

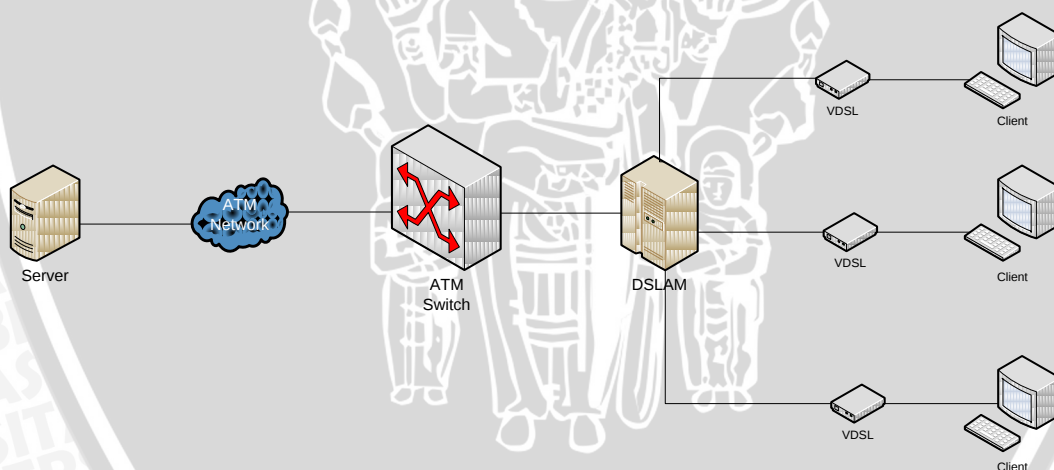
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan *Digital Subscriber Line Access Multiplekser* (DSLAM) pada teknologi *Very High Data Rate Digital Subscriber Line* (VDSL) mempunyai beberapa parameter permasalahan yang perlu dikaji. Pada bab ini akan dibahas tentang konfigurasi jaringan DSLAM-VDSL, redaman pada VDSL, *delay end to end*, dan *throughput* jaringan DSLAM-VDSL.

5.1 Konfigurasi Jaringan DSLAM pada VDSL

Konfigurasi jaringan DSLAM pada VDSL *end-to-end* melibatkan transmisi yang menggunakan *transport portocol* ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) pada kecepatan transmisi STM-1 (155,52 Mbps).



Gambar 5.1 Konfigurasi jaringan DSLAM pada VDSL
(sumber : hasil perhitungan)

Gambar 5.1 menunjukkan konfigurasi jaringan DSLAM pada VDSL *end to end*. Saluran transmisi fiber optik digambarkan sepanjang DSLAM hingga server ataupun sebaliknya. Sedangkan, transmisi kabel tembaga (*twisted pair*) ditunjukkan sepanjang DSLAM menuju *client* ataupun sebaliknya. Sepanjang saluran transmisi kabel tembaga data ditransmisikan pada kecepatan VDSL yang dapat

mencapai kecepatan maksimal sampai dengan beberapa Mbps yang bergantung jarak DSLAM dengan *client*.

5.2 Data Referensi

Dalam pembahasan bab ini dibutuhkan data referensi sebagai bahan analisis. Data tersebut antara lain data parameter kabel 24 AWG (0,511 mm) hasil pengukuran *Laboratorium Bell Core* ditunjukkan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Karakteristik kabel 24 AWG

Frekuensi (KHz)	R (Ohm/km)	L (H/km)	G (S/km)	C (F/km)
5	174.621	616.690×10^{-6}	29.882×10^{-9}	50×10^{-9}
10	174.807	615.956×10^{-6}	77.774×10^{-9}	50×10^{-9}
20	175.548	614.353×10^{-6}	202.42×10^{-9}	50×10^{-9}
50	180.486	609.158×10^{-6}	716.827×10^{-9}	50×10^{-9}
100	195.447	600.416×10^{-6}	1.865×10^{-6}	50×10^{-9}
10^3	482.061	525.439×10^{-6}	44.754×10^{-6}	50×10^{-9}
10^4	1.517×10^3	483.722×10^{-6}	1.0735×10^{-3}	50×10^{-9}
30×10^3	2.628×10^3	480.343×10^{-6}	4.889×10^{-3}	50×10^{-9}

(sumber : ANSI T1E1.4)

Data kecepatan transmisi *Downstream* dan *upstream* VDSL sesuai panjang saluran dan SNR (*Signal To Noise Ratio*) ditunjukkan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Kecepatan transmisi *Downstream* dan *upstream* dengan panjang saluran dan SNR

Data Pelanggan	<i>Downstream-Upstream</i> (Kbps)	SNR (dB)	Jarak (Km)
Jln.Sumpil 332 C	768	26,5	1
	189	30,5	
A. Yani 179	480	34,7	1,1
	124	37,5	
Cakalang 122	768	26,1	1,7
	188	36,6	
Polowijen II	766	46,5	1,7
	189	37	
Ikan Piranha 5	456	40	1,7
	108	33,5	
Polowijen I 100 A	615	31	1,7
	157	33,5	
Cakalang 117	1126	36,8	1,8
	845	42,5	
Cakalang 2B	608	41	1,8
	148	34	
Polowijen I	764	36,3	1,8
	189	38,5	

(sumber : PT TELKOM DIVISI MULTIMEDIA-MALANG)

5.3 Analisis Perhitungan Redaman Saluran Transmisi VDSL

Dari data nilai R, G, L dan C pada Tabel 5.1 maka dapat dihitung besarnya redaman yang terjadi pada saluran transmisi VDSL, yang menggunakan kabel jenis 24 AWG. Perhitungan redaman dilakukan menggunakan persamaan (3.2) untuk frekuensi 5 KHz seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 \gamma &= \sqrt{(R + j2\pi fL)x(G + j2\pi fC)} \\
 &= \sqrt{(174,621 + j2\pi \cdot 5000 \cdot 616,690 \cdot 10^{-6})x(29,882 \cdot 10^{-9} + j2\pi \cdot 5000 \cdot 50 \cdot 10^{-9})} \\
 &= 0,35 + j 0,39
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (3.3) dan dari perhitungan sebelumnya maka perhitungan konstanta redaman untuk frekuensi 5 KHz dengan jarak 1 Km adalah :

$$L_{dB} = 8,686 . d . \alpha(f)$$

$$L_{dB} = 8,686 . 1.0,35$$

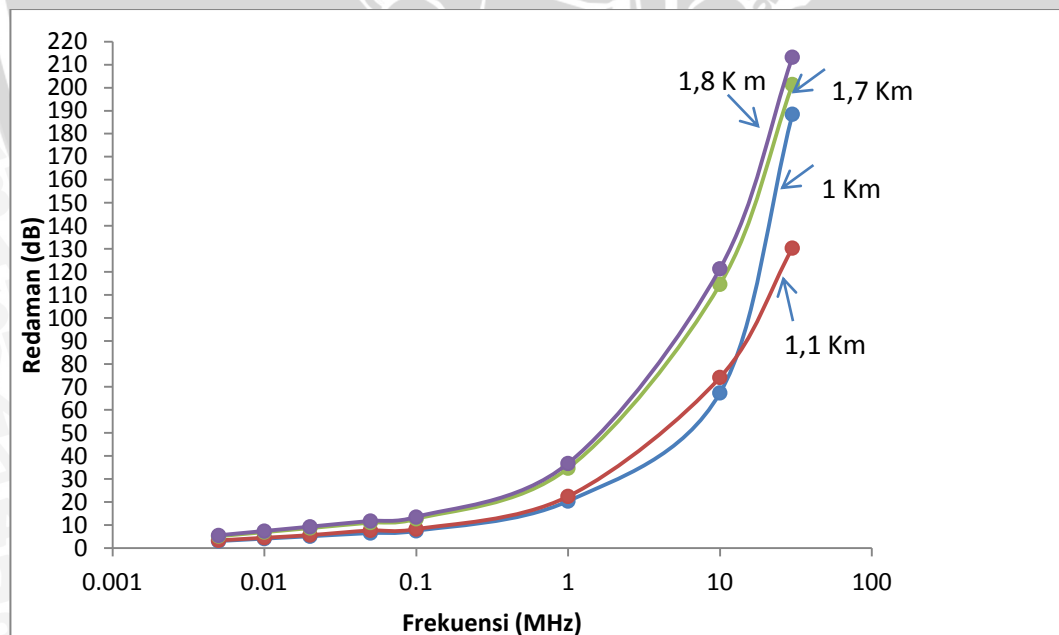
$$= 3,0401 \text{ dB/Km}$$

Dengan perhitungan yang sama, diperoleh besarnya redaman saluran untuk frekuensi-frekuensi yang lain. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Redaman kabel 24 AWG

Frekuensi (KHz)	Redaman (dB)			
	1 Km	1,1 Km	1,7 Km	1,8 Km
5	3,04	3,34	5,17	5,47
10	4,08	4,49	6,94	7,35
20	5,12	5,64	8,71	9,22
50	6,52	7,68	11,08	11,73
100	7,47	8,22	12,7	13,45
1000	20,41	22,45	34,7	36,74
10000	67,4	74,14	114,58	121,33
30000	188,48	130,32	201,41	213,26

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.2 Hubungan frekuensi dan jarak dengan redaman saluran transmisi

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.3 dan Gambar 5.2 menunjukkan, nilai redaman meningkat atau berbanding lurus dengan kenaikan nilai frekuensi kerja dan panjang saluran *client-DSLAM*.

Karena redaman pada frekuensi diatas 10 MHz terlalu besar maka VDSL beroperasi hanya sampai frekuensi 10 MHz saja. (Alcatel, 2000)

Jika laju bit VDSL adalah 768 Kbps, sesuai persamaan (3.4) maka lebar spektrum yang digunakan adalah :

$$B = \frac{C_{\text{VDSL}} \text{ bps}}{15 \text{ bps/Hz}}$$
$$= (768 \times 10^3) / 15 \text{ bps/Hz} = 51200 \text{ Hz}$$

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa sistem VDSL bekerja diatas frekuensi kerja POTS dan ISDN yaitu diatas frekuensi 1100000 Hz, maka frekuensi *carrier* yang digunakan tiap laju bit VDSL sesuai persamaan (3.5) seperti berikut :

$$f_c = 1,1 \text{ MHz} + B = 1100000 \text{ Hz} + 51200 \text{ Hz} = 1151200 \text{ Hz}$$

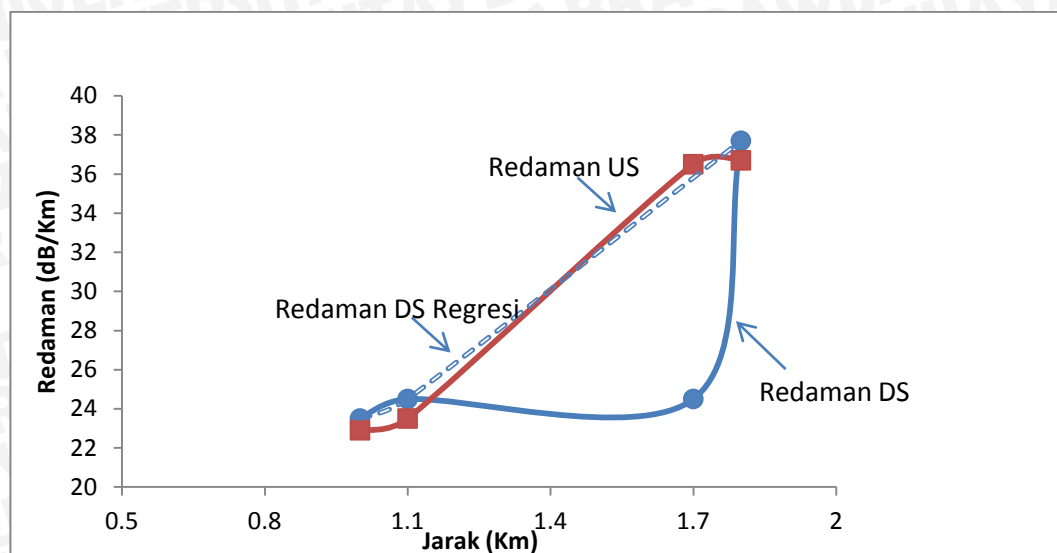
Selanjutnya, dengan mengacu pada Gambar 5.2 untuk frekuensi 1151200 Hz, jika ditarik garis vertikal dan horizontal untuk nilai redaman dan nilai frekuensi tersebut maka dapat diketahui besar nilai redaman dari titik potong sumbunya.

Tabel 5.4 Redaman untuk *Downstream* dan *upstream* VDSL

<i>Downstream- Upstream</i> (Kbps)	SNR (dB)	Frekuensi <i>Carrier</i> (Hz)	Redaman (dB/Km)	Jarak (Km)
768	26,5	1151200	23,5	1
189	30,5	1112600	22,9	
480	34,7	1132000	24,5	1,1
124	37,5	1108266,7	23,5	
768	26,1	1151200	37,7	1,7
188	36,6	1112533,3	36,5	
766	46,5	1151066,7	37,7	
189	37	1112600	36,7	
456	40	1130400	37	
108	33,5	1107200	34,5	
615	31	1141000	37,5	
157	33,5	1110466,7	36	
1126	36,8	1175066,7	38,9	1,8
845	42,5	1156333,3	38,9	
608	41	1140533,3	38,7	
148	34	1109866,7	37,7	
764	36,3	1150933,3	38,7	
189	38,5	1112600	38,5	

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.4 menunjukan bahwa laju bit maksimum pada VDSL adalah 1126 Kbps dengan frekuensi *carrier* 1175066,7 Hz dan nilai redaman adalah 38,9 dB/Km, yaitu dibawah standart maksimum yang ditetapkan ANSI dan ETSI untuk *Full Service Access Network* (FSAN) yaitu 60 dB/Km.



Gambar 5.3 Hubungan redaman dengan jarak untuk pelanggan VDSL

(sumber : hasil perhitungan)

Gambar 5.3 menunjukkan bahwa semakin besar nilai jarak antara *client* dengan DSLAM maka nilai redaman semakin besar. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada jarak 1,7 Km nilai laju bit VDSL 768 Kbps nilai redaman 37,7 dB/Km dengan jarak 1,8 Km untuk nilai laju bit VDSL 764 Kbps nilai redaman 38,7dB/Km. Dikarenakan, nilai redaman berbanding lurus dengan panjang saluran atau jarak yang sesuai dengan persamaan (3.3).

5.4. Analisis Perhitungan Kapasitas Kanal pada CAP dan DMT pada VDSL

Dari perhitungan nilai redaman dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) pada perhitungan sebelumnya, didapatkan suatu nilai kapasitas kanal untuk CAP dan DMT dengan kecepatan VDSL 768 Kbps sesuai persamaan (2.1) dan persamaan (2.3) seperti berikut :

- Untuk kapasitas kanal CAP :

$$C = \log_2 (1 + SNR)$$

$$C = \log_2 (1 + 26,5)$$

$$= 4781 \text{ bps}$$

- Untuk kapasitas kanal DMT :

$$C_k = \frac{1}{T} \log_2 \left(1 + \frac{SNR_k}{\sigma^2} \right)$$

$$C_k = 51200 \cdot \log_2 \left(1 + \frac{26,5}{9,75} \right)$$

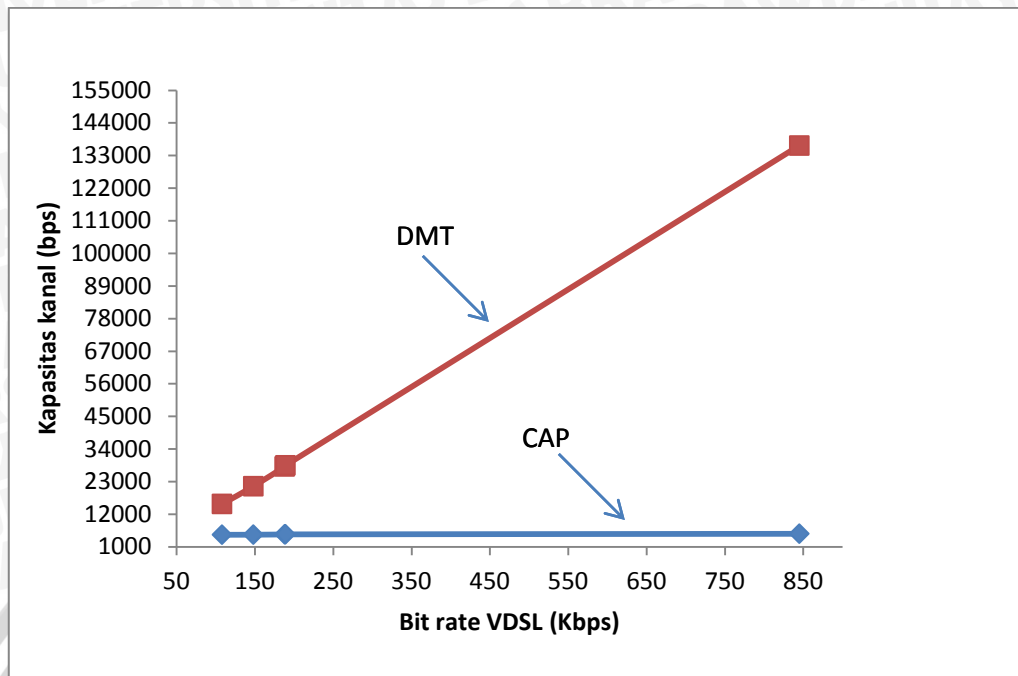
$$= 96998,8 \text{ bps}$$

Dengan perhitungan yang sama, didapat besarnya nilai kapasitas kanal CAP dan nilai kapasitas kanal DMT untuk tiap *bit rate* VDSL. Ditunjukkan pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Nilai kapasitas kanal CAP dan DMT pada *bit rate* VDSL

Downstream- Upstream (Kbps)	SNR (dB)	Redaman (dB/Km)	Kapasitas kanal CAP (bps)	Kapasitas kanal DMT (bps)	Jarak (Km)
768	26,5	23,5	4781	96998,8	1
189	30,5	22,9	4977	25773,5	
480	34,7	24,5	5158	70038,7	1,1
124	37,5	23,5	5267	18897,8	
768	26,1	37,7	4760	96179,1	1,7
188	36,6	36,5	5233	28113,7	
766	46,5	37,7	5569	129200,2	
189	37	36,7	5248	28494,8	
456	40	37	5358	71477,2	
108	33,5	34,5	5108	15474,4	
615	31	37,5	5000	84596,4	
157	33,5	36	5108	22566,9	
1126	36,8	38,9	5240	169373,6	1,8
845	42,5	38,9	5443	136356,2	
608	41	38,7	5392	96387,3	
148	34	37,7	5129	21441,5	
764	36,3	38,7	5221	114002,1	
189	38,5	38,5	5304	29068,9	

(sumber : hasil perhitungan)



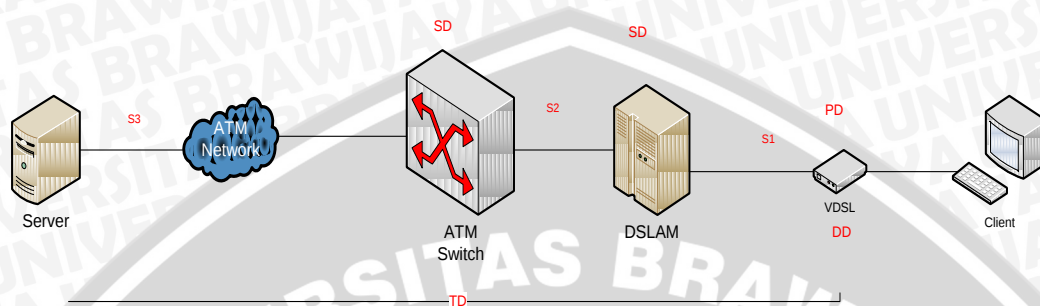
Gambar 5.4 Perbandingan nilai kapasitas kanal CAP dan DMT pada kecepatan VDSL

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.5 dan Gambar 5.4 dapat menunjukkan bahwa untuk nilai kapasitas kanal DMT lebih besar dari nilai kapasitas kanal CAP untuk semua nilai bit rate VDSL, ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 189 Kbps jarak 1,1 Km nilai kapasitas kanal DMT sebesar 25773,5 bps sedangkan nilai kapasitas kanal CAP sebesar 4977 bps. Hal ini dikarenakan faktor utilisasi *bandwidth* yang lebih unggul pada DMT dibandingkan CAP.(PT TELKOM INDONESIA, 2004)

5.5 Analisis Perhitungan Delay Time pada DSLAM-VDSL

Analisis perhitungan *delay time* pada DSLAM-VDSL sesuai konfigurasi pada Gambar 5.5 meliputi *delay* paketisasi, *delay* transmisi, *delay* switching, dan *delay* depaketisasi.



Gambar 5.5 Konfigurasi *delay* jaringan *client-service provider*

(sumber : hasil perhitungan)

5.5.1 Delay Paketisasi

Delay paketisasi terjadi ketika data akan ditransmisikan, merupakan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk merubah segmen TCP menjadi sel ATM ataupun sebaliknya. Besarnya *delay* ditentukan oleh panjang segmen TCP dan kecepatan transmisi. *Maksimum Segment Size* (MSS) adalah ukuran segmen maksimum sebuah jaringan dalam mentransmisikan data. *ATM adaption layer* (AAL) merubah data *steam* kedalam *payload* ATM sebesar 48 byte/sel (Warland, 1998 : 132). Dengan menggunakan persamaan (3.7) dan persamaan (3.8) untuk nilai MSS 1500 byte (*Ethernet*) dan kecepatan VDSL 768 Kbps maka perhitungan jumlah sel adalah :

$$\text{Jumlah sel ATM} = \frac{\text{MSS} + 20 \text{ byte} + 20 \text{ byte} + 8 \text{ byte} + 8 \text{ byte}}{48 \text{ byte/sel}}$$

$$= 32,4167 \text{ sel}$$

Besarnya nilai *delay* paketisasi adalah :

$$PD = \frac{W_{sel} \cdot ATM}{C}$$

$$PD = \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{768 \cdot 10^3 \text{ bps}}$$

$$= 0,017587 \text{ detik}$$

Dengan perhitungan yang sama dapat diperoleh besarnya nilai *delay* paketisasi pada *client* untuk ukuran segmen TCP dan kecepatan VDSL yang lain. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 *Delay* paketisasi pada *client*

<i>Downstream</i> (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	<i>Delay</i> Paketisasi (detik)
768	576	13,167	0,007255
	1500	32,4167	0,017587
480	576	13,167	0,011728
	1500	32,4167	0,028339
768	576	13,167	0,007255
	1500	32,4167	0,017587
766	576	13,167	0,007275
	1500	32,4167	0,017638
456	576	13,167	0,012398
	1500	32,4167	0,030988
615	576	13,167	0,009078
	1500	32,4167	0,022459
1126	576	13,167	0,004925
	1500	32,4167	0,012359
608	576	13,167	0,009148
	1500	32,4167	0,022741
764	576	13,167	0,007306
	1500	32,4167	0,017689

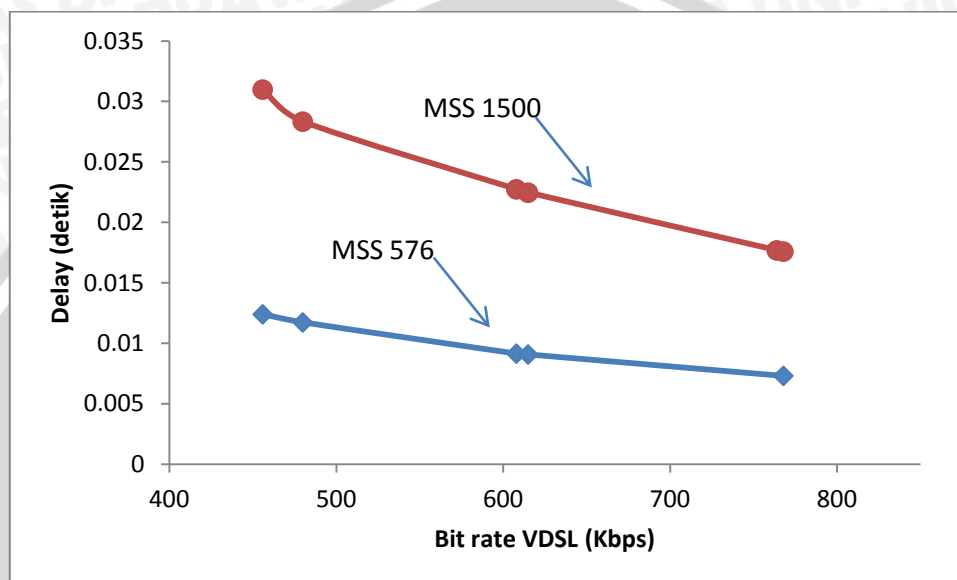
(sumber : hasil perhitungan)

Selanjutnya, dengan cara perhitungan yang sama diperoleh nilai *delay* paketisasi pada *service provider*. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 *Delay* paketisasi pada *service provider*

<i>Downstream-Upstream</i> (Mbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Paketisasi (detik)
155,52	576	13,167	0,00003589
	1500	32,4167	0,00008838

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.6 Hubungan *delay* paketisasi dengan *Downstream* VDSL

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.6, Tabel 5.7 dan Gambar 5.6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai MSS maka semakin besar nilai *delay* paketisasi dan semakin tinggi nilai *bit rate* VDSL maka *delay* paketisasi semakin kecil. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 *delay* paketisasi adalah 0,017587 detik sedangkan MSS 576 *delay* paketisasi sebesar 0,007255 detik. Kemudian, untuk nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 *delay* paketisasi sebesar 0,017587 detik sedangkan nilai laju bit VDSL 480 Kbps MSS 1500 *delay* paketisasi sebesar 0,028339 detik.

5.5.2 *Delay* Transmisi

Delay transmisi sesuai konfigurasi jaringan pada Gambar 5.5 ada tiga, yaitu *delay* transmisi antara *client* dengan DSLAM, *delay* transmisi antara DSLAM dengan ATM switch, *delay* transmisi antara ATM switch dengan *service*

provider. Dengan menggunakan persamaan (3.9), untuk kecepatan transmisi VDSL 768 Kbps, MSS 1500 byte, jarak *client*-DSLAM 1 Km, jarak DSLAM-ATM Switch, 10 meter, jarak ATM switch-server 10 meter, maka nilai *delay* transmisi dapat dihitung seperti berikut :

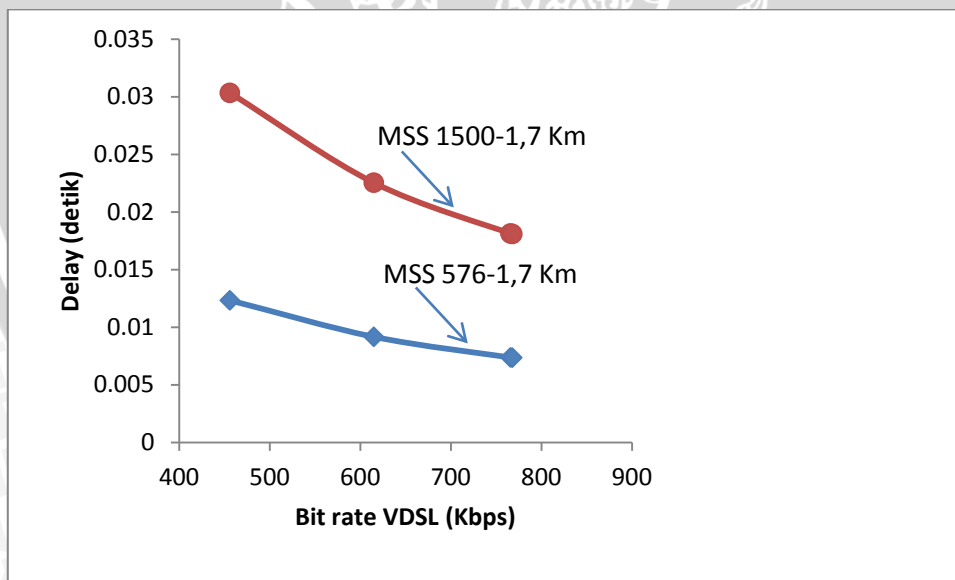
$$\begin{aligned}
 TD &= \frac{s_1}{v} + \frac{W_{sel} \cdot ATM}{c_{VDSL}} + \frac{s_2}{c} + \frac{W_{sel} \cdot ATM}{c_{ATM}} + \frac{s_3}{c} + \frac{W_{sel} \cdot ATM}{c_{ATM}} \\
 TD &= \frac{1000}{2 \cdot 10^8} + \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{768 \cdot 10^3 \text{ bps}} + \frac{10}{3 \cdot 10^8} \\
 &\quad + \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{155,52 \cdot 10^6 \text{ bps}} + \frac{10}{3 \cdot 10^8} \\
 &\quad + \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{155,52 \cdot 10^6 \text{ bps}} \\
 &= 0,018078 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilai *delay* transmisi dan kecepatan VDSL lainya. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Delay transmisi pada jarak 1000 m, 1100 m, 1700 m, 1800 m

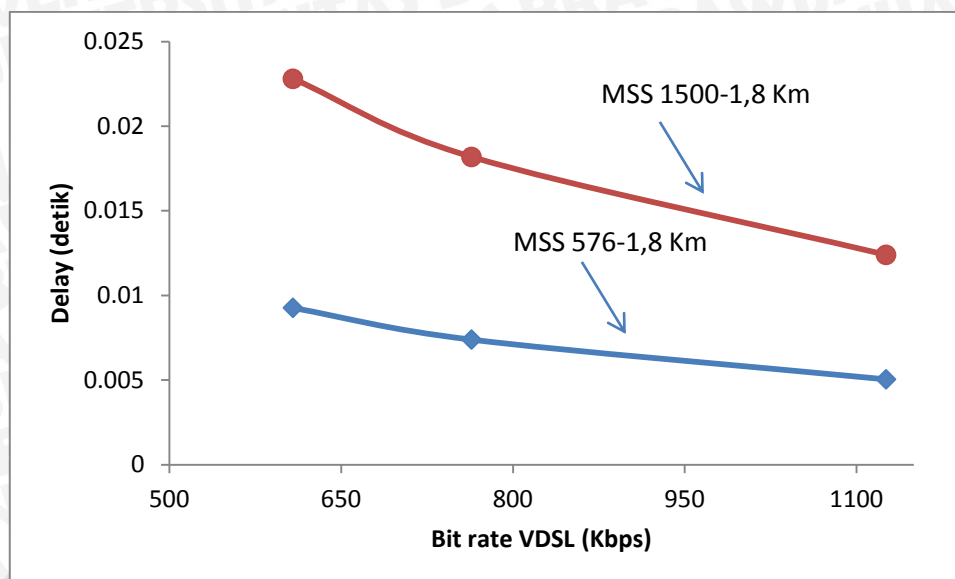
Downstream (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Transmisi (detik)	Upstream (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Transmisi (detik)	Jarak (Km)
768	576	13,167	0,007346	189	576	13,167	0,029615	1
	1500	32,4167	0,018078		1500	32,4167	0,072904	
480	576	13,167	0,011708	124	576	13,167	0,045099	1,1
	1500	32,4167	0,028817		1500	32,4167	0,111026	
768	576	13,167	0,007349	188	576	13,167	0,029776	1,7
	1500	32,4167	0,018082		1500	32,4167	0,073295	
766	576	13,167	0,007368	189	576	13,167	0,029619	
	1500	32,4167	0,018128		1500	32,4167	0,072908	
456	576	13,167	0,012323	108	576	13,167	0,051773	
	1500	32,4167	0,030327		1500	32,4167	0,127451	
615	576	13,167	0,009158	157	576	13,167	0,035639	
	1500	32,4167	0,022534		1500	32,4167	0,087731	
1126	576	13,167	0,005038	845	576	13,167	0,006687	1,8
	1500	32,4167	0,012392		1500	32,4167	0,016451	
608	576	13,167	0,009263	148	576	13,167	0,037803	
	1500	32,4167	0,022792		1500	32,4167	0,093055	
764	576	13,167	0,007388	189	576	13,167	0,029619	
	1500	32,4167	0,018176		1500	32,4167	0,072908	

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.7 Hubungan delay transmisi dengan bit rate VDSL pada jarak 1,7 Km

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.8 Hubungan *delay* transmisi dengan *bit rate* VDSL pada jarak 1,8 Km
(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.8 dan Gambar 5.7, Gambar 5.8 menunjukkan, semakin besar nilai MSS yang ditransmisikan maka nilai *delay* transmisi semakin besar. Semakin panjang jarak saluran transmisi VDSL maka nilai *delay* transmisi juga semakin besar. Semakin besar kecepatan transmisi VDSL maka nilai *delay* transmisi semakin kecil. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 *delay* transmisi adalah 0,018078 detik sedangkan MSS 576 *delay* transmisi sebesar 0,007346 detik. Kemudian, untuk nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 1 Km *delay* transmisi sebesar 0,018078 detik sedangkan nilai laju bit VDSL 480 Kbps MSS 1500 1,1 Km *delay* transmisi sebesar 0,028817 detik.

5.5.3 Switching Delay

Switching delay terjadi pada DSLAM dengan ATM switch. Dua komponen *switching delay*, yaitu *fixed switching delay* dan *queuing delay*. *Fixed switching delay* disebabkan oleh transfer paket internal melalui perangkat keras. Nilai *fixed switching delay* pada DSLAM dan ATM switch sama besarnya. Untuk MSS 1500 byte, jumlah sel 32,4167 sel, kecepatan ATM switch atau STM-1 155,52 Mbps dengan menggunakan persamaan (3.10) maka nilai *fixed switching delay* sebagai berikut :

$$FD = \frac{W_{sel} \cdot ATM}{C_{switch}}$$

$$FD = \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{155,52 \cdot 10^6 \text{ bps}}$$

$$= 0,00008838 \text{ detik}$$

Untuk menghitung nilai *queuing delay* digunakan persamaan (3.11), persamaan (3.12), dan persamaan (3.13). Untuk MSS 1500 byte, jumlah 32,4167 sel, kecepatan ATM switch 155,52 Mbps dan kecepatan VDSL 768 Kbps, maka nilai *queuing delay* pada DSLAM dapat dihitung sebagai berikut :

- Laju kedatangan paket data : $\lambda = \frac{C_{VDSL}}{G}$

$$\lambda = \frac{768 \cdot 10^3}{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}$$

$$= 55,8762 \text{ paket/detik}$$

- Laju pelayanan switch : $\mu = \frac{C_{switch}}{L}$

$$\mu = \frac{155,52 \cdot 10^6}{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}$$

$$= 11314,923 \text{ paket/detik}$$

Sehingga nilai *queuing delay* adalah :

$$QD = \frac{\lambda/\mu}{\mu - \lambda} + \frac{1}{\mu}$$

$$QD = \frac{55,8762/11314,923}{11314,923 - 55,8762} + \frac{1}{11314,923}$$

$$= 0,000088171 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Switching delay} &= \text{Fixed switching delay} + \text{Queuing delay} \\
 &= 0,00008838 \text{ detik} + 0,000088171 \text{ detik} \\
 &= 0,00017656 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama dapat diperoleh nilai *switching delay* pada DSLAM untuk ukuran segmen TCP dan kecepatan VDSL yang lain. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.9 Nilai *switching delay* untuk *Downstream* pada DSLAM

<i>Downstream</i> (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Fixed Swithing Delay (detik)	Queuing Delay (detik)	Switching Delay (detik)
768	576	13,167	0,00003589	0,00003608	0,00007197
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008817	0,00017655
480	576	13,167	0,00003589	0,00003601	0,0000719
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008865	0,00017703
768	576	13,167	0,00003589	0,00003608	0,00007197
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008817	0,00017655
766	576	13,167	0,00003589	0,00003607	0,00007196
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008816	0,00017654
456	576	13,167	0,00003589	0,000036	0,00007189
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008864	0,00017702
615	576	13,167	0,00003589	0,00003604	0,00007193
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008729	0,00017567
1126	576	13,167	0,00003589	0,00003616	0,00007205
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008902	0,0001774
608	576	13,167	0,00003589	0,00003604	0,00007193
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008873	0,00017711
764	576	13,167	0,00003589	0,00003607	0,00007196
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008882	0,0001772

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.10 Nilai *switching delay* untuk *upstream* pada DSLAM

<i>Upstream</i> (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Fixed Swithing Delay (detik)	Queuing Delay (detik)	Switching Delay (detik)
189	576	13,167	0,00003589	0,00003594	0,00007183
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008849	0,00017687
124	576	13,167	0,00003589	0,00003593	0,00007182
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008845	0,00017683
188	576	13,167	0,00003589	0,00003593	0,00007182
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008848	0,00017686
189	576	13,167	0,00003589	0,00003594	0,00007183
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008849	0,00017687
108	576	13,167	0,00003589	0,00003592	0,00007181
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008844	0,00017682
157	576	13,167	0,00003589	0,00003593	0,00007182
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008846	0,00017684
845	576	13,167	0,00003589	0,00003609	0,00007198
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008886	0,00017724
148	576	13,167	0,00003589	0,00003593	0,00007182
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008846	0,00017684
189	576	13,167	0,00003589	0,00003594	0,00007183
	1500	32,4167	0,00008838	0,00008849	0,00017687

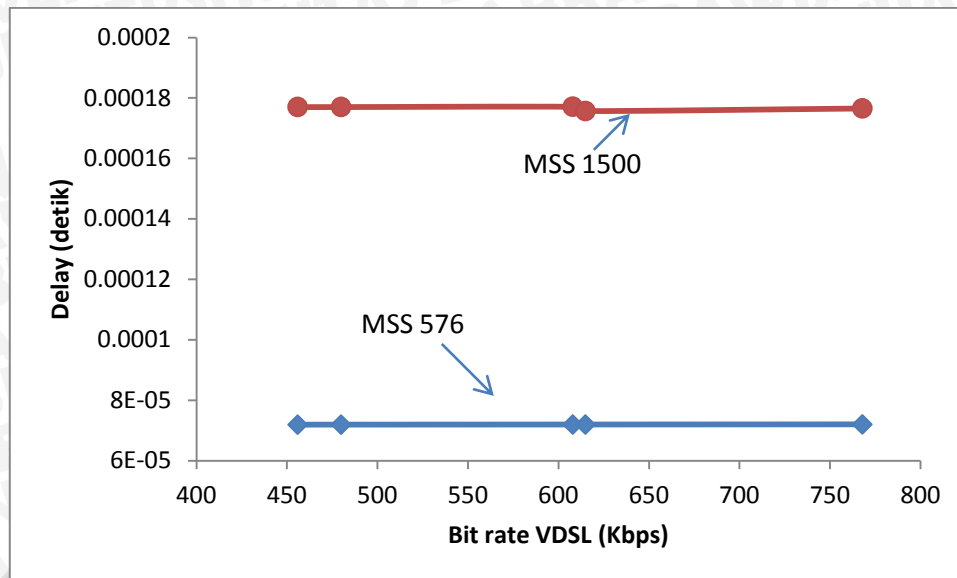
(sumber : hasil perhitungan)

Dengan cara yang sama maka didapatkan besarnya nilai *switching delay* pada ATM switch untuk ukuran segmen TCP yang berbeda. Hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.11

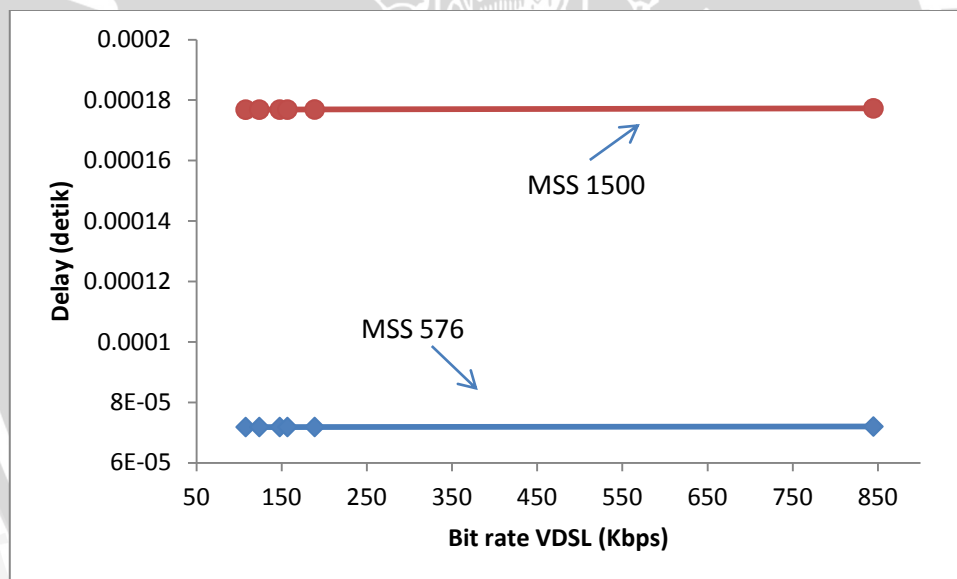
Tabel 5.11 Nilai *switching delay* pada ATM switch

<i>Downstream</i> (Mbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Fixed Swithing Delay (detik)
155,52	576	13,167	0,00003589
	1500	32,4167	0,00008838

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.9 Hubungan *delay switching* dengan *Downstream VDSL*
(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.10 Hubungan *delay switching* dengan *upstream VDSL*
(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.9, Tabel 5.10, dan Gambar 5.9, Gambar 5.10 menunjukkan semakin besar kecepatan transmisi maka nilai *switching delay* semakin besar. Pada Tabel 5.11 Semakin besar ukuran segmen TCP maka nilai *switching delay* semakin besar. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 *switching delay* adalah 0,00017655 detik sedangkan MSS 576 *switching delay* sebesar 0,00007197 detik. Kemudian, untuk nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS

1500 *switching delay* sebesar 0,00017655 detik sedangkan nilai laju bit VDSL 1126 Kbps MSS 1500 *switching delay* sebesar 0,0001774 detik.

5.5.4 Delay Depaketisasi

Delay depaketisasi ini terjadi ketika data sampai ke terminal tujuan. Pada transmisi *upstream* (*delay* depaketisasi *service provider*) terjadi pada saat peralihan dari jaringan non ATM ke jaringan ATM. Dalam analisis perhitungan, *delay* depaketisasi pada *client* dan *service provider* berbeda. Hal ini disebabkan pada *client* menggunakan kecepatan VDSL sedangkan pada *service provider* menggunakan kecepatan STM-1 (155,52 Mbps). Untuk MSS 1500 byte, jumlah sel 32,4167 sel, dan kecepatan VDSL 189 Kbps maka perhitungan *delay* depaketisasi sesuai persamaan (3.14) sebagai berikut :

$$DD = \frac{W_{sel} \cdot I_{ATM}}{C}$$

$$DD = \frac{32,4167 \text{ sel} \cdot 53 \frac{\text{byte}}{\text{sel}} \cdot 8 \frac{\text{byte}}{\text{sel}}}{189 \cdot 10^3 \text{ bps}}$$

$$= 0,072591 \text{ detik}$$

Dengan perhitungan yang sama dapat diperoleh nilai *delay* depaketisasi pada *server* untuk ukuran MSS dengan kecepatan ATM switch yang sama. Hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 *Delay* depaketisasi pada *service provider*

Downstream-Upstream (Mbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Depaketisasi (detik)
155,52	576	13,167	0,00003589
	1500	32,4167	0,00008838

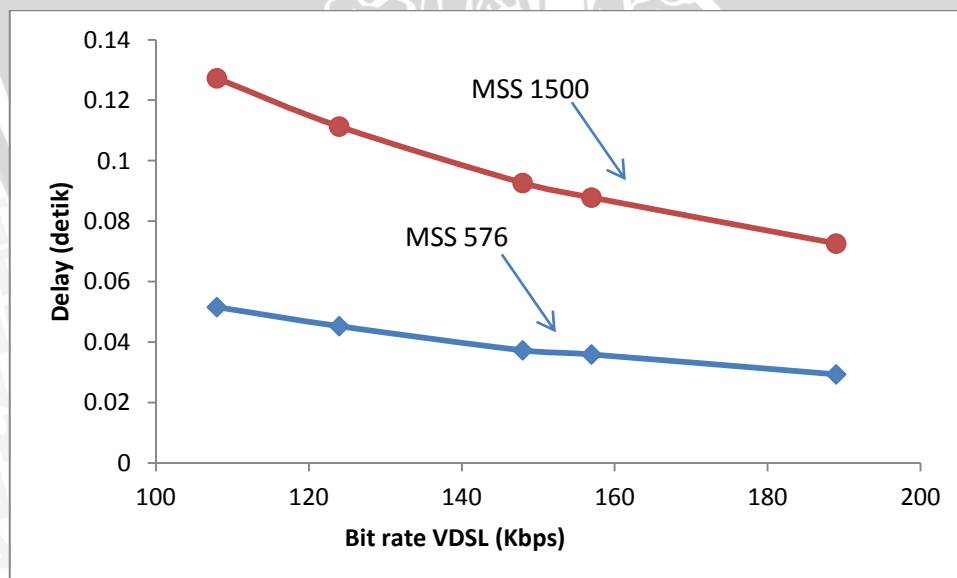
(sumber : hasil perhitungan)

Selanjutnya, dengan cara yang sama diperoleh nilai *delay* depaketisasi pada *client*. Hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 *Delay* depaketisasi pada *client*

<i>Upstream</i> (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Depaketisasi (detik)
189	576	13,167	0,029325
	1500	32,4167	0,072591
124	576	13,167	0,04527
	1500	32,4167	0,111313
188	576	13,167	0,029497
	1500	32,4167	0,073015
189	576	13,167	0,029325
	1500	32,4167	0,072591
108	576	13,167	0,051569
	1500	32,4167	0,127285
157	576	13,167	0,035913
	1500	32,4167	0,087814
845	576	13,167	0,006607
	1500	32,4167	0,016802
148	576	13,167	0,03728
	1500	32,4167	0,092641
189	576	13,167	0,029325
	1500	32,4167	0,072591

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.11 Hubungan *delay* depaketisasi dengan *upstream* VDSL

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.13 dan Gambar 5.11 menunjukkan bahwa semakin besar segmen TCP maka *delay* depaketisasi semakin besar, semakin besar kecepatan transmisi maka *delay* depaketisasi semakin kecil. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 189 Kbps MSS 1500 *delay* depaketisasi adalah 0,072591 detik sedangkan MSS 576 *delay* depaketisasi sebesar 0,029325 detik. Kemudian, untuk nilai laju bit VDSL 189 Kbps MSS 1500 *delay* depaketisasi sebesar 0,072591 detik sedangkan nilai laju bit VDSL 124 Kbps MSS 1500 *delay* depaketisasi sebesar 0,111313 detik.

5.5.5 Delay Total

Delay total adalah jumlah dari seluruh komponen *delay* jaringan. *Delay* total jaringan ditunjukkan pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 *Delay* total pada *Downstream* VDSL

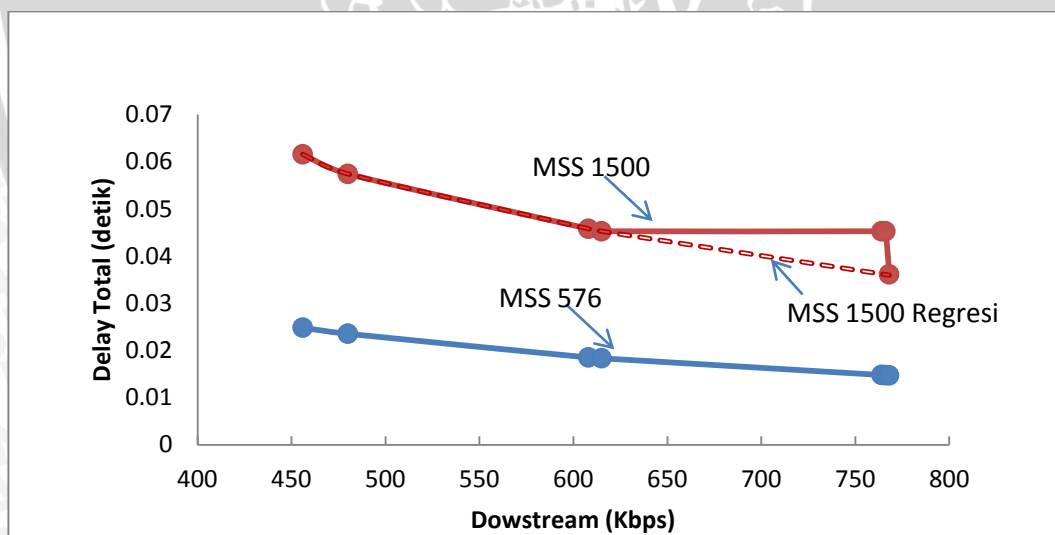
<i>Downstream</i> (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Total (detik)
768	576	13,167	0,014708856
	1500	32,4167	0,03592994
480	576	13,167	0,023543789
	1500	32,4167	0,05742141
768	576	13,167	0,014711856
	1500	32,4167	0,03593394
766	576	13,167	0,014751655
	1500	32,4167	0,03603092
456	576	13,167	0,024828783
	1500	32,4167	0,0615804
615	576	13,167	0,01834382
	1500	32,4167	0,04525706
1126	576	13,167	0,010070939
	1500	32,4167	0,02501678
608	576	13,167	0,018515819
	1500	32,4167	0,045789849
764	576	13,167	0,014801855
	1500	32,4167	0,03613057

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.15 Delay total pada upstream VDSL

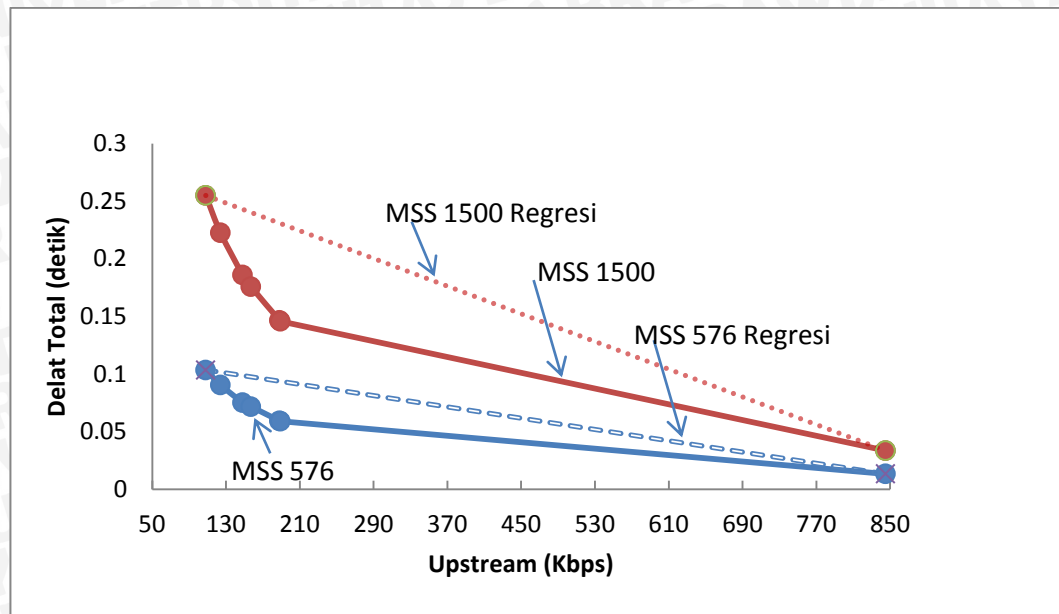
Upstream (Kbps)	MSS (Byte)	W (sel)	Delay Total (detik)
189	576	13,167	0,059047721
	1500	32,4167	0,14576025
124	576	13,167	0,090476706
	1500	32,4167	0,22260421
188	576	13,167	0,059380719
	1500	32,4167	0,14657521
189	576	13,167	0,059051721
	1500	32,4167	0,14576425
108	576	13,167	0,103449703
	1500	32,4167	0,2550012
157	576	13,167	0,071659714
	1500	32,4167	0,17581023
845	576	13,167	0,013401874
	1500	32,4167	0,03351862
148	576	13,167	0,075190712
	1500	32,4167	0,18596122
189	576	13,167	0,059051721
	1500	32,4167	0,14576425

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.12 Hubungan delay total dengan Downstream VDSL

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.13 Hubungan *delay* total dengan *upstream* VDSL

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Gambar 5.12, Gambar 5.13 menunjukkan bahwa semakin besar segmen TCP maka *delay* total semakin besar, semakin besar kecepatan transmisi maka *delay* total semakin kecil. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps jarak 1 Km nilai *delay* total MSS 1500 byte sebesar 0,03592994 detik sedangkan nilai *delay* total MSS 576 byte sebesar 0,014708856 detik. Kemudian pada nilai laju bit VDSL 1126 Kbps jarak 1,8 Km MSS 576 byte nilai *delay* total 0,010070939 detik dengan nilai laju bit VDSL 608 Kbps jarak 1,8 Km MSS 576 byte nilai *delay* total 0,018515819 detik.

5.6 Throughput

Throughput adalah kecepatan maksimum jaringan saat tidak ada data yang hilang pada pentransmisian. Sesuai dengan konfigurasi jaringan pada Gambar 5.1 dan persamaan (3.15), maka dapat dihitung nilai *throughput* (λ) dan kecepatan rata-rata nilai *throughput* (D). Untuk nilai MSS 1500 byte (l), header (l') 56 byte, $\rho_b = 10^{-8}$ (standart ITU-T), dengan menggunakan persamaan (3.15) didapat nilai probabilitas kesalahan data adalah :

$$\rho = (l + l') \times \rho_b$$

$$\rho = \left[(1500 + 56) \text{ byte} \times 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}} \right] \times 10^{-8}$$

$$= 0,00012448$$

Untuk kecepatan VDSL 768 Kbps, nilai RTT = 0,050638796 detik, dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_l = \frac{(l + l')}{c}$$

$$= \frac{(1500+56) \text{ byte} \times 8 \frac{\text{bit}}{\text{byte}}}{768.10^3}$$

$$= 0,002026 \text{ detik}$$

$$\alpha = 1 + \frac{RTT}{t_l}$$

$$\alpha = 1 + \frac{0,050638796}{0,002026}$$

$$= 25,99447$$

Dengan menggunakan persamaan (3.16) maka nilai *throughput* diperoleh :

$$\lambda = \frac{1}{t_v} = \frac{(1 - \rho)}{t_l[1 + (\alpha - 1)\rho]}$$

$$\lambda = \frac{(1 - 0,00012448)}{0,002026x[1 + (25,99447 - 1)x0,00012448]}$$

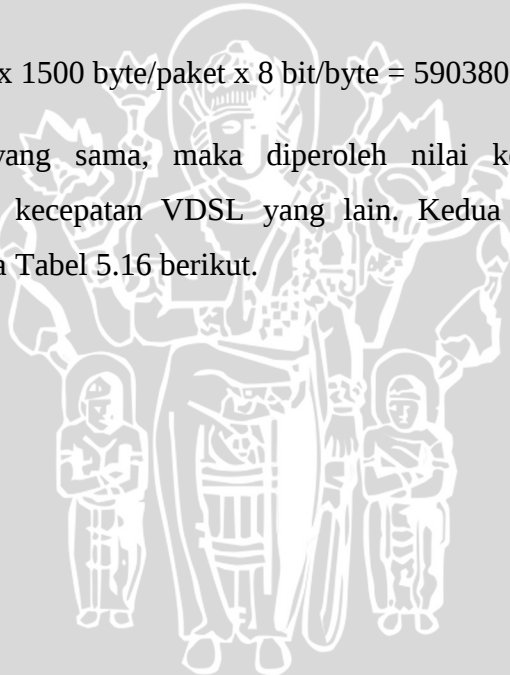
$$= 491,99 \text{ paket/detik}$$

Dengan cara yang sama maka didapat nilai *throughput* untuk kecepatan VDSL yang lain. Kecepatan rata-rata *throughput* (D) sesuai dengan persamaan (3.17) sebagai berikut :

$$D = \lambda . I$$

$$= 491,99 \text{ paket/detik} \times 1500 \text{ byte/paket} \times 8 \text{ bit/byte} = 590380 \text{ bps}$$

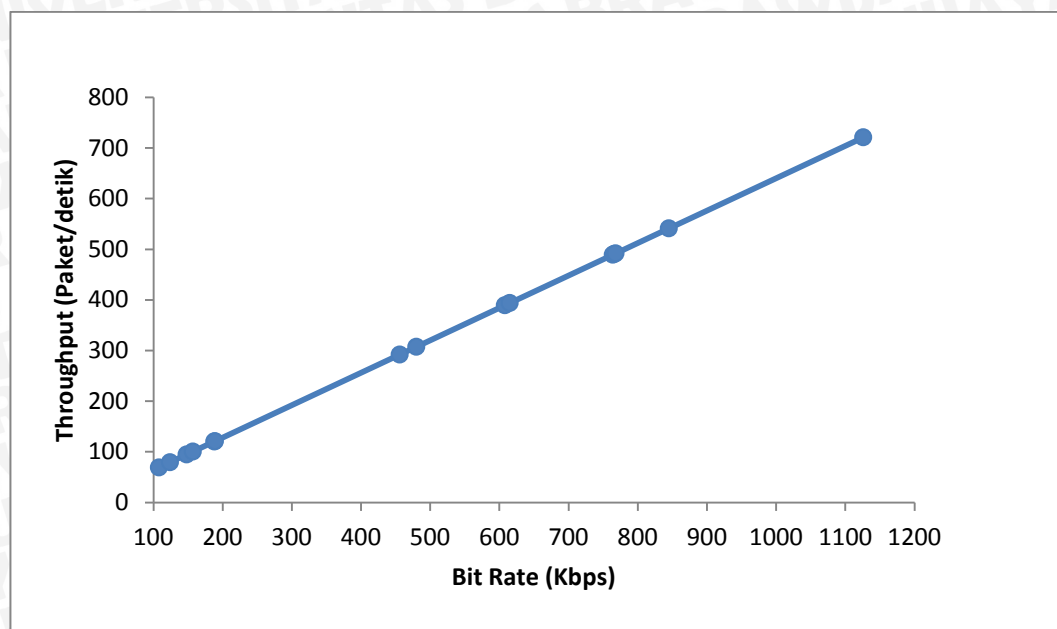
Dengan cara yang sama, maka diperoleh nilai kecepatan rata-rata *throughput* (D). untuk kecepatan VDSL yang lain. Kedua hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.16 berikut.



Tabel 5.16 Nilai *throughput* dan kecepatan rata-rata pada kecepatan VDSL

Data rate (Kbps)	MSS (Byte)	Throughput (paket/detik)	Kecepatan rata-rata (bps)
108	1500	69,19	83038
124	1500	79,44	95328
148	1500	94,81	113772
157	1500	100,57	120684
188	1500	120,42	144504
189	1500	121,07	145284
456	1500	292,12	350556
480	1500	307,46	368952
608	1500	389,51	467412
615	1500	393,97	472764
764	1500	489,33	587196
766	1500	490,78	589936
768	1500	491,99	590380
845	1500	541,39	649668
1126	1500	721,22	865464

(sumber : hasil perhitungan)



Gambar 5.14 Hubungan *bit rate* VDSL dengan nilai *throughput*

(sumber : hasil perhitungan)

Tabel 5.16 dan Gambar 5.14 menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan transmisi VDSL maka nilai *throughput* dan kecepatan rata-rata *throughput* data semakin besar untuk jaringan DSLAM pada VDSL. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai laju bit VDSL 768 Kbps MSS 1500 byte nilai *throughput* 491,99 paket/sel kecepatan rata-rata *throughput* 590380 bps dengan nilai laju bit VDSL 615 Kbps MSS 1500 byte nilai *throughput* 393,97 paket/sel kecepatan rata-rata *throughput* 472764 bps.