar 2.3. Trafik SCO pada *interval* yang sama pada arah *reverse* dan hanya menggunakan satu *time slots* saja, transmisi paket ACL merupakan prioritas kedua setelah paket SCO, paket ACL tidak memerlukan *reverse time slots* yang sesuai dengan arah *forward*, transmisi paket ACL membutuhkan satu, dua atau lima *time slots* paket.



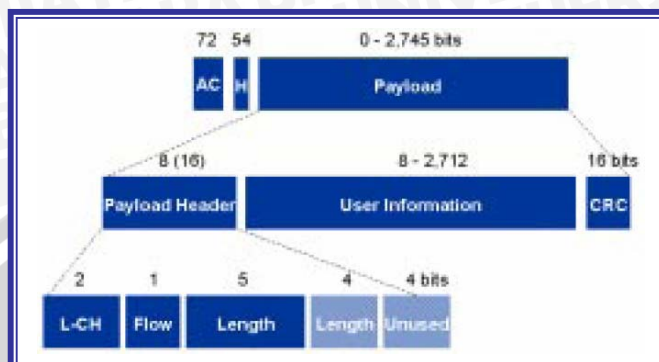
Gambar 2.3 Model transmisi SCO dan ACL *Bluetooth*

Sumber: http://www.baracoda.com/Bluetooth_protocol

2.2.3.1 *Asynchronous connectionless (ACL)*

Transmisi asinkron digunakan bila pengiriman data dilakukan satu karakter setiap kali. Antara satu karakter dengan yang lainnya tidak ada waktu yang tetap. Karakter dapat dikirimkan sekaligus ataupun beberapa karakter kemudian berhenti untuk waktu tidak tentu, lalu dikirimkan sisanya. Akibatnya setiap kali penerima harus melakukan sinkronisasi supaya *bit* data yang dikirimkan diterima dengan benar. dengan demikian penerima harus mengetahui mulainya *bit* pertama dari sinyal data. Caranya dengan memberikan suatu pulsa yang disebut *start pulse* pada awal tiap

karakter. Pulsa ini memberitahukan penerima untuk mulai menerima *bit* data. Umumnya keadaan *idle*, yaitu keadaan tanpa transmisi sinyal, dikatakan keadaan tinggi (*high*) atau *mark*. tiap karakter mengalami sinkronisasi dengan jalan penggunaan *bit* awal dan *bit* akhir.



Gambar 2.4 Header payload paket ACL

Sumber: SIG Forum, 2001

2.2.3.2 Synchronous connection oriented (SCO)

Digunakan untuk transmisi pada kecepatan tinggi, dalam sistem ini baik pengirim maupun penerima bekerja bersama-sama dan sinkronisasi dilakukan setiap sekian ribu *bit* data. *Bit* awal atau akhir data tidak dibutuhkan untuk tiap karakter. Sinkronisasi terjadi dengan jalan mengirimkan pola data tertentu antara pengirim dan penerima. Pola data ini disebut karakter sinkronisasi.

dengan transmisi sinkron, blok atau *frame* data dikirimkan secara *continue* tanpa ada *delay* setiap *elemen* 8-bitnya. Tiap blok panjangnya sama. Waktu antara akhir dari *bit* terakhir dari suatu karakter dan awal *bit* pertama karakter berikutnya harus nol atau kelipatan dari waktu satu karakter. Untuk mencapai sinkronisasi pengirim harus mengirm karakter khusus dan penerima harus mengenalinya.

Pada teknologi *Bluetooth*, transmisi sinkron digunakan untuk mengirimkan data *audio* atau suara dengan kecepatan yang berbeda-beda

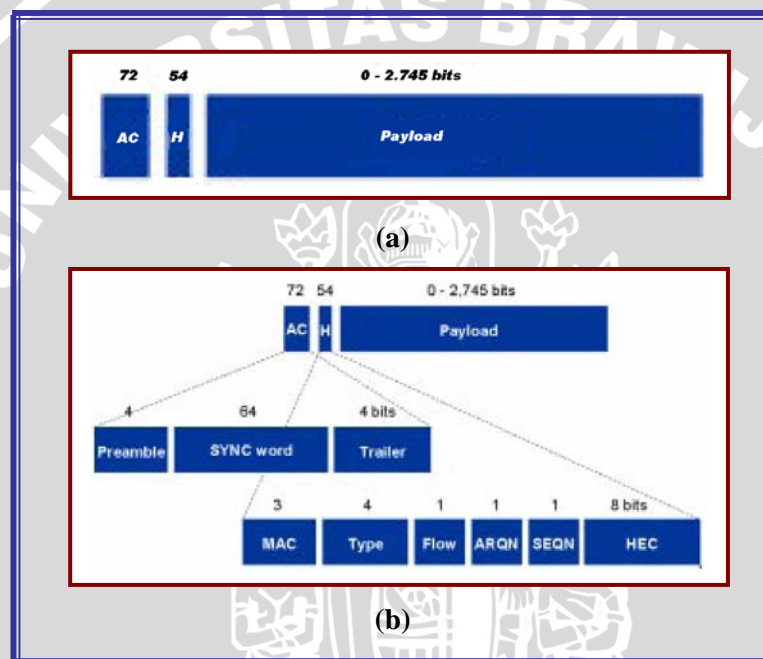
2.3 Arsitektur Bluetooth

2.3.1 Format paket

Format paket *Bluetooth* terdiri dari tiga bagian yaitu kode akses, *header* dan *payload*, seperti pada Gambar 2.5.

72 bit kode akses

Kode akses mempunyai tiga fungsi yaitu sinkronisasi, *DC offset compensation* dan identifikasi *piconet*. *Sliding correlator* digunakan kode akses untuk sinkronisasi. Kode akses juga memuat *sequence* sebesar 4 bit untuk *DC offset compensation*. *Sequence* ini terletak di awal kode akses. Tiap *piconet* ditugaskan suatu pengenal yang diperoleh dari identifikasi perangkat *master* yang menghubungkan tiap paket terpisah ke suatu *piconet*. Proses untuk memperoleh nilai identifikasi *piconet* menjamin terdapatnya jarak minimum *hamming* antara pengenal.



Gambar 2.5 (a) Format paket, (b) format kode akses dan *header* paket

Sumber: SIG Forum, 2001

54 bit header

Header paket mengandung informasi berkaitan dengan hubungan antara *piconet*. Informasi yang termasuk di dalam *header* antara lain alamat anggota *piconet* (0-7), jenis paket dan *general flow control*. *General flow control* terdiri dari *sequence number* dan *acknowledgment bit*. *Header* juga mengandung *header error control word*. *Payload* paket mempunyai besar yang bervariasi dan diproteksi dengan FEC.

Payload sebesar 0 – 2745 bit

Payload merupakan data yang berisi informasi yang ingin ditransmisikan, nilai maksimal sesuai dengan ukuran paket yang telah ditetapkan.

2.3.2 Tipe paket *Bluetooth*

Bluetooth mempunyai beberapa tipe paket yang ditentukan oleh kode pada *header* paket tersebut, jenis paket ditentukan dengan tipe kode yang telah ditetapkan, daftar kode berdasarkan tipe paket terdapat dalam tabel 2. Data transmisi pada jaringan *Bluetooth* dalam bentuk paket. Paket data *Bluetooth* terdiri dari 3 bagian utama yaitu, *access code*, *header*, *payload*.

Besarnya *payload* bervariasi antara 0-2744 *bit* sedangkan besarnya *header* dan *access code* adalah tetap, yaitu 54 *bit* dan 72 *bit*. Pada saat transmisi paket data bisa hanya berupa *access code*, *access code-header* atau secara lengkap *access code-header payload*. Bentuk paket yang ditransmisikan tergantung *physical link* yang digunakan. Ada dua jenis *physical link* yaitu, ACL (*asynchronous connection less*) dan SCO (*synchronous connection oriented*).

Tabel 2.1 Kode untuk tipe paket *Bluetooth*

Segment	TYPE code	SCO Packet Type	ACL Packet Type
1	0000	NULL	NULL
1	0001	POLL	POLL
1	0010	FHS	FHS
1	0011	DM1	DM1
2	0100	-	DH1
2	0101	HV1	-
2	0110	HV2	-
2	0111	HV3	-
2	1000	DV	-
2	1001	-	DM1
3	1010	-	DM3
3	1011	-	DH3
3	1100	-	-
3	1101	-	-
4	1110	-	DM5
4	1111	-	DH5

Sumber: SIG Forum, 2001

Beberapa jenis paket telah dispesifikasi untuk mendukung tiap jenis saluran. Jenis-jenis paket tersebut adalah:

- ❖ Paket tipe umum

Paket tipe umum terdiri dari lima jenis paket yaitu ID, NULL, POLL, FHS dan DM1.

Paket ID terdiri dari *reduced-length access code* sebesar 68 bit tanpa *header* dan *payload*. Paket ini digunakan untuk melakukan aktivitas seperti *paging*, *placing inquiries* dan mengirim respon. Paket ID merupakan satu-satunya paket yang mempunyai *reduced-length access code*. Paket ini sangat handal karena menggunakan *sliding correlator* untuk penerimaan kode akses.

Paket NULL dan POLL terdiri dari kode akses dan *header* tanpa *payload*. Yang membedakan kedua paket ini adalah paket POLL meminta respon, sedangkan paket NULL tidak.

Paket FHS terdiri dari *payload* sebesar 240 bit termasuk penggunaan kode *Hamming*. Paket ini digunakan untuk mendukung beberapa tugas seperti sinkronisasi *clock*, pengaturan *paging* dan deskripsi kode akses.

Paket DM1 adalah paket yang sesuai dengan arsitektur paket ACL dan dapat dipertimbangkan sebagai paket ACL tetapi tidak terbatas pada saluran ACL saja. Paket ini digunakan untuk memberikan informasi kontrol secara asinkron melalui saluran SCO dan juga membawa data atau informasi *control* melalui saluran ACL.

❖ Synchronous connection-oriented (SCO)

SCO paket digunakan untuk mentransmisikan data secara periodik paket datanya. Bekerja berdasarkan sirkuit *switching*. Sambungan SCO dapat melakukan *circuit-switched*, sambungan *point-to-point*, suara dan *streaming*. Kecepatan data pada kedua sisi (pengirim, penerima) adalah 433,9 Kbps.

SCO merupakan hubungan *point-to-point* antara *master* dan *slave*. SCO biasanya digunakan dalam mendukung *time bounded information* seperti *voice*. *Master* dapat menyediakan hingga 3 SCO link pada satu *slave* yang sama atau *slave* yang berbeda. *Slave* dapat mendukung sampai 3 SCO link dari *master* yang sama atau 2 SCO link jika berasal dari *master* yang berbeda. Paket SCO tidak pernah mengalami *retransmit*.

❖ Asynchronous connectionless (ACL)

ACL adalah dasar dari komunikasi *Bluetooth*. ACL berdasarkan pada paket *switching*. Hal ini berarti 2 peralatan *Bluetooth* terkoneksi sebagai *master* dan *slave* dapat mengirim paket satu sama lain, tapi diharapkan tidak ada data lain dalam *frame* tersebut.

ACL link merupakan koneksi *point to multipoint* antara *master* dengan semua *slave*. *Master* dapat membentuk hubungan ACL pada tiap *slave* berdasarkan tiap *slot* pada tiap *slave*, termasuk pada *slave* yang telah terhubung SCO. Hanya satu ACL yang dapat dilaksanakan antara *master* dan satu *slave*. Pada ACL memungkinkan adanya *retransmit*.

Beberapa jenis paket ACL pada *Bluetooth*, antara lain:

1. Paket DM1 (*data medium rate 1*)

Paket DM1 adalah paket data yang membawa informasi data. *Payload* berisi sampai dengan 18 *byte* termasuk 1 *byte header payload* ditambah 16-bit kode CRC.

2. Paket DH1 (*data high rate 1*)

Paket DH1 merupakan paket dengan kecepatan tinggi yang mampu menampung *payload* hingga 28 *byte* (termasuk 1 *byte payload header*) ditambah 16 *bit* kode CRC.

3. Paket DM3 (*data medium rate 3*)

Paket DM3 merupakan paket DM1 yang mengalami perluasan pada *payload* dan pengalokasian tiga *time slot* pada tiap paketnya. *Payload* DM3 dapat menampung hingga 123 *byte* informasi (termasuk 2 *byte payload header*) ditambah 16 *bit* kode CRC. Saat paket DM3 dikirim atau diterima, *hop* frekuensi RF tidak boleh berubah sampai dengan tiga *slot* waktu (*slot* pertama dihitung saat *access code* telah dikirimkan).

4. Paket DH3 (*data high rate 3*)

Paket DH3 ini merupakan tipe paket berkecepatan tinggi, dengan daya tampung *payload* hingga 185 *byte* (termasuk 2 *byte header*) ditambah 16 *bit* kode CRC. Karena paket ini menggunakan alokasi 3 *time slot* perpaketnya, maka saat paket DH3 dikirim atau diterima, *hop* frekuensi RF tidak berubah

sampai dengan *slot* ketiga. (*slot* pertama dihitung saat *access code* telah dikirim).

5. Paket DM5 (*data medium rate 5*)

Paket DM5 merupakan perluasan paket DM3, yang menggunakan 5 *time slot* dan *payload* yang mampu menampung hingga 226 *byte*.

6. Paket DH5 (*data high rate 5*)

Paket DH5 merupakan perluasan paket DH3, dengan menggunakan 5 *time slot* dan kapasitas *payload* yang menyediakan hingga 341 *byte*.

7. Paket AUX 1

Paket AUX 1 merupakan paket yang membawa jenis *payload* data, tanpa kode CRC dan *payload* mampu melayani hingga 30 *byte*, (termasuk 1 *byte payload header*).

Tabel 2.2. Kecepatan transmisi paket ACL

Packet	Timeslots	CRC	FEC	Symmetric (kbps)	Asymmetric (kbps)	
					Forward	Reverse
DM1	1	Yes	Yes	108	108	108
DH1	1	Yes	-	172	172	172
DM3	3	Yes	Yes	258	387	54
DH3	3	Yes	-	390	585	86
DM5	5	Yes	Yes	286	477	36
DH5	5	Yes	-	433	723	57
AUX	1	-	-	185	185	185

Sumber: SIG forum, 2001

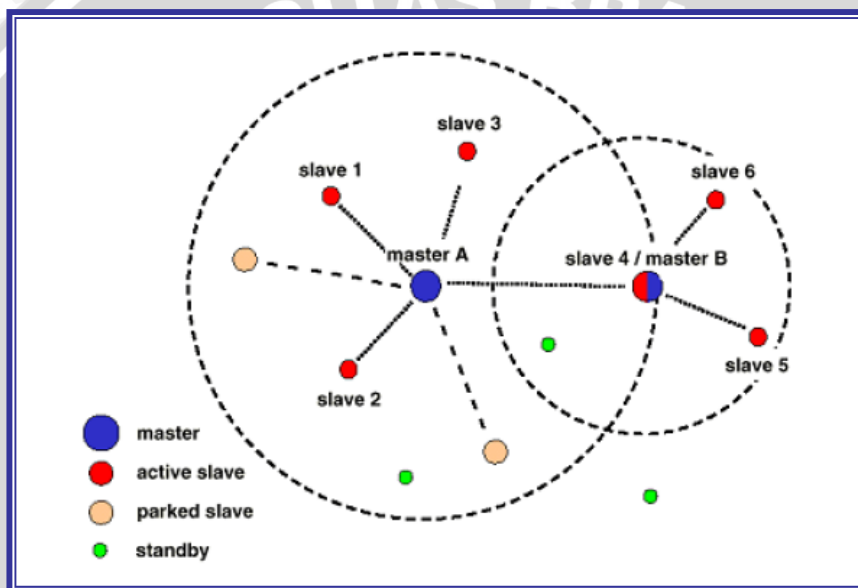
2.3.3 Komponen *Bluetooth*

Suatu sistem *Bluetooth* terdiri dari beberapa komponen yang bervariasi tergantung apakah *module Bluetooth* bersifat independent terhadap *host* atau ditanamkan, komponen-komponen tersebut adalah:

- RF sebagai pengirim data, dengan menggunakan media transmisi udara.
- *Module* dengan mikroprosesor *baseband*.
- *Memory* sebagai penyimpan data informasi aplikasi.
- *Interface* ke *host device* (PDA, *mobile phone*, PC, dll).

2.4 Arsitektur jaringan *Bluetooth*

Jaringan *Bluetooth* menggunakan metode *peer to peer*. Pada saat dua peralatan yang berperangkat *Bluetooth* pada jarak tertentu, dapat membentuk satu hubungan komunikasi. Jaringan yang menghilangkan penggunaan kabel ini memungkinkan terbentuknya satu hubungan PAN atau kumpulan dari peralatan pribadi seperti *handphone*, *pager*, *notebook*, komputer serta PDA (*Personal Digital Assistant*). *Bluetooth* juga dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat *mobile* dengan perangkat *fixed*, misalnya *printer*, *network access point* dengan cara mendekatkan perangkat-perangkat tersebut satu sama lain.



Gambar 2.6 *Piconet pada scatternet*

Sumber: http://www.baracoda.com/Bluetooth_protocol

Sistem *Bluetooth* menyediakan layanan komunikasi *point to point* maupun komunikasi *point to multipoint*. Pada *Bluetooth* dikenal istilah *piconet* dan *Scatternet*. *Piconet* terdiri dari satu *master* dan beberapa *slave* yang terhubung pada *master* tersebut. *Slave* dapat pada kondisi aktif maupun pasif dalam periode tertentu. Semua peralatan yang terhubung dalam *piconet* tersinkronisasi satu dengan lainnya dan mempunyai frekuensi *hopping* yang sama. Ada kemungkinan adanya beberapa peralatan yang tidak terhubung dalam *piconet* atau dalam kondisi *standby*. Dalam beberapa kasus dimana jaringan yang terbentuk cukup padat, satu peralatan dapat menjadi bagian dari *piconet* lain. Hubungan dimana terdapat peralatan yang terhubung pada lebih dari satu *piconet* disebut dengan *scatternet*. Prinsip yang digunakan pada

scatternet sama dengan prinsip pada *piconet*, yaitu setiap *piconet* mempunyai satu *master* dan beberapa *slave* pada kondisi aktif maupun *park*. Spesifikasi umum *Bluetooth* mengasumsikan bahwa tiap peralatan dapat berlaku sebagai *master* atau *slave* tergantung dari konfigurasi yang terjadi.

Dalam *scatternet*, peralatan yang berpartisipasi dalam lebih dari satu *piconet*, dapat berlaku sebagai *master* disuatu *piconet* dan menjadi *slave piconet* lainnya. Dapat dimungkinkan terjadinya migrasi dari *master* lama pada satu *piconet* bermigrasi ke *piconet* dengan *master* baru pula. *Master* dalam *piconet* hanya mampu berkomunikasi dengan tujuh buah *slave* aktif dan maksimum sampai 255 *slave* tidak aktif. Bila lebih dari tujuh stasiun yang ingin berkomunikasi maka dapat membuat jaringan *piconet* baru, gabungan beberapa *piconet* tersebut disebut *scatternet*. *Topologi Piconet pada scatternet* dapat dilihat pada Gambar 2.7.

Fungsi dari *master Bluetooth* antara lain:

- *Sekuen frekuensi hopping* yang harus diikuti oleh anggota *piconet*.
- Saat terjadi *frekuensi hopping*, didefinisikan pula dasar perhitungan waktu yang digunakan dalam *piconet*.
- Mengatur *slave* mana yang akan melakukan transmisi dan mengatur *slave* berikutnya yang akan melakukan komunikasi dengan *master*.
- Mengatur/menentukan frekuensi yang digunakan pada saat *piconet* tersebut beroperasi.

2.5 Protokol

Bila ada dua perangkat atau lebih dengan sistem yang berbeda ingin berkomunikasi, harus menggunakan bahasa yang sama agar dapat berhubungan. Apa yang akan dikomunikasikan, bagaimana berkomunikasi dan kapan komunikasi itu berlangsung harus dapat dimengerti oleh perangkat yang mengadakan hubungan. Bahasa dalam komunikasi data bisa disebut dengan protokol. Protokol dapat berbentuk beberapa aturan yang mendasari komunikasi data antar dua atau lebih perangkat.

Elemen-elemen kunci dari protokol ini adalah:

- *Syntax* : meliputi format data dan level sinyal yang digunakan.
- *Semantik* : meliputi informasi kontrol dan penanganan kesalahan.
- *Timing* : meliputi kecepatan pengiriman dan penerimaan.

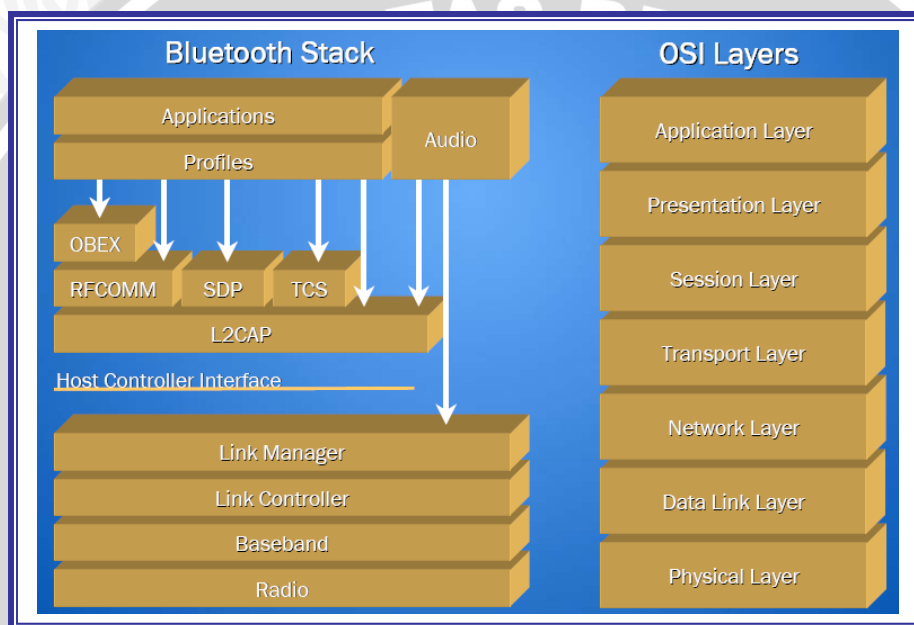
Fungsi umum dari protokol adalah:

1. *Segment asi & reassembly*,
Yang berfungsi untuk membuat *frame* paket dan membentuknya kembali menjadi data yang utuh.
2. *Encapsulation*,
Proses memberi *Header*, alamat dan kode deteksi kesalahan pada paket yang akan dikirimkan.
3. *Connection control*,
Bertanggung jawab terhadap pengadaan hubungan, *transfer* data.
4. *Ordered delivery*,
Bertanggung jawab terhadap pengalamatan yang tepat sebuah paket yang akan dikirimkan.
5. *Flow control*,
Bertanggung jawab terhadap *control* aliran paket data yang sedang dikirimkan seperti menggunakan prosedur *stop and wait* dimana paket selanjutnya akan dikirim bila paket sebelumnya sudah diterima.
6. *Error control*,
Beberapa teknik yang dibutuhkan untuk menjaga agar data yang dikirimkan tidak hilang saat pengirimannya.

2.6 Protokol pada *Bluetooth*

Protokol *Bluetooth* menggunakan sebuah kombinasi antara *circuit switching* dan *packet switching*. *Bluetooth* dapat mendukung sebuah kanal data asinkron, tiga kanal suara sinkron simultan atau sebuah kanal dimana secara bersamaan mendukung layanan data asinkron dan suara sinkron. Setiap kanal suara mendukung sebuah kanal suara sinkron 64 kb/s. Kanal asinkron dapat mendukung kecepatan maksimal 723,2 kb/s asimetris, dimana untuk arah sebaliknya dapat mendukung sampai dengan kecepatan 57,6 kb/s. Sedangkan untuk mode simetris dapat mendukung sampai dengan kecepatan 433,9 kb/s.

Protokol-protokol *Bluetooth* bertujuan untuk mempercepat pengembangan aplikasi-aplikasi dengan menggunakan teknologi *Bluetooth*. *Layer-layer* bawah pada *stack protocol Bluetooth* dirancang untuk menyediakan suatu dasar yang fleksibel untuk pengembangan protokol yang lebih lanjut. Protokol-protokol yang lain seperti RFCOMM diambil dari protokol-protokol yang sudah ada dan protokol ini hanya dimodifikasi sedikit untuk disesuaikan dengan kepentingan *Bluetooth*. Pada protokol-protokol *layer* atas digunakan tanpa melakukan modifikasi. dengan demikian, aplikasi-aplikasi yang sudah ada dapat digunakan dengan teknologi *Bluetooth* sehingga *interoperability* akan lebih terjamin.



Gambar 2.7 Protokol *Bluetooth*

Sumber: <http://www.stonestreetone.com/introductiontoBluetooth>

2.6.1 Protokol inti *Bluetooth*

2.6.1.1 *Radio frequency (RF)*

Radio frequency, adalah lapis terendah dari spesifikasi *Bluetooth*. Lapis ini mendefinisikan persyaratan yang harus dipenuhi oleh perangkat *tranceiver* yang beroperasi pada frekuensi 2,4 GHz ISM.

Unit RF merupakan sebuah *transceiver* yang memfasilitasi hubungan *wireless* antar perangkat *Bluetooth* yang beroperasi pada *International Scientific and Medical (ISM) band* dengan frekuensi 2,4 GHz. ISM band bekerja dengan *frequency-hopping* dan pembagiannya dibuat dalam 79 *hop* dengan *spasi* 1 MHz. Teknologi *frequency-*

hopping memungkinkan berbagai jenis perangkat transmit pada frekuensi yang sama tanpa menimbulkan irterferensi.

Daya yang dianjurkan untuk *radio Bluetooth* ini diklasifikasikan menjadi tiga kelas seperti diperlihatkan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi daya pancar *radio Bluetooth*

Kelas Daya	Daya output maksimum [mW]	Jangkauan/Range [meter]
1	< 100 (20 dBm)	100
2	2,5 (4 dBm)	30
3	1 (0 dBm)	10

Sumber: SIG Forum, 2001

Spesifikasi *radio* terdiri dari kumpulan spesifikasi rancangan untuk *transceiver Bluetooth*, seperti *in-band* dan *out-band*, akurasi frekuensi, interferensi baik *co-channel* maupun *adjacent*, karakteristik modulasi dan sebagainya. Sistem *radio* ini melakukan *hops* dengan kecepatan 1600 *hops*/detik.

2.6.1.2 Baseband

Baseband, lapis protokol yang memungkinkan hubungan RF terjadi antara beberapa unit *Bluetooth* membentuk *piconet*. Sistem RF dari *Bluetooth* ini menggunakan *frequency-hopping-spread spectrum* yang mengirimkan data dalam bentuk paket pada *time slot* dan frekuensi yang telah ditentukan, lapis ini melakukan prosedur pemeriksaan dan *paging* untuk sinkronisasi transmisi *frequency hopping* dan *clock* dari perangkat *Bluetooth* yang berbeda.

Pada level *baseband*, ketika dua perangkat sudah terhubung oleh link *Bluetooth*, satu perangkat bertindak sebagai *master* dan yang lain bertindak sebagai *slave*.

Sebuah *master* dapat berhubungan sekaligus dengan 7 buah *active slave* dan dapat juga berhubungan sampai dengan 255 *parked slaves*. Beberapa *slave* yang terhubung dengan sebuah *master* dinamakan *piconet*. *Slave* yang dikenal pada teknologi *Bluetooth* mempunyai beberapa mode yang disebut mode *baseband*. Mode *baseband* ini digunakan untuk penghematan energi yang digunakan oleh perangkat berspesifikasi *Bluetooth*. Adapun mode *baseband* tersebut berjumlah 4 mode yaitu:

➤ Mode active,

Secara esensial *slave* selalu terhubung dengan *master* untuk mentransmisikan sinyal data. *Active slave* selalu dapat menerima paket data yang dikirimkan oleh *master* ataupun menerima hanya *header* dari sebuah paket saja dimana paket itu dikirimkan untuk *active slave* yang lain. Mode ini memiliki respon yang cepat dan juga mengkonsumsi power yang besar bila selalu menerima paket dan siap untuk mengirim paket data.

➤ Mode sniff,

Salah satu metode untuk mengurangi konsumsi daya. Pada mode ini *slave* menjadi *active slave* secara periodik. *Master* akan mengirimkan paket pada interval tertentu saja dan bila terhubung pada interval awal pada mode *sniff* maka *slave* akan menjadi *active slave*. Konsumsi daya dan kecepatan respon bergantung panjangnya interval waktu.

➤ Mode hold,

Pada mode ini *slave* dapat tidak terhubung dengan *master* dalam waktu yang cukup lama yang disebut waktu *hold*, bila waktu *hold* ini berakhir maka *slave* dapat menerima kembali kiriman paket dari *master*. Konsumsi daya dapat lebih kecil dibandingkan dengan mode *sniff*.

➤ Mode park,

Pada mode ini perangkat masih mengadakan sinkronisasi dengan *piconet* namun tidak berpartisipasi dalam trafiknya. Mode ini digunakan bila ada lebih dari 7 perangkat yang menjadi *slave* pada sebuah *piconet*. Konsumsi daya mode ini lebih kecil dibandingkan dengan mode lainnya.

2.6.1.3 *Link manager protocol (LMP)*

LMP, *Link Manager Protocol*, bertanggung jawab terhadap *link set-up* antar perangkat *Bluetooth* dan konfigurasi jaringan. Hal ini termasuk aspek *securiti* seperti *otentifikasi* dan *enkripsi* dengan pembangkitan, penukaran dan pemeriksaan ukuran paket dari lapis *baseband*. *Link manager* merupakan protokol *Bluetooth* yang bertugas mengontrol dan *men-setup* hubungan data dan audio diantara perangkat *Bluetooth*.

Link manager pada setiap peralatan melakukan negosiasi *properties* dari *air-interface* diantara masing-masing peralatan menggunakan *link manager protocol*

(LMP). Properti ini termasuk alokasi *bandwidth* untuk mendukung tingkat pelayanan yang diinginkan pada trafik data (L2CAP) dan *reservasi bandwidth* secara periodik untuk mendukung trafik *audio*.

2.6.1.4 Logical link control & adaptation protocol (L2CAP)

L2CAP melindungi lapisan *protocol* dan aplikasi di atasnya dari lapisan *protocol* transport dibawahnya. Sehingga lapisan di atasnya tidak perlu memperhatikan *hops* yang terjadi pada level *radio* dan *baseband*. L2CAP juga mendukung protokol multipleksing dan aplikasi untuk saling berbagi *air-interface*, hal ini juga memungkinkan *segment* asi dari paket besar yang digunakan oleh *layer* di atasnya ke paket yang lebih kecil untuk transmisi *baseband* dan pembentukan kembali paket-paket tersebut pada penerima sehingga sesuai dengan *layer* berikutnya.

L2CAP mendukung dua tipe transmisi, yaitu, *ACL* (*Asynchronous Connectionsless*) dan *SCO* (*Synchronous Connection Oriented*). *Channel SCO* digunakan untuk komunikasi *bidirectional* sedangkan *ACL* digunakan pada komunikasi *unidirectional*.

2.6.1.5 Audio

Data berbentuk audio dapat ditransfer antara satu atau lebih perangkat *Bluetooth*, menggunakan bentuk paket *SCO* dan langsung diolah oleh *baseband* tanpa melalui L2CAP. Model audio pada *Bluetooth* cukup sederhana, tiap dua perangkat *Bluetooth* dapat mengirimkan dan menerima data audio satu sama lain hanya dengan membuka link audio.

2.6.2 Protokol pertengahan *Bluetooth*

2.6.2.1 Service discovery protocol (SDP)

SDP merupakan bagian yang sangat penting di dalam *Bluetooth*. Layanan ini menyediakan dasar-dasar dari model penggunaan *Bluetooth*. dengan menggunakan SDP, informasi perangkat, layanan dan karakteristik layanan dapat diminta dan setelah itu hubungan antara dua atau lebih perangkat *Bluetooth* dapat dibentuk. SDP menyediakan *service discovery specifics* pada lingkungan *Bluetooth* tanpa menghambat penggunaan *service discovery protocol* yang lain.

2.6.2.2 TCP/IP

Protokol TCP/IP merupakan standart protokol implementasi pada jaringan internet, sifat dari protokol TCP/IP adalah *open system*, sehingga protokol tersebut dapat diimplementasikan pada berbagai jenis komputer dan *operating system*. *Open system* bisa diartikan *open source*, sehingga spesifikasi dari TCP/IP yang telah diketahui oleh umum akan dapat pula dikembangkan oleh *user* untuk aplikasi lebih lanjut.

2.6.2.3 RFCOMM

RFCOMM adalah protokol emulasi saluran serial yang berbasis pada spesifikasi ETSI 07.10. Protokol pengganti kabel ini berperan sebagai RS-232 *control* dan sinyal data melalui *Bluetooth baseband* yang memberikan kemampuan transport bagi layanan di level atas yang menggunakan saluran serial sebagai mekanisme transport.

RFCOMM dibuat berdasarkan standart ETSI TS 07.10. standart yang mendefinisikan tentang komunikasi multiplex serial pada satu jaringan serial tunggal, yang juga merupakan protokol yang memungkinkan penggunaan secara mudah aplikasi komunikasi melalui kabel serial untuk transport *Bluetooth*.

2.6.3 Protokol aplikasi

Lapisan ini digunakan pada aplikasi untuk mengakses jaringan dan berinteraksi langsung dengan *user*, misalnya aplikasi *web browsing*, aplikasi modem, dll.

2.6.4 Adopted protocol

2.6.4.1 PPP (*point to point protocol*)

PPP digunakan bersama-sama dengan RFCOMM untuk melakukan hubungan *point-to-point*. PPP memiliki fungsi enkapsulasi multi protokol, *error control* dan kontrol inisialisasi *link*. *Overhead* PPP juga relatif kecil, sehingga tepat digunakan untuk *link* yang hemat *bandwidth*.

2.6.4.2 TCP/IP/UDP (*transfer control protocol/internet protocol/user datagram protocol*)

Digunakan untuk melakukan hubungan komunikasi dengan perangkat *Bluetooth* lain melalui sambungan internet.

2.6.4.3 OBEX protocol (*object exchange protocol*)

Digunakan untuk pertukaran *object* secara sederhana dan langsung dengan menggunakan model *client-server* dan tidak tergantung pada mekanisme transport.

2.6.4.4 WAP (*wireless application protocol*)

Digunakan untuk layanan internet dan telepon agar dapat diakses melalui telepon seluler atau terminal wireless.

2.7 BD ADDR (*Bluetooth device address*)

BD ADDR merupakan identitas statis dari setiap perangkat *Bluetooth*. BD ADDR adalah 48-bit tunggal yang dilekatkan secara elektronik pada tiap perangkat *Bluetooth*. Alamat BD ADDR pada tiap perangkat berbeda satu sama lain pada tiap perangkat. Untuk menjaga perbedaannya itu dibuat suatu peraturan dalam pemberian alamatnya. BD ADDR adalah 48-bit alamat atur IEEE, mirip dengan alamat MAC (*medium access control*) pada peralatan LAN 802. xx.

Semua bagian dari BD ADDR terlibat dalam semua operasi *Bluetooth* mulai dari identifikasi *piconet*, *error checking header packet*, autentifikasi maupun enkripsi. Alamat BD ADDR terbagi tiga, yaitu paling rendah adalah LAP (*low address part*), UAP (*upper address part*) dan NAP (*non-significant address part*).

2.8 *Bluetooth clock*

Perangkat *Bluetooth* mempunyai 28-bit (*native*) *Bluetooth clock*. *Clock* harus selalu dalam kondisi hidup. *Clock* bekerja dengan siklus 3200 kali per detik atau tiap 312.5 ps mempresentasikan *clock rate* 3.2 KHz, merupakan dua kali lipat dari nominal frekuensi *hopping* 1600 *hop* per detik. Akurasi *clock* adalah ± 20 ppm (*part per million*). Pada mode *low power*, seperti *standby*, *hold* dan *park* konsumsi daya dapat ditekan dengan menggunakan *low power oscillator* untuk menghasilkan *clock* dengan akurasi yang lebih rendah yaitu +250 ppm.

2.9 Parameter jaringan *Bluetooth*

Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja dari suatu jaringan maka diperlukan sebuah tolak ukur atau parameter-parameter jaringan, yang merupakan dasar dari pemilihan jaringan itu sendiri dalam aplikasinya. Beberapa karakteristik jaringan yang sedang dibahas diantaranya:

2.9.1 *Signal to noise ratio* (S/N)

Perbandingan S/N dapat pula dinyatakan dengan perbandingan energi per *bit* terhadap kerapatan daya *noise* (E_b/N_o). Hubungan antara efisiensi pemanfaatan energi dan efisiensi lebar bidang pada kanal komunikasi dinyatakan dengan: (Couch, 1997)

$$\frac{E_b}{N_o} (\text{dB}) = \frac{S}{N} (\text{dB}) - 10 \log (R_b/B) \quad (2.1)$$

dengan :

E_b/N_o = Merupakan perbandingan dari energi per *bit* per kepadatan derau (dB)

B = *Bandwidth* sistem (Hz)

R_b = Laju transmisi *bit* informasi (bps)

S = Kuat sinyal (watt)

N = Daya derau (watt)

Perbandingan daya sinyal terhadap *noise* (S/N) diperlukan untuk memperoleh probabilitas kesalahan penerimaan sinyal.

Probabilitas error paket propagasi pada jaringan terhadap *fading* dapat dirumuskan sebagai berikut: (*Bluetooth SIG forum, 2001*)

$$P_b = \frac{1}{2} \left(1 - \left[\frac{E_b/N_o}{1 + E_b/N_o} \right]^{1/2} \right) \cong \frac{1}{4 E_b/N_o} \quad (2.2)$$

dengan:

P_b = Probabilitas error per paket

E_b/N_o = Energi *bit* per *noise spectral density*, $E_b/N_o > 13$ dB

Sehingga persamaan probabilitas error sebelum proses *decoding* pada jaringan *Bluetooth* dirumuskan pada persamaan berikut: (*Bluetooth SIG Forum, 2001*)

$$P_{ew} = \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} P^i (1-P)^{n-1} \quad (2.3)$$

dengan :

P_{ew} = Probabilitas error

P = Probabilitas error per paket (P_b)

Sehingga dapat ditentukan probabilitas paket yang rusak, hilang, dalam proses *decoded*.

2.9.3 Delay time

Definisi umum dari *delay* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan data dari sumber sampai tujuan. Dalam jaringan yang berbasis *packet switching*, *delay* yang terjadi adalah jumlah dari *delay-delay* yang terjadi pada tiap proses data pada transmisi data dari sumber ke tujuan akhir data.

Delay proses

Merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memproses data agar dapat ditransmisikan dan untuk menentukan kemana data tersebut akan diteruskan. *Delay* proses terdiri dari *delay* enkapsulasi dan dekapsulasi. Proses ini akan terjadi pada setiap *node* yang dilalui data dalam jaringan yang telah dijelaskan

1. Delay paketisasi

Delay paketisasi terjadi ketika suatu data dirubah dalam bentuk paket, yang tergantung pada panjang paket dan kecepatan sumber. Sesuai dengan konfigurasi jaringan, maka dalam hal ini *delay* paketisasi terjadi pada dua tempat, yaitu pada sisi *master* dan *slave*.

Persamaan *segment* yang digunakan dalam transmisi jaringan adalah:

$$W_{\max} = \frac{F}{MSS} \quad (2.4)$$

dengan:

- W_{\max} = *Segment* maksimum transmisi (*segment*)
- F = Panjang data transmisi (*byte*)
- MSS = Ukuran *segment* (*byte*)

Persamaan jumlah blok transmisi:

$$W_p = \frac{W_{\max} + \text{Header}}{W_{p'}} \quad (2.5)$$

Sehingga besarnya *delay* dapat dirumuskan dengan:

$$PD = \frac{W_p \times W_{p'}}{V_p} \quad (2.6)$$

dengan:

- PD = Delay paketisasi *Bluetooth* (s)
 V_P = Bit rate berdasarkan tipe data *Bluetooth* (bps)
 W_P = Jumlah paket transmisi (blok)
 $W_{P'}$ = RLC *Bluetooth*

2. Delay depaketisasi

Depaketisasi adalah proses pembentukan kembali *payload* dari pengirim. Paket data yang tiba ditujukan dirubah kembali ke bentuk aslinya untuk diambil informasi aslinya, setelah dibuang *header* dari paket tersebut. Besarnya nilai *delay* depaketisasi pada jaringan *Bluetooth* dapat diketahui dengan mengetahui tipe paket yang digunakan pada jaringan, nilai *delay* bergantung pada tipe paket dan kecepatan yang digunakan jaringan tersebut. Persamaan *delay* depaketisasi jaringan *Bluetooth* dapat dilihat pada persamaan 2.7.

$$DD = \frac{W_P \times W_{P'}}{V_P} \quad (2.7)$$

dengan:

- DD = Delay depaketisasi *Bluetooth* (s)
 V_P = Bit rate berdasarkan tipe data *Bluetooth* (bps)
 W_P = Jumlah paket transmisi (blok)
 $W_{P'}$ = RLC *Bluetooth*

Delay Propagasi

Delay Propagasi merupakan waktu perambatan atau penjalaran yang dibutuhkan oleh data (*bit*, *byte* atau paket data) dari satu *node* ke *node* lain melalui media transmisi. penyebab *delay* propagasi adalah media transmisi. Untuk *delay* melalui propagasi gelombang *radio* dinyatakan sebagai: [Clarks,1996]

$$P_{rop} D = \frac{d(m)}{v(m/s)} \quad second \quad (2.8)$$

dengan :

- d = Jarak transmisi antara *master* dengan *slave* (m)
 v = Kecepatan rambat pada udara = 3×10^8 m/s

2.9.4 Throughput

Throughput didefinisikan sebagai kecepatan maksimum saat tidak ada data yang hilang pada proses transmisi *segment* data dari pengirim ke penerima atau banyaknya data yang dapat ditransmisikan selama *round trip time*. *Throughput* sebagai parameter nilai performansi dari koneksi jaringan.

Besarnya nilai *throughput* jaringan dipengaruhi oleh panjang *push* data dan *delay time* yang ada pada jaringan, dikarenakan pada jaringan *Bluetooth* menggunakan beberapa tipe paket data yang bervariasi. Dimana nilai *throughput* berbanding terbalik dengan nilai *delay time*, sedangkan besarnya *delay time* sebanding dengan faktor utilisasi. Sedangkan efisiensi *throughput* merupakan nilai yang menunjukkan apakah suatu jaringan itu dianggap baik dengan ditunjukkan oleh *throughput* yang tinggi atau sebaliknya. Hal ini ditunjukkan dengan perbandingan nilai *throughput* pada semua koneksi yang ada terhadap nilai *throughput* maksimum *link*.



BAB III

ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (ATM)

Asynchronous transfer mode (ATM) merupakan teknologi *switching, multiplex, network management*, dan transmisi informasi pada suatu jaringan komunikasi. Dimana seluruh informasi yang akan ditransmisikan dibagi menjadi *slot-slot* kecil dengan ukuran tetap yang disebut sel (*cell*). Ukuran sel ATM yang ditetapkan ITU-T (*international telecommunication union T*), sebesar 53 *byte* yang terdiri dari 48 *byte payload* dan 5 *byte header*.

ATM merupakan *transfer mode asinkron*, yaitu pengalokasian *time slot* yang tidak selalu mengikuti pengalokasian berdasarkan waktu tertentu seperti pada TDM, melainkan memiliki prioritas yang ditentukan oleh *quality of service (QoS)* trafik yang melalui jaringan. QoS adalah kemampuan ATM menyediakan jaringan dengan nilai parameter tertentu sesuai dengan kebutuhan trafik data yang akan melaluinya. ATM disebut juga dengan *cell relay* dimana memiliki kelebihan dalam hal kecepatan dan ketepatan fasilitas digital modern-nya dalam menyediakan *packet-switching*, ATM yang pada mulanya dikembangkan sebagai bagian dari cara kerja *broadband ISDN*, namun aplikasinya juga ditemukan di lingkungan non ISDN yang tidak memerlukan *data rate* yang tinggi. Penggunaan ukuran dan format paket yang kecil ini menghasilkan skema yang efisien untuk pentransmisi pada jaringan kecepatan tinggi.

Karakteristik umum jaringan ATM sebagai berikut:

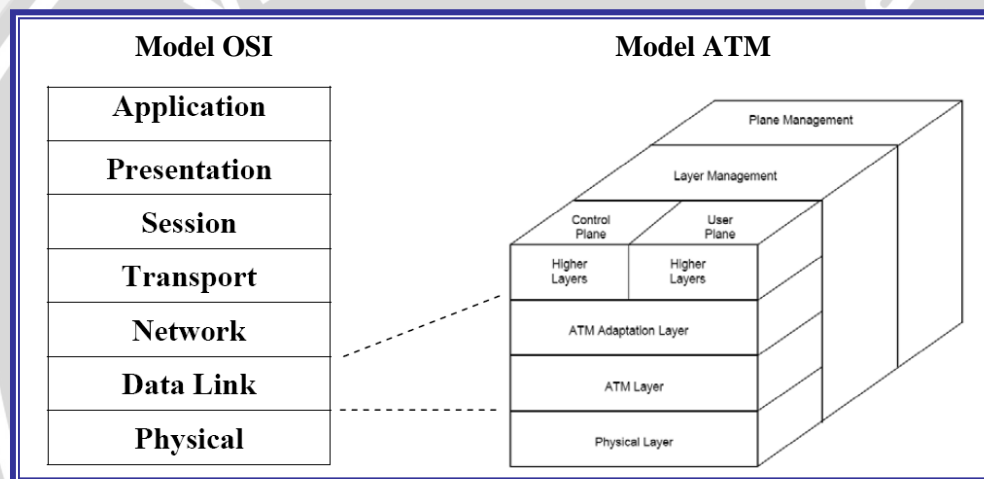
- Proteksi *error* pada ATM dapat diabaikan berdasarkan asumsi bahwa pada saat ini jalur-jalur jaringan ATM memiliki kualitas tinggi dengan *bit error rate* yang sangat kecil (*bit error rate* antara 10^{-8} sampai dengan 10^{-12}).
- ATM beroperasi pada *connection oriented mode*
Sebelum melakukan pentransmisi data, dilakukan pembentukan hubungan pada jaringan untuk menyediakan jalur sesuai tingkat kebutuhan dari terminal pengirim ke penerima.
- Pengurangan fungsi *header*

Untuk menjamin pemrosesan yang cepat dalam jaringan, maka fungsi *header* pada ATM dibatasi. Fungsi utama *header* ATM untuk mengidentifikasi hubungan *virtual*

- Lebar bagian informasi yang relatif kecil
- hal ini ditujukan untuk mengurangi panjang *buffer* pada *switching* dapat dikurangi sehingga *delay* yang terjadi akan kecil.

3.1 Arsitektur layer ATM

Pada sistem telekomunikasi modern, model OSI telah digunakan untuk menjelaskan organisasi dari seluruh fungsi-fungsi komunikasi dengan pendekatan *layer* (*layer approach*). Fungsi-fungsi dari *layer* dan hubungan *layer* satu dengan lainnya dijelaskan dalam suatu *protocol reference model* (PRM).



Gambar 3.1 Model referensi protokol ATM
 Sumber: <http://www.dosen.binadarma.ac.id/atm>

Penjelasan PRM untuk BISDN dijelaskan pada rekomendasi ITU-T I.321. BISDN PRM terdiri dari tiga *plane*, yaitu :

1. *User plane*

User Plane menyediakan fungsi pengiriman/*transfer* informasi *user*, dan meliputi seluruh mekanisme yang terkait transfer informasi misalnya *flow control* dan *error recovery*. Didalam *user plane* digunakan pendekatan *layer*.

2. *Control plane*

Control Plane bertanggung jawab terhadap fungsi-fungsi *call control* dan *connection control* yang mana fungsi-fungsi ini merupakan seluruh fungsi

signalling yang sangat penting dalam melakukan *connection/call setup*, *connection/call supervise*, dan *connection/call release*. Didalam *control plane* juga digunakan pendekatan *layer*

3. *Plane management*

Seluruh fungsi *management* yang terkait dengan keseluruhan sistem akan ditempatkan dalam *plane management* yang bertanggung jawab untuk menyediakan koordinasi diantara seluruh *plane* yang ada. Pada *plane* ini tidak digunakan struktur *layer* (*layered structure*). Pada *layer management* digunakan struktur *layer*.

Plane management meliputi dua jenis fungsi yaitu :

✘ Fungsi *layer* manajemen

Layer manajemen melakukan fungsi-fungsi manajemen yang terkait dengan *resources* dan parameter-parameter yang ada dalam *protocol entity* (misalkan: pensinyalan). *Layer management* menangani aliran informasi OAM (*Operation and Maintenance*) yang spesifik untuk setiap *layer*.

✘ Fungsi *plane management*

Plane management menampilkan fungsi-fungsi manajemen yang berhubungan dengan keseluruhan sistem.

3.2 *Physical layer*

Physical layer adalah *layer* yang berfungsi mengatur hubungan fisik saluran dan transmisi bit antar peralatan. Pada jaringan ATM, *Physical layer* terdiri dari dua *sublayer* yaitu:

1. *Transmition convergence (TC) sublayer*.

Sublayer TC berfungsi untuk mengubah aliran data dari bentuk sel ATM menjadi aliran data yang berbentuk bit untuk ditransmisikan melalui media fisik. Fungsi dari *sublayer TC* adalah:

- ✘ *HEC generation/verification*; berfungsi membangkitkan sinyal *header error control* (HEC) untuk pembentukan algoritma pendeteksi kesalahan.
- ✘ *Cell delination*; berfungsi untuk mengidentifikasi batasan sel pada ATM yaitu batas awal dan batas akhir sel.
- ✘ *Cell rate decoupling*; berfungsi untuk melakukan penyisipan sel-sel kosong selama *idle period*.

- ✘ *Transmission frame adaptation*; berfungsi untuk menyesuaikan kemudian mengalirkan sel pada saat pemetaan sel ATM menuju *payload frame* transmisi atau membongkar sel ATM dari *frame* transmisi berdasarkan sistem transmisi yang dipakai.
- ✘ *Transmission dan frame generation and recovery*; berfungsi mengontrol pembentukan dan melakukan *recovery frame* untuk keperluan transmisi.

2. *Physical medium dependent (PMD) Sublayer.*

Sublayer PMD hanya melakukan fungsi fungsi yang tergantung pada media fisik antara lain mengontrol kebenaran pengiriman dan penerimaan bit-bit pada media fisik (ketepatan rekonstruksi *timing bit* pada penerima).

Tabel 3.1 Format *Physical Layer*

Format PHY-Layer	Kecepatan bit	Jenis-kabel fisik
<i>DS 1</i>	<i>1,544 Mbps</i>	<i>Twisted pair</i>
DS3	44,736 Mbps	<i>Coax pair</i>
STS-3c,STM-1	155,520 Mbps	Single Mode Fiber
E1	2,048 Mbps	Twisted pair, Coax pair
E3	34,368 Mbps	<i>Coax pair</i>
J2	6,312 Mbps	<i>Coax pair</i>
N x T1	Nx1,544 Mbps	<i>Twisted pair</i>
N x E 1	Nx2,048 Mbps	<i>Twisted pair</i>

Sumber: McDysan, 1994:220 (ITU-T Rec. G.707)

Sublayer PMD yang digunakan dapat berupa media transmisi kabel koaksial, serat optik ataupun udara, tetapi ITU-T merekomendasikan serat optik melalui ITU-T Rec. 1.432. Format *Physical layer* [Tabel 3.1.]. Pada tugas akhir ini perencanaan interkoneksi pada jaringan ATM menggunakan format *DS 1* sebagai media jaringan pada format *physical layer*.

3.3 *ATM layer*

ATM layer adalah lapisan yang bertanggung jawab dalam hal *routing* dan multipleksing sel-sel, Fungsi dari *ATM layer* adalah:

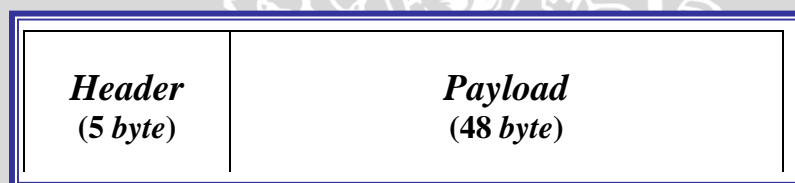
- ✘ Multipleksing dan demultipleksing sel, pada arah kirim sel-sel dari VP (*Virtual path*) dan VC (*Virtual Channel*) mengalami multipleksing dan menghasilkan suatu

cell stream (aliran sel-sel *continue* pada jalur transmisi). Pada sisi terima fungsi demultipleksing untuk memisahkan *cell stream* yang diterima menjadi akiran sel individu ke VP dan VC yang sesuai.

- ✘ Pembangkitan dan pengestrakan *header* sel ATM. Pada arah kirim, bagian informasi yang dikirim dari AAL (*ATM Adaptation Layer*) ditambah dengan *header* sel ATM. Pada arah terima, fungsi pengestrakan adalah untuk membuang *header* sel ATM dan meneruskan bagian informasi ke AAL.

3.3.1 Format sel ATM

ATM adalah suatu mode transfer yang berorientasi pada bentuk paket yang spesifik, dengan format berukuran tertentu yang disebut *cell* (sel). Informasi yang terdapat didalam *cell* ditransmisikan ke jaringan setelah ditambahkan *header* diawal sel yang berfungsi sebagai pencari jalan (fungsi routing). Layanan-layanan seperti gambar, suara dan data serta perpaduan dari semua layanan tersebut dapat ditransmisikan melalui jaringan ATM.



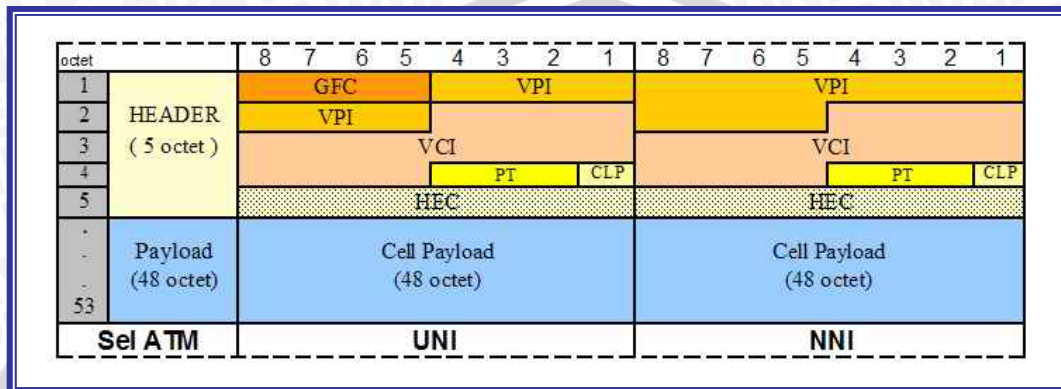
Gambar 3.2 Format *cell* ATM
Sumber: David E. McDysan, 1994

Untuk melayani semua jenis layanan tersebut, maka ditetapkan beberapa jenis AAL (*ATM Adaptation Layer*) yang berfungsi untuk membentuk format informasi asli kedalam format *cell* ATM sehingga informasi dapat ditransmisikan melalui *cell* ATM. Informasi yang akan dimultipleksing dibentuk menjadi blok-blok paket dengan ukuran tetap sebesar 53 *byte* yang disebut *cell*. (Gambar 3.2.). Setiap *cell* terdiri dari 5 *byte header* yang digunakan untuk menetapkan *virtual channel* dan menetapkan *routing* yang tepat untuk *cell* tersebut, dan 48 *byte payload* (informasi).

3.3.2 Struktur sel ATM

Struktur sel ATM terdiri dari *header* dan *payload* (informasi), *header* sel ATM terdiri dari dua macam yaitu *header* sel untuk UNI (*User Network Interface*) sebagai penghubung antara *user* jaringan ATM dengan *switch* ATM, dan NNI (*Network Network*

Interface) interface yang menghubungkan antar switch ATM. Perbedaan antar header sel tersebut adalah bit 5 sampai bit 8 pada byte pertama, pada UNI bit tersebut digunakan untuk informasi GFC (*generic flow control*) sedangkan pada NNI bit-bit tersebut bagian dari VPI (*virtual path identifier*). Lebih jelasnya format header pada sel ATM dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Format header sel ATM

Sumber: <http://www.tc.apii.net/komine>

Dengan masing-masing fungsi header adalah sebagai berikut:

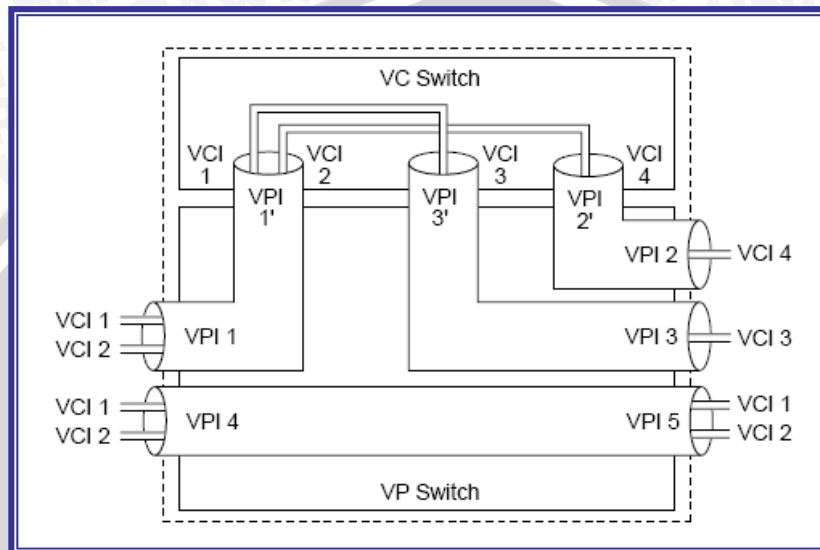
Generic Flow Control (GFC) : Digunakan untuk kontrol aliran data sebelum memasuki jaringan ATM.

Virtual Path Identifier (VPI) : Digunakan untuk tujuan *routing*. *virtual path* dapat terdiri atas *multiple virtual channel*. Kegunaan daerah ini dihubungkan dengan *cross-connecting* dimana *Virtual Channel Identifier* di switch dari satu inlet ke satu outlet. Daerah ini mengidentifikasi keseluruhan grup VCI.

Virtual Channel Identifier (VCI) : Digunakan sebagai *routing*, mengidentifikasi *virtual channel* tertentu. lihat Gambar 3.2.

Payload Type (PT) : Digunakan untuk membedakan antara *user cell* dan *non user cell* seperti OAM (*Operation And Maintenance*) cell, sesuai dengan sifat data dalam *payload* yang menyertainya. Dengan menggunakan 3 bit (bit 0, bit 1 dan bit 2), tipe sel yang berbeda dapat diidentifikasi.

Cell Loss Priority (CLP) : Bit yang digunakan untuk mendapatkan prioritas sel dalam transmisi apabila switch ATM penuh. Prioritas tinggi diberikan pada layanan video dan voice, sedangkan data merupakan trafik terendah. CLP = 1 merupakan priritas rendah, dan CLP = 0 *cell* diberi prioritas tinggi.



Gambar 3.4 *Virtual Circuit dan Virtual Path Switching*

Sumber: <http://www.atm-internetworking.com/pdf>

Header Error Control (HEC) : Untuk mendeteksi antara 4 *byte* pertama setiap *header cell*.

Cell Payload (48 octet) : Adalah informasi atau data yang dikirim dari terminal sumber ke terminal penerima.

3.4 ATM adaptation layer (AAL)

ATM *Adaption Layer* (AAL) berperan dalam menentukan kelas aliran data (trafik) yang akan disediakan ATM. AAL berkaitan dengan penentuan parameter-parameter seperti jenis aliran data (konstan atau variabel), *connection oriented* atau *connectionless*, tingkat koreksi *error* dan toleransi jumlah sel yang boleh hilang. Peranan penting lainnya dari AAL adalah menyediakan antar muka (*interface*) antara aplikasi *user* dengan ATM *layer* sehingga memungkinkan berbagai jenis aplikasi memanfaatkan semaksimal mungkin setiap layanan ATM. Tujuan utama AAL adalah untuk menyediakan fungsi-fungsi tiap kelas layanan yang disyaratkan sehingga dapat memenuhi permintaan layanan khusus yang diinginkan. Layanan yang dikirim melalui ATM *layer* diklasifikasikan ke dalam empat

kelas, sebagai penyedia layanan transmisi data dengan kebutuhan yang berbeda, pembagian kelas-kelas AAL dapat dilihat pada (Tabel 3.2.)

Tabel 3.2 Pembagian kelas pada AAL

<i>Attribute</i>	<i>Class A</i>	<i>Class B</i>	<i>Class C</i>	<i>Class D</i>
Pewaktuan antar pengirim dan penerima	Dibutuhkan	Dibutuhkan	Tidak dibutuhkan	Tidak dibutuhkan
Kecepatan transmisi (bit)	Konstan	Bervariasi	Bervariasi	Bervariasi
Mode koneksi	<i>Connection Oriented</i>	<i>Connection Oriented</i>	<i>Connection Oriented</i>	<i>Connection Oriented</i>
AAL	AAL 1	AAL 2	AAL3/4 AAL 5	AAL 3/4 AAL 5
Contoh penggunaan	DS1, E1, nx64 kbps	Paket video, <i>audio</i>	Frame relay, X.25	IP, SMDS

Sumber: http://www.ECEN5553-TelecommSystem.edu/CH11_ATM

Tujuan pembagian kelas-kelas tersebut adalah untuk menyediakan layanan transmisi data yang berbeda. Misalnya untuk layanan kelas A, adalah rangkaian emulasi yang memiliki *bit rate* konstan, yang pengawasan dalam pewaktuan dan pentransmisiannya berorientasi pada suatu koneksi, contoh dari layanan kelas B ialah *video* dengan *bit rate* variabel, dalam hal ini misalnya *video conference*. Sedangkan untuk layanan kelas C dan kelas D mengarah pada aplikasi pentransferan data, memiliki *bit rate* yang bervariasi, pentransferan datanya dapat bersifat *connection oriented* pada layanan kelas C dan *connectionless* pada layanan kelas D.

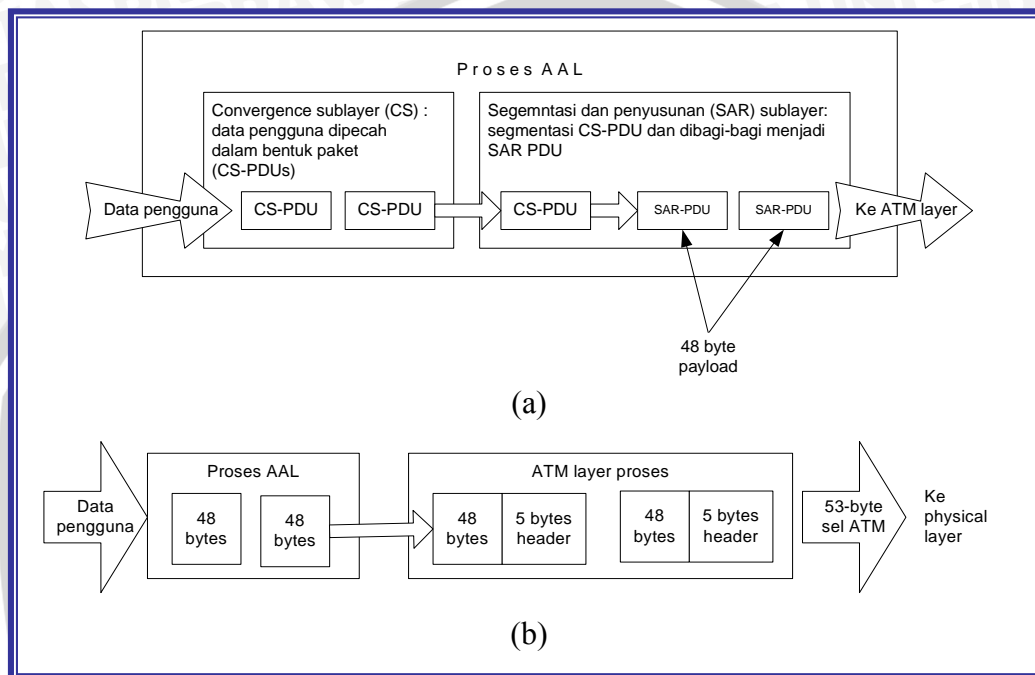
AAL sendiri memiliki dua *sublayer* utama yaitu :

✘ *Segmentation and re-assembly (SAR)*

Sublayer segmentation and Re-assembly menerima data dari *user* melalui *application layer* dan mengubah data tersebut menjadi sel-sel dengan ukuran 48 *byte* yang selanjutnya dikirimkan ke *ATM layer*, dan sebaliknya melakukan proses penggabungan (*reassemble*) sel-sel berukuran 48 *byte* yang diterima dari *ATM Layer* menjadi ukuran data yang sesuai dengan data yang dikirim dari *source* (sumber) dari *application layer*.

✘ *Convergence sublayer (CS)*

Layer ini menyediakan *interface* yang mendefinisikan pelayanan untuk *higher layer*, terbagi lagi menjadi *common part convergence sublayer* (CPCS) yang berfungsi untuk multiplexing dan pendeteksian *call* yang hilang. *convergence sublayer* melakukan berbagai tugas yang berbeda, tergantung dari kelas data yang ditetapkan oleh AAL. Secara umum, terdapat lima kelas data yang bisa disediakan AAL yaitu kelas A, B, C, D dan X.



Gambar 3.5 (a) Pemrosesan data AAL, (b) Pengaturan data ATM.

<http://www.atm-internetworking.com>

Pada seluruh tipe AAL, satu blok data dari *higher layer* dikemas menjadi sebuah *protocol data unit* (PDU) pada *sublayer* CS. *Sublayer* ini sering disebut sebagai *Common-part coverage sublayer* (CPCS). CPCS-PDU kemudian dilewatkan ke *sublayer* SAR, untuk kemudian dibagi-bagi menjadi blok *payload*. Masing-masing blok *payload* dapat menempati sebuah SAR-PDU, dengan ukuran 48 *byte*. Setiap 48 *byte* dari SAR-PDU akan menempati satu sel ATM.

3.4.1 AAL 1

Layanan dari AAL merupakan pemilihan kategori dari layanan-layanan yang dikelompokkan ke beberapa kategori layanan itu sendiri. pada AAL tipe 1, digunakan untuk beberapa hal diantaranya:

- Emulasi rangkaian sinkron.

- Pentransmision sinyal video dengan laju bit konstan.
- Pentransmision sinyal suara.
- Pentransmision sinyal audio kualitas tinggi.

Layer pada AAL-1 terdiri dari:

➤ *Segmentation and reassembly sublayer (SAR)*

1. Fungsi pada arah transmisi:

- ✘ Menerima SAR-SDU dari *layer*CS orde tertinggi.
- ✘ Menghasilkan suatu SAR-PDU dari SAR-PDU dan *header* SAR.
- ✘ *Me-relay* SAR-PDU ke *layer* ATM terendah.

2. Fungsi pada arah terima:

- ✘ Menerima SAR-SDU dari *layer* ATM terendah.
- ✘ Memisahkan SAR-PDU ke dalam *header* SAR dan SAR-SDU.
- ✘ Memeriksa *header* SAR.
- ✘ Menyampaikan SAR-SDU ke *sublayer* CS tertinggi.

➤ *Convergence sublayer(CS)*

Berfungsi untuk menyampaikan AAL-SDU ke/dari *higher layer* ke dalam:

- ✘ Rangkaian emulasi bit demi bit.
- ✘ Sinyal video *byte* demi *byte*.
- ✘ Sinyal suara *byte* demi *byte*.

Tugas utamanya adalah:

- ✘ Membuat CS-PDU.
- ✘ Penomoran berderet.
- ✘ Rekonstruksi dari frekuensi transmisi pada penerima.
- ✘ Mendeteksi batas-batas struktur pada pentransmision terstruktur.
- ✘ Pilihan untuk sinyal video, koreksi kesalahan sel dan sel yang hilang.

3.5 Layanan ATM

Jaringan ATM yang mampu mendukung bermacam-macam trafik dari berbagai kategori layanan, setiap kategori layanan didefinisikan dengan menggunakan kontrak trafik dan kumpulan parameter-parameter QoS, dimana kontrak trafik merupakan kumpulan parameter-parameter yang secara spesifik adalah merupakan karakteristik dari sumber trafik. Kategori-kategori layanan ATM yang digunakan oleh sistem untuk menentukan

jenis layanan yang diperlukan. Dalam forum ATM dapat dikategorikan layanan-layanan ATM dalam dua kelompok yaitu :

✘ Layanan real time

1. CBR (*constant bit rate*)

Merupakan kategori layanan yang didesain untuk mendukung aplikasi yang membutuhkan kecepatan transmisi yang bisa dijamin keberadaannya sepanjang hubungan berlangsung (*highly predictable transmission rate*). CBR juga menjaga hubungan sinkronisasi antar pengguna akhir selama hubungan berlangsung. CBR pada dasarnya ditargetkan untuk mendukung aplikasi layanan suara atau jenis lain (seperti *video converence*) yang toleransi terhadap *delay* jaringannya sangat kecil.

2. rt-VBR (*real time variable bit rate*)

Dalam kategori ini aplikasi diasumsikan mempunyai ketergantungan yang relatif tinggi terhadap *delay* tetapi agak longgar terhadap variasi kecepatan. Penggunaan jaringan sama-sama menunggu suatu respon dan memelihara waktu (*timing relationship*) selama hubungan berlangsung. Contoh aplikasi yang mungkin menggunakan layanan ini ialah *Video Converencing*, dan telepon (*voice*) yang menggunakan teknik kompresi dan teknik *silence supresion* (teknik yang memanfaatkan waktu jeda bicara untuk diisi pengguna lain).

✘ Layanan non-real-time

1. nrt-VBR (*non real time variable bit rate*)

Dalam katagori aplikasi ini diasumsikan mempunyai toleransi yang lebih besar terhadap *delay* jaringan sehingga tidak terlalu membutuhkan *timing relationship* antar sisi penggunaanya (interaksi antar *user* tidak terlalu tinggi). Aplikasi data yang membutuhkan performansi tinggi merupakan faktor yang potensial untuk katagori layanan nrt-VBR.

2. UBR (*unspecified bit rate*)

Layanan ini tidak menjamin terjadi kongesti yang berarti, sehingga sesuai untuk pengiriman paket IP. Di UBR semua sel akan dikirimkan , tetapi jika terjadi kongesti maka akan ada sel yang dibuang tanpa memberi tahu kepada pengirim. Contoh aplikasi yang mungkin menggunakan layanan ini ialah *e-mail*.

3. ABR (*available bit rate*)

Layanan ini menawarkan *variable bandwidth*, misalnya perusahaan yang hanya membutuhkan *bandwidth* rendah saat malam hari dan *bandwidth* tinggi pada siang hari, sehingga tidak terlalu meminta *bandwidth* yang tetap, melainkan *bandwidth* yang nilainya variabel antara 5 Mbps hingga 10 Mbps.

Contoh: *Browsing web*.

3.6 Parameter jaringan ATM

Untuk mengetahui karakteristik dan kinerja dari suatu jaringan maka diperlukan parameter-parameter jaringan tertentu sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan jaringan. Beberapa parameter karakteristik jaringan ATM diantaranya:

3.6.1 Kualitas layanan (*quality of service*)

Kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS) merupakan kemampuan ATM untuk menyediakan jaringan dengan nilai parameter tertentu yang sesuai dengan kebutuhan trafik data yang akan dilaluinya. Parameter-parameter trafik menggambarkan layanan jaringan yang akan digunakan dalam transmisi sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Parameter-parameter tersebut adalah:

- *Peak Cell Rate* (PCR) yaitu kelajuan maksimum ketika sel dikirimkan.
- *Sustainable Cell Rate* (SCR) yaitu kelajuan rata-rata sel.
- *Maximum Cell Rate* (MCR) yaitu kelajuan sel minimum yang dapat diterima.
- *Cell Delay Variation Tolerance* (CDVT) yaitu *delay* maksimum sel yang dapat diterima.
- *Cell Loss Ratio* (CLP) yaitu bagian sel yang hilang atau terlambat.
- *Cell Transfer Delay* (CTD) yaitu lamanya waktu yang diperlukan dalam pengiriman sel.
- *Cell Delay Variation* (CDV) yaitu variasi *delay* pengiriman sel

Tidak semua dari parameter-parameter trafik dispesifik-kan untuk tiap QoS, karena tiap kelas layanan memiliki parameter yang berbeda.

3.6.2 Delay time jaringan

Pada jaringan ATM *delay* yang terjadi sebagai parameter yang berpengaruh pada kinerja jaringan yang dapat dikategorikan beberapa kelompok, yang saat mengirimkan sebuah pesan, stasiun pengirim akan menyertakan bit-bit yang melakukan pengkodean dari

tipe pesan, program yang membuatnya dan protokol yang digunakan. Semua pesan disimpan dalam paket-paket. Pada penerima, stasiun penerima akan menggunakan informasi lebih dari bit-bit tersebut sebagai cara memproses data

Adapun parameter *delay* yang memberikan kontribusi pada kinerja jaringan ATM adalah:

Delay proses

✘ Delay paketisasi

Delay paketisasi terjadi ketika suatu data dirubah dalam bentuk paket, yang tergantung pada panjang paket dan kecepatan sumber. Sesuai dengan konfigurasi jaringan, maka dalam jaringan ini *delay* paketisasi terjadi pada *server* dan *client*.

Besarnya nilai *delay* dapat dirumuskan dengan : [Martin De Pricker,1995].

Ukuran data = Σ *segment size (byte)* + 20 *byte header RTP* + 20 *byte header IP* + 8 *byte header LLC* + 8 *byte trailer AAL 1*

$$\sum \text{sel ATM} = \frac{\text{Ukuran data}}{48 \text{ byte / sel}}$$

$$PD = \frac{l_{ATM} \cdot (l + l')}{C_{ATM}} \quad (3.1)$$

dengan:

PD = *Delay* paketisasi ATM (detik).

l = *Payload* sel ATM (*byte*).

l' = *Header* sel ATM (*byte*).

l_{ATM} = Jumlah sel transmisi ATM (*byte*).

C_{ATM} = Kecepatan transmisi jaringan (bps).

✘ Delay depaketisasi

Delay depaketisasi ialah *delay* yang terjadi pada sisi penerima transmisi paket untuk direkonstruksi informasi asli dari pengirim.

Besarnya nilai dari *delay* depaketisasi dirumuskan dengan: [Martin De Pricker,1995].

$$DD = \frac{n \times l_{ATM}}{C_{ATM}} \quad (3.2)$$

dengan:

DD = *Delay* depaketisasi pada *server* dan *client* (detik).

l_{ATM} = Panjang sel ATM (*byte*).

n = Jumlah kedatangan sel ATM.

C_{ATM} = Kecepatan transmisi (bps).

Delay propagasi

Delay propagasi adalah waktu yang dibutuhkan oleh bit pertama untuk sampai ke penerima, pada jaringan ATM delay propagasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan: (www.telekom.ee.itb.ac.id/1_1taxonomi_jartel/)

$$P_{ropD} = \frac{d(m)}{s(m/s)} \quad (3.3)$$

dengan:

P_{ropD} = Delay propagasi pada jaringan ATM (s).

d = Panjang link fisik (m).

s = Kecepatan propagasi dalam medium ($\sim 2 \times 10^5$ km/s).

Delay transmisi

Delay transmisi merupakan waktu yang dibutuhkan pada awal transmisi bit pertama hingga bit terakhir ditransmisikan ke jaringan. *delay* ini bergantung pada kapasitas jaringan serta ukuran paket data yang digunakan dalam tranmisi data.

$$TD = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit}/\text{byte})}{C_{ATM}(\text{bps})} \quad (3.4)$$

dengan:

TD = Delay transmisi pada jaringan ATM (s).

l_{ATM} = Panjang sel ATM (*byte*).

C_{ATM} = Kecepatan transmisi (bps).

Delay switching

Fixed switching delay

Fixed switching delay adalah waktu yang dibutuhkan *switch* untuk menyalurkan data. Delay ini tergantung pada arsitektur *switch* (fabrikasi).

$$FD = \frac{1}{\mu} \quad (3.5)$$

dengan:

FD = Fixed switching delay (s)

μ = Kecepatan pelayanan *switch* (paket/s)

✱ Queueing delay (delay antrian)

Waktu yang dibutuhkan paket data berada dalam *buffer* (penyangga) untuk selanjutnya disalurkan ketahap berikutnya. Selama waktu ini paket data menunggu sampai akhirnya paket ditransmisikan. Proses kedatangan paket data pada umumnya acak dengan kecepatan kedatangan adalah λ (paket/sec), dan kecepatan pelayanannya adalah μ (paket/sec). Berikut ini akan dijelaskan mengenai antrian yang akan terjadi dengan mengasumsikan model antriannya adalah M/M/1. M pertama menunjukkan distribusi kedatangan/keberangkatan Poisson (markovian), dan M kedua berarti distribusi waktu pelayanan eksponensial, dan 1 menunjukkan satu server. Disiplin antrian yang digunakan adalah FIFO (*first input first output*). Faktor utilisasi merupakan parameter yang menunjukkan performansi suatu *switch*:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.6)$$

Besarnya rata-rata panjang antrian paket (N) adalah:

$$N = \sum_{m=1}^{\infty} P_m = \frac{\rho}{1-\rho} \quad (\text{paket}) \quad (3.7)$$

Rata-rata *delay* atau waktu tunggu, dengan menggunakan teori Little's didapatkan:

$$T = \frac{1}{\mu(1-\rho)} \quad (\text{sec}) \quad (3.8)$$

Waktu tunggu dari paket adalah:

$$QD = T - FD = \frac{1/\mu}{(1-\rho)} - \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} = \frac{\lambda/\mu}{\mu-\lambda} \quad (\text{sec}) \quad (3.9)$$

dengan:

QD = *Queueing delay/delay antrian* (s).

FD = *Fixed switching delay* (s).

μ = Kecepatan kedatangan paket data (paket/s).

λ = Kecepatan pelayanan *switch* (paket/s).

3.6.3 Probabilitas kesalahan

Pada proses transmisi data dari *client* ke *server*, kesalahan dalam proses pengiriman data dapat terjadi, sehingga perhitungan probabilitas kesalahan data merupakan parameter penting jaringan. Pada jaringan, paket data yang ditransmisikan dengan panjang paket

informasi sebesar l bit dan panjang *header* l' bit. Fungsi *header* adalah sebagai bit kontrol dan identifikasi.

Probabilitas error data yang diterima dinyatakan sebagai: [Schwartz,1987:132].

$$\rho = 1 - (1 - \rho_b)^{l+l'} \quad (3.10)$$

dengan:

ρ = Probabilitas kesalahan data yang diterima (bit)

ρ_b = Probabilitas *bit error* jaringan ATM (antara *server client*) (bit)

l = Panjang paket data (bit)

l' = Panjang *header* (bit)

Untuk nilai probabilitas kesalahan $\ll 1$ maka dapat digunakan persamaan probabilitas kesalahan sebagai berikut: [Schwartz,1987:132].

$$\rho \approx (l + l') \cdot \rho_b$$

3.6.4 Throughput

Throughput atau *goodput* merupakan kecepatan maksimum jaringan saat tidak ada data yang hilang pada saat transfer dalam jaringan. *Throughput* didapatkan dari data yang dikirimkan dalam satuan *round trip time*, dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut: (David Mc Dyson, 2000)

$$\eta \approx \frac{N \times F}{RTT} \quad (3.11)$$

dengan:

η = *Throughput* (bit/s).

RTT = Waktu sekali *round trip* (s).

F = Paket transfer dalam *round trip time* (bit).

N = Jumlah sumber ($N = 1, 2, 3, \dots, n$).

Throughput maksimum yang dapat terjadi pada media dengan kapasitas transmisi tertentu (*link bandwidth*) adalah: (Xiangrong CAI:7)

$$\eta_{MAX} = \frac{\text{data transfer (bit)}}{\text{data + header (bit)}} \times \text{link bandwidth (bps)} \quad (3.12)$$

dengan:

$$\eta_{MAX} = \text{Throughput maksimum (bit/s)}.$$

Sedangkan nilai *throughput* maksimum berdasarkan probabilitas error data transfer, dapat dinyatakan dengan persamaan: (Schwartz,1987:129)

$$\lambda_{MAX} = \frac{1}{t_v} = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(a-1)\rho]} \quad (3.13)$$

dengan:

$$\lambda_{MAX} = \text{Throughput maksimum (bit/s)}.$$

$$t_1 = \text{Waktu transmisi sebuah paket data (s)}.$$

$$t_v = \text{Waktu transmisi total (s)}.$$

$$\rho = \text{Probabilitas paket salah}.$$

$$a = \text{Konstanta smooter} = \frac{t_T}{t_1} = 1 + \frac{t_{out}}{t_1}$$

$$t_{out} = \text{Interval } time \text{ out (waktu transfer paket data sampai diterimanya ACK)}.$$

$$t_1 = (L+L') / C.$$

$$L = \text{Panjang segmen data pada ATM (byte)}.$$

$$L' = \text{Header total (byte)}.$$

$$C = \text{Kecepatan transmisi (bps)}.$$

Kecepatan rata-rata data yang dapat diterima melalui probabilitas *error* adalah:

$$D = \lambda_{MAX} \cdot L = \frac{(1-\rho)L}{t_1 [1+(a-1)\rho]} \quad (3.14)$$

dengan :

$$D = \text{Kecepatan rata-rata data yang diterima (bps)}$$

$$L = \text{Panjang paket data (bit)}$$

BAB IV METODOLOGI

Pembahasan yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini bersifat aplikatif, yakni pemilihan jaringan sebagai perencanaan interkoneksi jaringan serta perhitungan parameter kinerja jaringan secara garis besar pada keadaan tertentu, yang dilakukan dalam rangka membangun sistem jaringan interkoneksi secara luas. Adapun data-data maupun karakteristik jaringan yang digunakan diambil dari rekomendasi standart jaringan maupun *forum* jaringan yang digunakan (*Bluetooth SIG forum*, *ATM forum*), *teks book*, jurnal-jurnal ilmiah, *thesis* dan lain lain. Tujuan yang akan dicapai dalam tugas akhir ini adalah perencanaan jaringan komunikasi yang efisien, fleksibel, dan harga yang murah. Pembahasan tugas akhir ini ditekankan pada bagaimana proses perencanaan interkoneksi jaringan dengan perhitungan kapasitas maupun kinerja yang dimiliki jaringan perencanaan.

4.1 Metode pemilihan jaringan

Sebagai dasar dari pemilihan jaringan perencanaan ini ditentukan bahwa jaringan pribadi PAN (*personal area network*) perencanaan bersifat fleksibel atau *mobile* dan jaringan terkoneksi ke-jaringan luas atau *internet*.

Ditentukan karakter dasar jaringan yang diinginkan sebagai acuan dalam perencanaan, dalam hal ini jaringan *Bluetooth* sebagai PAN yang memenuhi kriteria yang telah dijelaskan (misalnya beredar dipasaran, jenis jaringan *mobile*, hemat dalam hal biaya maupun daya, jaringan sederhana, dan lain-lain.), penentuan jaringan sebagai jaringan interkoneksi ke-jaringan luas (*internet*), yang berdasarkan pada kriteria-kriteria prinsip jaringan yang memungkinkan (misalnya efisiensi jaringan, nilai sewa, kehandalan jaringan, kualitas layanan jaringan, dan lain-lain.), pada tugas akhir ini digunakan jaringan ATM sebagai jaringan interkoneksi, yang telah memenuhi kriteria perencanaan interkoneksi jaringan.

4.2 Metode pengambilan data karakteristik jaringan

Data karakteristik jaringan diperlukan sebagai dasar pemahaman dan mekanisme-mekanisme yang terkait dengan sistem jaringan yang dibahas, serta sebagai dasar dari perhitungan kinerja jaringan dan mengerti sebagian besar tentang sistem

jaringan interkoneksi. Adapun data-data yang diperlukan merupakan data-data *statis* jaringan yakni data yang nilainya tidak berubah dalam kondisi yang berbeda, adapun pada nilai data *adaptif* akan dilakukan perhitungan dalam proses perencanaan ini. Data-data tersebut diantaranya adalah standart jaringan, protokol jaringan, kapasitas bit rate jaringan, dan hal-hal pendukung *transfer* data lainnya.

Data yang diperlukan berdasarkan pada rekomendasi dari *forum* jaringan telekomunikasi baik ATM *forum* maupun *Bluetooth forum* serta ITU (*international telecommunication union*), dan sebagai referensi pendekatan diambil dari buku-buku, diktat ajar internasional, jurnal-jurnal, maupun makalah internasional yang berhubungan dengan jaringan yang sedang dibahas.

4.3 Metode perencanaan interkoneksi jaringan

Perencanaan jaringan dilakukan berdasarkan pada penggunaan aplikasi jaringan, yaitu penentuan konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan, kemudian bagaimana mekanisme pembentukan jaringan *Bluetooth*, pembentukan sambungan pada jaringan *Bluetooth*, perencanaan *hardware* jaringan *Bluetooth* terhadap kontrak trafik pada jaringan ATM, mekanisme transmisi informasi perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM, peramalan kedatangan (*forecast*) *cell* terhadap kecepatan paket pada jaringan *Bluetooth*, serta trafik jaringan *Bluetooth* dan trafik perencanaan interkoneksi jaringan.

4.4 Metode perhitungan parameter kinerja jaringan

Dalam proses perencanaan jaringan kita tidak dapat mengetahui seberapa jauh kemampuan jaringan tersebut bekerja, jika kita tidak mengetahui beberapa parameter penting mengenai kinerja jaringan.

Pada perencanaan interkoneksi jaringan ini dilakukan perhitungan beberapa parameter penting jaringan sebagai perhitungan dalam proses perencanaan diantaranya:

1. Pada jaringan *Bluetooth*, *delay handoff* terdiri dari deteksi kehilangan sambungan dan permintaan sambungan (*paging, inquiry*).
2. *Delay time* atau waktu *transfer data* dari sumber ketujuan.
3. *Throughput, throughput* maksimum, *efisiensi throughput, throughput* maksimum berdasarkan probabilitas *error* jaringan.
4. *Free space loss* jaringan

BAB V

PERENCANAAN INTERKONEKSI JARINGAN *BLUETOOTH* PADA JARINGAN ATM

Dalam perencanaan sistem jaringan telekomunikasi kita sering mengabaikan parameter perencanaan penting sehingga mengakibatkan jaringan tidak efisien. Adapun dalam perencanaan internetworking jaringan dengan menggunakan jenis jaringan yang berbeda, maka kita harus memperhatikan hal-hal yang mempengaruhi sistem jaringan. Satu hal penting dalam pemilihan karakter fisik jaringan adalah merupakan sebagian dari penentu faktor performansi jaringan.

Dalam proses perencanaan jaringan akan menimbulkan permasalahan pada berbagai segi aplikasi jaringan, adapun permasalahan yang cukup mendasar dan dianggap perlu dalam proses perencanaan dalam tugas akhir ini akan dibahas, adapun permasalahan yang diperhitungkan diantaranya, pembentukan konfigurasi jaringan perencanaan, penentuan sistem pembentuk jaringan, mekanisme pembentukan jaringan *Bluetooth*, perencanaan hardware pada jaringan *Bluetooth* sebagai penentu kebijakan ABR (*available bit rate*) service pada jaringan ATM, mekanisme transmisi informasi interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM, perencanaan trafik jaringan, serta parameter pokok jaringan. Sehingga pada jaringan perencanaan mempunyai spesifikasi dan kinerja yang jelas sebelum perencanaan jaringan tersebut akhirnya akan benar-benar digunakan dalam aplikasi internetworking jaringan.

5.1 Konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM

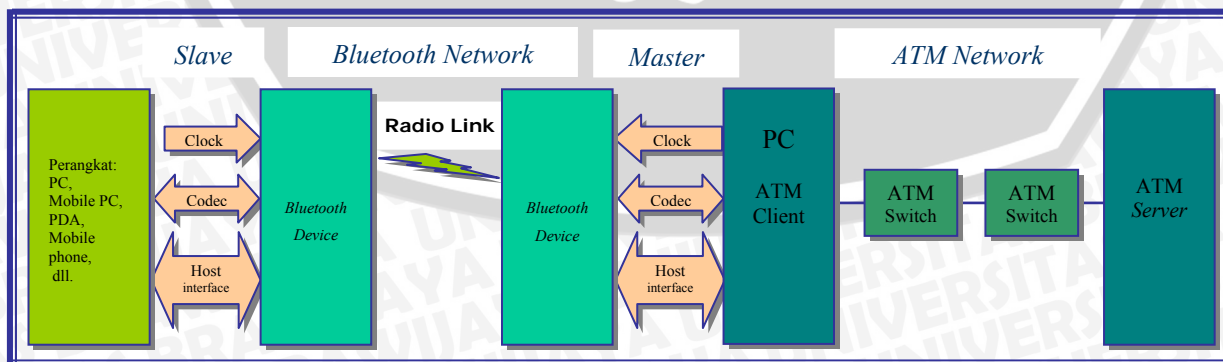
Sebagai konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan akan ditentukan bagian-bagian pendukung sistem jaringan secara utuh, serta model dari interkoneksi sistem jaringan, adapun konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan sesuai pada Gambar 5.1. Konfigurasi jaringan sebagai dasar dari perhitungan sistem perencanaan jaringan yang merupakan penyederhanaan dari sistem jaringan yang lebih rumit dan diharapkan dapat mewakili dalam proses perencanaan jaringan dari sistem secara umum.

Sesuai pada Gambar 5.1 maka pada perencanaan, akan ditinjau dari sisi jaringan *Bluetooth* terlebih dulu, kemudian pada jaringan ATM. Dari jaringan *Bluetooth* pada bagian *slave* kita tentukan perangkat yang compatible terhadap *Bluetooth device*, yaitu

perangkat yang terdiri dari beberapa jenis perangkat, seperti: PC, Mobile PC, PDA, Mobile phone, dan lain-lain. Pada bagian *slave* ini banyak perangkat yang dapat mendukung perencanaan, karena pada sisi *slave* ini adalah sebagai jaringan yang akan terhubung pada *access point*, dalam hal ini *access point* adalah *Master*. Dengan parameter perencanaan adalah kualitas layanan transmisi paket atau tipe kecepatan transmisi pada jaringan *Bluetooth*.

Pada perangkat *Bluetooth device* pada jaringan terdapat dua bagian yaitu pada sisi *slave* dan pada sisi *master* sebagai pembangkit sistem komunikasi dengan menggunakan media udara, pada kedua sisi antara *master* dan *slave* perangkat ini akan menggunakan kelas layanan yang sama agar komunikasi antar keduanya membutuhkan daya yang seimbang, dalam perencanaan dengan menggunakan media transmisi udara ini jaringan *Bluetooth* menggunakan jarak maksimal kurang lebih 10 meter sehingga pada pemilihan radio *Bluetooth* dapat menggunakan level daya kelas 3, adapun sistem *Bluetooth device* secara lebih detail dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Sedangkan pada bagian *master* pada jaringan *Bluetooth* perangkat yang digunakan berupa PC, dengan asumsi sistem PC ini *portable* (merupakan *access point*) yang selanjutnya harus mempunyai kinerja lebih bagus dari sistem jaringan *Bluetooth* yang akan digunakan dalam jaringan itu sendiri. Disamping itu pada sisi *master* ini akan terhubung langsung pada jaringan ATM, dimana *master* dan *client* terbentuk dari satu sistem yaitu bagian sistem pembentuk interkoneksi jaringan, pada bagian ini jaringan terjadi interkoneksi pada sistem ini terjadi perubahan sistem transmisi informasi, pada sistem ini selanjutnya terhubung pada ATM switch, dalam perencanaan jaringan ATM asumsi dengan 2 buah ATM switch dalam jaringan. Selanjutnya jaringan terhubung pada end point perencanaan jaringan ATM yaitu ATM server.



Gambar 5.1 Konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM

Sumber: Perencanaan

5.2 Mekanisme pembentukan jaringan *Bluetooth*

Jaringan *Bluetooth* yang terbentuk dari hubungan antar dua atau lebih perangkat (*device*) yang saling terhubung melalui perangkat radio frekuensi *Bluetooth*. Dengan asumsi kelas daya *Bluetooth* yang digunakan adalah daya kelas 3 dengan nilai daya sebesar 1mW (0 dBm).

5.2.1 Pembentukan sambungan

Pembentukan sambungan pada *Bluetooth* terdiri dari dua tahap:

1. **Address discovery:** Tahap ini dibutuhkan jika alamat *device* yang menghendaki sambungan belum diketahui. Tahap ini pada umumnya disebut sebagai “*inquiry*”. proses ini berlangsung sampai dengan 10,24 detik pada keadaan bebas *error*.
2. **Synchronization:** Tahap ini dibutuhkan untuk sinkronisasi *frequency hop sequences* dari *device* sehingga sambungan dapat terbentuk. *Device* yang memulai sambungan disebut sebagai *master* dan *device* yang lain disebut *slave*. (*Master* dan *slave* terbentuk sejak pertamakali sambungan dimulai). *Hop sequence* dan *clock* dari *slave* sesuai dengan *master*-nya. Pada umumnya, tahap ini disebut sebagai “*paging*.” Jika *clock* dari dua *device* telah sinkron dalam waktu $-8 \times 1,28s$ sampai $+7 \times 1,28s$, kemudian prosedur *paging* akan digantikan dengan $N_{page} \times 16 slots$ (satu *slot* = $625 \mu s$ pada standart *Bluetooth*). N_{page} 1 untuk *page scan mode* R0 dan 128 untuk *scan mode* R1. Jika sinkronisasi lebih buruk dari apa yang telah dijelaskan sebelumnya di atas, katakanlah *clock* mengalami kegagalan, *paging* mungkin dapat mencapai $N_{page} \times 32 slots$, atau dua kali dari waktu yang telah dijelaskan, pada keadaan bebas *error*.

Pada saat *handoff*, alamat *device* baru telah diketahui, salah satu dari kedua *device* telah melakukan prosedur *inquiry*. Sedangkan prosedur *paging* merupakan penyebab *delay* yang cukup berpengaruh pada proses *handoff* dan akan dibahas lebih jauh.

Pada setiap *device Bluetooth* dapat berfungsi sebagai *master* dan juga sebagai *slave* dalam suatu jaringan *Scatternet* pada waktu yang bersamaan, sebuah piconet pada sisi *master* perangkat ini dapat terhubung aktif dengan 7 buah *slave*.

Adapun contoh proses kerja dari langkah-langkah mengenai pembentukan koneksi dalam jaringan dengan pola *hop* frekuensi dengan bermacam tingkatan

- ✘ **Inquiry:** pembentukan koneksi dimulai dengan prosedur pengecekan keadaan jaringan. Titik masukan atau *device* yang meminta untuk terlibat koneksi dalam ‘*inquiry*’

saat *mobiles* atau *device* yang diterima dalam melakukan koneksi ‘*inquiry scan.*’ Salah satu contoh dari *hop* frekuensi pada tiap-tiap *slot* dengan titik masuk (*entry point*) yang diterima, dinyatakan seperti table 5.1

Tabel 5.1: contoh alokasi *hop* frekuensi *inquiry*

Entry Point	5	15	17	11	13	23	25	19	21	31	33	27	29	7	9	3
Mobile	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

- ✘ ***Inquiry response:*** pada contoh alokasi ini, pesan *inquiry* telah diterima setelah 16 *slots*. Setelah pesan *inquiry* diterima, *mobile* menuju ke aliran *random backoff* untuk 706 *slots* (nilai maksimum dari *random backoff* sekitar 1023 *slots*). Kemudian *mobile* mengirimkan *inquiry response* dan memasukkan nomor *scan*.
- ✘ ***Paging:*** *hops* frekuensi untuk nomor dan nomor *scan* seperti dalam daftar tabel 5.2

Tabel 5.2: contoh aplikasi *hops* frekuensi *paging*

Entry Point	15	35	19	7	70	11	74	37	21	41	25	78	62	3	66	31
Mobile	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66

Prosedur penomoran menggantikan dalam 15 *slots* pada aplikasi diatas. Setelah itu, *slave* memberi respon dan *master* merespon dengan mengirim pesan dan kedua *device* memasuki keadaan terkoneksi.

5.3 Perencanaan *hardware* jaringan *Bluetooth* terhadap ABR (*available bit rate*) service pada jaringan ATM

Pada sistem perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM, sebelumnya telah ditentukan bahwa dalam pemilihan perencanaan jaringan *throughput* yang direncanakan sebesar 705 kbps, adalah sebagai dasar dalam proses pemilihan jaringan sehingga dapat ditentukan jaringan perencanaan yaitu jaringan *Bluetooth*, yang kemudian dilanjutkan dengan pemilihan jaringan pendukung yang diharapkan mempunyai efisiensi, kecepatan dan *throughput* yang tinggi terhadap pemilihan jaringan sebelumnya. Hal ini dilakukan pada tahap pemilihan jaringan sebelumnya sehingga pada proses perencanaan ini tidak dititik beratkan dalam penulisannya, untuk memperjelas proses perencanaan tersebut

maka akan dilakukan perbandingan melalui parameter – parameter perencanaan yang akan dibahas lebih jelas pada sesi berikutnya.

Sesuai dengan *hardware* perencanaan jaringan *Bluetooth* yang telah ditentukan diatas maka spesifikasi dari jaringan ATM dalam perencanaan ini, jaringan ATM yang digunakan mempunyai kinerja yang lebih baik dari pada jaringan *Bluetooth* yang telah direncanakan dan jaringan ATM dirancang seefisien mungkin dan telah ditentukan juga dengan pemilihan *hardware* pada *physical layer*, yang digunakan sebagai salah satu parameter dasar dalam perencanaan interkoneksi jaringan.

ABR merupakan kategori layanan jaringan ATM yang mana jaringan menyediakan umpan balik kelajuan pada pengirim, yang meminta pengirim untuk mengurangi laju data apabila jaringan mengalami kemacetan. Dengan asumsi bahwa pengirim memenuhi permintaan tersebut, maka kehilangan sel pada layanan ABR diperkirakan cukup rendah. Hal inilah yang medasari pemilihan ABR *service* pada jaringan ATM sebagai kontrak trafik pada perencanaan interkoneksi jaringan dengan asumsi kesesuaian dengan analisis perhitungan trafik perencanaan *hardware* jaringan *Bluetooth* sebelumnya. Dengan dipilihnya kontrak trafik pada jaringan ATM dengan menggunakan ABR maka pada perencanaan interkoneksi jaringan telah memenuhi kriteria interkoneksi yang dilakukan baik dalam hal bit rate dan kapasitas kanal jaringan serta *throughput* jaringan, yang akan dilakukan pada bab berikutnya.

5.4 Mekanisme transmisi informasi interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM

Pada sistem jaringan interkoneksi transmisi informasi mengalami beberapa perubahan baik dalam mode transmisi maupun pada mode pengalaman/*routing* dikarenakan penggunaan jaringan yang berbeda pada perencanaan interkoneksi.

Pada jaringan *Bluetooth* transmisi data dilakukan dalam bentuk paket-paket yang terdiri dari beberapa jenis paket, yang penggunaannya tergantung pada aplikasi sistem jaringan, dari aplikasi jaringan data yang berisi informasi aplikasi akan ditransmisikan maka ditambahkan beberapa *header* sesuai protokol setelah itu data dialokasikan pada tipe paket yang akan digunakan untuk penempatan *header* paket dan penambahan kode akses. Dan paket ditransmisikan, setelah tiba paket mengalami proses dekapsulasi untuk diambil informasi aslinya, untuk kemudian dialokasikan kedalam sel-sel kecil sebagai standart paket pada jaringan ATM untuk ditransmisikan ke-jaringan, sebelum *payload* dibagi menjadi ukuran 48 byte perpaket, informasi aplikasi sudah ditambahkan *header*

diantaranya 20 *byte header* RTP, 20 *byte header* IP, 8 *byte header* LLC dan 8 *byte trailer* AAL 1, setelah paket sampai pada tujuan, paket-paket tersebut mengalami proses dekapsulasi untuk mendapatkan informasi aslinya.

5.5 Peramalan kedatangan (*forecast*) cell pada jaringan ATM, terhadap kecepatan kedatangan paket pada jaringan *Bluetooth*

Pada bagian ini dilakukan perhitungan, mengenai kemungkinan kedatangan paket data transfer dari jaringan interkoneksi, dalam hal ini dari jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM.

Kedatangan sel (sel transmisi) pada jaringan ATM terhadap tipe data transfer *Bluetooth*:

1. *Synchronous connection-oriented* (SCO) link:

➤ Pada kondisi 1 SCO link

Kecepatan transmisi SCO link 64 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{\text{kec transmisi}}{\text{payload sel ATM}}$$

$$\text{Sel transmisi} = \frac{64 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 166,6 \text{ cell / s} \approx 167 \text{ cell / s}$$

➤ Pada kondisi 2 SCO link

$$\text{Sel transmisi} = \left(\frac{64 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} \right) \times 2 = 166,6 \text{ cell / s} \times 2$$

$$\text{Sel transmisi} \approx 167 \text{ cell / s} \times 2 \approx 334 \text{ cell / s}$$

➤ Pada kondisi 3 SCO link

$$\text{Sel transmisi} = \left(\frac{64 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} \right) \times 3 = 166,6 \text{ cell / s} \times 3$$

$$\text{Sel transmisi} \approx 167 \text{ cell / s} \times 3 \approx 501 \text{ cell / s}$$

2. *Asynchronous connectionless* (ACL) link, dengan tipe *asymmetric*:

➤ Untuk *forward*

➤ ACL link dengan paket DM1

Kecepatan transmisi *forward* DM1 108 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{\text{kec transmisi forward}}{\text{payload sel ATM}}$$

$$\text{Sel transmisi} = \frac{108 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 281,2 \text{ cell / s} \approx 282 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DM3

Kecepatan transmisi *forward* DM3 387 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{387 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 1007,8 \text{ cell / s} \approx 1008 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DM5

Kecepatan transmisi *forward* DM5 477 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{477 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 1242,1 \text{ cell / s} \approx 1243 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DH1

Kecepatan transmisi *forward* DH1 172 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{172 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 447,9 \text{ cell / s} \approx 448 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DH3

Kecepatan transmisi *forward* DH3 585 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{585 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 1523,4 \text{ cell / s} \approx 1524 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DH5

Kecepatan transmisi *forward* DH5 723 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{723 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 1882,8 \text{ cell / s} \approx 1883 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket AUX

Kecepatan transmisi *forward* AUX 185 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{185 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 481,7 \text{ cell / s} \approx 482 \text{ cell / s}$$

➤ Untuk *reverse*

➤ ACL link dengan paket DM1

Kecepatan transmisi *reverse* DM1 108 kbps

$$\text{Sel transmisi} = \frac{\text{kec transmisi reverse}}{\text{payload sel ATM}}$$

$$\text{Sel transmisi} = \frac{108 \cdot 10^3 \text{ bps}}{48 \text{ byte} \cdot 8 \text{ bit / byte}} = 281,2 \text{ cell / s} \approx 282 \text{ cell / s}$$

➤ ACL link dengan paket DM3

Kecepatan transmisi *reverse* DM3 54 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{54 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 140,6\ cell / s \approx 141\ cell / s$$

- ACL link dengan paket DM5

Kecepatan transmisi *reverse* DM5 36 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{36 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 93,7\ cell / s \approx 94\ cell / s$$

- ACL link dengan paket DH1

Kecepatan transmisi *reverse* DH1 172 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{172 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 447,9\ cell / s \approx 448\ cell / s$$

- ACL link dengan paket DH3

Kecepatan transmisi *reverse* DH3 86 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{86 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 223,9\ cell / s \approx 224\ cell / s$$

- ACL link dengan paket DH5

Kecepatan transmisi *reverse* DH5 57 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{57 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 148,4\ cell / s \approx 149\ cell / s$$

- ACL link dengan paket AUX

Kecepatan transmisi *reverse* AUX 185 kbps

$$Sel\ transmissi = \frac{185 \cdot 10^3\ bps}{48\ byte \cdot 8\ bit / byte} = 481,7\ cell / s \approx 482\ cell / s$$

5.6 Perencanaan parameter trafik pada jaringan *Bluetooth*

5.6.1 Definisi trafik

Dalam proses penempatan dari kedua *user parameter control/network parameter control* (UPC/NPC) dalam fungsi *connection admission control* (CAC), pada hakekatnya karakteristik trafik dapat diketahui dari pertamakali interkoneksi, adapun pembahasan trafik itu sendiri cukup melalui parameter kesatuan trafik pada umumnya.

a. Parameter trafik

Parameter trafik adalah spesifikasi dari sebagian aspek trafik. Parameter trafik misalnya/sebagai contoh penjelasan sebuah aspek *quantitative* dari nilai rata-rata hubungan holding time, kecepatan sel maksimum, rata-rata kecepatan sel, rata-rata waktu *burst* (penuh) atau aspek *qualitative* dari tipe *source*.

b. Gambaran trafik *Bluetooth*

Gambaran trafik *Bluetooth* adalah nilai umum dari parameter trafik, yang dapat digunakan untuk mendefinisikan karakteristik trafik dari interkoneksi *Bluetooth*, misalnya kecepatan maksimum paket.

c. Gambaran trafik dari sumber (*source*)

Gambaran trafik dari sumber adalah kumpulan dari parameter trafik termasuk dari gambaran trafik *Bluetooth* yang digunakan sejak pertamakali tahap pembentukan koneksi hingga karakteristik trafik tertentu dari permintaan sambungan dari sumber, misalnya kecepatan maksimum sel.

5.7 Trafik perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM

Pada sistem perencanaan jaringan interkoneksi trafik jaringan berdasarkan pada kedatangan paket data pada sistem *circuit switching* maupun pada paket *switching*, dalam hal ini perencanaan trafik jaringan digunakan dalam menentukan kapasitas jaringan, agar tidak terjadi kehilangan/kemacetan paket data transfer dalam sistem jaringan.

Dari sistem jaringan yang direncanakan, maka pertamakali ditentukan trafik maksimum jaringan *Bluetooth* yang mungkin sehingga didapatkan parameter trafik, sebagai acuan jaringan yaitu jaringan ATM sebagai pendukung perencanaan interkoneksi jaringan, sehingga trafik jaringan yang telah ditentukan tidak mengalami kegagalan, serta mempunyai nilai efisiensi perencanaan jaringan yang tinggi.

5.8 Parameter perencanaan jaringan

5.8.1 Performansi jaringan *Bluetooth*

Pada bagian ini adalah untuk mengetahui performansi dari protokol *access* pada *mobile node*. Parameter-parameter berikut sesuai untuk mengetahui performansi *handoff* antara lain:

1. Waktu akibat deteksi kehilangan sambungan
2. Waktu akibat pembentukan sambungan setelah deteksi kehilangan sambungan
3. *Bandwidth* yang disediakan jaringan mBPAC

Keterangan lebih jauh akan dibahas pada perhitungan performansi yang berbeda dengan sebuah *node* ketika mulai bergerak dibandingkan dengan ketika *node* diam.

1. *Delay handoff*

Delay handoff pada jaringan *Bluetooth* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sebuah *slave* setelah kehilangan sambungan dari *master* yang telah terhubung, untuk melakukan sambungan baru pada *master* baru.

Delay handoff, atau waktu untuk meminta sambungan (koneksi) setelah koneksi hilang dari satu *access point* terdiri dari dua komponen:

- ✘ Waktu untuk mendeteksi kehilangan koneksi dari *access point* yang mana *mobile* terkoneksi sebelumnya, sebelum akhirnya koneksi hilang. Hal ini disebabkan oleh dua faktor:

Nomor koneksi device untuk access point: durasi waktu diantara dua *poll messages* yang dikirim untuk *mobile node* bergantung pada panjang gelombang dari deretan *poll*, yang mana bergantung pada nomor koneksi *device* pada *access point*. Kehilangan koneksi diketahui hanya ketika *mobile* meminta *request*. Deretan *poll* maksimum ketika *mobile* diberi penomoran maksimum, hal ini adalah *mobile* ke tujuh, yang terkoneksi. Pada kasus dari satu *slot* paket, deretan *poll* hingga 14 *slot* lamanya waktu untuk paket *multislot* dari panjang gelombang lima *slots*, 70 *slots* mungkin dapat dilewatkan dua diantaranya berturut-turut dalam *poll* percobaan

Kedatangan messages yang baru dari access point yang baru: apabila *access point* membangkitkan permintaan nomor untuk *mobile* baru maka diharuskan untuk mengirim *message* yang baru, dan pencarian jaringan untuk koneksi *mobile* bergantung pada permintaan *paging* yang dilakukan. Pada kasus ini kegagalan koneksi akan diketahui ketika *access point* memberi balasan atas nomor permintaan. Seperti permintaan *poll* ini dilakukan setelah penanganan tiap-tiap *message* yang baru, nilai *delay* maksimal pada proses pencarian jaringan dari *paging* untuk *mobile* baru dapat mempunyai waktu maksimal dari sebuah permintaan *paging*.

- ✘ Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan koneksi baru pada *access point* baru yang mana keadaan *mobile* bergerak setelah kehilangan koneksi. Hal ini tergantung pada factor-faktor sebagai berikut:

Delay paging: adalah *delay* yang terjadi akibat dari proses *paging*. Selama *mobile* melakukan penomoran terus menerus dalam *mode scan R0* pada jaringan sebelum terkoneksi, tiap-tiap nomor antrian perlu untuk dibangkitkan lagi setelah itu. Karena itu kedua antrian dapat mencoba keluar dari 32 *slots*. Untuk ketahanan dalam kanal *error* dan *delay message*, permintaan diulang empatkali, yaitu untuk 128 *slot*.

Nomor dari Message yang baru pada antrian: sebuah *access point* dapat membuat hanya satu permintaan *paging* pada satu waktu dan jika *access point* telah siap membangkitkan permintaan *paging* atau mempunyai *message* yang baru pada antrian untuk permintaan *paging* ketika *message* dari nomor untuk sebuah kedatangan *mobile* baru yang bergerak, *delay handoff* akan dimasukkan tidak hanya pada *delay paging* untuk *mobile* tetapi juga waktu yang dibutuhkan pada penanganan *message* baru sebelumnya sebelum *paging* untuk *mobile* ini dimulai. Nomor dari *message* pada antrian akan bergantung atas nomor dari *mobile nodes* di jaringan dan kecepatan dengan pergerakannya.

Pada keadaan yang berbeda akan menghasilkan keadaan dengan bermacam-macam kemungkinan dengan memperhatikan faktor tersebut diatas. Kedua hal ini diukur pada situasi yang berbeda untuk mendapatkan cakupan waktu dengan nilai *delay handoff* berubah-ubah

a. Deteksi kehilangan sambungan

Waktu yang dibutuhkan untuk deteksi kehilangan sambungan adalah $T_{polltimeout}$, atau durasi dari sederet *poll*, ketika tidak ada percobaan *paging* yang dibangkitkan ketika kedatangan *mobile* dalam jarak jangkauan *access point* yang mana akan melakukan sambungan. Bagaimanapun juga, jika percobaan *paging* dimulai waktu yang dibutuhkan akan mengalami pertambahan sampai dengan durasi $T_{polltimeout} + T_{AP_Page}$.

Sederetan *poll* adalah $s \times 2 \times l$ *slots*, dimana s adalah nomor dari *mobile device* yang terkoneksi pada *access point* dan l adalah panjang *slots* dari tipe paket yang digunakan. Nilai s dapat bervariasi dari 1 sampai 7 dan l dapat bernilai 1, 3 dan 5 jika satu *slots*, tiga *slots* atau lima *slots* panjangnya paket yang digunakan. Sehingga durasi deretan *poll* diharapkan berubah dari 2 *slots* (untuk $s = 1, l = 1$) sampai 70 *slots* untuk ($s = 7, l = 5$).

Ini artinya bahwa waktu maksimum untuk mendeteksi kehilangan sambungan menjadi $70 + T_{AP_Page} = 198 \text{ slots}$, atau kira-kira 124 millidetik.

b. Permintaan sambungan

Waktu pada saat memulai suatu sambungan pada *Bluetooth* terdiri dari *paging* dan *inquiry*. Prosedur *inquiry* adalah waktu yang dibutuhkan dan mungkin berkisar 2,56 sampai 10,24 detik. Protokol mBPAC menghilangkan waktu tersebut secara keseluruhan dengan menggunakan prosedur *reestablishment* sambungan tanpa *inquiry*, hanya menggunakan fungsi standart *Bluetooth*, waktu yang dibutuhkan untuk untuk *restart* suatu sambungan pada mBPAC bergantung pada *paging*. *Paging* menggunakan tipe 16 *slots* pada *page scan mode* R0, jika *clock* telah sinkron dengan $-8 \times 1,28 \text{ s}$ sampai $+7 \times 1,28 \text{ s}$, dan 32 *slots* yang lain, pada keadaan bebas *error*. Pada mBPAC, ketika kehilangan sambungan akan terdeteksi secara maksimum 198 *slots*, kita anggap pendekatan sinkronisasi *clock* sempurna dan sebab itu prosedur *paging* diharapkan dapat diganti pada nilai kurang dari 16 *slots*.

Waktu yang dibutuhkan untuk permintaan sambungan juga waktu tunggu untuk masukkan *message* lain untuk menunggu pada antrian sebelum *access point* baru memulai *paging*. Waktu tunggu ini bergantung pada nomor dari antrian *message*. Dengan asumsi dasar keadaan maksimum pada *Neighborhood set* bernilai 6, lima pesan yang lain mungkin datang secara simultan dan dapat diproses sebelum permintaan *paging* mobile diterima. Hal ini mungkin sebab periode tunggu adalah $5 \times T_{AP_Page} = 640 \text{ slots}$.

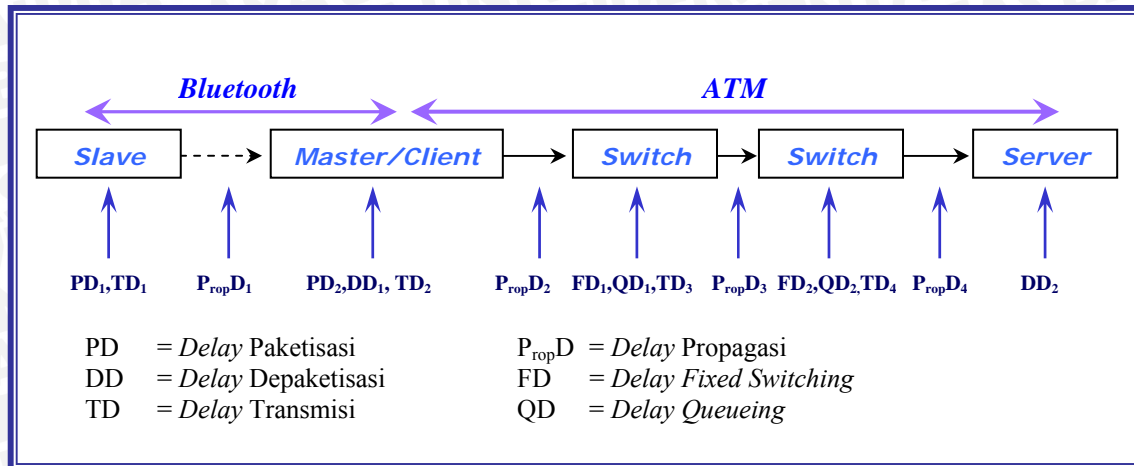
2. Total delay handoff

Berdasarkan tiga komponen diatas dari *delay handoff*, waktu total yang dibutuhkan pada *handoff* dapat mencapai nilai maksimum $198 + 16 + 640 = 854 \text{ slots}$ atau sekitar 534 ms. Bagaimanapun juga, kedatangan lima *message* secara bersama-sama hanya pada kasus-kasus tertentu saja pada keadaan normal nilai *delay* akan jauh berkurang.

5.8.2 Delay time

Delay time atau waktu *transfer* data merupakan salah satu parameter dari unjuk kerja jaringan. Pada perencanaan interkoneksi jaringan yang dibahas, *delay time* adalah parameter penting yang diperhitungkan dalam aplikasi perencanaan jaringan interkoneksi. Berdasarkan pada Gambar 5.2, maka pada perencanaan interkoneksi jaringan akan dilakukan perhitungan parameter *delay time* pada jaringan diantaranya: pada sisi jaringan *Bluetooth*, parameter *delay* paketisasi, *delay* depaketisasi dan *delay* propagasi akan

dibahas, sedangkan pada sisi jaringan ATM parameter *delay* yang dibahas adalah *delay* proses (paketisasi dan depaketisasi), *delay* transmisi dan *delay switching* (*fixed switching delay* dan *queueing delay*).



Gambar 5.2 Konfigurasi *delay time* pada perencanaan interkoneksi jaringan.

Sumber: Perencanaan

Sesuai dengan konfigurasi *delay time* jaringan interkoneksi pada Gambar 5.2, maka *delay time* yang terjadi antara lain adalah *delay* paketisasi (PD_1, PD_2), *delay* propagasi ($P_{ropD_1}, P_{ropD_2}, P_{ropD_3}, P_{ropD_4}$), *delay* transmisi (TD_1, TD_2, TD_3, TD_4), *delay* depaketisasi (DD_1, DD_2), *delay switching* (FD_1, FD_2, QD_1, QD_2). *Delay* paketisasi jaringan Bluetooth pada *mobile terminal* (*slave*), sedangkan pada jaringan ATM pada *client*. *Delay* propagasi terjadi pada *link* antara *slave* -*master*, *client*-ATM *switch*, ATM *switch*-ATM *switch* dan antara ATM *switch*-*server*. *Delay* depaketisasi jaringan Bluetooth pada *master device*, sedangkan depaketisasi jaringan ATM pada *server*. *Delay* transmisi terjadi pada *slave*, *client*, ATM *switch* dan ATM *switch*. Dan *delay switching* yang terjadi pada proses *switching* dalam jaringan ATM.

Untuk nilai *delay time* perencanaan jaringan interkoneksi sesuai dengan konfigurasi jaringan pada Gambar 5.2, maka besarnya *delay time* dapat dituliskan sebagai:

$$t_v = PD + P_{ropD} + DD + TD + FD + QD$$

$$t'_v = PD' + P_{ropD}' + DD' + TD' + FD' + QD'$$

dengan:

$$t_v = \text{Delay total (s)}$$

$$t'_v = \text{Delay total ACK (s)}$$

PD	= Delay paketisasi (s)	PD'	= Delay paketisasi
$P_{rop}D$	= Delay propagasi (s)	$P_{rop}D'$	= Delay propagasi (s)
DD	= Delay depaketisasi (s)	DD'	= Delay depaketisasi (s)
TD	= Delay transmisi (s)	TD'	= Delay transmisi (s)
FD	= Delay fixed switching (s)	FD'	= Delay fixed switching (s)
QD	= Delay queueing (s)	QD'	= Delay queueing (s)

1. Delay paketisasi (PD)

Delay paketisasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk merubah paket-paket data aplikasi kedalam format paket transmisi setelah ditambahkan *header* didalamnya, sebelum akhirnya ditransmisikan ke jaringan. Pada jaringan ATM misalnya *delay* paketisasi ialah waktu yang dibutuhkan untuk merubah paket-paket aplikasi kedalam sel-sel ATM yang berukuran tetap dengan 53 *byte* tiap sel. Pada perencanaan jaringan ini terdapat dua *point* paketisasi yaitu pada awal jaringan *Bluetooth* dan pada awal jaringan ATM. Pada proses perencanaan interkoneksi jaringan ini parameter *delay* paketisasi pada jaringan yang dibahas, untuk diperhitungkan dalam perencanaan adalah:

➔ *Delay* paketisasi pada jaringan *Bluetooth*, data dari *slave device* dibentuk menjadi format data TCP dengan membagi data ke dalam ukuran *segment* TCP dan menambahkan 20 *byte header* TCP. Selanjutnya dari *layer* TCP data diteruskan kelapisan IP dengan penambahan *header* 20 *byte* sebagai peng-alamat. Kemudian terjadi pembentukan *frame Ethernet Bluetooth* yang dilakukan oleh BNEP dengan penambahan *header* BNEP 1 *byte*. Dari *Ethernet* selanjutnya ke MAC *Bluetooth layer* L2CAP dengan penambahan *header* 4 *byte*. Dari MAC diteruskan ke RLC untuk proses *segmentasi* dan *reassembly*. Paket data akan diubah ke blok *payload* radio *Bluetooth* bergantung pada tipe data transmisi yang digunakan.

Berdasarkan proses enkapsulasi, maka besarnya *delay* paketisasi dapat diketahui. Sebagai contoh perhitungan *delay* menggunakan data transmisi 1024 *byte*, untuk enkapsulasi dengan menggunakan paket DM1, MSS TCP 512 *byte*, RLC *Bluetooth* 17 *byte* (136 bit), $V_P = 108,8$ Kbps.

Maka:

Berdasarkan pada persamaan 2.9. jumlah *segment* adalah

$$W_{\max} = \frac{F}{MSS}$$

$$W_{\max} = \frac{1024}{512} = 2 \text{ segment}$$

Untuk jumlah blok yang digunakan sesuai persamaan 2.10. didapat

$$W_P = \frac{W_{\max} + \text{Header}}{W_{P'}}$$

$$W_P = \frac{1024 + (2 \times 45)}{17} = 65,5 \approx 66 \text{ blok}$$

Sehingga besarnya *delay* paketisasi arah *slave* ke *server* pada jaringan *Bluetooth* berdasarkan persamaan 2.11. adalah

$$PD_1 = \frac{W_P \times W_{P'}}{V_P}$$

$$PD_1 = \frac{66 \times 136}{108,8 \cdot 10^3} = 82,5 \text{ ms}$$

Sedangkan untuk nilai *delay* paketisasi untuk ACK jaringan *Bluetooth* sebesar:

$$PD_1' = \frac{W_P \times W_{P'}}{V_P}$$

$$PD_1' = \frac{1 \times 136}{108,8 \cdot 10^3} = 1,25 \text{ ms}$$

- ➔ Sedangkan *delay* paketisasi pada jaringan ATM merupakan waktu yang dibutuhkan untuk merubah paket-paket data ke bentuk paket kecil-kecil yang disebut sel ATM. Dalam perhitungan, *delay* paketisasi terjadi pada *client device*, besarnya *delay* paketisasi setelah melalui proses enkapsulasi pada jaringan ATM dapat diketahui dengan.

Mengetahui terlebih dulu jumlah data yang akan di alokasikan ke dalam *payload* sel ATM, untuk selanjutnya berapa jumlah sel ATM yang di transmisikan.

$$\Sigma \text{ data} = \Sigma \text{ Segment size (byte)} + 20 \text{ byte header RTP} + 20 \text{ byte header IP} \\ + 8 \text{ byte header LLC} + 8 \text{ byte trailer AAL 1}$$

$$\Sigma \text{ data} = (1024 + 20 + 20 + 8 + 8) \text{ byte}$$

$$\Sigma \text{ data} = 1080 \text{ byte}$$

Dengan jumlah sel pada proses paketisasi adalah.

$$\sum_{sel\ ATM} = \frac{Ukuran\ data}{48\ byte / sel}$$

$$\sum_{sel\ ATM} = \frac{1080\ byte}{48\ byte / sel} = 22,5 = 23\ sel$$

Untuk nilai *delay* paketisasi pada arah *slave* ke *server* pada jaringan ATM adalah.

$$PD_2 = \frac{l_{ATM} \cdot (l + l')}{C_{ATM}}$$

$$PD_2 = \frac{23 \cdot (48 + 5)\ byte \times 8\ bit / byte}{1,544 \cdot 10^6}$$

$$PD_2 = 6,316\ ms$$

Sedangkan untuk nilai *delay* paketisasi ACK jaringan ATM di *server* maka:

$$PD_2' = \frac{l_{ATM} \cdot (l + l')}{C_{ATM}}$$

$$PD_2' = \frac{1 \cdot (48 + 5)\ byte \times 8\ bit / byte}{155,52 \cdot 10^6}$$

$$PD_2' = 2,726\ \mu s$$

Sehingga nilai *delay* paketisasi yang terjadi pada perencanaan jaringan interkoneksi, dengan asumsi tersebut diatas maka.

Pada arah *slave* ke *server* adalah:

$$PD = PD_1 + PD_2$$

$$PD = 82,5\ ms + 6,316\ ms = 88,816\ ms$$

Dan pada arah *server* ke *slave* adalah:

$$PD' = PD'_1 + PD'_2$$

$$PD' = 1,25\ ms + 2,726\ \mu s = 1,252726\ ms$$

2. Delay depaketisasi (DD)

Delay depaketisasi ini terjadi ketika data sampai di terminal tujuan atau pada saat informasi/*payload* dikembalikan kedalam bentuk aslinya. Pada perencanaan interkoneksi jaringan *delay* depaketisasi terjadi pada akhir jaringan, depaketisasi jaringan *Bluetooth* pada *master* dan *slave* sedangkan jaringan ATM pada *server* dan *client*. Besarnya nilai

delay depaketisasi jaringan *Bluetooth* sama dengan *delay* paketisasi-nya, dikarenakan mempunyai parameter perhitungan yang sama. Adapun nilai *delay* depaketisasi jaringan *Bluetooth* $DD_1 = 78,75$ ms, untuk nilai depaketisasi (DD_1) ACK sesuai dengan PD_1 yang nilainya $DD_1 = PD_1 = 1,25$ ms, sedangkan pada jaringan ATM *delay* depaketisasi adalah:

Pada arah *slave* ke *server* adalah

$$DD_2 = \frac{n \times l_{ATM}}{C_{ATM}}$$

$$DD_2 = \frac{23 \times (48 + 5) \text{ byte} \times 8 \text{ bit / byte}}{155,52 \cdot 10^6}$$

$$DD_2 = 62,705 \mu\text{s}$$

Sedangkan untuk depaketisasi ACK pada *client* adalah

$$DD'_2 = \frac{n \times l_{ATM}}{C_{ATM}}$$

$$DD'_2 = \frac{1 \times (48 + 5) \text{ byte} \times 8 \text{ bit / byte}}{1,544 \cdot 10^6}$$

$$DD'_2 = 274,61 \mu\text{s}$$

Dengan demikian maka nilai *delay* depaketisasi perencanaan jaringan adalah:

Pada arah *slave* ke *server* adalah:

$$DD = DD_1 + DD_2$$

$$DD = 82,5 \text{ ms} + 62,705 \mu\text{s} = 82,5627 \text{ ms}$$

Dan untuk ACK dari arah *server* ke *slave* adalah:

$$DD' = DD'_1 + DD'_2$$

$$DD' = 1,25 \text{ ms} + 274,61 \mu\text{s} = 1,52461 \text{ ms}$$

3. Delay propagasi ($P_{rop D}$)

- ➔ *Delay* propagasi antara *Master* dengan *Slave* pada jaringan *Bluetooth*, dengan radius diantaranya adalah maksimum sejauh 10m dan cepat rambat gelombang udara adalah $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$, maka besar *delay* propagasi sesuai dengan persamaan (2.8) adalah: [Clarks, 1996]

Pada arah *slave* ke *server* sama dengan pada arah *server* ke *slave* yaitu:

$$P_{rop D_1} = \frac{d(m)}{v(m/s)}$$

$$P_{rop D_1} = \frac{10}{3 \times 10^8}$$

$$P_{rop}D_1 = 3,33 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 0,0333 \mu\text{s}$$

$$P_{rop}D'_1 = P_{rop}D_1 = 0,0333 \mu\text{s}$$

- ➔ Delay propagasi antara *client device* dengan *ATM switch* pada jarak 100 meter dengan media *twisted pair*, sesuai persamaan (3.3) adalah: [www.telekom.ee.itb.ac.id]

Pada arah *slave* ke *server* sama dengan pada arah *server* ke *slave* yaitu:

$$P_{rop}D_2 = \frac{d(m)}{s(m/s)}$$

$$P_{rop}D_2 = \frac{100 \text{ m}}{2 \times 10^5 \text{ km/s}}$$

$$P_{rop}D_2 = 0,5 \mu\text{s}$$

$$P_{rop}D'_2 = P_{rop}D_2 = 0,5 \mu\text{s}$$

- ➔ Delay propagasi antar *ATM switch* dengan jarak 10 meter pada perencanaan adalah:

Pada arah *slave* ke *server* sama dengan pada arah *server* ke *slave* yaitu:

$$P_{rop}D_3 = \frac{d(m)}{s(m/s)}$$

$$P_{rop}D_3 = \frac{10 \text{ m}}{2 \times 10^5 \text{ km/s}}$$

$$P_{rop}D_3 = 0,05 \mu\text{s}$$

$$P_{rop}D'_3 = P_{rop}D_3 = 0,05 \mu\text{s}$$

- ➔ Delay propagasi antara *ATM switch* dengan *server* dengan jarak 100 meter adalah:

Pada arah *slave* ke *server* sama dengan pada arah *server* ke *slave* yaitu:

$$P_{rop}D_4 = \frac{d(m)}{s(m/s)}$$

$$P_{rop}D_4 = \frac{100 \text{ m}}{2 \times 10^5 \text{ km/s}}$$

$$P_{rop}D_4 = 0,5 \mu\text{s}$$

$$P_{rop}D'_4 = P_{rop}D_4 = 0,5 \mu\text{s}$$

Sehingga *delay* propagasi pada perencanaan jaringan adalah:

Pada arah *slave* ke *server*

$$P_{rop}D = P_{rop}D_1 + P_{rop}D_2 + P_{rop}D_3 + P_{rop}D_4$$

$$P_{rop}D = 0,0333 \mu s + 0,5 \mu s + 0,05 \mu s + 0,5 \mu s$$

$$P_{rop}D = 1,0833 \mu s$$

Pada arah *server* ke *slave*

$$P_{rop}D' = P_{rop}D'_1 + P_{rop}D'_2 + P_{rop}D'_3 + P_{rop}D'_4$$

$$P_{rop}D' = 0,0333 \mu s + 0,5 \mu s + 0,05 \mu s + 0,5 \mu s$$

$$P_{rop}D' = 1,0833 \mu s$$

4. Delay transmisi (TD)

Delay transmisi pada perencanaan jaringan sesuai dengan konfigurasi jaringan pada Gambar 5.2 *delay* transmisi terjadi pada beberapa titik pada perencanaan jaringan, yaitu *delay* transmisi pada jaringan *Bluetooth* pada *slave* dan *master*, kemudian pada jaringan ATM *delay* transmisi pada *client device*, yang pada perencanaan menggunakan jenis kabel *twisted pair* (DS-1), kemudian *delay* transmisi pada dua titik *switch* ATM dengan asumsi perencanaan menggunakan *single mode fiber* (STM-1) dan *delay* transmisi pada *server*. Sehingga besarnya *delay* transmisi perencanaan jaringan adalah:

- ➔ *Delay* transmisi pada *slave device* pada jaringan *Bluetooth* sesuai persamaan (2.4) adalah:

Pada arah *slave* ke *server* sama dengan pada arah *server* ke *slave* yaitu:

$$TD_1 = \frac{m_{DM1} \times 8(\text{bit / byte})}{v(\text{bps})}$$

$$TD_1 = \frac{18 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{108,8 \cdot 10^3 (\text{bps})}$$

$$TD_1 = 1,32352 \text{ ms}$$

$$TD'_1 = TD_1 = 1,32352 \text{ ms}$$

Delay transmisi arah *slave* ke *server* pada jaringan ATM adalah:

- ➔ *Delay* transmisi pada *client device* pada jaringan ATM, sesuai persamaan (3.4) maka besarnya *delay* transmisi adalah:

$$TD_2 = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit / byte})}{C_{ATM} (\text{bps})}$$

$$TD_2 = \frac{53 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{1,544 \cdot 10^6 (\text{bps})}$$

$$TD_2 = 274,6 \mu s$$

- ➔ Delay transmisi pada switch ATM ke switch ATM dan switch ATM ke server, nilainya adalah:

$$TD_3 = TD_4 = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit / byte})}{C_{ATM} (\text{bps})}$$

$$TD_3 = TD_4 = \frac{53 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{155,52 \cdot 10^6 (\text{bps})}$$

$$TD_3 = TD_4 = 2,72 \mu s$$

Delay transmisi arah server ke slave pada jaringan ATM adalah:

- ➔ Delay transmisi pada server device pada jaringan ATM, sesuai persamaan (3.4) maka besarnya delay transmisi adalah:

$$TD'_2 = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit / byte})}{C_{ATM} (\text{bps})}$$

$$TD'_2 = \frac{53 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{155,52 \cdot 10^6 (\text{bps})}$$

$$TD'_2 = 2,75 \mu s$$

- ➔ Delay transmisi pada switch ATM ke switch ATM, nilainya adalah:

$$TD'_3 = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit / byte})}{C_{ATM} (\text{bps})}$$

$$TD'_3 = \frac{53 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{155,52 \cdot 10^6 (\text{bps})}$$

$$TD'_3 = 2,72 \mu s$$

- ➔ Delay transmisi pada switch ATM ke client, nilainya adalah

$$TD'_4 = \frac{l_{ATM} \times 8(\text{bit / byte})}{C_{ATM} (\text{bps})}$$

$$TD'_4 = \frac{53 \text{ byte} \times 8(\text{bit / byte})}{1,544 \cdot 10^6 (\text{bps})}$$

$$TD'_4 = 274,6 \mu s$$

Karena delay transmisi pada perencanaan jaringan mempunyai nilai yang berbeda-beda pada tiap-tiap perangkat, maka pada perencanaan jaringan akan diambil satu nilai transmisi terbesar pada masing-masing jaringan, yang diharapkan dalam perhitungan sudah mewakili secara keseluruhan nilai delay transmisi pada proses perencanaan jaringan.

Sehingga *delay* transmisi pada perencanaan jaringan adalah:

$$TD_1 = \text{delay transmisi pada jaringan Bluetooth}$$

$$TD_2, TD_3, TD_4 = \text{delay transmisi pada jaringan ATM}$$

Pada arah *slave* ke *server*

$$TD = TD_1 + TD_2 / TD_3 / TD_4$$

$$TD = \underline{1,32352 \text{ ms}} + 274,6 \mu\text{s} / 2,72 \mu\text{s} / 2,72 \mu\text{s}$$

$$TD = 1,59812 \text{ ms}$$

Dan pada arah *server* ke *slave*

$$TD' = TD'_1 + TD'_2 / TD'_3 / TD'_4$$

$$TD' = \underline{1,32352 \text{ ms}} + 2,72 \mu\text{s} / 2,72 \mu\text{s} / \underline{274,6 \mu\text{s}}$$

$$TD' = 1,59812 \text{ ms}$$

5. Delay switching

Delay switching ini memiliki dua komponen *delay* jaringan yaitu *fixed switching delay* dan *delay* antrian (*queueing delay*).

1. Delay queueing (QD)

Delay queueing pada jaringan ATM pada arah *slave* ke *server* dan pada arah *server* ke *slave* bernilai sama, *Delay queueing* (*delay* antrian) pada ATM switch dengan menggunakan model antrian M/M/1. untuk MSS = 512 byte adalah:

Dengan ukuran paket (P) = 1024 byte

Segment maksimum transmisi $W_{max} = 1024 \text{ byte} / 512 \text{ byte} = 2 \text{ segment}$

Sel pada layer ATM = (Σ Segment size (byte) + 20 byte header RTP + 20 byte header IP + 8 byte header LLC + 8 byte trailer AAL 1)/payload ATM byte

$$\text{Sel pada layer ATM} = \frac{(512 + 20 + 20 + 8 + 8) \text{ byte}}{48 \text{ byte}} = \frac{568}{48} = 11,8 = 12 \text{ cell}$$

12 sel ATM = 636 byte

$$\text{Kecepatan pelayanan switch } (\lambda) = \frac{155,52 \cdot 10^6 \text{ bit/s}}{12 \times 636 \text{ byte} \times 8 \text{ bit/byte}} = 2548 \text{ paket/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan kedatangan data } (\mu) &= \text{ACR/jumlah sel transmisi} \\ &= \frac{400000 \text{ cell/s}}{24 \text{ cell}} = 16667 \text{ paket/s} \end{aligned}$$

$$QD_1 = QD_2 = \frac{\lambda/\mu}{\mu - \lambda}$$

$$QD_1 = QD_2 = \frac{2548/16667}{16667 - 2548} (s) = 10,82 \cdot 10^{-6} s$$

Sehingga QD jaringan adalah:

$$QD = QD_1 + QD_2$$

$$QD = 10,82 \cdot 10^{-6} s + 10,82 \cdot 10^{-6} s$$

$$QD = 21,64 \cdot 10^{-6} s$$

Untuk *queueing delay* ACK pada arah *server* ke *slave*

$$\text{Kecepatan pelayanan switch } (\lambda) = \frac{155,52 \cdot 10^6 \text{ bit/s}}{53 \text{ byte} \times 8 \text{ bit/byte}} = 366792,4 \text{ paket/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan kedatangan data } (\mu) &= \text{ACR/jumlah sel transmisi} \\ &= \frac{400000 \text{ cell/s}}{1 \text{ cell}} = 400000 \text{ paket/s} \end{aligned}$$

$$QD'_1 = QD'_2 = \frac{366792,4 / 400000}{400000 - 366792,4} (s) = 0,274 \cdot 10^{-6} s$$

$$QD' = QD'_1 + QD'_2$$

$$QD' = 0,274 \mu s + 0,274 \mu s = 0,548 \mu s$$

2. Delay fixed switching (FD)

Fixed switching delay disebabkan oleh transfer paket melalui perangkat keras *switching* jaringan ATM dalam hal ini menggunakan kecepatan 155,52 Mbps (De Prycker, 1995:69), maka *delay* ini dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3.5) sebagai berikut :

$$FD_1 = FD_2 = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{16667} (s) = 59,99 \cdot 10^{-6} s$$

Sehingga nilai FD jaringan adalah:

$$FD = FD_1 + FD_2$$

$$FD = 59,99 \cdot 10^{-6} s + 59,99 \cdot 10^{-6} s$$

$$FD = 119,98 \cdot 10^{-6} s$$

Untuk *fixed switching delay* ACK pada arah *server* ke *slave*

$$FD'_1 = FD'_2 = \frac{1}{400000} = 2,5 \cdot 10^{-6} s$$

$$FD' = FD'_1 + FD'_2$$

$$FD' = 2,5 \mu s + 2,5 \mu s = 5 \mu s$$

Sehingga nilai *delay* pada perencanaan jaringan interkoneksi adalah sebagai berikut.

Pada arah transmisi dari *slave* ke *server* adalah:

$$t_v = PD + P_{rop}D + DD + TD + FD + QD$$

$$t_v = 88,816 \text{ ms} + 1,083 \text{ } \mu\text{s} + 82,562 \text{ } \mu\text{s} + 1,59812 \text{ ms} + 119,98 \text{ } \mu\text{s} + 21,64 \text{ } \mu\text{s}$$

$$t_v = (88 \text{ } 816 + 1,083 \text{ } 3 + 82 \text{ } 562,7 + 1 \text{ } 598,12 + 119,98 + 21,64) \text{ } \mu\text{s}$$

$$t_v = 173119,5233 \text{ } \mu\text{s} = 173,119 \text{ ms}$$

Dan nilai *delay time ACK* pada arah transmisi dari *server* ke *slave* adalah:

$$t'_v = PD' + P_{rop}D' + DD' + TD' + FD' + QD'$$

$$t'_v = 1,252726 \text{ ms} + 1,0833 \text{ } \mu\text{s} + 1,52461 \text{ ms} + 1,59812 \text{ ms} + 5 \text{ } \mu\text{s} + 0,548 \text{ } \mu\text{s}$$

$$t'_v = (1252,726 + 1,083 \text{ } 3 + 1524,61 + 1 \text{ } 598,12 + 119,98 + 21,64) \text{ } \mu\text{s}$$

$$t'_v = 4417,1793 \text{ } \mu\text{s} = 4,417 \text{ ms}$$

Maka nilai *delay time* jaringan satu kali *transceiver* yaitu mulai dari sumber-1 melakukan *layer* aplikasi untuk transfer paket sampai dengan diterimanya ACK pada sumber-1 adalah:

$$\text{Delay time jaringan} = t_v + t'_v$$

$$\text{Delay time jaringan} = 173,119 \text{ ms} + 4,417 \text{ ms}$$

$$\text{Delay time jaringan} = 177,536 \text{ ms}$$

Dari hasil perhitungan pada perencanaan jaringan, didapatkan nilai *delay time* jaringan dengan parameter perhitungan pada masing-masing keadaan dalam perencanaan jaringan interkoneksi tersebut diatas, dari nilai *delay time* tersebut maka waktu transmisi di jaringan perencanaan diketahui.

5.8.3 Throughput

Throughput merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui jumlah data transmisi yang benar dari sumber ke tujuan akhir data. Pada perencanaan interkoneksi jaringan ini nilai *throughput* terbentuk dari dua *throughput* jaringan yang ter-interkoneksi sesuai dalam perencanaan jaringan yaitu jaringan *Bluetooth* dan jaringan ATM, sedangkan pada jaringan ATM dalam perencanaan ini menggunakan dua media macam media maka pada jaringan ATM parameter *throughput* terdiri dari dua bagian.

a. **Nilai *throughput*** perencanaan jaringan pada kondisi yang dibahas yaitu:

$$\text{Jumlah sumber (N)} = 2$$

Ukuran paket (P) = 1024 *byte*

Ukuran *segment* maksimum (MSS) = 512 *byte*

Kecepatan *link* 1 (R_1) = 108,8 kbps

Kecepatan *link* 2 (R_2) = 1,544 Mbps

Kecepatan *link* 3 (R_3) = 155,52 Mbps

➤ Untuk *throughput* dengan kecepatan *link* 1

Besarnya RTT_1 melalui *link* jaringan dengan kecepatan *link* 1 adalah:

$$RTT_1 = 2 (PD_1 + TD_1 + P_{rop}D_1 + DD_1)$$

$$RTT_1 = 2 (82,5 \text{ ms} + 1,32352 \text{ ms} + 0,0333 \mu\text{s} + 82,5 \text{ ms})$$

$$RTT_1 = 2 (166,32355) \text{ ms} = 332,647 \text{ ms} = 0,332 \text{ 647 s}$$

Sehingga banyaknya data yang bisa ditransmisikan

$$F_1 = \frac{R_1 \cdot RTT_1}{P \cdot 8}$$

$$F_1 = \frac{108,8 \cdot 10^3 \cdot 0,332 \text{ 647}}{1024 \cdot 8}$$

$$F_1 = 4,41 \approx 5 \text{ paket}$$

Sehingga *throughput* 1

$$\eta_1 = \frac{N \times F_1}{RTT_1}$$

$$\eta_1 = \frac{2 \times 5}{0,332 \text{ 647}} = 30,06 \approx 31 \text{ paket / s}$$

$$\eta_1 \approx 31 \times 18 \times 8 \text{ bit / s}$$

$$\eta_1 = 4,608 \text{ kbps}$$

Dengan cara yang sama pada penggunaan tipe paket yang berbeda didapatkan nilai *throughput* pada *link* 1

Tabel 5.3 *Throughput* pada *link* 1 untuk paket 1024 *byte* MSS 512 *byte*

Tipe paket	Kecepatan (kbps)	Kapasitas <i>payload</i> (byte)	<i>Throughput</i> <i>link</i> 1 (kbps)
DM1	108	17	4.608
DM3	387	121	93.120
DM3	54	121	17.460
DM5	477	223	214.522
DM5	36	223	21.452

DH1	172	27	9.091
DH3	585	183	211.251
DH3	86	183	35.208
DH5	723	338	487.724
DH5	57	338	48.772
SCO	108	64	15.392

Sumber: Perhitungan

- Untuk *throughput* dengan kecepatan *link 2*

Besarnya RTT_2 melalui *link* jaringan dengan kecepatan *link 2* adalah:

$$RTT_2 = 2 (PD_2 + P_{rop}D_2 + TD_2)$$

$$RTT_2 = 2 (6,316 \text{ ms} + 0,0005 \text{ ms} + 0,2746 \text{ ms})$$

$$RTT_2 = 2 (6,5911) \text{ ms} = 13,1822 \text{ ms} = 0,0131822 \text{ s}$$

Sehingga banyaknya data yang bisa ditransmisikan

$$F_2 = \frac{R_2}{P} \cdot \frac{RTT_2}{8}$$

$$F_2 = \frac{1,544 \cdot 10^6}{1024} \cdot \frac{0,0131822}{8}$$

$$F_2 = 2,48 \approx 3 \text{ cell}$$

Sehingga *throughput 2*

$$\eta_2 = \frac{N \times F_2}{RTT_2}$$

$$\eta_2 = \frac{2 \times 3}{0,0131822} = 455,15 \approx 456 \text{ cell / s}$$

$$\eta_2 \approx 456 \times 53 \times 8 \text{ bit / s}$$

$$\eta_2 = 193344 \text{ bps}$$

$$\eta_2 = 193,344 \text{ kbps}$$

- Untuk *throughput* dengan kecepatan *link 3*

Besarnya RTT_3 melalui *link* jaringan dengan kecepatan *link 3* adalah:

$$RTT_3 = 2 (FD_1 + QD_1 + FD_2 + QD_2 + P_{rop}D_3 + P_{rop}D_4 + DD_2 + TD_3)$$

$$RTT_3 = 2 (59,99 + 10,82 + 59,99 + 10,82 + 0,05 + 0,05 + 62,705 + 2,72) \mu\text{s}$$

$$RTT_3 = 2 (207,145) \mu\text{s} = 414,29 \mu\text{s} = 0,00041429 \text{ s}$$

Sehingga banyaknya data yang bisa ditransmisikan

$$F_3 = \frac{R_3 \cdot RTT_3}{P} = \frac{155,52 \cdot 10^6 \cdot 0,000\ 408\ 85}{1024} = 7,76 \approx 8 \text{ cell}$$

$$F_3 = \frac{155,52 \cdot 10^6 \cdot 0,000\ 408\ 85}{1024} = 7,76 \approx 8 \text{ cell}$$

$$F_3 = 7,76 \approx 8 \text{ cell}$$

Sehingga *throughput* 3

$$\eta_3 = \frac{N \times F_3}{RTT_3}$$

$$\eta_3 = \frac{2 \times 8}{0,000\ 408\ 85} = 39\ 134,15 \approx 39\ 135 \text{ cell / s}$$

$$\eta_3 \approx 39\ 135 \times 53 \times 8 \text{ bit / s}$$

$$\eta_3 = 16\ 593\ 240 \text{ bps}$$

$$\eta_3 = 16,593 \text{ Mbps}$$

b. **Throughput maksimum** didapatkan melalui persamaan:

$$\eta_{MAX} = \frac{MSS}{\text{data yang dihasilkan}} \times R$$

➤ Maka *throughput* maksimum pada *link* 1

$$\eta_{1MAX} = \frac{MSS}{\text{data yang dihasilkan}} \times R_1$$

$$\eta_{1MAX} = \frac{512}{\left(\frac{512 + 45}{17}\right) \times 20} \times 108,8 \cdot 10^3$$

$$\eta_{1MAX} = \frac{512}{33 \times 20} \times 108,8 \cdot 10^3$$

$$\eta_{1MAX} = \frac{512}{660} \times 108,8 \cdot 10^3$$

$$\eta_{1MAX} = 84,383 \text{ kbps}$$

Dengan cara yang sama pada penggunaan tipe paket yang berbeda didapatkan nilai *throughput* maksimum pada *link* 1

Tabel 5.4 Throughput maksimum pada link 1

--	--

Type paket	Kecepatan (kbps)	Kapasitas payload (byte)	Throughput maksimum link 1 (kbps)
DM1	108	17	84.38348
DM3	387	121	344.3507
DM3	54	121	48.04894
DM5	477	223	428.8477
DM5	36	223	32.36586
DH1	172	27	142.2937
DH3	585	183	526.2354
DH3	86	183	77.36111
DH5	723	338	656.8158
DH5	57	338	51.63119
SCO	108	64	99.27468

Sumber: Perhitungan

- Maka *throughput* maksimum pada link 2

$$\eta_{2MAX} = \frac{MSS}{\text{data yang dihasilkan}} \times R_2$$

$$\eta_{2MAX} = \frac{512}{\left(\frac{512 + 20 + 20 + 8 + 8}{48}\right) \times 53} \times 1,544 \cdot 10^6$$

$$\eta_{2MAX} = \frac{512}{12 \times 53} \times 1,544 \cdot 10^6$$

$$\eta_{2MAX} = \frac{512}{636} \times 1,544 \cdot 10^6$$

$$\eta_{2MAX} = 1,2429 \text{ Mbps}$$

- Maka *throughput* maksimum pada link 3

$$\eta_{3MAX} = \frac{MSS}{\text{data yang dihasilkan}} \times R_3$$

$$\eta_{3MAX} = \frac{512}{\left(\frac{512 + 20 + 20 + 8 + 8}{48}\right) \times 53} \times 155,52 \cdot 10^6$$

$$\eta_{3MAX} = \frac{512}{12 \times 53} \times 155,52 \cdot 10^6$$

$$\eta_{3MAX} = \frac{512}{636} \times 155,52 \cdot 10^6$$

$$\eta_{3MAX} = 125,1984 \text{ Mbps}$$

c. **Efisiensi throughput:**

$$\text{Efisiensi throughput} = \frac{\eta}{\eta_{MAX}} \times 100\%$$

✘ Efisiensi throughput pada link 1

$$\text{Efisiensi throughput}_1 = \frac{\eta_1}{\eta_{1MAX}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi throughput}_1 = \frac{4608}{84402} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi throughput}_1 = 5,45\%$$

✘ Efisiensi throughput pada link 2

$$\text{Efisiensi throughput}_2 = \frac{193344}{1242900} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi throughput}_2 = 15,55\%$$

✘ Efisiensi throughput pada link 3

$$\text{Efisiensi throughput}_3 = \frac{16593000}{125198400} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi throughput}_3 = 13,25\%$$

d. **Throughput maksimum berdasarkan probabilitas kesalahan:**

Throughput maksimum pada perencanaan jaringan ini didapatkan dengan menggunakan persamaan (3.13):

$$\lambda_{MAX} = \frac{1}{t_v} = \frac{(1-\rho)}{t_1 [1+(a-1)\rho]}$$

Probabilitas *frame error* yang mungkin pada perencanaan interkoneksi ini dihitung berdasarkan pada nilai *bit error rate* pada kedua jaringan pembangun interkoneksi, pada jaringan *Bluetooth* probabilitas kesalahan $\rho_b = 10^{-3}$ (*Bluetooth SIG forum*), sedangkan pada jaringan *ATM* probabilitas kesalahan $\rho_b = 10^{-8}$ (Depyker: 1995,167), maka nilai probabilitas *frame error* pada perencanaan:

✓ **Throughput maksimum link 1**

Probabilitas kesalahan pada jaringan *Bluetooth* P_b , sesuai persamaan (2.4) dengan nilai untuk $S/N = 30$ dB, $R_b = 108,8$ kbps (paket DM1), $B = 1$ MHz.

Maka:

$$\frac{E_b}{N_o} (dB) = \frac{S}{N} (dB) - 10 \log(R_b/B)$$

$$\frac{E_b}{N_o} (dB) = 30(dB) - 10 \log \frac{108,8 \cdot 10^3}{10^6}$$

$$\frac{E_b}{N_o} (dB) = 30(dB) - (-9,63)(dB)$$

$$\frac{E_b}{N_o} (dB) = 39,63(dB)$$

$$P_b \cong \frac{1}{4 \cdot E_b / N_o} = \frac{1}{4 \cdot 9183,32} = \frac{1}{36733,3} = 27,22 \cdot 10^{-6}$$

$$t_{out} = \text{round trip time} = RTT_1 = 332,647 \text{ ms}$$

$$t_1 = (l + l') / R_2 = (4840) / 108,8 \times 10^3 = 44,485 \text{ ms}$$

$$\alpha = 1 + (t_{out} / t_1) = 1 + (332,647 / 44,485) = 1 + 7,477 = 8,477$$

$$\lambda_{1MAX} = \frac{(1 - P_b)}{t_1 [1 + (\alpha - 1)P_b]}$$

$$\lambda_{1MAX} = \frac{(1 - 27,22 \cdot 10^{-6})}{44,485 \cdot 10^{-3} [1 + (8,477 - 1) 27,22 \cdot 10^{-6}]}$$

$$\lambda_{1MAX} = \frac{(0,99997278)}{44,485 \cdot 10^{-3} [1 + (0,00020352)]}$$

$$\lambda_{1MAX} = \frac{(0,99997278)}{44,485 \cdot 10^{-3} [1,00020352]}$$

$$\lambda_{1MAX} = \frac{(0,99997278)}{0,04449405}$$

$$\lambda_{1MAX} = 22,47 \text{ paket / s}$$

$$\lambda_{1MAX} = 22,47 \times 18 (\text{byte / paket}) \cdot \text{paket / s}$$

$$\lambda_{1MAX} = 404,46 \times 8 (\text{bit / byte}) \cdot \text{byte / s}$$

$$\lambda_{1MAX} = 3235,6 \text{ bit / s}$$

✓ *Throughput* maksimum link 2

Probabilitas kesalahan pada jaringan ATM ρ_2

$$\rho_2 = 1 - (1 - \rho_b)^{l+l'}$$

$$\rho_2 = 1 - (1 - 10^{-8})^{(512+55) \cdot 8}$$

$$\rho_2 = 1 - (1 - 10^{-8})^{4536}$$

$$\rho_2 = 1 - (0,99999999)^{4536}$$

$$\rho_2 = 1 - 0,99995464$$

$$\rho_2 = 0,00004536$$

$$t_{\text{out}} = \text{round trip time} = RTT_2 = 13,182\ 2\ ms$$

$$t_1 = (l + l') / R_2 = (4536) / 1,544 \times 10^6 = 2,937\ 823\ ms$$

$$\alpha = 1 + (t_{\text{out}} / t_1) = 1 + (13,182\ 2 / 2,937\ 823) = 1 + 4,487 = 5,487$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = \frac{(1 - \rho_2)}{t_1 [1 + (\alpha - 1)\rho_2]}$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = \frac{(1 - 45,36 \cdot 10^{-6})}{2,937 \cdot 10^{-3} [1 + (5,487 - 1)45,36 \cdot 10^{-6}]}$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = \frac{(0,99995464)}{2,937 \cdot 10^{-3} [1 + (203,53 \cdot 10^{-6})]}$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = \frac{(0,99995464)}{2,937 \cdot 10^{-3} [1,00020353]}$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = \frac{(0,99995464)}{0,00293759}$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = 340,39\ \text{paket} / s$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = 340,39 \times 53\ (\text{byte} / \text{paket}) \cdot \text{paket} / s$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = 18040,67 \times 8\ (\text{bit} / \text{byte}) \cdot \text{byte} / s$$

$$\lambda_{2\text{MAX}} = 144325,3\ \text{bit} / s$$

✓ *Throughput maksimum link 3*

$$\rho_3 = \rho_2 = 0,00004536$$

$$t_{\text{out}} = \text{round trip time} = RTT_3 = 0,000\ 408\ 85\ s$$

$$t_1 = (l + l') / R_2 = ((1024+110) \times 8) / 155,52 \times 10^6 = 9072 / 155,52 \times 10^6 = 58,33\ \mu s$$

$$\alpha = 1 + (t_{\text{out}} / t_1) = 1 + (0,000\ 408\ 85 / 0,000\ 058\ 33) = 1 + 7,009 = 8,009$$

$$\lambda_{3\text{MAX}} = \frac{(1 - \rho_3)}{t_1 [1 + (\alpha - 1)\rho_3]}$$

$$\lambda_{3\text{MAX}} = \frac{(1 - 45,36 \cdot 10^{-6})}{58,33 \cdot 10^{-6} [1 + (8,009 - 1)45,36 \cdot 10^{-6}]}$$

$$\lambda_{3MAX} = \frac{(0,99995464)}{58,33 \cdot 10^{-6} [1 + (317,92 \cdot 10^{-6})]}$$

$$\lambda_{3MAX} = \frac{(0,99995464)}{58,33 \cdot 10^{-6} [1,00031792]}$$

$$\lambda_{3MAX} = \frac{(0,99995464)}{0,00005834}$$

$$\lambda_{3MAX} = 17139,9 \text{ paket / s}$$

$$\lambda_{3MAX} = 17139,9 \times 53 \text{ (byte / paket)} \cdot \text{paket / s}$$

$$\lambda_{3MAX} = 908426,39 \times 8 \text{ (bit / byte)} \cdot \text{byte / s}$$

$$\lambda_{3MAX} = 7267411,1 \text{ bit / s}$$

5.8.4 Nilai Free Space Loss

Free space loss merupakan rugi-rugi yang terjadi pada propagasi gelombang radio di udara dimana nilai *free space loss* bergantung pada jarak antara antenna pemancar dengan antenna penerima.

Besar *free space loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Lfs = \frac{r^2 (4\pi)^2}{\lambda^2}$$

Sedangkan untuk menghitung λ dengan menggunakan persamaan:

$$\lambda = \frac{V}{f_c}$$

dengan :

V = Cepat rambat gelombang di udara, 3×10^8 (m/s)

f_c = Frekuensi pembawa (Hz)

dengan asumsi frekuensi pembawa pada level hop minimum dan maksimum sebesar ($f_c = 2,4$ GHz , $f_c = 2,4835$ GHz)

sehingga diperoleh sebagai berikut :

$$\lambda_1 = \frac{3 \times 10^8}{2400 \times 10^6} \text{ m} \quad \lambda_2 = \frac{3 \times 10^8}{2483,5 \times 10^6} \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0,125 \text{ m} \quad \lambda_2 = 0,12079 \text{ m}$$

dengan asumsi jarak maksimum antar perangkat *master* dan *slave* sebesar 10 m maka nilai *free space loss* pada hop frekuensi minimum dan maksimum adalah

$$Lfs_1 = \frac{r^2 (4\pi)^2}{\lambda_1^2}$$

$$Lfs_1 = \frac{10^2 (4 \cdot 3,14)^2}{0,125^2}$$

$$Lfs_1 = 1,009 \times 10^6 \text{ W}$$

$$Lfs_1 = 60,03 \text{ dBW}$$

$$Lfs_2 = \frac{r^2 (4\pi)^2}{\lambda_2^2}$$

$$Lfs_2 = \frac{10^2 (4 \cdot 3,14)^2}{0,12079^2}$$

$$Lfs_2 = 1,081 \times 10^6 \text{ W}$$

$$Lfs_2 = 60,33 \text{ dBW}$$

Nilai *free space loss* pada propagasi radio *Bluetooth* pada jarak 10m berkisar antara 60,03 dBW sampai dengan 60,33 dBW.

Sehingga nilai *free space loss* pada frekuensi rata-rata adalah:

$$Lfs = (60,33 + 60,03)/2 = 60,18 \text{ dBW}$$



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dalam proses perencanaan interkoneksi jaringan *Bluetooth* pada jaringan ATM yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan diantaranya:

1. Konfigurasi perencanaan interkoneksi jaringan sesuai dengan (gambar 5.1).
2. Pembentukan sambungan jaringan *Bluetooth* terdiri dari 2 tahap yaitu *Address discovery* dan *Synchronization (Inquiry, Inquiry response, Paging)*.
3. Dengan perencanaan *throughput* 705 kbps, maka didapatkan jaringan *Bluetooth* sebagai perencanaan dengan kapasitas *throughput hardware* 487,724 kbps dan *throughput* maksimum 656,815 kbps, sebagai dasar dari kontrak trafik ABR pada jaringan ATM.
4. Pada arah *forward* kecepatan transmisi jaringan mengalami peningkatan, sedangkan pada arah *reverse* jaringan mengalami penurunan, hal ini dikarenakan pada jaringan *Bluetooth* yang mempunyai kapasitas yang berbeda antara arah *forward* dan *reverse*.
5. Semakin besar kecepatan yang digunakan pada jaringan *Bluetooth* trafik sel pada jaringan ATM semakin meningkat, besar paket dan kecepatan transfer pada jaringan *Bluetooth* mempengaruhi trafik sel pada jaringan ATM.
6. Dari perhitungan pada perencanaan jaringan diketahui *Delay handoff* jaringan *Bluetooth* sebesar 854 slots atau 534 ms, *Free space loss* jaringan *Bluetooth* rata-rata $L_{fs} = 60,18$ dBW, *Delay time* jaringan 173,3989 ms, *Throughput link* 1,2,3 $\eta_1 = 487,724$ kbps, $\eta_2 = 193,344$ kbps, $\eta_3 = 16,593$ Mbps, *Throughput_{MAX} link* 1,2,3 $\eta_{1MAX} = 656,815$ kbps, $\eta_{2MAX} = 1,2429$ Mbps, $\eta_{3MAX} = 125,198$ Mbps, *efisiensi throughput* $\eta_1 = 5,45\%$, *efisiensi throughput* $\eta_2 = 15,55\%$, *efisiensi throughput* $\eta_3 = 13,25\%$, *Throughput_{MAX}* berdasarkan probabilitas *error* $\lambda_{1MAX} = 3235,6$ bit/s, $\lambda_{2MAX} = 144325,3$ bit/s, $\lambda_{3MAX} = 7267411,1$ bit/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Chakrabarti Satyajit.,2004. *Bluetooth Scatternet Formation and Internetworking with 802.11 and GPRS*. The University of British Columbia
www.cs.ubc.ca/Satyajit_Chakrabarti.
- Golmand E. James.,. 1997. *Local Area Network A Client/Server Approach*. New York. John Wiley & Sons, Inc.
- Gerd E. keiser.,. 1989. *Local Area Networks*. McGraw-Hill.
- Kansal Aman.,2002. *A Handoff Protocol for Mobility in Bluetooth Public Access*. Indian Institute of Technology Bombay. www.ee.ucla.edu/thesisMS.
- Kumar Balaji, Ranade Jay.,. 1996. *Broadband communications A Professionals Guide to ATM, Frame Relay SMDS, SONET, and B-ISDN*. McGraw-Hill.
- McDysan E. David.,. 2000. *QoS & Traffic Management in IP & ATM Network*. McGraw-Hill.
- McDysan E. David, Spohn L Darren.,. 1995. *ATM Theory and Aplication*. McGraw-Hill.
- Preycker de Martin.,. 1995. *Asynchronous Transfer Mode for broadband ISDN*. Prentice Hall Europe.
- Rodriquez Adolfo, Gatrell John, Karas John, Peschke Roland.,. 2001. *TCP/IP Tutorial and Technical Overview*. International Technical Support Organization, www.Ibm.com/redbooks.
- Schiffer L. Jeffrey, Waltho E. Alan.,. 2000. *Safety Evaluation of Bluetooth Class ISM Band Transmitters on board Commercial Aircraft*. Intel. www.bluetooth.com/aircraft_safety_report-FINAL.
- Schwartz Mischa.,. 1987. *Telecommunication Networks Protocol Modeling and Analysis*. Addison-wesley publishing company.
- Stalling William S, PhD.,. 1996. *Data and Computer Communication*. prentice Hall of India.
www.ausystem.com/Bluetooth™whitepaper.
www.sorex-austria.com/Bluetooth_profiles/The Bluetooth wireless technology/Whitepaper/Atmel_Corporation.