

**PENERAPAN *DYNAMIC PACKET RESERVATION
MULTIPLE ACCESS (DPRMA)* PADA *WIRELESS
ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (WATM)***

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DANIEL ROSIHAN SIREGAR
NIM. 0001060291-63

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007**

PENERAPAN *DYNAMIC PACKET RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DPRMA)* PADA *WIRELESS ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (WATM)*

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

DANIEL ROSIHAN SIREGAR
NIM. 0001060291-63

DOSEN PEMBIMBING

Ir. ENDAH BUDI P, MT.
NIP. 131 839 362

DWI FADILA K, ST, MT.
NIP. 132 258 185

PENERAPAN *DYNAMIC PACKET RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DPRMA)* PADA *WIRELESS ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (WATM)*

Disusun oleh :

DANIEL ROSIHAN SIREGAR
NIM. 0001060291-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 14 Juni 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Erfan Achmad Dahlan
NIP. 131 124 663

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

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

Rusmi Ambarwati, ST, MT.
NIP. 132 258 188

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwasito, Mkom.
NIP. 131 879 033

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT atas rahmat, nikmat dan kemudahan yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam senantiasa tercurah bagi Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan semua pengikutnya yang selalu istiqomah di jalan-Nya.

Skripsi ini terselesaikan berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis sangat ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Bapak dan Ibu tercinta atas kasih sayang dan perjuangannya, sehingga penulis mempunyai kesempatan menempuh pendidikan sampai ke jenjang ini.
2. Bapak Ir. Wahyu Adi Priyono., MS selaku KKDK Telekomunikasi dan Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulisan skripsi ini.
3. Ibu Ir. Endah Budi P, MT dan Bapak Dwi Fadila K, ST.MT sebagai dosen pembimbing yang telah memberi pengaruh dan bimbingan sampai terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Ir. Purwanto, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Bapak Ir Heri Purnomo selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis membuka diri untuk segala kritik dan saran sebagai masukan yang membangun yang diberikan berbagai pihak terhadap sekripsi ini.

Akhirnya harapan dari penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermamfaat terutama bagi penulis dan terlebih bagi kita semua. *Alhamdulillahirobbil'alamiin...*

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Malang, juni 2007

Penulis

ABSTRAK

DANIEL ROSIHAN SIREGAR, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang, Maret 2007, Penerapan *Dynamic Packet Reservation Multiple Access (DPRMA)* pada *Wireless Asynchronous Transfer Mode (WATM)*, Dosen Pembimbing: Endah Budi Purnomowati, Ir, MT dan Dwi Fadila Kurniawan, ST, MT.

Komunikasi *wireless* saat ini mendapatkan perhatian yang lebih luas dari pada sebelumnya, sehingga kebutuhan akan *resources* akan terus meningkat. Sedangkan *resources* itu sendiri sangatlah terbatas. Sehingga peningkatan dari kapasitas dari jaringan dengan cara penambahan *resources* akan menyebabkan biaya yang tinggi. Oleh karena itu *Medium Acces Control (MAC)* baru dirancang agar jaringan *wireless* dapat meningkatkan kapasitas jaringannya tanpa menambah *resources*. Salah satu protokol ini yaitu *Dynamic Protocol Reservation Multiple Access (DPRMA)* yang dirancang untuk jaringan *Wireless Asynchronous Transfer Mode (WATM)* dengan sistem aksesnya TDMA (*Time Division Multiple Access*).

Peningkatan kapasitas dari protokol DPRMA dilakukan dengan cara menggunakan *voice detector*, sedangkan untuk dapat mempertahankan performansi dari jaringan maka protokol DPRMA memberikan *reservation* atau hak *exclusive* kepada terminal atau *user* untuk menempati sebuah *time slot* pada saat *user* tersebut berbicara. Sedang pada saat *user* mendengarkan lawan yang berbicara atau diam maka dengan menggunakan *voice detector* maka sistem akan menganggap tidak ada paket suara yang akan ditransmisikan maka *reservation* atas *time slot* tersebut dilepaskan dan *slot* tersebut dapat digunakan oleh *user* lain yang saat itu mulai berbicara.

Skripsi ini bertujuan untuk mengkaji penerapan DPRMA pada WATM, yang meliputi pemodelan suara dan pemodelan DPRMA, serta *throughput*, *access delay*, *utilization*.

Agar sebuah jaringan WATM dapat menerapkan protocol DPRMA, maka *frame duration* ditentukan 0,012s. Jaringan WATM dengan *rate channel* 0,707 Mbps dan *rate* sumber suara 32 kbps maka jumlah *time slot* 20 *slot* per *frame*.

Performansi dari protokol DPRMA ditinjau dari pada *utilization*, *access delay* dan *throughput* sangatlah dipengaruhi oleh *permission probability* dan jumlah dari terminal pada sistem. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis, yaitu pada jaringan WATM dengan 20 *time slot* dan digunakan oleh 25 terminal maka *permission probability* $p = 0,7$ memiliki performansi yang terbaik dengan *throughput* = 10,6179 paket/frame, *utilization* = 0,5309, *access delay* = 3,2762 *slot*. Sedangkan jika jaringan digunakan untuk 45 terminal maka $p = 0,3$ memiliki performansi yang terbaik dengan *throughput* = 17,8254 paket/frame, *utilization* = 0,8913, *access delay* = 115,2963 *slot*.

DAFTAR ISI

Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Pengantar	iii
Abstrak.....	iv
Daftar Isi	v
Daftar Tabel.....	vi
Daftar Gambar	vii
 BAB I. Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
 BAB II. <i>Wireless Asynchronous Transfer Mode (WATM)</i>	
2.1 Umum.....	4
2.2 Karakteristik ATM	4
2.2.1 Struktur Jaringan ATM	6
2.2.2 Teknologi ATM.....	7
2.2.3 Arsitektur Protokol ATM.....	7
2.2.4 <i>Layer</i> ATM.....	8



2.2.5	<i>ATM Adaptation Layer</i>	9
2.2.6	Kategori Layanan	12
2.3	<i>Wireless ATM</i>	12
2.3.1	Alokasi Kanal Frekuensi	13
2.3.2	Arsitektur Protokol <i>Wireless ATM</i>	14
2.3.2.1	Jaringan <i>Mobile ATM</i>	15
2.3.2.2	<i>Radio Access Layer</i>	15
2.3.3	Model Akses	16
2.3.3.1	FDMA (<i>Frequency Division Multiple Access</i>)	16
2.3.3.2	TDMA (<i>Time Division Multiple Access</i>)	17
2.3.3.3	CDMA (<i>Code Division Multiple Access</i>)	17

BAB III. Dynamic Packet Reservation Multiple Access (DPRMA)

3.1	<i>Dynamic Packet Reservation Multiple Access (DPRMA)</i>	19
3.2	Pembentukan paket DPRMA	20
3.3	<i>Speech Delay Limit dan Buffer Size</i>	20
3.4	Pemodelan sistem	21
3.4.1	Model Suara	21
3.4.2	Model DPRMA suara	23
3.4.2.1	<i>Throughput</i>	28
3.4.2.2	<i>Utilization</i>	28
3.4.2.3	<i>Access delay</i>	28



BAB IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1	Pemodelan Sistem.....	29
4.1.1	Model Trafik Suara	29
4.1.2	Model DPRMA untuk suara.....	30
4.2	Analisis Sistem	31
4.3	Penarikan Kesimpulan	31

BAB V. ANALISA PENERAPAN *DYNAMIC PACKET RESERVATION* MULTIPLE ACCESS (DPRMA) PADA WIRELES ATM

5.1	Paket DPRMA	32
5.2	Model suara.....	33
5.3	Model DPRMA untuk suara.....	34

BAB VI. Penutup

6.1	Kesimpulan	43
6.2	Saran	43
	Daftar Pustaka	44

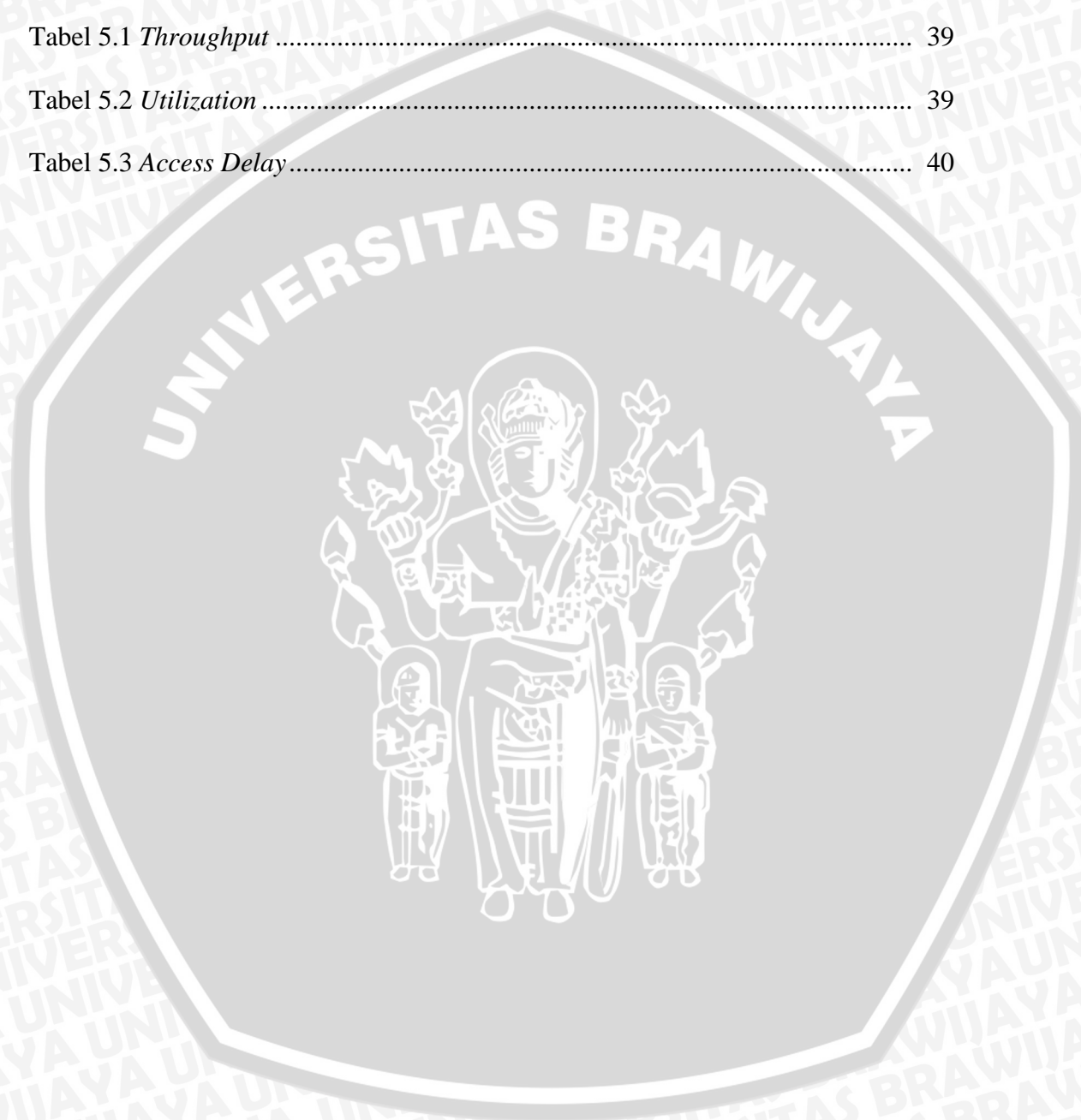
Lampiran

1.	Rantai Markov	45
2.	Teorema Little.....	47
3.	Listing Program	48



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian kelas pada AAL.....	10
Tabel 5.1 <i>Throughput</i>	39
Tabel 5.2 <i>Utilization</i>	39
Tabel 5.3 <i>Access Delay</i>	40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan Koneksi ATM.....	5
Gambar 2.2 Format sel ATM.....	6
Gambar 2.3 Model Referensi Protokol ATM.....	8
Gambar 2.4 ATM <i>layer</i>	9
Gambar 2.5 Pemerosesan data pada ATM <i>adaptation layer</i>	11
Gambar 2.6 Konfigurasi Jaringan <i>Wireless ATM</i>	13
Gambar 2.7 Alokasi frekuensi WATM.....	14
Gambar 2.8 Arsitektur Protokol WATM.....	14
Gambar 2.9 Sistem akses FDMA	16
Gambar 2.10 Sistem akses TDMA.....	17
Gambar 2.11 Sistem akses CDMA.....	18
Gambar 3.1 Model Suara.....	22
Gambar 3.2 Model DPRMA suara	24
Gambar 4.1 Model Markov <i>two-state</i> untuk Suara.....	30
Gambar 4.2 Diagram perubahan state pada terminal DPRMA untuk trafik suara .	30
Gambar 5.1 Model Suara.....	33
Gambar 5.2 Diagram perubahan state pada terminal DPRMA untuk trafik suara .	34
Gambar 5.3 <i>Throughput</i>	40
Gambar 5.4 <i>Utilization</i>	41
Gambar 5.5 <i>Access Delay</i>	41



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Komunikasi *wireless* saat ini mendapatkan perhatian yang lebih luas dari pada sebelumnya, sehingga kebutuhan akan jenis komunikasi ini terus meningkat. Karena semakin banyaknya pengguna yang menggunakan jenis komunikasi ini maka kebutuhan akan *resources* akan terus meningkat, sedangkan *resources* itu sendiri sangatlah terbatas. Sehingga peningkatan dari kapasitas dari jaringan, dengan cara penambahan *resources* akan menyebabkan biaya yang tinggi. Oleh karena itu *Medium Acces Control* (MAC) baru dirancang agar jaringan *wireless* dapat meningkatkan kapasitas jaringannya tanpa menambah *resources*. Salah satu protokol ini yaitu *Dynamic Protocol Reservation Multiple Access* (DPRMA) yang dirancang untuk jaringan *Wireless Asynchronous Transfer Mode* (WATM) dengan sistem aksesnya TDMA (*Time Division Multiple Access*).

Untuk dapat meningkatkan kapasitas dari jaringan, maka DPRMA menggunakan *speech detector* pada trafik suara, sehingga akan didapatkan jaringan yang lebih efisien tanpa harus mengorbankan performansi dari jaringan. Cara kerjanya dari protokol ini yaitu, pada saat *user* berbicara maka sistem akan menganggap *user* itu sedang aktif dan akan memberikan sebuah slot untuk di *reservation* sehingga tidak ada *user* lain dapat menggunakan *slot* tersebut dan pada saat *user* mendengarkan maka *user* itu dianggap *idle* sehingga dengan *speech detector*, system dapat menganggap tidak ada paket yang di transmisikan maka *slot* yang sedang *reservation* oleh *user* tersebut dikosongkan sehingga *slot* tersebut dapat digunakan oleh *user* lain.

1.2. Rumusan Masalah

Terkait dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalahnya adalah:

- Bagaimana menerapkan protokol DPRMA pada jaringan WATM?
- Bagaimana memodelkan trafik suara?
- Bagaimana *throughput*, *utilization* dan *access delay* pada jaringan WATM dengan protokol DPRMA?

1.3. Ruang Lingkup Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan dalam rumusan masalah, maka batasan masalah dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

- Tidak membahas mengenai teknik modulasi, teknik kompresi dan teknik pengkodean.
- Kapasitas kanal dari jaringan WATM 0,707 Mbps.
- Analisis yang dilakukan untuk 25, 30, 35, 40, 45 terminal.
- Pemodelan dari trafik suara dan protokol DPRMA untuk suara menggunakan model Markov.
- Simulasi program menggunakan Matlab

1.4. Tujuan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah menerapkan *Dynamic Packet Reservation Multiple Access* (DPRMA) pada *Wireless ATM* sehingga didapat jaringan yang lebih efisien dalam melayani trafik suara.

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terbagi menjadi enam bab, dengan garis besar penulisan sebagai berikut:

BAB I. Pendahuluan, memuat latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan.

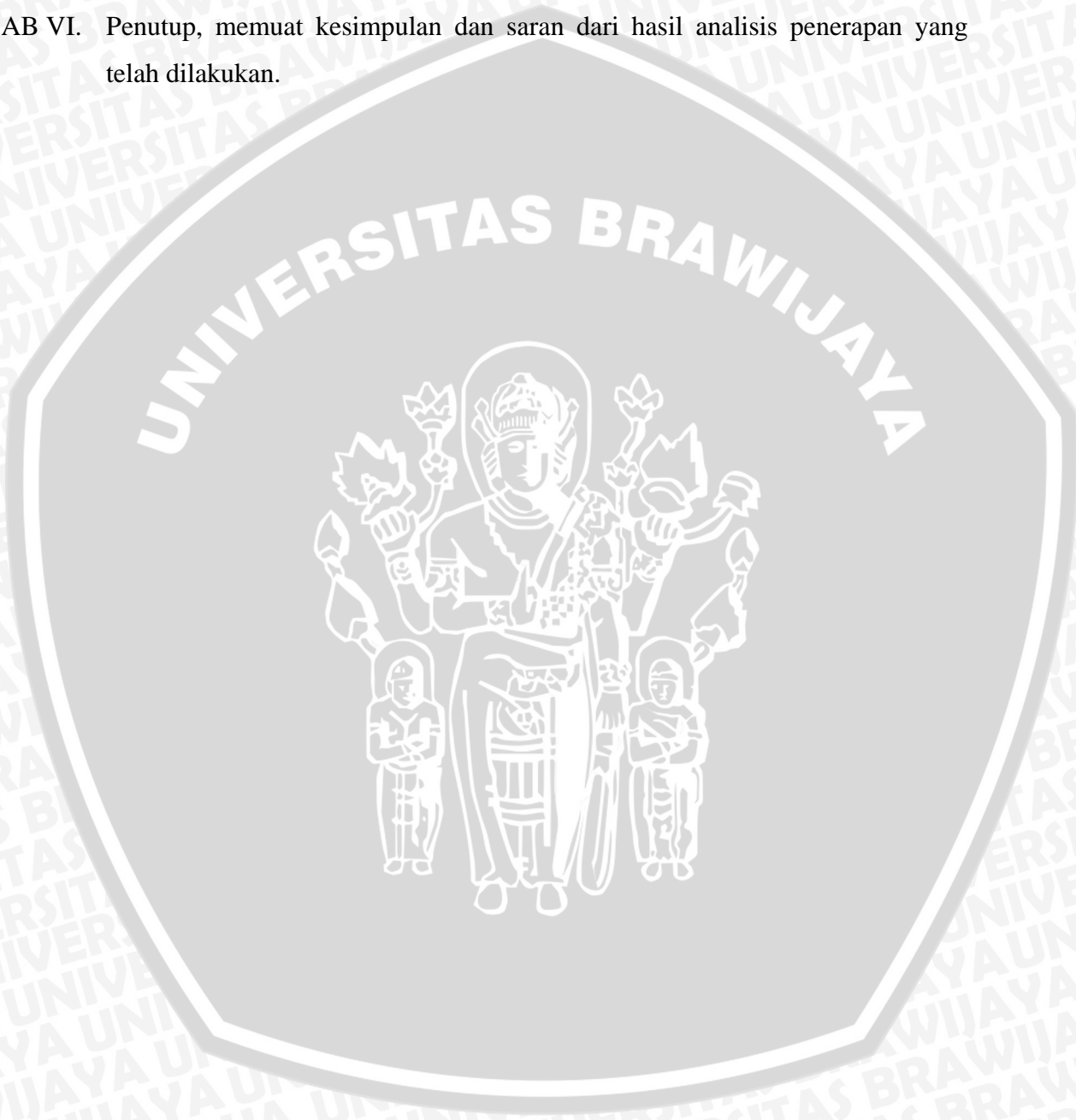
BAB II. WATM (*Wireless Asynchronous Transfer Mode*), memuat pembahasan secara umum tentang konsep WATM.

BAB III. DPRMA (*Dynamic Packet Reservation Multiple Access*), memuat pembahasan secara umum tentang DPRMA.

BAB IV. Metodologi, memuat tentang proses pengumpulan teori dasar dan data dalam perencanaan DPRMA pada jaringan wireless ATM.

BAB V. Penerapan DPRMA pada wireless ATM, membahas analisis penerapan DPRMA melalui jaringan wireless ATM.

BAB VI. Penutup, memuat kesimpulan dan saran dari hasil analisis penerapan yang telah dilakukan.



BAB II

WIRELESS ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE (WATM)

2.1. Umum

Seperti yang diuraikan dalam dokumen ITU-T, mendefinisikan *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) sebagai berikut: “ATM adalah suatu mode transfer dimana dalam mode tersebut informasi diorganisasikan dalam bentuk paket-paket kecil dengan ukuran tetap yang disebut *cell*/sel.

Asynchronous Transfer Mode (ATM) merupakan teknologi *multiplexing* dan *switching* berbasis sel. ATM berdasarkan rekomendasi ITU-T merupakan teknologi pengiriman data yang mendukung layanan B-ISDN. ATM secara efisien dirancang mampu mentransmisikan semua jenis layanan trafik informasi baik *voice*, *video*, *image* maupun data dengan kecepatan yang tinggi serta fleksibel terhadap *interface* jaringan yang berbeda-beda.

ATM menangani trafik *connection oriented* secara langsung atau trafik *connectionless* melalui *Adaption Layer*. Setiap sel ATM memiliki nomor VC (*Virtual Circuit*) yang digunakan untuk mengidentifikasi selama terjadi panggilan.

2.2 Karakteristik ATM

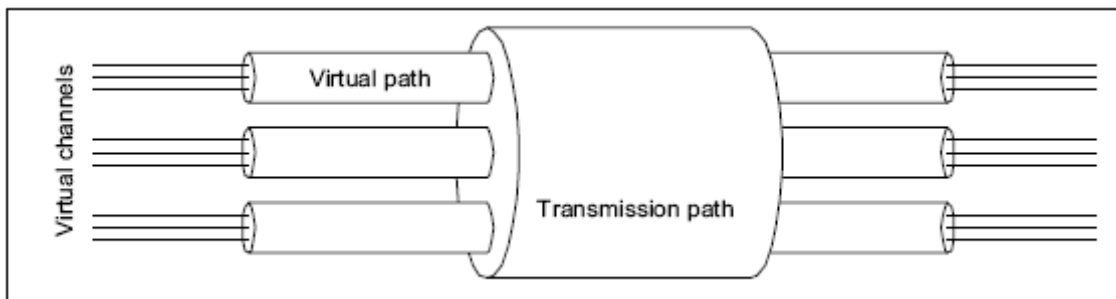
ATM merupakan teknologi *transport*, *switching*, *network management* dan *customer service*, yang mengatur informasi kedalam bentuk sel dengan ukuran tetap. ATM juga dikenal sebagai *fast packet switching* (lebih cepat dibanding dengan X.25) karena blok-blok data dapat dikirim dengan laju yang sangat tinggi.

Jaringan ATM mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Pada ATM proteksi *error* 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 10^{-12}).
2. ATM bekerja pada mode *connection oriented*, yang artinya bahwa sebelum melakukan pentransmisi data, dilakukan pembentukan hubungan pada jaringan untuk menyediakan jalur sesuai tingkat kebutuhan dari terminal pengirim ke penerima, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. ATM mentransmisikan sel melalui

suatu hubungan yang disebut *virtual* atau *Virtual Channel* (VC). Kumpulan dari beberapa VC dengan tujuan yang sama dalam satu lintasan *virtual* disebut *Virtual Path* (VP)

3. Pengurangan fungsi *header*. Untuk menjamin pemrosesan yang cepat dalam jaringan, maka fungsi *header* pada ATM dibatasi. Fungsi utama *header* ATM untuk mengidentifikasi hubungan *virtual*.
4. Lebar bagian informasi yang relatif kecil. Hal ini ditujukan untuk mengurangi panjang *buffer* pada *switching* dapat dikurangi dengan *delay* yang terjadi akan kecil.



Gambar 2.1 Hubungan Koneksi ATM

Sumber: Wiliam Staling, 1997

Pada Gambar 2.2 menunjukkan sel ATM terdiri atas 48 *byte* informasi pengguna (*payload*) dan 5 *byte header* yang berisi informasi alamat, jenis layanan yang diinginkan dan informasi lain yang dibutuhkan oleh jaringan.

Dengan fungsi-fungsi *header* adalah sebagai berikut:

- a. *Generic flow control* (4 bit)
Mengontrol aliran sel dari pengiriman ke penerima.
- b. *Virtual Pat Identifier* (8 bit)
Merupakan daerah *routing* bagi jaringan. VPI digunakan untuk mengindikasikan *virtual path*.
- c. *Virtual Channel Identifier* (16 bit)
Digunakan sebagai *routing* antara pengguna.
- d. *Payload type* (2 bit)
Mengindikasikan tipe informasi pada bagian informasi sel ATM.
- e. *Cell Loss Priority – CLP* (2 bit)

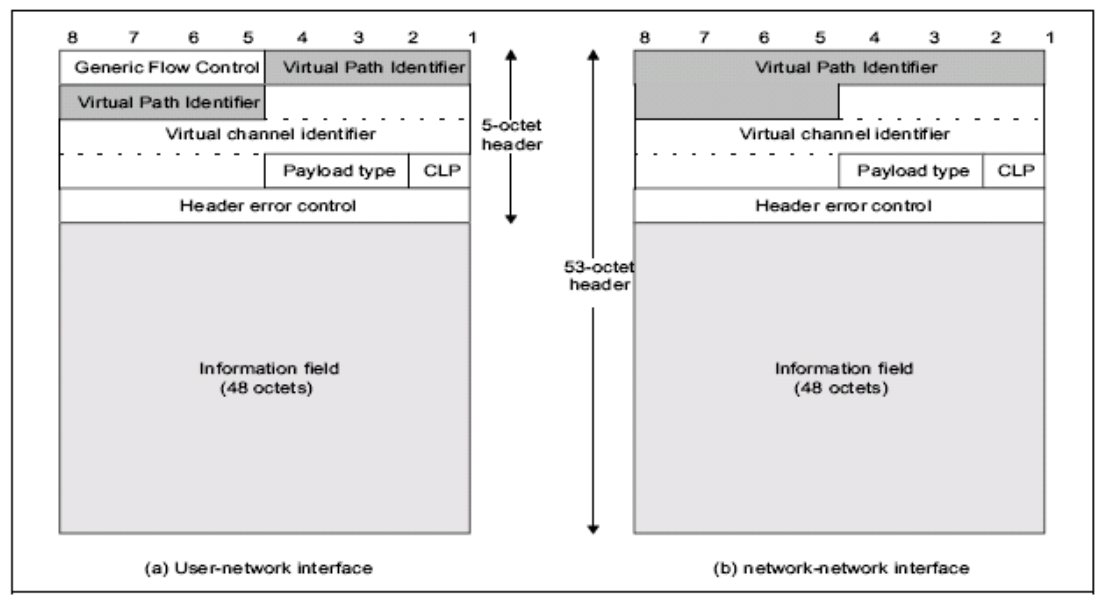
Menandai dua level prioritas, yang digunakan untuk melakukan penolakan sel tergantung pada kondisi jaringan.

f. *Header error control* (8 bit)

Mendeteksi kesalahan pada *header* untuk kemudian digunakan oleh *Transmission Convergence (TC) sublayer* pada *physical layer*.

g. *Information field* (48 bit)

Informasi/data yang dikirim oleh terminal pengirim.



Gambar 2.2 Format sel ATM
 Sumber: William Stalling, 1997

2.2.1 Struktur Jaringan ATM

Struktur jaringan ATM terdiri atas komponen-komponen sebagai berikut:

1. Inti jaringan ATM dibagi menjadi 2 bagian yaitu *private* dan *public*. Jaringan *private* adalah jaringan pelanggan (*user*) yang disebut *customer premises network*. Sedangkan jaringan *public* adalah jaringan yang dikelola oleh operator jaringan *public* yang menghubungkan antar jaringan *private* yang satu dengan yang lain.
2. *ATM switch*, berfungsi menjalankan transportasi data *backbone* dalam jaringan ATM.
3. *ATM end point*, merupakan bagian dari peralatan *end user* sebagai penghubung dari peralatan *interface* untuk jaringan ATM. *End point* menerima dan mengirimkan kembali sel-sel ATM pada hubungan (*link*) yang sudah ditentukan. *End point* berisi

fungsi AAL (*ATM Adaption Layer*) dan dihubungkan ke jaringan ATM melalui UNI (*User Network Interface*)

4. UNI (*User Network Interface*). Ada dua macam kategori UNI *public* yang digunakan untuk menghubungkan jaringan *private* ke jaringan *public* dan UNI *private* digunakan untuk menghubungkan perangkat *end point* ke jaringan ATM *private*.
5. *Link*, terdiri dari satu atau beberapa link yang digunakan untuk menghubungkan antar node sebagai *clear channels*.
6. *ATM Adoption Layer (AAL)*, merupakan lapisan ATM tertinggi, berfungsi untuk menyesuaikan atau merubah format informasi setiap aplikasi ke format sel ATM.

2.2.2 Teknologi ATM

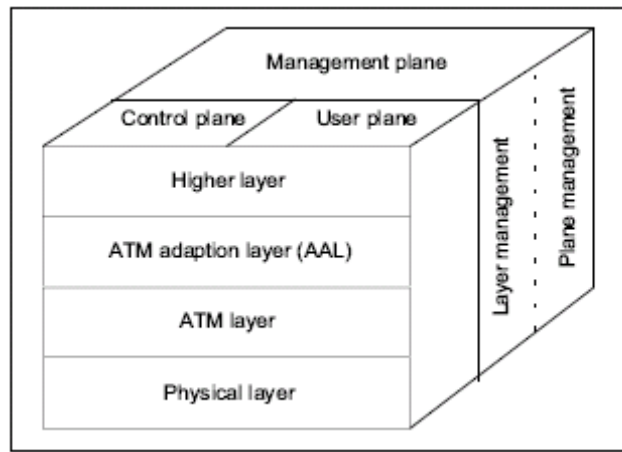
Teknologi ATM berkaitan dengan fungsi ATM sebagai inti jaringan secara umum:

1. Sebagai *interface transfer packet* dan *protocol*
ATM sering disebut sebagai teknologi, termasuk dari *hardware* dan *software* menyesuaikan ke standar protokol ATM yang dapat menyediakan fungsi *multiplexing*, *cross connect* dan *switching* si jaringan
2. Sebagai akses integrasi yang dapat mengurangi keperluan translasi protokol
3. Sebagai infrastruktur jaringan, *hardware* dan *software* ATM dapat menyediakan teknologi utama untuk jaringan komunikasi.
4. ATM menyediakan layanan *real time* dan *non real time*.
5. Berbagai layanan dapat ditawarkan melalui arsitektur ATM, seperti AAL-1 (*constant bit rate*, MPEG-2), AAL3(paket video audio), AAL3/4 (komunikasi data) dan AAL5 (untuk orientasi koneksi transfer data)

2.2.3 Arsitektur Protokol ATM

Arsitektur protokol ATM telah ditentukan oleh ITU-T rekomendasi I.321, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. *Layer* utama terdiri atas *physical layer*, *ATM layer* dan *ATM Adaptation layer (AAL)*. *Physical layer* berhubungan dengan spesifikasi dari media pentransmisi, sedangkan pada *ATM layer* terjadi pentransmisian dari data dengan ukuran sel yang tetap dan *AAL layer* mengemas informasi dari *higher layer* ke bentuk sel ATM untuk ditransmisikan ke seluruh jaringan ATM, serta menyatukan informasi dari

sel-sel ATM yang akan dikirimkan ke *higher layer*. *Higher layer* mewakili *layer* aplikasi seperti *frame relay* dan SMDS.



Gambar 2.3. Model Referensi Protokol ATM

Sumber: William Stallings, 1997

Pada gambar 2.3 juga terdapat tiga bagian yang terpisah, yaitu:

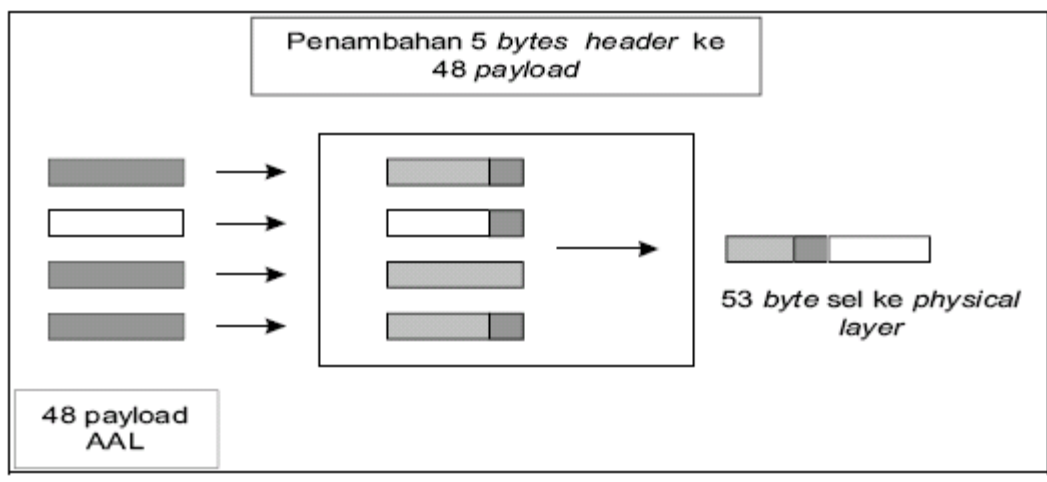
- User plane*, melakukan pentransferan informasi pengguna dan pengontrolan (seperti pengontrolan aliran dan pengontrolan kesalahan).
- Control plane*, menampilkan fungsi dari pengontrolan panggilan dan pengontrolan sambungan (pensinyalan).
- Management plane*. Termasuk ke dalam *plane management* (menampilkan fungsi-fungsi manajemen yang berhubungan dengan keseluruhan sistem) dan *layer management* (menampilkan fungsi-fungsi manajemen yang berhubungan dengan parameter-parameter dan sumber dari protokol).

2.2.4 Layer ATM

Di dalam teknologi ATM dikenal *layer-layer* komunikasi, yang berfungsi untuk *routing* dan *multiplexing* sel-sel melalui VC. Masing-masing fungsi tersebut antara lain adalah:

1. *Cell Multiplexing/demultiplexing* yaitu melakukan *multiplexing* dan *demultiplexing* sel-sel menuju dan dari *physical layer*.

2. VPI (*Virtual Path Identifier*)/VCI (*Virtual Circuit Identifier*) Translation sebagai penerjemah dan identifikasi sel yang diperlukan ketika penyambungan sebuah sel dari satu link ke link yang lain pada ATM switch atau *cross connect*.
3. *Cell Header Generation and verification*, yaitu pembangkitan dan verifikasi 5 byte header pada 48 byte payload.
4. GFC (*Generic Flow Control*), berfungsi untuk mengontrol aliran trafik jaringan ATM antara UFC (*User Flow Control*), berfungsi untuk mengontrol aliran trafik jaringan ATM antara *User Network Interface* (UNI).
5. Menyediakan VCC (*Virtual Channel Connection*) dan VPC (*Virtual Path Connection*) bagi *user* dan tidak tergantung pada kelas layanan dalam jaringan. Kelas layanan ditunjukkan pada bit CLP (*Cell Loss Priority*) disetiap sel header.



Gambar 2.4 ATM layer

Sumber: Clarks: 1996

ATM layer dengan *physical layer* dihubungkan melalui *Physical Service Access Point* (Phy-SAP), sedangkan hubungan ATM layer dengan AAL melalui *ATM Service Access Point* (ATM-SAP).

2.2.5 ATM Adaption Layer

Penggunaan ATM menciptakan kebutuhan akan lapisan adaptasi untuk mendukung transfer protokol informasi yang tidak berbasis ATM, untuk itulah pada

jaringan ATM menyediakan layer AAL yang merupakan protokol yang menyusun data sehingga dapat diterjemahkan dalam bentuk sel ATM.

Tujuan utama AAL adalah untuk menyediakan fungsi-fungsi tiap kelas layanan yang disyaratkan sehingga dapat memenuhi permintaan layanan khusus yang diinginkan. ITU-T telah mengklarifikasikan empat kelas layanan. Pembagian spesifikasi kelas pada AAL dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pembagian kelas pada AAL

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

Sumber: David E.Mcdysan: 1994: 239

Pembagian kelas-kelas tersebut dilakukan untuk menyediakan layanan pentransmisi data dengan kebutuhan yang berbeda. Contoh layanan *class A*, merupakan rangkaian emulasi, memiliki *bit rate* konstan, yang mana membutuhkan pengawasan dalam pewaktuannya dan pentransmisiannya bersifat *connection-oriented*. Contoh layanan *class B* adalah video dengan *bit rate* variable, sebagaimana sering digunakan dalam *video conference*. Memiliki koneksi *connection-oriented* dan pewaktuan yang sangat penting. *Class C* dan *class D* mengarah ke aplikasi pentransferan data. Memiliki *bit rate* yang bervariasi dan pewaktuan yang tidak terlalu penting, perbedaan dalam data *rate* dapat diatasi dengan *buffer* diakhir sistem. Pentransferan datanya dapat bersifat *connection-oriented* (*class C*) atau *connectionless* (*class D*).

Pada seluruh tipe AAL, satu blok data dari *higher layer* dikemas menjadi sebuah *protocol data unit* (PDU) pada *sub layer* CS. *Sub layer* ini sering disebut sebagai *common-part convergence sub layer* (CPCS). CPCS-PDU kemudian dilewatkan ke *sub layer* SAR, untuk kemudian dibagi-bagi menjadi blok-blok *payload*. Masing-masing blok *payload* dapat menempati sebuah SAR-PDU, dengan ukuran 48 octet. Setiap 48 octet dari

SAR-PDU akan menempati satu sel ATM. Gambar 2.5 . mengilustrasikan pemrosesan data pada ATM.

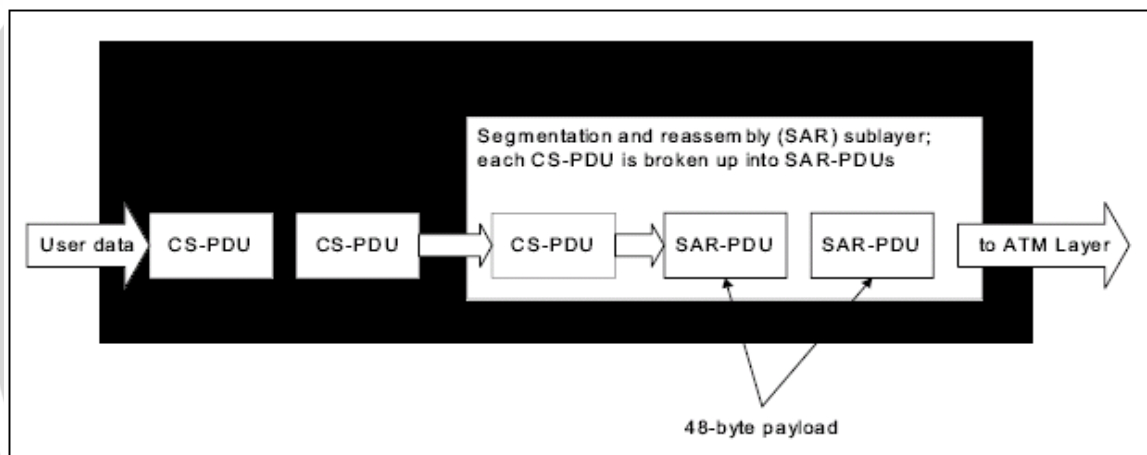
AAL terdiri dari dua sub-layer, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 yaitu:

a. *Convergence Sublayer (CS)*

Berfungsi untuk menyediakan fungsi yang diperlukan untuk mendukung aplikasi-aplikasi khusus yang menggunakan AAL. Sub-layer CS ini dibagi menjadi sub-bagian yaitu *Common Part Convergence Sub-layer (CPCS)* dan *Service Specific Convergence Sub-layer (SSCS)*.

b. *Segmentation and Reassembly Sublayer (SAR)*

Bertanggung jawab dalam hal pemaketan informasi yang diterima dari layer yang lebih tinggi dalam ukuran yang sesuai dengan ukuran sel ATM.



Gambar 2.5 Pemrosesan Data Pada ATM *adaptation Layer*

Sumber: Cisco System Inc, 1989 : 16

ITU-T I.362 telah menentukan layanan-layanan yang disediakan oleh AAL, yaitu:

- Mengatasi kesalahan dalam pentransmisian
- Segmentation* dan *Reassembly*, memungkinkan blok-blok data dengan ukuran yang lebih besar untuk dapat dibawa dalam *information field* pada sel ATM.
- Mengatasi kondisi sel yang tersesat dan salah alamat
- Mengontrol aliran dan waktu.

2.2.6 Katagori Layanan

Katagori layanan yang ditetapkan oleh ATM forum meliputi:

a. Layanan *real time*

1. *Constant Bit Rate* (CBR)

Merupakan layanan yang paling sederhana, yang digunakan pada aplikasi yang memerlukan *rate* data tertentu yang bisa dijamin konsistensinya sepanjang hubungan berlangsung.

2. *Real-time Variable Bit Rate* (rt-VBR)

Layanan ini dimaksudkan untuk aplikasi-aplikasi yang memerlukan penundaan yang ditentukan dan variasi penundaan yang ringan.

b. Layanan *Non-Real-Time*

1. *Non real-Time Variable Bit Rate* (nrt-VBR)

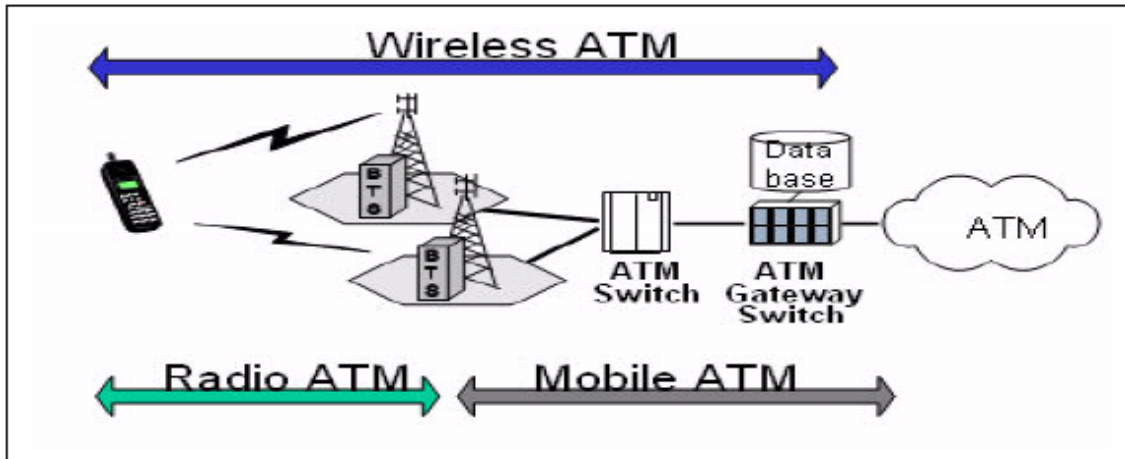
Layanan ini untuk aplikasi-aplikasi yang mampu menyediakan peningkatan mutu layanan (QoS) pada saat terjadi penundaan.

2. *Unspecified Bit Rate* (UBR)

Layanan ini sesuai untuk aplikasi yang mampu mentoleransi penundaan variabel dan hilangnya beberapa sel, yang biasanya terjadi pada jaringan yang berbasis TCP.

2.3 *Wireless* ATM

Jaringan *wireless* ATM terdiri dari infrastruktur jaringan ATM *fixed* dan jaringan akses radio. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4. WATM menawarkan perbaikan kinerja dan kualitas layanan yang tidak dapat dicapai oleh sistem komunikasi *wireless* lainnya seperti sistem-sistem seluler, jaringan *cordless*, maupun *wireless* LAN. *Wireless* ATM dapat memberikan layanan terintegrasi seperti layanan *real time*, *telephony*, juga sebagai penyedia layanan data yang baik seperti IP.



Gambar 2.6 Konfigurasi Jaringan *Wireless ATM*

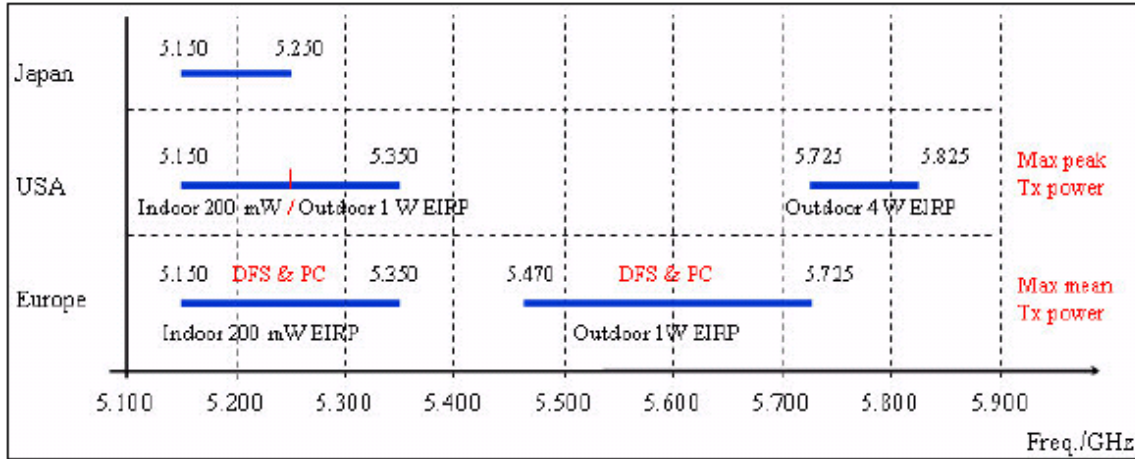
Sumber: Miae Woo, 1999

Pengembangan teknologi *wireless ATM* ini didasarkan dari beberapa pikiran antara lain:

- Pengguna (*user*) memerlukan akses *wireless* untuk mengakses jaringan ATM/B-ISDN
- Aplikasi multimedia membutuhkan platform *wireless* dengan dukungan terhadapnya.
- Teknologi komunikasi generasi ketiga dan di atasnya serta *wireless LAN* tidak dapat memenuhi semua keunggulannya tanpa dukungan *platform* yang berorientasi pada jaringan semacam ATM.

2.3.1 Alokasi Kanal Frekuensi

Pita frekuensi yang ditetapkan untuk sistem *wireless ATM* terletak pada pita frekuensi 5150-5350 MHz untuk penggunaan dalam gedung (*indoor*) dan 5470-5725 MHz untuk penggunaan di luar gedung (*outdoor*) dan berlaku untuk wilayah Eropa dengan lebar spektrum sebesar 455 MHz dan untuk wilayah USA dengan lebar spektrum sebesar 300 MHz. Alokasi spektrum dan ketentuan mengenai daya pancar dapat dilihat pada Gambar 2.7.



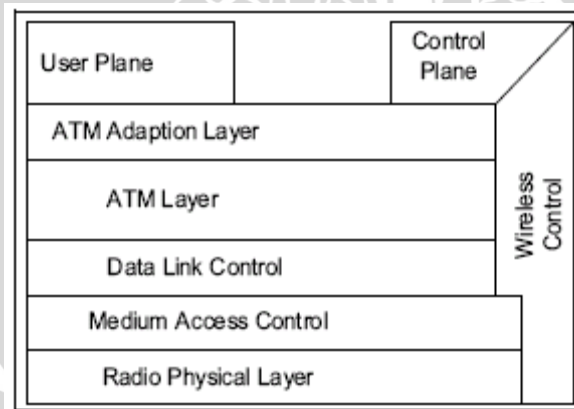
Gambar 2.7. Alokasi Frekuensi WATM

Sumber: Lou Dellaverson ,1999

2.3.2 Arsitektur Protokol Wireless ATM

Arsitektur protokol *wireless* ATM dibagi menjadi bagian bidang kontrol (*control plane part*) dan bagian bidang pengguna (*user plane part*), dimana pada bidang pengguna terdapat fungsi pentransmisian trafik melalui hubungan yang telah terbentuk dan pada bidang kontrol terdapat fungsi untuk mengontrol pembentukan, pelepasan dan pengawasan hubungan.

Model referensi dari protokol *wireless* ATM dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Arsitektur Protokol WATM

Sumber: Xinri Cong,1997

2.3.2.1 Jaringan *Mobile* ATM

Jaringan *mobile* ATM didefinisikan sebagai suatu jaringan dengan dasar teknologi ATM dengan tambahan adanya dukungan terhadap komunikasi *wireless* dan juga masih mendukung jaringan *fixed*.

Jaringan ini berfungsi:

- a. Kontrol terhadap proses handoff
- b. Mengatur manajemen lokasi untuk *mobile* terminal
- c. Routing terhadap permintaan data untuk *mobile* terminal
- d. Kontrol terhadap trafik/QoS untuk koneksi *mobile*
- e. Manajemen jaringan *wireless*

2.3.2.2 *Radio Access Layer*

Radio access layer terdiri atas 4 *layer* dasar, yaitu:

a. *Physical Layer* (PHY)

Physical layer mendefinisikan karakteristik dari sel yang meliputi frekuensi, efisiensi *re-use* frekuensi, antena, daya dan range yang dicakup. *Physical layer* ini terdiri dari data dan kontrol interface ke unit radio.

b. *Media Access Control* (MAC)

MAC pada WATM bertanggung jawab untuk menyediakan fungsional jaringan *point-to point* untuk *layer* protokol yang lebih tinggi untuk digunakan. MAC mendukung akses dari beberapa *mobile* terminal ke medium secara simultan, mendukung beberapa kelas layanan ATM termasuk Kontrol QoS dan juga mendukung untuk mobilitas user.

c. *Data Link Control* (DLC)

DLC bertanggung jawab untuk menyediakan layanan untuk *layer* ATM. DLC ini mengurangi efek dari *error* kanal radio yang seharusnya diselesaikan dalam *layer* ini sebelum sel-sel dikirimkan ke *layer* ATM, sehingga pada DLC terdapat:

1. *Error control* yang berfungsi untuk koreksi dan deteksi *error* juga selektif dalam *retransmission*.
2. *Forward Error Control* (FEC)

d. *Radio Resource Control (RRC)*

RRC diperlukan untuk mendukung fungsi kontrol plane yang berhubungan dengan *Radio Access Layer (RAL)*. RRC merupakan kontrol dan fungsi manajemen layer-layer dari PHY, MAC dan DLC

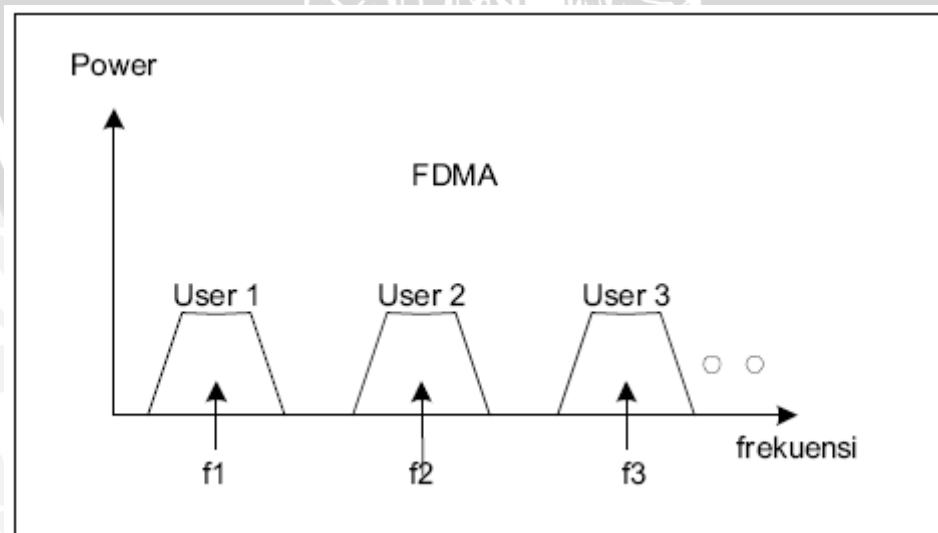
2.3.3 Model Akses

Akses jamak (*multiple access*) adalah suatu cara atau metode untuk mentransmisikan beberapa kanal pembicaraan pada pita frekuensi yang telah ditentukan. Secara umum ada 3 macam akses jamak yaitu:

2.3.3.1 FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)

Dalam FDMA, pita frekuensi RF dibagi-bagi kedalam sejumlah kanal radio individual (pasangan frekuensi kirim dan terima). Setiap kanal digunakan untuk membawa sinyal suara dan sinyal kontrol. Setiap pelanggan dapat mengakses setiap kanal berdasarkan pengaturan dari pengontrol, dimana setiap pelanggan menempati sebuah kanal frekuensi.

Jadi dalam FDMA, hanya seorang pelanggan yang dapat dilayani dalam sebuah kanal dalam suatu saat. Pembicaraan lain hanya dapat mengakses setelah pembicaraan pertama tersebut selesai atau bila panggilan pertama telah diambil alih oleh kanal lain dalam sistem tersebut.

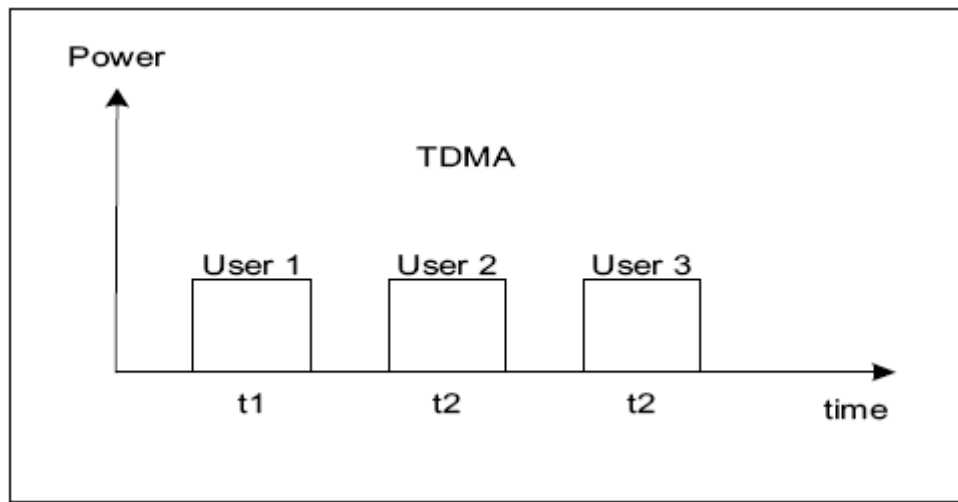


Gambar 2.9 Sistem akses FDMA

Sumber: Yang, 1998

2.3.3.2 TDMA (*Time Division Multiple Access*)

Dalam sistem TDMA semua pelanggan menempati pita frekuensi yang sama akan dibedakan ke dalam sejumlah *time slot*. Setiap pelanggan menempati *time slot* yang telah ditentukan yang berisi sinyal suara/sinyal kontrol. Setiap slot dipisahkan oleh *guard time* (waktu pemisah) yang berfungsi untuk memisahkan sinyal pembicaraan yang satu dengan yang lain agar tidak saling mengganggu.

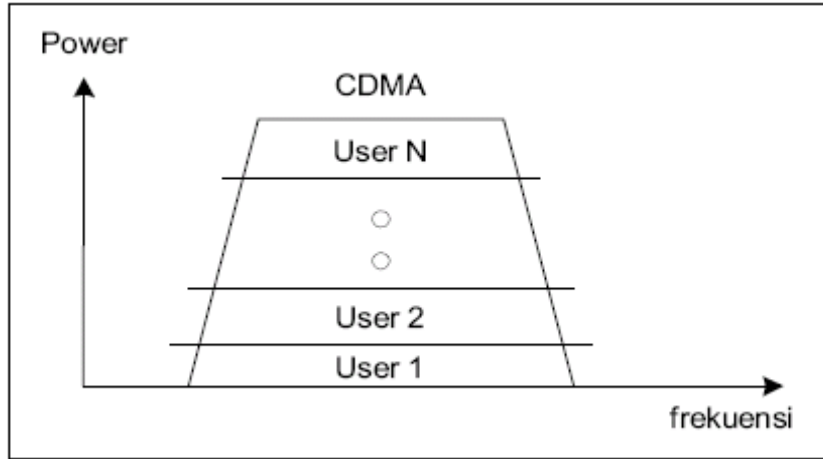


Gambar 2.10 Sistem akses TDMA

Sumber: Yang, 1998

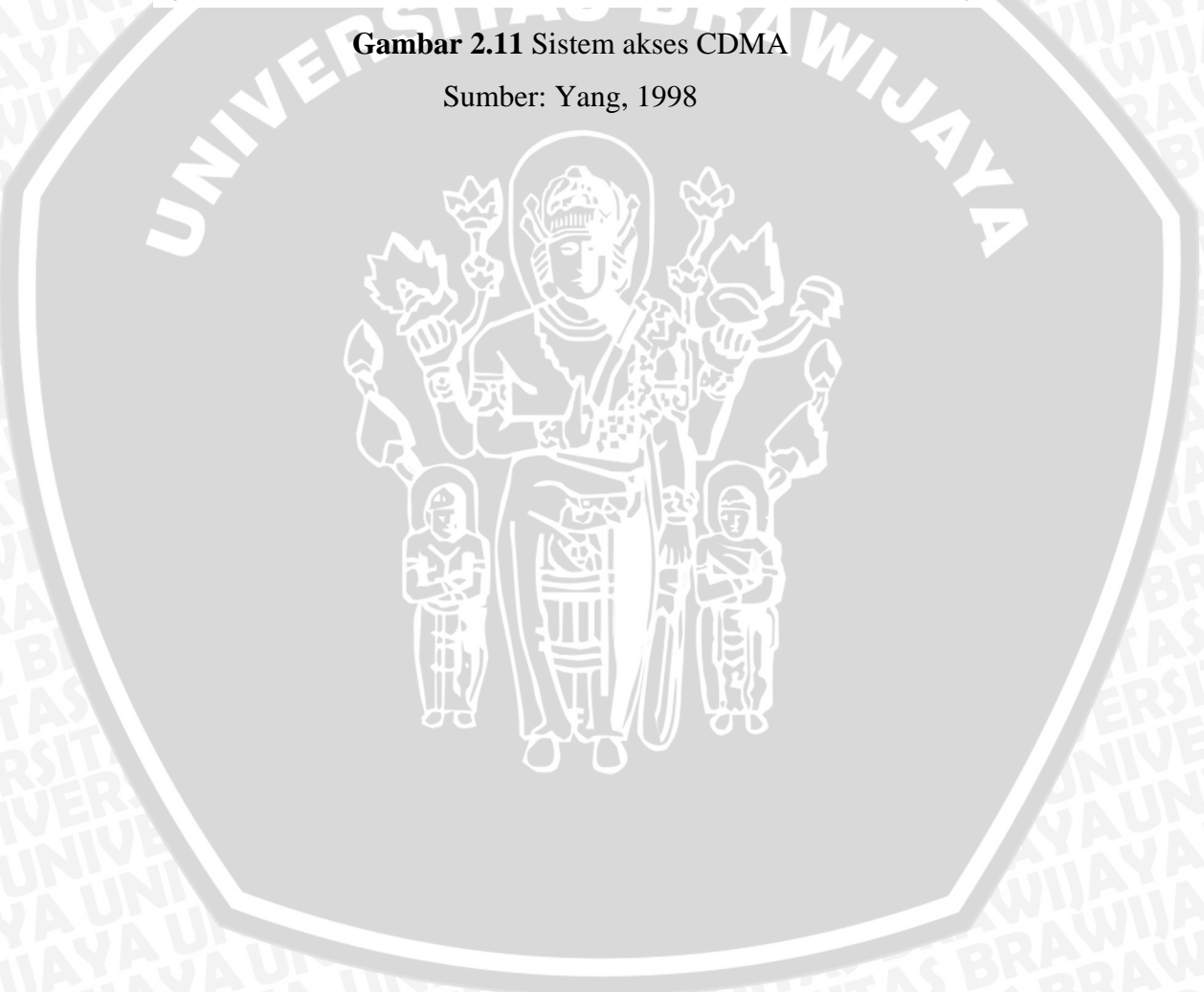
2.3.3.2 CDMA (*Code Division Multiple Access*)

CDMA merupakan metode akses pengembangan dari teknologi pentransmisi informasi dengan menggunakan teknik *spread spectrum*. Dalam sistem komunikasi yang menggunakan teknik pentransmisi *spread spectrum*. Dalam sistem komunikasi yang menggunakan teknik pentransmisi *spread spectrum*, *bandwidth* sinyal yang ditransmisikan dibuat jauh lebih lebar dari sinyal informasi sebenarnya. Dalam CDMA, seluruh pelanggan menggunakan spektrum frekuensi yang sama, tetapi tiap pelanggan dibedakan berdasarkan kode-kode tertentu. Dalam sistem ini setiap perangkat memiliki sebuah kode yang unik, sehingga dapat meletakkan sejumlah pelanggan dalam sebuah kanal frekuensi dalam waktu yang sama.



Gambar 2.11 Sistem akses CDMA

Sumber: Yang, 1998



BAB III

DYNAMIC PACKET RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DPRMA)

3.1 *DYNAMIC PACKET RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DPRMA)*

DPRMA merupakan protokol akses kanal berdasarkan *contention* yang dirancang untuk jaringan *wireless Asynchronous Transfer Mode (ATM)*. Setiap terminal akan mentransmisikan paket informasi melalui kanal yang *shared* ke *base station*. Kanal DPRMA dibuat menjadi *slot*, dan *slots* tersebut digabungkan menjadi sebuah *frame*. Durasi *slot* sebanding dengan *packet transmission time*.

Terminal suara menghasilkan pola periode *talkspurts* dan *silent*. Dengan menggunakan *speech detector*, maka hanya *talkspurts* yang akan dipaketkan untuk ditransmisikan. Pada saat kondisi *talkspurt*, paket baru akan dihasilkan setiap *frame* dan disimpan pada *finite FIFO buffer*. Tidak ada paket yang dihasilkan dalam kondisi periode *silent*.

Secepatnya setelah paket pertama dari *talkspurt* dihasilkan, maka terminal akan mulai *contend* dengan terminal lain untuk mendapatkan *unreserved slots*. *Contending* terminal akan mentransmisikan paket pada slot yang tersedia jika mendapatkan "*permission*". *Permission* terjadi dengan probabilitas yang tetap untuk setiap *unreserved slot*, dan *independent* untuk setiap terminal. Saat akhir dari *slot*, maka *base* akan *broadcast feedback* paket yang berisi hasil dari pentransmisikan. Sehingga setiap *station* dapat mengetahui hasil dari pentransmisian. Jika dua atau lebih *contending* terminal berusaha untuk mentransmisikan paket pada *unreserved slot* yang sama, maka *collision* terjadi, sehingga *base* tidak dapat mendeteksi setiap paket atau terminal untuk mentransmisikan ulang. Sebagai gantinya jika hanya ada satu terminal yang berusaha untuk mentransmisikan pada sebuah *unreserved slot*, maka *base* berhasil menerima paket dan memberikan terminal sebuah "*reservation*" untuk *slot* tersebut, sehingga terminal dapat terus menggunakan *slot* tersebut untuk setiap *frame* berikutnya sampai tidak ada paket lagi yang akan ditransmisikan. Saat akhir dari *talkspurt*, maka terminal akan melepaskan *reservation* dengan cara mengosongkan *slot* tersebut.

3.2 Pembentukan paket DPRMA

DPRMA berkomunikasi dengan panjang paket yang tetap. Karena DPRMA digunakan pada jaringan WATM, maka kanal dibagi menjadi ukuran slot ATM yaitu 53 bytes setiap slot. Yang mana setiap sel berisi dari 48 bytes *payload* dan 5 bytes *header*. 5 bytes *header* akan dimodifikasi, untuk mengakomodasi kebutuhan dari protokol MAC. Hal ini dapat dimungkinkan untuk diasumsikan dikarenakan *Virtual Circuit Identifier* dan *Virtual Path Identifier* pada WATM *header* lebih panjang daripada yang dibutuhkan untuk mengakomodasi sejumlah aktif *user* yang mana berada dalam *cell wireless* tunggal. Sehingga dapat diasumsikan tidak dibutuhkan *header* tambahan untuk menerapkan DPRMA pada jaringan WATM.

Pada DPRMA, *frame* dirancang agar sumber suara menghasilkan tepat satu paket setiap *frame*. Untuk dapat mengakomodasi hal itu maka durasi *frame* T dirancang variabel sesuai dengan *rate* sumber suara yang dipakai. Jika *source rate* R_s b/s dan *channel rate* R_c b/s, maka durasi *frame* T :

$$T = \frac{\text{payload}_{selATM} \times 8}{R_s} \text{ s} \quad (3.1)$$

dengan :

T = durasi frame atau panjang darain satu frame (s)

R_s = rate dari sumber suara (bits/s)

Payload_{selATM} = ukuran dari *payload sel* ATM (48 bytes)

Maka jumlah dari *time slot* N setiap *frame*:

$$N = \left\lceil \frac{R_c \times T}{\text{selATM} \times 8} \right\rceil \text{ paket per frame} \quad (3.2)$$

Yang mana $[x]$ merupakan bilangan bulat $\leq x$.

dengan:

N = jumlah *time slot*

R_c = kapasitas kanal dari jaringan WATM (bits)

selATM = Ukuran dari sel ATM (53 bytes)

Durasi *time slot* τ , :

$$\tau = \frac{T}{N} \text{ s} \quad (3.3)$$

dengan :

τ = durasi *time slot* atau panjang dari satu slot (s)

T = durasi *frame* atau panjang dari satu frame (s)

N = jumlah *time slot*

3.3 *Speech Delay Limit dan Buffer Size*

Terminal suara berisi sebuah *buffer first-in-first-out* untuk menyimpan paket yang menunggu untuk ditransmisikan. Kapasitas dari *buffer* ialah B paket. Jika *buffer* penuh pada saat paket baru datang, maka terminal akan *drop* paket yang paling lama disimpan dan menyimpan paket baru. Yang kemudian akan berusaha untuk mentransmisikan paket yang paling lama yang terdapat pada *buffer*.

Dengan mekanisme *dropping*, maka kebutuhan akan besarnya *buffer*:

$$B = \lceil D_{\max} / T \rceil \quad (3.4)$$

dengan $\lceil x \rceil$ merupakan bilangan bulat $\geq x$.

Dimana :

B = kapasitas dari *buffer* (paket)

D_{\max} = waktu tunggu maksimum dari paket suara (s)

T = durasi *frame* atau panjang dari satu frame (s)

3.4 *Pemodelan sistem*

Untuk dapat memodelkan sistem DPRMA *voice*, maka sistem dimodelkan menjadi model Markov.

3.4.1 *Model Suara*

Pada saat user berbicara, maka periode *talkspurt(talk)* dan *silent(sil)* akan terjadi saling bergantian. Model yang sederhana untuk sumber suara dapat ditunjukkan oleh dua *state* proses Markov: distribusi eksponensial periode *talking (active)* dan distribusi eksponensial periode *silent (idle)*. Dengan t_1 dan t_2 yang merupakan panjang rata-rata dari

periode *talking* dan *silent*, dan durasi *slot* τ . Probabilitas dari periode *talkspurt* berakhir dengan durasi rata-rata t_1 s dan durasi *time slot* τ ialah:

$$\gamma = 1 - \exp(-\tau/t_1) \tag{3.5}$$

dimana :

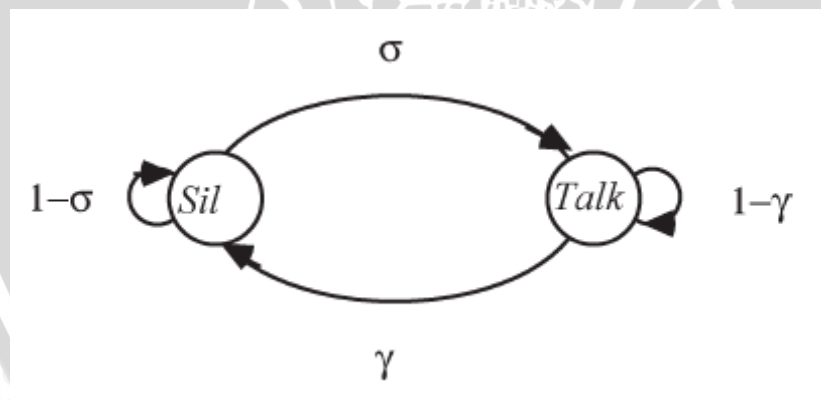
- γ = probabilitas dari *user* mengakhiri perbincangan atau *Talk*
- τ = durasi *time slot* (s)
- t_1 = waktu rata-rata *user* berbicara (s)

Sehingga untuk probabilitas dari periode *silent* dengan durasi rata-rata t_2 dan durasi *time slot* τ ialah:

$$\sigma = 1 - \exp(-\tau/t_2) \tag{3.6}$$

dimana:

- σ = probabilitas dari *user* mengakhiri mendengarkan atau *Sil*
- τ = durasi *time slot* (s)
- t_2 = waktu rata-rata *user* diam atau mendengarkan (s)



Gambar 3.1 Model suara

(W.C. Wong and D.J. Goodman, *A packet reservation multiple access protocol for integrated speech and data transmission*, IEE Proc.-I139 (6) (December 1992) 607-612).

Model *discrete time* untuk sumber suara di tunjukkan pada gambar 3.1 yang mana unit waktu yang sesuai dengan durasi satu slot. Perubahan dari *state Talk* (*talking*)

menjadi *Sil* (*silent*) terjadi dengan probabilitas yang tetap γ , dan perubahan *state silent* menjadi *talking* terjadi dengan probabilitas yang tetap σ . Periode *silent* dan *talking* merupakan *geometrically distributed* dengan *means* $1/\sigma$ dan $1/\gamma$. *Fraction* dari waktu yang dihabiskan untuk setiap *state* adalah

$$\pi_{sil} = \frac{\gamma}{\sigma + \gamma} \quad (3.7)$$

$$\pi_{talk} = \frac{\sigma}{\sigma + \gamma} \quad (3.8)$$

dimana :

π_{sil} = *fraction* dari waktu yang dihabiskan untuk *state sil*

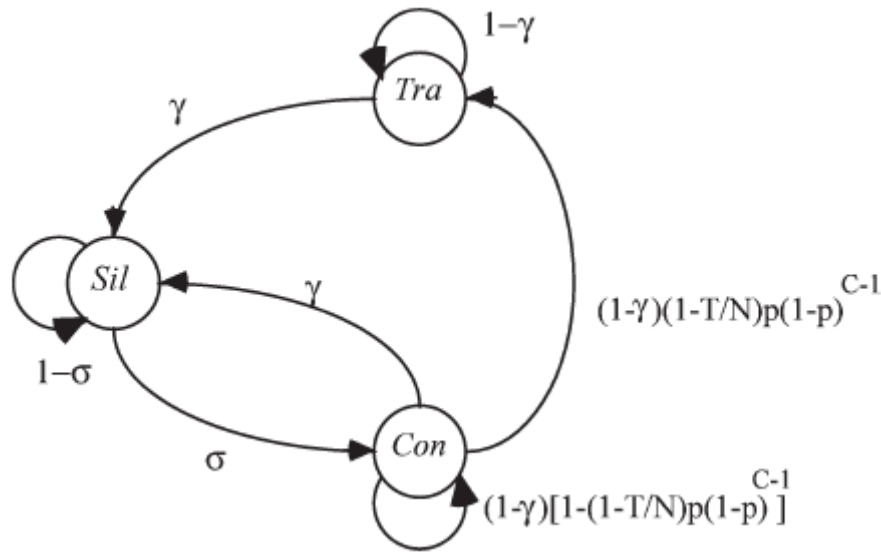
π_{talk} = *fraction* dari waktu yang dihabiskan untuk *state talk*

γ = probabilitas dari *user* mengakhiri perbincangan atau *Talk*

σ = probabilitas dari *user* mengakhiri mendengarkan atau *Sil*

3.4.2 Model DPRMA suara

Untuk dapat memodelkan sistem DPRMA, maka M terminal suara diasumsikan merupakan *homogeneous independent*. Dengan N merupakan jumlah *slots* setiap *frame* dan p merupakan *permission probability*, yang mana kita asumsikan tetap dan sama untuk semua terminal. Maka sistem DPRMA dimodelkan sebagai *discrete time Markov chain*, yang mana merupakan unit dari waktu durasi *slot* τ . Untuk dapat memodelkan sistem, maka pada mulanya mencari karakteristik dan model dari sifat terminal tunggal.



Gambar 3.2. Model DPRMA suara

Seperti yang di tunjukkan oleh gambar 3.2, maka diasumsikan bahwa terminal selalu berada di salah satu *state* di bawah ini:

- Sil* *silent state*
- Con* *contending state*
- Tra* *transmission state*

Terminal akan berada dalam *state Sil* pada saat periode *silent*. Saat *talkspurt* mulai, maka terminal meninggalkan *state Sil* dan masuk *state Con*. Probabilitas dari transisi ini σ untuk setiap *time slot*. Pada *state Con*, terminal akan *contends* untuk menunggu *reservation*. Jika *talkspurt* berakhir sebelum mendapatkan *reservation*, terminal akan meninggalkan *state Con* dan kembali ke *state Sil* tanpa dapat mentransmisikan paket. Probabilitas dari kondisi ini adalah γ untuk setiap *time slot*.

Untuk medapatkan *reservation* dan memulai transmisi, maka kondisi-kondisi berikut harus dapat dipenuhi, yaitu: *talkspurt* tidak lah berakhir pada *slot* tersebut, slot tidak *reserved*, terminal mendapatkan *permission* untuk mentransmisikan dan tidak ada *collision* terjadi dengan paket dari terminal *contending* yang lain. Karena kondisi ini *independent*, maka probabilitas dari *transition* dari *state Con* ke *state Tra* dapat dicari sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \Pr\{ \text{probabilitas dari } \textit{transition} \text{ dari } \textit{state Con} \text{ ke } \textit{state Tra} \} \\ & = \Pr \{ \textit{talkspurt} \text{ tidak berakhir} \} \times \Pr\{ \textit{time slot} \text{ tersedia} \} \times \\ & \quad \Pr\{ \textit{permission} \text{ untuk mentransmisikan} \} \times \Pr\{ \text{tidak ada} \\ & \quad \textit{collisions} \} \end{aligned} \tag{3.9}$$

Dari model suara dan sistem DPRMA maka didapat,

$$\Pr\{ \textit{talkspurt} \text{ tidak berakhir} \} = 1 - \gamma \tag{3.10}$$

$$\Pr\{ \textit{permission} \text{ untuk mentransmisikan} \} = p \tag{3.11}$$

$$\Pr\{ \text{tidak ada } \textit{collisions} \} = (1-p)^{C-1} \tag{3.12}$$

yang mana

C = merupakan jumlah terminal *contending* saat itu.

Untuk probabilitas dari *time slot* yang tersedia maka, kita asumsikan merupakan *fraction* dari *time slot* yang bebas:

$$\Pr\{ \textit{time slot} \text{ yang tersedia} \} = \frac{N-T}{N} = 1 - \frac{T}{N}, \tag{3.13}$$

yang mana

T = merupakan jumlah terminal transmision saat itu.

Saat terminal telah berhasil mentransmisikan, maka terminal *transit* dari *state Con* ke *state Tra*, yang mana terminal tersebut akan berada sepanjang masih ada paket yang untuk ditransmisikan. Setelah terminal mengirimkan paket yang terakhir *talkspurt* saat itu, maka terminal akan melepaskan *reservation* dengan meninggalkan *slot* tersebut kosong dan masuk *state Sil*. Untuk mempermudah analisis maka diasumsikan probabilitas dari *transition* γ .

Dari model sifat terminal tunggal, maka dapat dicari model untuk sistem DPRMA. Model DPRMA suara dimodelkan sebagai *discrete time Markov process*

$$X = \{ X_n = (S_n, C_n, T_n) \mid n \geq 0 \}$$

dengan sistem *state space* Ω , dan satu langkah probabilitas *transition matrix* P . S_n , C_n dan T_n yang merupakan jumlah terminal pada *state Sil*, *Con* dan *Tra* pada waktu n . Maka *state space* Ω yaitu

$$\Omega = \{ (s, c, t) \mid s, c, t \geq 0, s \leq M, t \leq N, c = M - t - s \}.$$

$$\text{Jumlah dari state yaitu } (N+1)(M-N/2+1). \tag{3.14}$$

Maka keseluruhan matrix probabilitas *transition* satu langkah, yaitu:

$$\Pr\{X_{n+1} = (s', c', t') | X_n = (s, c, t)\} = \sum_{\substack{s+1-j+k=s' \\ c+j-k-h=c' \\ t-i+h=t'}} \alpha_{ijkh}, \quad (3.15)$$

dimana :

$\Pr\{X_{n+1} = (s', c', t') | X_n = (s, c, t)\} =$ probabilitas perubahan jumlah terminal di state *sil*, *con*, dan *tra* dari *s*, *c*, dan *t* pada waktu *n* ke *s'*, *c'* dan *t'* pada waktu *n + 1*

s = jumlah terminal pada state *sil*

c = jumlah terminal pada state *con*

t = jumlah terminal pada state *tra*

s' = jumlah terminal pada state *sil* pada waktu berikutnya

c' = jumlah terminal pada state *con* pada waktu berikutnya

t' = jumlah terminal pada state *tra* pada waktu berikutnya

i = jumlah terminal yang menuju state *sil* dari state *tra*

j = jumlah terminal yang menuju state *con* dari state *sil*

k = jumlah terminal yang menuju state *sil* dari state *con*

h = jumlah terminal yang menuju state *tra* dari state *con*

$\alpha_{ijkh} = \Pr\{i \text{ transmitting terminals keluar ke silent state}\} \times \Pr\{j \text{ silent terminals mulai untuk contend}\} \times \Pr\{k \text{ contending terminals kembali ke silent state dan } h \text{ terminals mendapatkan reservation dan mulai mentransmisikan}\}.$ (3.16)

Berdasarkan dari gambar 3.2 maka akan didapatkan persamaan berikut untuk kondisi berbeda pada (3.16):

$$\Pr\{i \text{ transmitting terminals keluar ke silent state}\} = \binom{t}{i} \gamma^i (1-\gamma)^{t-i}, \quad (3.17)$$

$$\Pr\{j \text{ silent terminals mulai untuk contend}\} = \binom{s}{j} \sigma^j (1-\sigma)^{s-j}, \quad (3.18)$$

$\Pr\{k \text{ contending terminals kembali ke silent state dan } h \text{ terminals mendapatkan reservation dan mulai mentransmisikan}\}$

$$= \binom{c}{k} \gamma^k (1-\gamma)^{c-k} \times \begin{cases} 1 - \left(1 - \frac{t}{N}\right) (c-k) p (1-p)^{c-k-1}, & h=0, \\ \left(1 - \frac{t}{N}\right) (c-k) p (1-p)^{c-k-1}, & h=1. \end{cases} \quad (3.19)$$

Maka distribusi probabilitas *stationary* $\pi = [\pi_{(s,c,t)}] (s,c,t) \in \Omega$, dapat dihitung dari P. Dengan S, C dan T yang merupakan jumlah terminal yang *stationary* untuk disetiap state. Untuk *stationary distribution vector* π , maka dapat dihitung *stationary distribution* untuk sistem variable S, C dan T:

$$\begin{aligned} p_S(k) &= \Pr\{S = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, s=k} \pi_{(s,c,t)}, \\ p_C(k) &= \Pr\{C = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, c=k} \pi_{(s,c,t)}, \\ p_T(k) &= \Pr\{T = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, t=k} \pi_{(s,c,t)}, \\ k &= 0, \dots, M, \end{aligned} \quad (3.20)$$

dimana :

- $p_S(k)$ = probabilitas k terminal berada di state *sil*
- $p_C(k)$ = probabilitas k terminal berada di state *con*
- $p_T(k)$ = probabilitas k terminal berada di state *tra*

Maka akan didapat nilai sebagai berikut, yaitu

$$\begin{aligned} E[S] &= \sum_{k=0}^M k p_S(k), \\ E[C] &= \sum_{k=0}^M k p_C(k), \\ E[T] &= \sum_{k=0}^N k p_T(k), \end{aligned} \quad (3.21)$$

yang mana :

$E[S]$ = jumlah rata-rata terminal berada di *state sil*

$E[C]$ = jumlah rata-rata terminal berada di *state con*

$E[T]$ = jumlah rata-rata terminal berada di *state con*

3.4.2.1 *Throughput*

Throughput di definisikan sebagai jumlah rata-rata paket yang dapat ditransmisikan setiap frame. Sehingga berdasarkan definisi tersebut maka besarnya *throughput* di tunjukkan oleh $E[T]$.

3.4.2.2 *Utilization*

Sistem *utilization* didefinisikan sebagai *fraction* dari *slot* per *frame* yang digunakan untuk mentransmisikan paket. Maka sistem *utilization* dapat dicari sebagai berikut:

$$\text{Sistem utilization} = E[T]/N \quad (3.22)$$

3.4.2.3 *Access delay*

Access delay W didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan *reservation*, yang mana sebanding dengan waktu rata-rata yang dihabiskan terminal dalam *contention*. Dengan teori Little's maka akan di dapatkan:

$$W = \frac{E[C]}{E[S]\sigma} = E[C] \frac{\gamma + \sigma}{M\gamma\sigma}, \quad (3.23)$$

Yang mana $E[S]\sigma$ merupakan *steady state rate* terminal masuk ke *contending state* dan $E[C]$ merupakan *mean state population*.

BAB IV METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah kegiatan yang bersifat aplikatif, yaitu tentang penerapan DPRMA pada jaringan WATM. Data-data yang digunakan dalam kajian ini berupa data sekunder.

Data-data sekunder yang digunakan dalam kajian ini meliputi:

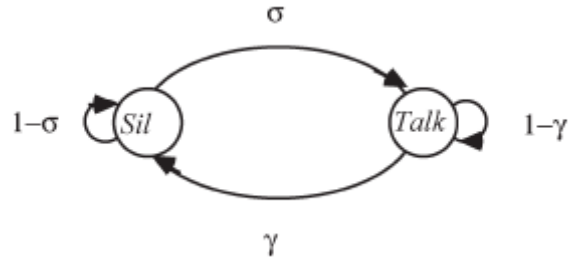
- Jaringan WATM diasumsikan memiliki kapasitas kanal 0,707 Mbps.
- *Bit rate* dari *voice user* 32 kbps. *Mean talkspurt duration* t_1 , 1 s dan *Mean silence duration* t_2 , 1,35 s (D.A. Dyson, Z.J. Haas / *A dynamic packet reservation multiple access scheme*)
- Besarnya setiap *slot* 53 *bytes* dengan 5 *bytes header* dan 48 *payload* (Ukuran dari sel ATM)

4.1 Pemodelan Sistem

Untuk mengetahui cara kerja DPRMA, maka diperlukan dua pemodelan untuk menganalisis protokol DPRMA. Parameter yang perlu dimodelkan yaitu model suara dan model DPRMA untuk suara.

4.1.1 Model Trafik Suara

Pemodelan trafik suara yang digunakan berdasarkan penelitian Brady (*A model for on-off speech patterns in two-way conversation*, Bell Syst. Tech. J. 48(7)(September 1969)2445-2472) mengasumsikan sumber suara menghasilkan periode dari *talkspurts* dan *gaps* yang menggambarkan pola dari berbicara dan mendengarkan dalam perbincangan, yang mana pola tersebut dapat di akomodasi dengan *speech activity detector*. Maka sumber suara dapat di modelkan menjadi dua *state* proses *Markov*: periode *exponential distributed talking* (*talk*) dan periode *exponential distributed silent* (*sil*). Untuk bisa mendapatkan probabilitas dari perubahan dari *state talk* ke *sil* (γ) atau pun sebaliknya dari *sil* ke *talk* (σ) dibutuhkan parameter t_1 dan t_2 yang merupakan periode panjang rata-rata dari *talking* dan *silence*, dan τ durasi *slot* yang besarnya berdasarkan analisis dari parameter-parameter diatas.



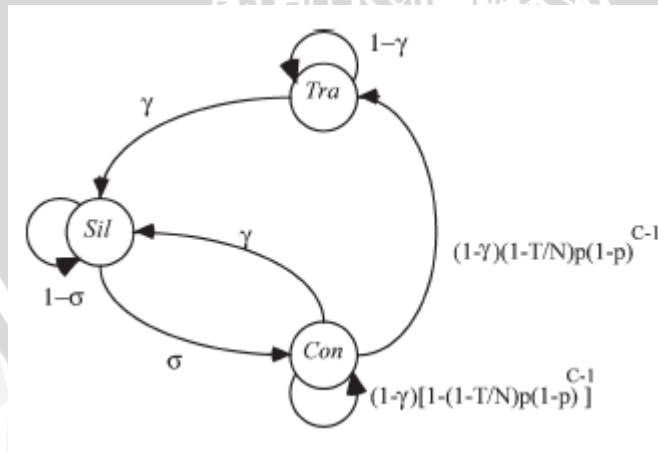
Gb.4.1 Model Markov two-state untuk Suara

(W.C. Wong and D.J. Goodman, *A packet reservation multiple access protocol for integrated speech and data transmission*, IEE Proc.-I139 (6) (December 1992) 607-612).

4.1.2 Model DPRMA untuk suara

Protokol DPRMA *voice* dimodelkan dengan rantai Markov *discrete time* dan dimodelkan dengan membaginya menjadi 3 *state*, yaitu *Sil* (*silent state*), *Con* (*state contending*), dan *Tra* (*transmission state*). Pada model DPRMA diperlukan beberapa asumsi untuk dapat menganalisis protokol ini yaitu:

- *M* terminal merupakan *homogeneous independent*.
- *N slot* dalam satu *frame* dan *p* probabilitas *permission* diasumsikan konstan dan sama untuk setiap terminal.
- Setiap terminal hanya dapat menempati satu *state* untuk satu periode waktu



Gambar 4.2 Diagram perubahan state pada terminal DPRMA untuk trafik suara

(F.Lo Presti, V. Grassi. *Markov analysis of the PRMA Protocol for local wireless networks*, Wireless Networks 4 (1998) 297-306)

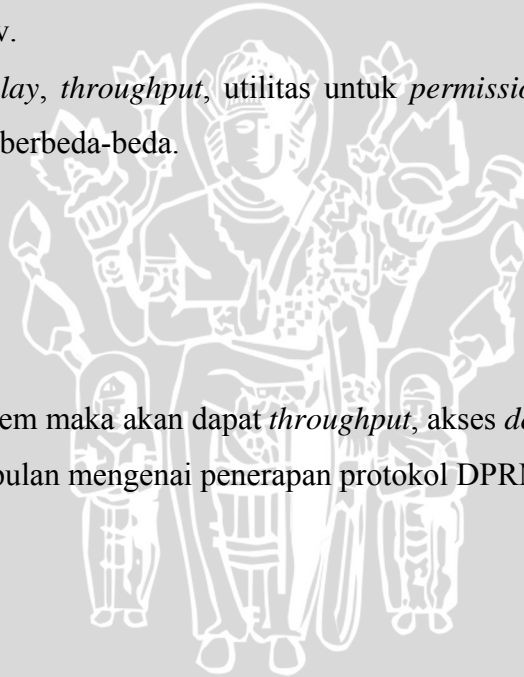
4.2 Analisis Sistem

Metode analisis sistem dilakukan dengan menganalisis model dan melakukan perhitungan data menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan didasar teori dengan bantuan program Matlab. Perhitungan yang dilakukan dalam analisis sistem ini adalah :

- Menghitung *frame duration* agar tepat satu *time slot reservation* oleh terminal
- Menghitung jumlah *time slot* dari jaringan WATM.
- Menghitung probabilitas perubahan *state* dari *Sil* ke *Con* atau sebaliknya dengan distribusi exponential.
- Menghitung probabilitas dari M terminal menempati *state Sil*, *Con* dan *Tra* dengan proses Markov.
- Menghitung akses *delay*, *throughput*, utilitas untuk *permission* probabilitas dan jumlah terminal yang berbeda-beda.

4.3 Penarikan Kesimpulan

Dari hasil analisis sistem maka akan dapat *throughput*, akses *delay*, dan *utilization* sehingga dapat ditarik kesimpulan mengenai penerapan protokol DPRMA pada WATM.



BAB V

ANALISA PENERAPAN *DYNAMIC PACKET RESERVATION MULTIPLE ACCESS (DPRMA)* PADA *WIRELES ATM*

5.1 Paket DPRMA

Pada protokol DPRMA kanal frekuensi dibagi menjadi *slot* dan *frame*. Ukuran dan *spacing* ditentukan sedemikian rupa agar secara tepat satu *slot* setiap *frame reservation* oleh satu *voice user*. Karena DPRMA akan diterapkan pada jaringan WATM, maka kanal akan dibagi sesuai ukuran *slot ATM 53 bytes*. *5 bytes header* akan dimodifikasi, untuk mengakomodasi kebutuhan dari protokol MAC. Hal ini dapat dimungkinkan untuk diasumsikan dikarenakan *Virtual Circuit Identifier* dan *Virtual Path Identifier* pada WATM *header* lebih panjang daripada yang dibutuhkan untuk mengakomodasi sejumlah aktif *user* yang mana berada dalam *cell wireless* tunggal. Sehingga dapat diasumsikan tidak dibutuhkan *header* tambahan untuk menerapkan DPRMA pada jaringan WATM. Ukuran *frame* dipilih agar *reservation* dari satu *slot* pada sebuah *frame* dapat mengakomodasi *payload 32 kbps*, R_s (*rate source* dari suara). Untuk mendapatkan kondisi itu maka *frame* durasi T , dapat ditentukan dengan persamaan 3.1 :

$$T = \frac{\text{payload}_{selATM} \times 8}{R_s}$$

$$T = \frac{48 \times 8}{32 \times 10^3}$$

$$T = 0,012s$$

berdasarkan persamaan 3.2 maka jumlah dari N *time slot* setiap *frame*, dengan *rate* kanal $R_c = 0,707$ Mbps:

$$N = \left[\frac{R_c \times T}{selATM \times 8} \right]$$

$$N = \left[\frac{0,707 \times 10^6 \times 0,012}{53 \times 8} \right]$$

$$N = 20 \text{ paket per frame}$$

sedangkan untuk durasi *time slot* τ dapat dicari dengan persamaan 3.3 yaitu:

$$\tau = \frac{T}{N}$$

$$\tau = \frac{0,012}{20}$$

$$\tau = 0,0006s$$

5.2 Model suara

Model sederhana untuk sumber suara dapat ditampilkan oleh 2 *state* proses Markov: periode distribusi eksponensial *talking* (aktif) dan yang lain periode distribusi eksponensial *silent* (*idle*). Dengan t_1 dan t_2 merupakan waktu rata-rata dari periode *talking* dan *silence*, dan τ merupakan durasi *slot*. Maka probabilitas periode *talkspurt* berakhir γ dengan mean $t_1=1s$, dengan durasi *slot* $\tau = 0,0006s$:

$$\gamma = 1 - \exp(-\tau / t_1)$$

$$\gamma = 1 - \exp(-0,0006 / 1)$$

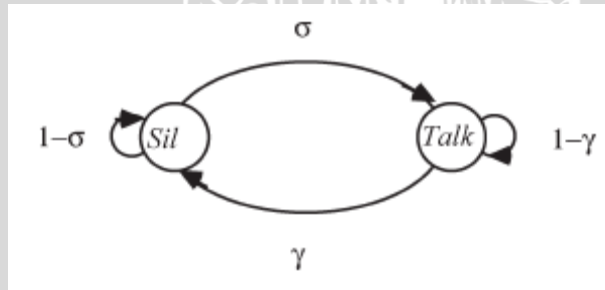
$$\gamma = 0,0006$$

Probabilitas periode *silent* berakhir dengan mean $t_2=1,35s$:

$$\sigma = 1 - \exp(-\tau / t_2)$$

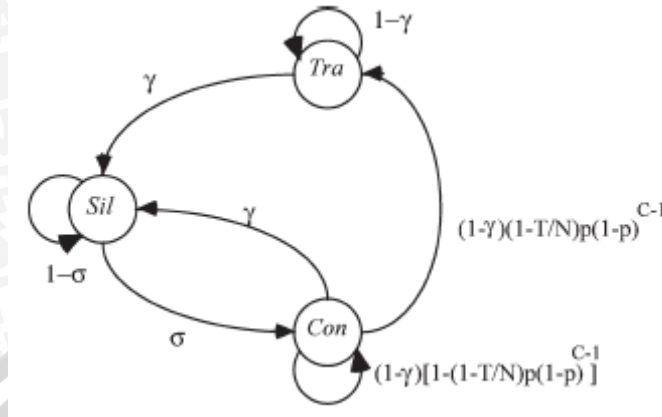
$$\sigma = 1 - \exp(-0,0006 / 1,35)$$

$$\sigma = 0,000444$$



Gambar 5.1 Model Suara

5.3 Model DPRMA untuk suara



Gambar 5.2 diagram perubahan state terminal DPRMA untuk suara

Dengan mengasumsikan sistem DPRMA terdiri dari M terminal suara yang homogen dan independent. Dengan N merupakan jumlah slot per frame dan p probability permission, yang mana diasumsikan konstant dan sama untuk semua terminal.

Dalam sekripsi ini ditentukan parameter-parameter sebagai berikut:

Durasi Frame	12 ms
Jumlah Slot per frame	20
Mean durasi talkspurt t_1	1 s ($\gamma = 0,0006$)
Mean durasi silence t_2	1,35 ($\sigma = 0,000444$)
Jumlah terminal	25 - 45 terminal (user)
Permission probabilitas p	0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,9

Sebagai contoh analisis maka dianalisis sistem dengan parameter $M= 25$ terminal dan $p=0,1$. Sedangkan untuk parameter-parameter yang lain dapat dilihat hasilnya pada grafik. Model sistem DPRMA voice dimodelkan sebagai discrete time Markov process:

$$X = \{X_n = (S_n, C_n, T_n) | n \geq 0\}$$

Dengan sistem state space Ω dan one-step matrix probabilitas P . S_n , C_n dan T_n merupakan jumlah terminal pada state Sil, Con dan Tra saat waktu n . Maka state space Ω dinyatakan:

$$\begin{aligned} \Omega &= \{(s, c, t) | s, c, t \geq 0, s \leq M, t \leq N, c = M - t - s\} \\ &= \{(s, c, t) | s, c, t \geq 0, s \leq 25, t \leq 20, c = 20 - t - s\} \end{aligned} \tag{5.1}$$

Banyaknya *state* dapat dihitung dengan persamaan 3.14:

$$(N + 1) \times (M - N / 2 + 1) = (20 + 1) \times (25 - 20 / 2 + 1) = 336 \text{ state}$$

Berdasarkan persamaan 5.1 maka dengan jumlah terminal $M= 25$ dan jumlah time slot $N= 20$ akan didapat 336 kombinasi dari jumlah terminal untuk *state sil, con, dan tra..*

Hasilnya yaitu:

$$\text{state}_1 (s,c,t) = (0,25,0)$$

$$\text{state}_2 (s,c,t) = (0,24,1)$$

$$\text{state}_{336} (s,c,t) = (25,0,0)$$

Keseluruhan *one-step matrix* probabilitas transisi P yaitu:

$$\Pr \{X_{n+1} = (s', c', t') | X_n = (s, c, t)\} = \sum_{\substack{s+i-j+k=s' \\ c+j-k-h=c' \\ t-i+h=t'}} \alpha_{ijkh}$$

yang mana :

$\alpha_{ijkh} = \Pr \{i \text{ terminal transmitting keluar menuju state silent}\} \times \Pr \{j \text{ terminal silent memulai untuk contend}\} \times \Pr \{k \text{ terminal contending kembali ke state silent dan h terminal mendapat reservation dan memulai transmisi}\}$

Maka berdasarkan atas persamaan 3.15 dan 3.16 maka *matrix* probabilitas transisi P dapat dicari. Sehingga sebagai contoh perhitungan maka diambil probabilitas dari $s'=0, c'=25, t'=0$, dan $s=0, c=25, t=0$, maka dapat berarti untuk waktu berikutnya jumlah terminal tetap untuk setiap *state Sill, Con, Tra*. Probabilitasnya dapat dicari sebagai berikut:

$$\Pr \{X_{n+1} = (0, 25, 0) | X_n = (0, 25, 0)\} = \sum_{\substack{0+i+j+k=0 \\ 25+j-k-h=25 \\ 0-i+h=0}} \alpha_{ijkh}$$

dengan kemungkinan awal dari $i=0, j=0, k=0, h=0$ maka probabilitasnya :

1. Probabilitas i terminal *transmitting* keluar menuju *state silent*.

$$\Pr\{i=0\} = \binom{t}{i} \times \gamma^i \times (1-\gamma)^{t-i}$$

$$\Pr\{i=0\} = \binom{0}{0} \times 0,0006^0 \times (1-0,0006)^{0-0}$$

$$\Pr\{i=0\} = 1$$

2. Probabilitas j terminal *silent* memulai untuk *contend*

$$\Pr\{j=0\} = \binom{s}{j} \times \sigma^j \times (1-\sigma)^{s-j}$$

$$\Pr\{j=0\} = \binom{0}{0} \times 0,000444^0 \times (1-0,000444)^{0-0}$$

$$\Pr\{j=0\} = 1$$

3. Probabilitas k terminal *contending* kembali ke *state silent* dan h terminal mendapat reservation dan memulai transmisi

$$\Pr\{k=25, h=0\} = \binom{c}{k} \times \gamma^k \times (1-\gamma)^{c-k} \times \left(1 - \left(1 - \frac{t}{N}\right) \times (c-k) \times p \times (1-p)^{c-k-1}\right)$$

$$\Pr\{k=25, h=0\} = \binom{25}{0} \times 0,0006^0 \times (1-0,0006)^{25-0} \times \left(1 - \left(1 - \frac{0}{20}\right) \times (25-0) \times 0,1 \times (1-0,1)^{20-0-1}\right)$$

$$\Pr\{k=25, h=0\} = 0,9857 \times 0,9920$$

$$\Pr\{k=25, h=0\} = 0,9778$$

sehingga dengan menggunakan persamaan 3.15 dan 3.16 maka didapat:

$$\Pr\{X_{n+1} = (0, 25, 0) | X_n = (0, 25, 0)\} = 0,9978$$

maka jika semua probailitas dihitung maka akan didapat persamaan sebagai berikut:

$$\pi_{(0,25,0)} = 0,9978\pi_{(0,25,0)} + \Pr_{(0,25,0)(0,24,1)} \pi_{(0,24,1)} + \dots + \Pr_{(0,25,0)(25,0,0)} \pi_{(25,0,0)}$$

$$\pi_{(25,0,0)} = \Pr_{(25,0,0)(0,25,0)} \pi_{(0,25,0)} + \Pr_{(25,0,0)(0,24,1)} \pi_{(0,24,1)} + \dots + \Pr_{(25,0,0)(25,0,0)} \pi_{(25,0,0)} \tag{5.2}$$

$$1 = \pi_{(0,25,0)} + \pi_{(0,24,1)} + \dots + \pi_{(25,0,0)} \tag{5.3}$$

Untuk dapat menyelesaikan persamaan di atas, maka di buatlah *matrix* $H_{(336)(336)}$ dan $I_{(1)(336)}$ dengan cara merubah bentuk persamaan 5.2 dan mengganti salah satu persamaan 5.2 dengan persamaan 5.3.

$$0 = 0,9978\pi_{(0,25,0)} - \pi_{(0,25,0)} + \Pr_{(0,25,0)(0,24,1)} \pi_{(0,24,1)} + \dots + \Pr_{(0,25,0)(25,0,0)} \pi_{(25,0,0)}$$

$$1 = \pi_{(0,25,0)} + \pi_{(0,24,1)} + \dots + \pi_{(25,0,0)}$$

$$0 = \Pr_{(25,0,0)(0,25,0)} \pi_{(0,25,0)} + \Pr_{(25,0,0)(0,24,1)} \pi_{(0,24,1)} + \dots + \Pr_{(25,0,0)(25,0,0)} \pi_{(25,0,0)} - \pi_{(25,0,0)}$$

maka *matrix* H :

$$H_{(336)(336)} = \begin{bmatrix} 0,9978 - 1 & \Pr_{(0,25,0)(0,24,1)} & \dots & \Pr_{(0,25,0)(25,0,0)} \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \Pr_{(25,0,0)(0,25,0)} & \Pr_{(25,0,0)(0,24,1)} & \dots & \Pr_{(25,0,0)(25,0,0)} - 1 \end{bmatrix}$$

Dan *matrix* I :

$$I_{(1)(336)} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\pi_{(s,c,t)} = \text{inv}(B) \times I \tag{5.4}$$

Maka dari persamaan 5.4 didapat probabilitas dari setiap *state* $\pi_{(s,c,t)}$. Karena S , C dan T merupakan jumlah terminal yang *stationary* untuk setiap *state*. Dari distribusi *stationary vector* π , maka dapat dihitung distribusi *stationary* untuk sistem *variable* S , C dan T :

$$p_S(k) = \Pr\{S = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, s=k} \pi_{(s,c,t)}$$

$$p_C(k) = \Pr\{C = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, c=k} \pi_{(s,c,t)}$$

$$p_T(k) = \Pr\{T = k\} = \sum_{(s,c,t) \in \Omega, t=k} \pi_{(s,c,t)}$$

sehingga probabilitas untuk setiap *state*:

$$E[S] = \sum_{k=0}^{25} kp_S(k)$$

$$E[C] = \sum_{k=0}^{25} kp_C(k)$$

$$E[T] = \sum_{k=0}^{20} kp_T(k)$$

Setelah dilakukan perhitungan melalui program *matlab* maka didapat:

$$E[T] = 10,5008 \text{ paket / frame}$$

$$E[S] = 14,3612 \text{ paket / frame}$$

$$E[C] = 0,1379 \text{ paket / frame}$$

yang mana merupakan jumlah rata-rata terminal menempati *state Sil*, *Con*, dan *Tra* untuk jumlah terminal 25, dengan *permission* probabilitas $p = 0,1$.

Throughput

Throughput adalah rata-rata jumlah paket yang ditransmisikan dalam setiap *frame*. maka *throughput* ditunjukkan oleh :

$$E[T] = 10.5008 \text{ paket/frame}$$

Utilization

Utilization adalah *fraction* dari *slot* setiap *frame* yang digunakan untuk mentransmisikan paket. Berdasarkan atas persamaan 3.2 maka didapat nilai *utilization*:

$$utilization = E[T]/N$$

$$utilization = 0.525$$

Access Delay

Access delay adalah besarnya nilai dari waktu t_c untuk menunggu reservation, yang mana sama dengan rata waktu yang dihabiskan terminal dalam *contention* (*state con*). Berdasarkan atas persamaan 3.23 maka *access delay* yaitu:

$$W = \frac{E[C]}{E[S]\sigma}$$

$$W = \frac{0,1379}{14,3612 \times 0,000444}$$

$$W = 21,6155slot$$

Untuk parameter $M = 25 - 50$ dan $p = 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,9; 1$ maka besarnya *throughput*, *utilization*, dan *access delay* dapat dilihat di bawah:

Tabel 5.1 Throughput

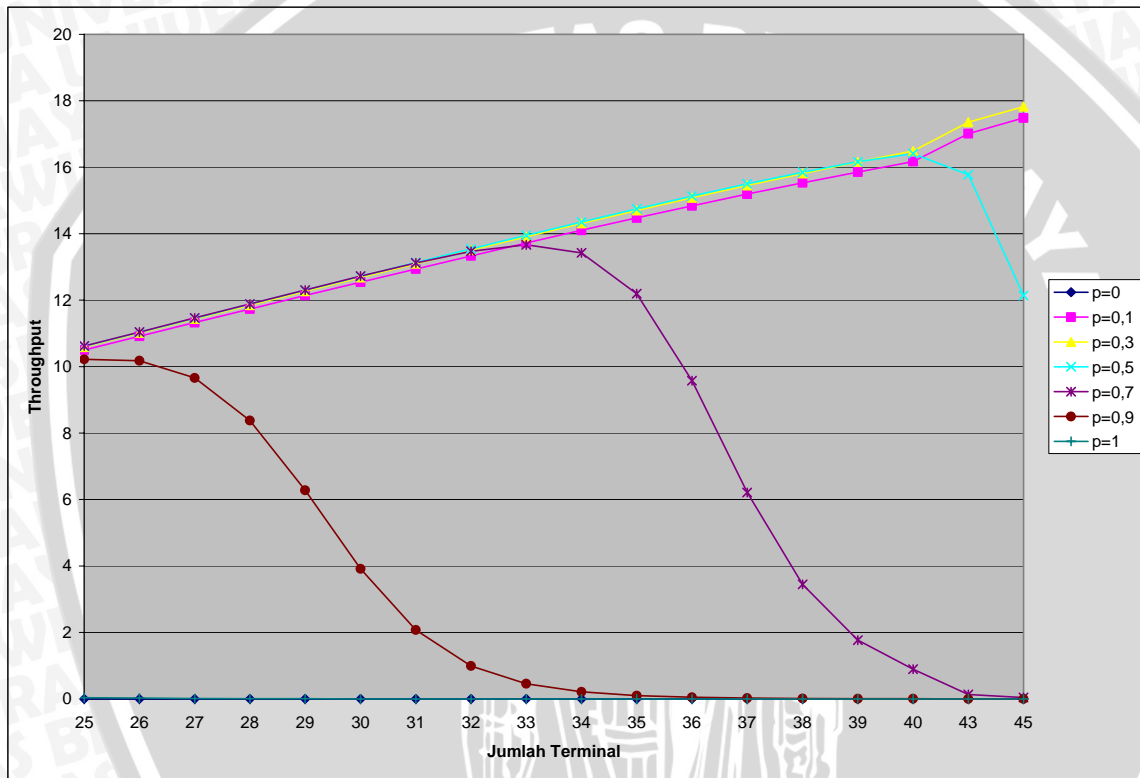
Jumlah terminal	Permission Probability						
	p=0	p=0,1	p=0,3	p=0,5	p=0,7	p=0,9	p=1
25	0	10,5008	10,5915	10,6101	10,6179	10,2166	0,0382
30	0	12,5395	12,6837	12,714	12,7208	3,9139	0,0021
35	0	14,4733	14,7006	14,748	12,1943	0,0989	1,12E-04
40	0	16,1685	16,4842	16,4102	0,8927	0,0034	6,59E-06
45	0	17,4831	17,8254	12,1394	0,042	2,01E-04	4,24E-07

Tabel 5.2 Utilization

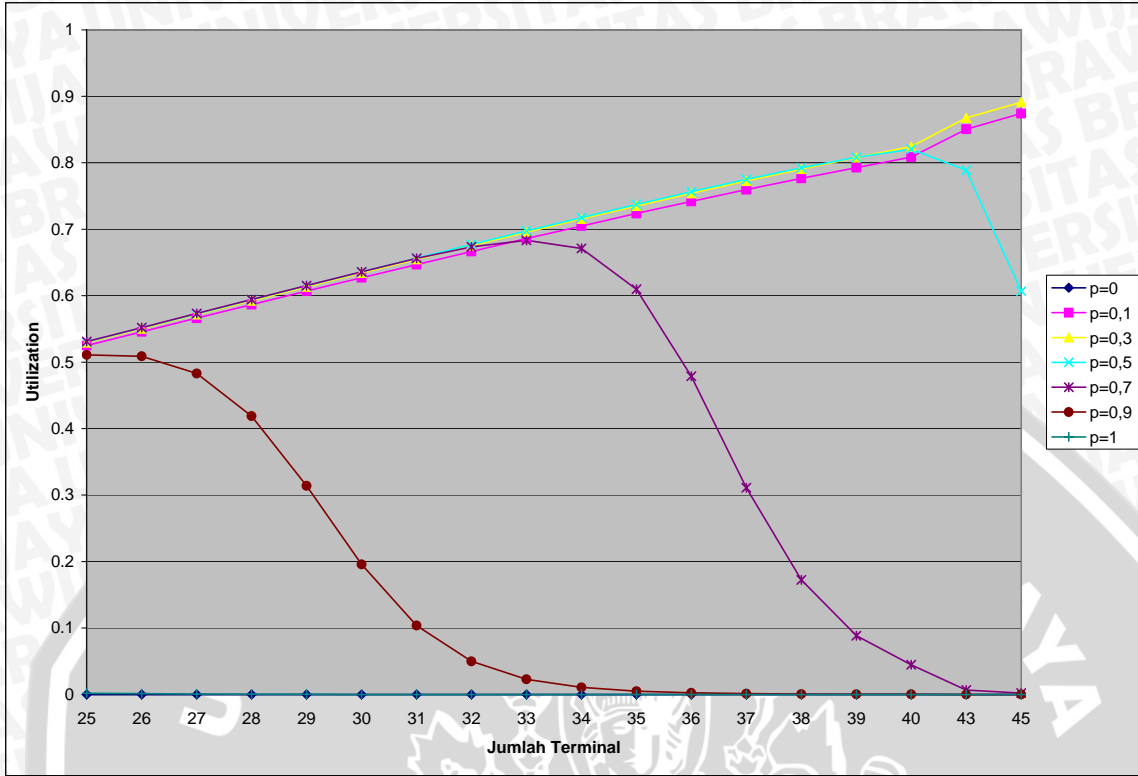
Jumlah terminal	Permission Probability						
	p=0	p=0,1	p=0,3	p=0,5	p=0,7	p=0,9	p=1
25	0	0,525	0,5296	0,5305	0,5309	0,5108	0,0019
30	0	0,627	0,6342	0,6357	0,636	0,1957	1,04E-04
35	0	0,7237	0,735	0,7374	0,6097	0,0049	5,59E-06
40	0	0,8084	0,8242	0,8205	0,0446	1,72E-04	3,29E-07
45	0	0,8742	0,8913	0,607	0,0021	1,01E-05	2,12E-08

Tabel 5.3 Access Delay

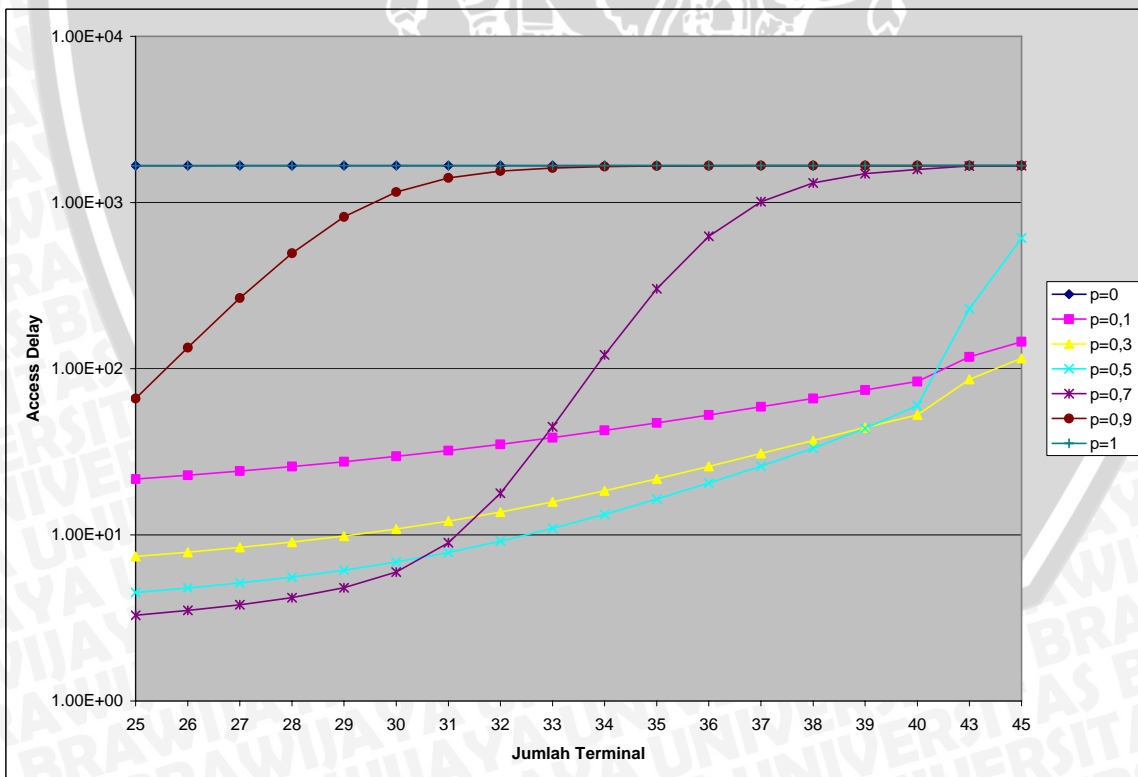
Jumlah terminal	Permission Probability						
	p=0	p=0,1	P=0,3	p=0,5	p=0,7	p=0,9	p=1
25	1,67E+03	21,6155	7,4059	4,4964	3,2762	66,1565	1,66E+03
30	1,67E+03	29,6416	10,8224	6,8549	5,9717	1,16E+03	1,67E+03
35	1,67E+03	47,1223	21,6825	16,3771	302,2224	1,66E+03	1,67E+03
40	1,67E+03	83,5983	52,6739	59,9226	1,58E+03	1,67E+03	1,67E+03
45	1,67E+03	145,1036	115,2963	610,3201	1,66E+03	1,67E+03	1,67E+03



Gambar 5.3 Throughput



Gambar 5.4 Utilization



Gambar 5.5 Access Delay

Pada gambar 5.3, 5.4 dan 5.5 merupakan *throughput*, *utilization* dan *access delay* sebagai fungsi dari jumlah terminal dengan *permission* probabilitas yang berbeda-beda. Pada grafik di atas menggunakan parameter jumlah terminal 25, 30, 35, 40, 45. Karena peningkatan jumlah terminal merupakan kelipatan lima, maka suatu saat akan terjadi perubahan nilai *throughput*, *utilization* dan *access delay* secara drastis. Hal ini dapat dilihat pada gambar di atas yaitu khususnya pada parameter $p=0,5$; $p=0,7$; $p=0,9$; terjadi peningkatan pada *access delay* dan penurunan pada *utilization* dan *throughput* secara drastis. Perubahan nilai secara drastis ini semata-mata dikarenakan kenaikan jumlah terminal untuk dianalisis 5.

Access delay akan meningkat saat jumlah terminal meningkat pula. Saat probabilitas transmisi meningkat dari $p=0,1$ sampai $p=0,3$ maka terminal akan lebih sering *contend*, sehingga mengurangi waktu yang dihabiskan untuk *contending* dan mengakibatkan *throughput* lebih tinggi. Seperti pada $M=25$ dengan $p=0,1$ maka *delay access* (21 slot) akan lebih tinggi tiga kali daripada $p=0,3$ (7 slot) dengan M yang sama. Akan tetap jika p ditingkatkan menjadi $p=0,5$ atau lebih maka performansi dari system akan meningkat jika jumlah terminal kecil. Dilain pihak jika jumlah terminal terlalu besar maka *permission probability* yang tinggi akan menyebabkan terjadinya collisions dan congestion yang besar dan ini akan berakibat terjadinya penurunan secara drastis dari performansi dari system. Hal ini dapat dilihat pada grafik diatas yaitu pada $p=0,5$ dan M lebih dari 35 terminal maka *access delay* akan meningkat secara cepat dan *throughput* secara cepat turun mendekati nol.

BAB VI PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan rumusan masalah yang ada dan dari hasil analisis perhitungan yang telah diuraikan pada BAB V, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk sebuah jaringan WATM dengan *rate canal* $R_c = 0,707$ Mbps dan *rate source* dari suara $R_s = 32$ kbps, maka jika diterapkan protokol DPRMA akan memiliki *frame duration* 0,012s, jumlah slot per *frame* 20 *time slot* dan durasi *time slot* $\tau = 0,0006$ s.
2. Trafik suara dengan *voice detector* dimodelkan menjadi dua *state* rantai Markov, yaitu *silent* dan *talk*. Maka probabilitas perubahan terminal dari *state silent* ke *talk* $\sigma = 0,000444$ dan *state talk* ke *silent* $\gamma = 0,0006$.
3. Untuk 25 terminal maka *permission probability* $p = 0,7$ memiliki performansi yang terbaik dengan *throughput* =10,6179 paket/frame, *utilization* = 0,5309, *access delay* =3,2762 slot. Sedangkan jika jaringan digunakan untuk 45 terminal maka $p = 0,3$ memiliki performansi yang terbaik dengan *throughput* =17,8254 paket/frame, *utilization* = 0,8913, *access delay* =115,2963 slot

6.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan proses analisis yang telah dilakukan dalam skripsi ini yaitu:

1. Dalam skripsi ini, trafik yang dianalisis hanya trafik suara. Perlu dikaji pula untuk jenis trafik lain yaitu *data* dan *videoconference*.
2. Untuk mendapatkan sistem yang efektif dan efisien dalam penerapan protokol DPRMA maka probabilitas *permission* dipilih atas dasar jumlah terminal dan performansi yang ingin dicapai oleh sistem tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajay Chandra V. Gummalla and John O. Limb, *Wireless Medium Access Control Protocols*, Georgia Institute Of Technology, IEEE Communications Survey. Second Quarter 2000.
- D.A. Dyson & Zygmunt J. Has. *A dynamic packet reservation multiple access scheme*, IEEE 1998.
http://people.ece.cornell.edu/haas/wnl/Publications/wcnc99_haas_dyson.pdf
- D.A. Dyson & Zygmunt J. Has. *A dynamic packet reservation multiple access scheme for wireless ATM*, *Mobile Network and Application* 4 (1999) 87-99. http://people.ece.cornell.edu/haas/wnl/Publications/wcnc99_haas_dyson.pdf
- David McDysan, *QoS & Traffic Management in IP & ATM Networks*, McGraw-Hill
- Drs. Praptono, M.A, *Pengantar Proses Stokastik I*, Karunika Jakarta Universitas terbuka 1986.
- Duane Hanselman dan Bruce Littlefield, *Mastering Mathlab 5*, Prentice-Hall, Inc, 1998, 1996
- Francesco Lo Presti dan Vincenzo Grassi, *Markov analysis of the PRMA protocol for local wireless networks*, *wireless networks* 4 (1998)297-306.
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=294489.294502&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=15151515&CFTOKEN=6184618>
- Frederick S. Hellier & Gerald J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*, McGraw-Hill.
- Ronald E Walpole dan Raymond H Myers, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, ITB Bandung 1986.
- Sanjiv Nanda, David J. Goodman, dan Uzi Timor, *Performance of PRMA : A Packet Voice Protocol for Cellular Systems*, *IEEE transaction on vehicular technology*, vol. 40, no. 3, august 1991. <http://ieeexplore.ieee.org/iel1/25/3095/00097513.pdf?arnumber=97513>
- Uyless Black, *ATM: Foundation for Broadband Networks*, Prentice-Hall, Inc, 1995.

LAMPIRAN 1

Rantai Markov

Rantai Markov *finite-state* merupakan proses stokastik $\{X_t\} (t = 0, 1, \dots)$ memiliki *property* sebagai berikut :

1. Jumlah *state* yang terbatas
2. Markovian *property*
3. *Stationary transition probabilitas*

Rantai Markov memiliki *property* utama, yaitu: proses stokastik $\{X_t\}$ dapat dikatakan memiliki Markovian *property* jika $P\{X_{t+1} = j | X_0 = k_0, X_1 = k_1, \dots, X_{t-1} = k_{t-1}, X_t = i\} = P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$, untuk $t = 0, 1, \dots$ dan setiap berurutan $i, j, k_0, k_1, \dots, k_{t-1}$.

Markovian *property* dapat ditunjukkan menjadi persamaan, yang menyatakan probabilitas bersyarat untuk setiap kondisi yang akan datang, yang diberikan kondisi yang lampau dan *state* yang saat ini $X_t = i$, ialah *independent* kondisi lampau dan tergantung dari *state* saat ini dari proses. Probabilitas bersyarat $P\{X_{t+1} = j | X_t = i\}$ ialah disebut probabilitas transisi. Jika untuk setiap i dan j ,

$$P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = P\{X_1 = j | X_0 = i\}, \quad \text{untuk semua } t = 0, 1, \dots,$$

kemudian (*one-step*) probabilitas transisi dikatakan merupakan *stationary* dan pada umumnya dilambangkan dengan p_{ij} . Karena memiliki stationary probabilitas transisi maka probabilitas transisi tidak berubah oleh waktu. Keberadaan dari *stationary (one-step)* probabilitas transisi juga menyiratkan yang mana, untuk setiap i, j , dan n ($n = 0, 1, 2, \dots$),

$$P\{X_{t+1} = j | X_t = i\} = P\{X_n = j | X_0 = i\},$$

untuk semua $t = 0, 1, \dots$ probabilitas bersyarat ini biasanya dilambangkan dengan $p_{ij}^{(n)}$ dan disebut sebagai *n-step* probabilitas transisi. $p_{ij}^{(n)}$ tersebut merupakan probabilitas bersyarat dari variabel acak X , mulai dari *state* i , dan akan ke *state* j setelah secara tepat n *steps* (unit waktu).

Karena $p_{ij}^{(n)}$ merupakan probabilitas bersyarat, maka tidak boleh bernilai negatif dan karena proses harus membuat transisi menjadi beberapa *state*, maka proses tersebut harus memenuhi properties berikut:

$$p_{ij}^{(n)} \geq 0, \quad \text{untuk semua } i \text{ dan } j, \text{ dan } n=0, 1, 2, \dots$$

$$\sum_{j=0}^M p_{ij}^{(n)} = 1, \quad \text{untuk semua } i, \text{ dan } n = 0, 1, 2, \dots$$

notasi sederhana untuk menampilkan probabilitas bersyarat ialah bentuk matrix

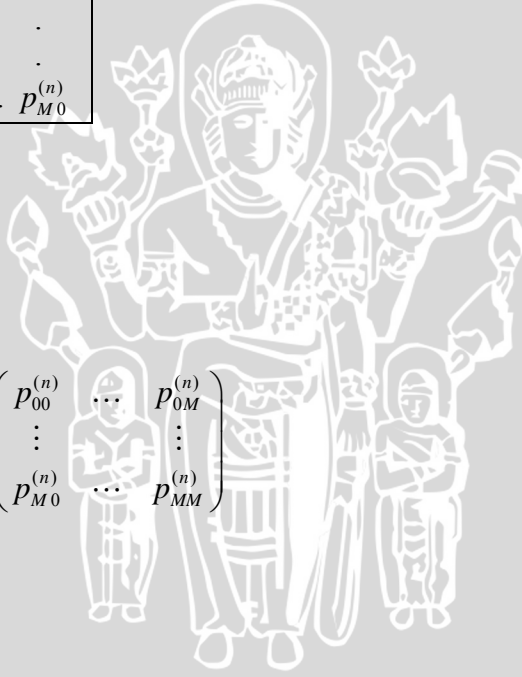
$P^{(n)} =$,

State	0	1	...	M
0	$P_{00}^{(n)}$	\dots	\dots	$P_{0M}^{(n)}$
1	\cdot	\cdot	\cdot	\cdot
\cdot	\cdot	\cdot	\cdot	\cdot
M	$P_{M0}^{(n)}$	\dots	\dots	$P_{MM}^{(n)}$

untuk $n = 0, 1, 2, \dots$

Atau sama dengan,

$$P^{(n)} = \begin{pmatrix} P_{00}^{(n)} & \dots & P_{0M}^{(n)} \\ \vdots & & \vdots \\ P_{M0}^{(n)} & \dots & P_{MM}^{(n)} \end{pmatrix}$$



LAMPIRAN 2

Teorema Little

Teorema little menyatakan suatu gagasan yang paling mendasar bahwa pada suatu sistem dengan jumlah pelanggan yang besar mengakibatkan *delay time* yang semakin besar. Teori ini digunakan untuk meramalkan jumlah pelanggan dalam suatu sistem dengan menggunakan parameter tingkat kedatangan dan lamanya pelayanan sistem terhadap paket data yang datang dan di rumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$L = \lambda \cdot W$$

dimana :

L = jumlah rata-rata pelanggan dalam sistem (sel)

λ = tingkat /laju kedatangan pelanggan memasuki sistem (sel/s)

W= rata-rata waktu pelanggan dalam sistem (s/sel)



LAMPIRAN 3**LISTING PROGRAM PERHITUNGAN *THROUGHPUT*, *UTILIZATION* DAN *ACCESS DELAY*.**

```
clear all
n=input('masukan jumlah time slot pada jaringan WATM=');
m=input('masukan jumlah terminal atau user dalam system=');
p=input('masukan permission probabilities p yang ingin dicari (besarnya dari 0 – 1)=');
t1=1;%waktu rata-rata user berada dalam kondisi berbicara atau talk
t2=1.35;%waktu rata-rata user berada dalam kondisi diam atau sil
%menghitung durasi dari slot
tau=0.012/20;
%menghitung probabilitas dari perubahan user dari kondisi talk ke sil
y=1-exp(-tau/t1);
%menghitung probabilitas dari perubahan user dari kondisi sil ke talk
u=1-exp(-tau/t2);
%menghitung jumlah state dalam sistem
state=(n+1)*(m-n/2+1);
%mencari kombinasi dari jumlah terminal yang berada pada kondisi sil, talk
%dan tra
a=0;
for sil=0:m
    for tra=0:n
        con=m-tra-sil;
        if con>=0
            a=a+1;
            s(a)=sil;
            c(a)=con;
            t(a)=tra;
        end
    end
end
```

%untuk mencari probabilitas dari perubahan jumlah terminal untuk setiap state pada
%waktu berikutnya

for a=1:state

for b=1:state

pr=0;

for i=0:t(b)

for j=0:s(b)

for k=0:c(b)

for h=0:1

if s(b)+i-j+k==s(a) & c(b)+j-k-h==c(a) & t(b)-i+h==t(a)

pri=factorial (t(b))/factorial (i)/factorial(t(b)-i)*y^i*(1-y)^(t(b)-i);

prj=factorial (s(b))/factorial (j)/factorial(s(b)-j)*u^j*(1-u)^(s(b)-j);

prk=factorial (c(b))/factorial (k)/factorial(c(b)-k)*y^k*(1-y)^(c(b)-k);

if c(b)-k>=1

if h==0

prh=1-(1-t(b)/n)*(c(b)-k)*p*(1-p)^(c(b)-k-1);

end

if h==1

prh=(1-t(b)/n)*(c(b)-k)*p*(1-p)^(c(b)-k-1);

end

end

if c(b)-k==0

if h==0

prh=1;

end

if h==1

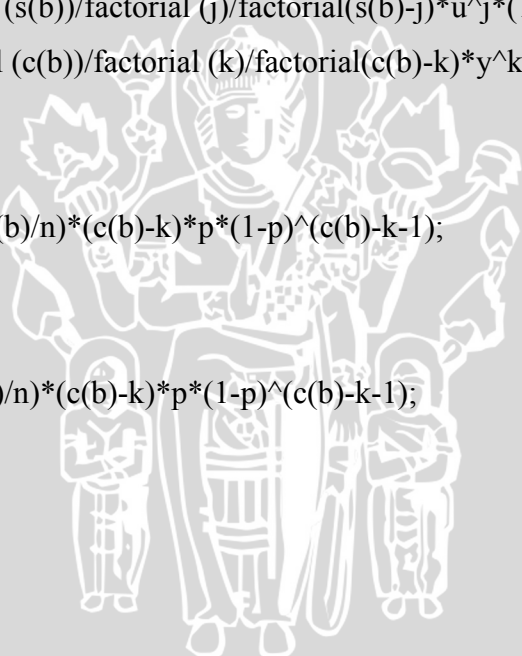
prh=0;

end

end

pr=pr+pri*prj*prk*prh;

end



```

end
end
end
end
x(a,b)=pr;
end
end
for a=1:state
x(a,a)=x(a,a)-1;
end
x(1,:)=1;
x=inv (x);
l=eye(state,1);
z=x*l;
%untuk mencari probabilitas k terminal berada pada state sil, tra, dan con
for k=0:m
ps=0;
pc=0;
for a=1:state
if s(a)==k
ps=ps+z(a,1);
end
if c(a)==k
pc=pc+z(a,1);
end
end
psk(k+1)=ps;
pck(k+1)=pc;
end
for k=0:n

```

```
pt=0;
for a=1:state
    if t(a)==k
        pt=pt+z(a,1);
    end
end
ptk(k+1)=pt;
end
%untuk mencari rata-rata jumlah terminal berada pada state sil, con, dan tra
es=0;
ec=0;
for k=0:m
    es=es+k*psk(k+1);
    ec=ec+k*pck(k+1);
end
et=0;
for k=0:n
    et=et+k*ptk(k+1);
end
%untuk mencari throughput
throughput=et
%untuk mencari utilization
utilitas=et/n
%untuk mencari akses delay
akses_delay=ec/es/u
```



Flowchart Perhitungan Throughput, Utilization, dan Access Delay

