

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kebutuhan Sistem

Sebelum melakukan simulasi dan analisis perbandingan unjuk kerja protokol UDP dan DCCP dengan menggunakan data multimedia, dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak dengan kondisi tertentu agar simulasi dapat berjalan dengan baik. Adapun kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat Keras	Spesifikasi
Processor	Intel Core Duo T2450
Memori	2.50 GB
Sistem Operasi	Ubuntu 12.04

Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Uraian
Network Simulator 2	Aplikasi yang digunakan untuk menjalankan proses simulasi
Perl	Aplikasi yang digunakan untuk mengolah file .tr yang merupakan data output dari simulasi.
LibreOffice Calc	Aplikasi yang digunakan untuk mengolah hasil dari perl dan membuat grafik dari data hasil simulasi.

Data simulasi dijalankan pada protokol UDP dan DCCP. Data simulasi menggunakan data multimedia VoIP dan *video conference* seperti yang dijelaskan pada bab dua. Paket dijalankan bersamaan dengan data seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Simulasi

Percobaan	Data Multimedia	Ukuran Paket	Bit rate	<i>Bottleneck link</i>
1	VoIP	160 kB	64 kb	100 kb
2	<i>Video conference</i>	1300 kB	256 kb	384 kb

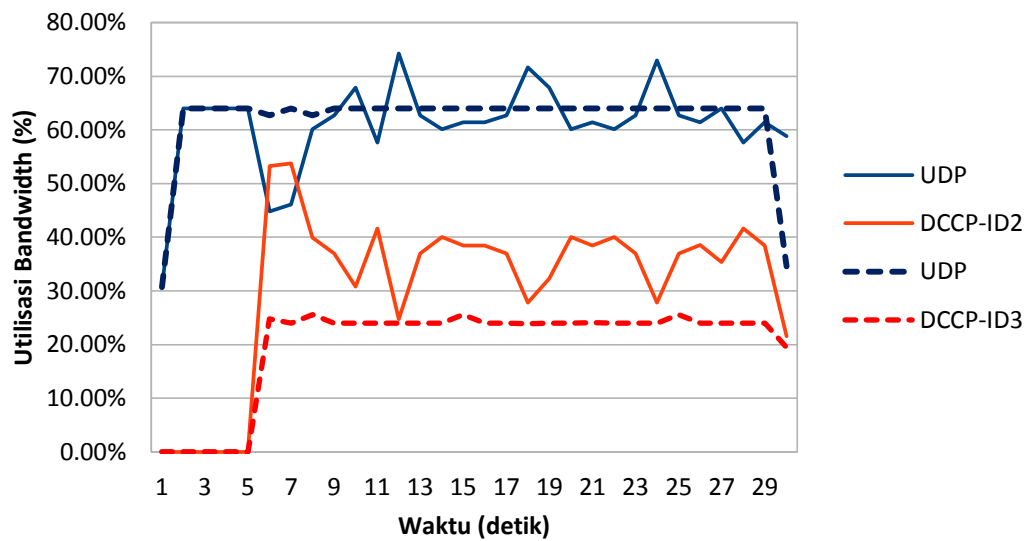
*Bit rate* dan ukuran paket data menggunakan standar *codec* G.711 (Newport Networks, 2005) untuk data VoIP dan standar *codec* H.264 (Simpson, 2008) untuk data *video conference*.

## 4.2 Hasil

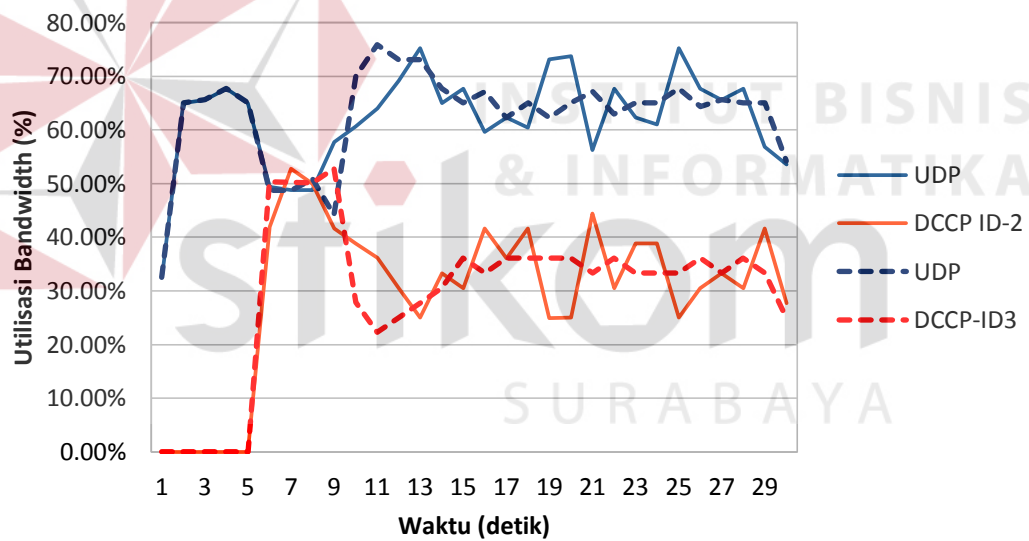
Pengujian pada percobaan 1 dan 2 (Tabel 4.3) dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama, protokol UDP dijalankan mulai detik ke-0.5 kemudian pada detik ke-5 protokol DCCP dijalankan. Sebaliknya pada pengujian kedua, protokol DCCP dijalankan terlebih dahulu mulai detik ke-0.5 kemudian menyusul protokol UDP pada detik ke-5. Pengujian ini dilakukan untuk mencari tahu adakah perbedaan hasil uji coba antara kedua protokol jika salah satu protokol berjalan lebih dahulu daripada protokol yang lain..

### 4.2.1 Hasil Utilisasi *Bandwidth*

Grafik utilisasi *bandwidth* untuk data multimedia VoIP ditunjukkan pada Gambar 4.1 sedangkan untuk data *video conference* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



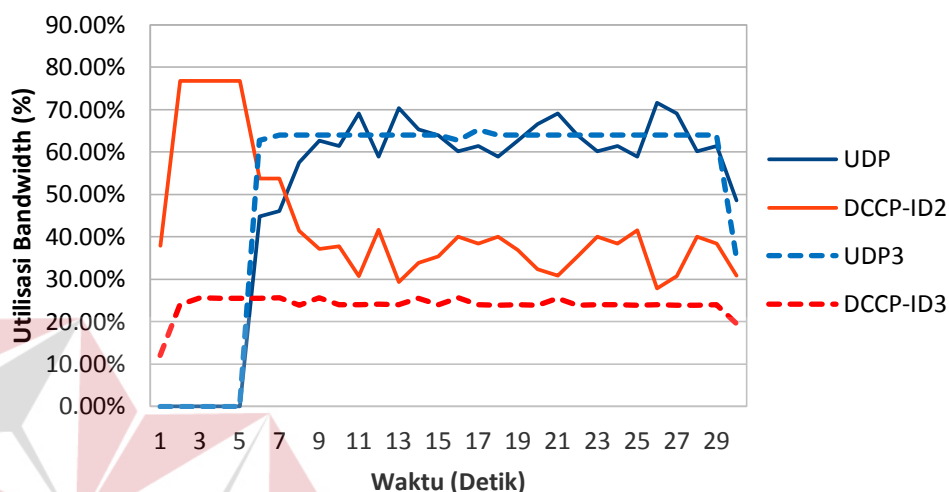
Gambar 4.1 Utilisasi *Bandwidth* VoIP Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu



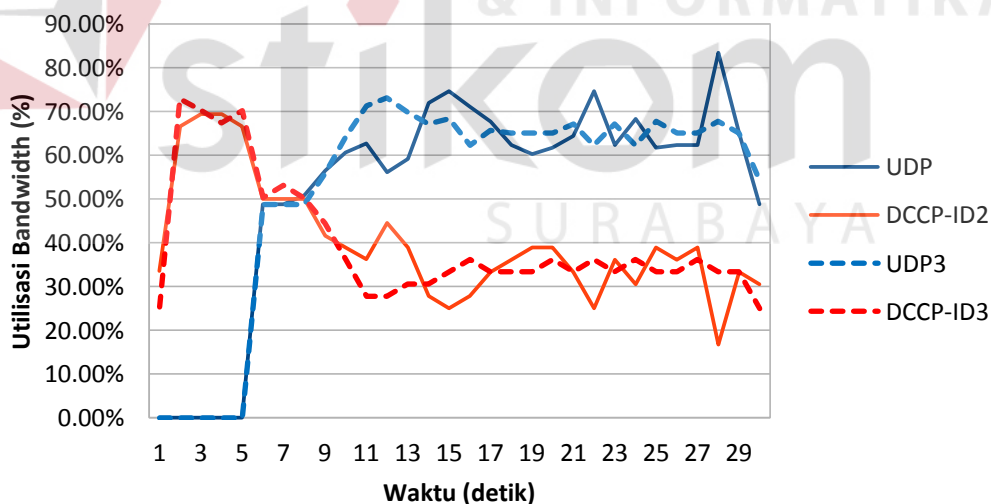
Gambar 4.2 Utilisasi *Bandwidth* Video conference Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Tampak garis solid dan garis putus-putus pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Maksud garis solid tersebut adalah grafik utilisasi *bandwidth* protokol UDP pada saat berjalan bersama dengan DCCP CCID2 sedangkan Garis putus-putus adalah grafik utilisasi *bandwidth* protokol UDP pada saat berjalan bersama dengan DCCP CCID3.

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 adalah grafik utilisasi *bandwidth* dimana protokol UDP berjalan lebih dahulu sedangkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 adalah grafik utilisasi *bandwidth* dimana protokol DCCP berjalan lebih dahulu.



Gambar 4.3 Utilisasi *Bandwidth* VoIP Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu



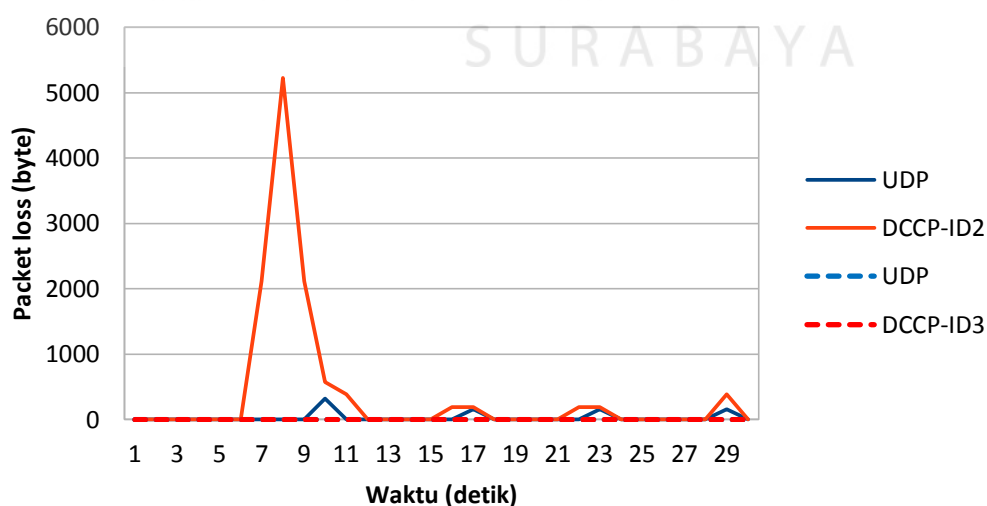
Gambar 4.4 Utilisasi *Bandwidth* Video conference Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Grafik pada Gambar 4.1 - Gambar 4.4 memiliki pola yang saling terkait antara kedua protokol yaitu membentuk pola yang berlawanan. Grafik utilisasi *bandwidth* UDP naik ketika utilisasi *bandwidth* DCCP menurun dan sebaliknya.

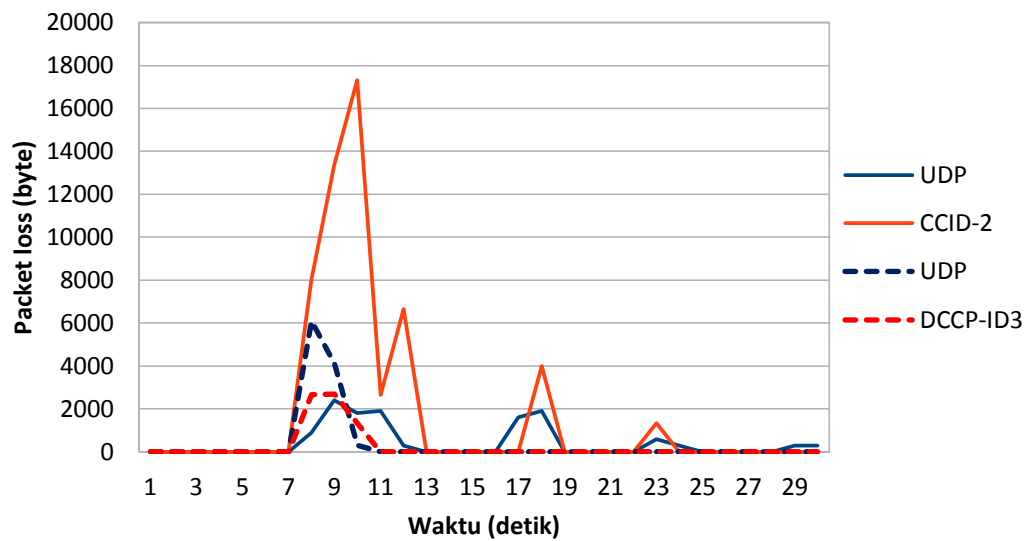
Misalnya pada detik ke-13 di Gambar 4.4 grafik UDP dengan DCCP-ID2, utilisasi *bandwidth* UDP berangsur naik sampai detik ke-15 kemudian menurun pada detik ke-16 sampai detik ke-19 dan pada saat yang bersamaan utilisasi *bandwidth* DCCP-ID2 berangsur turun sampai detik ke-15 kemudian naik pada detik ke-16 sampai detik ke-19.

#### 4.2.2 Hasil *Packet loss*

Grafik *packet loss* untuk data VoIP ditunjukkan pada Gambar 4.5 (UDP berjalan lebih dahulu) dan Gambar 4.7 (DCCP berjalan lebih dahulu) sedangkan grafik *packet loss* untuk data *video conference* ditunjukkan pada Gambar 4.6 (UDP berjalan lebih dahulu) dan Gambar 4.8 (DCCP berjalan lebih dahulu). Tampak garis solid dan garis putus-putus pada gambar. Maksud garis solid tersebut adalah grafik *packet loss* protokol UDP pada saat berjalan bersama dengan DCCP CCID2 sedangkan garis putus-putus adalah grafik *packet loss* protokol UDP pada saat berjalan bersama dengan DCCP CCID3.

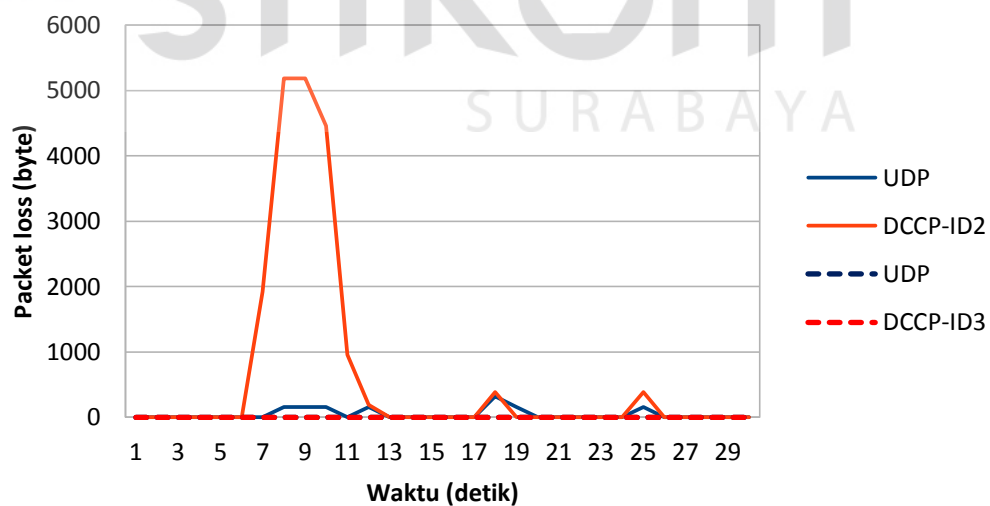


Gambar 4.5 *Packet loss* Data VoIP Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

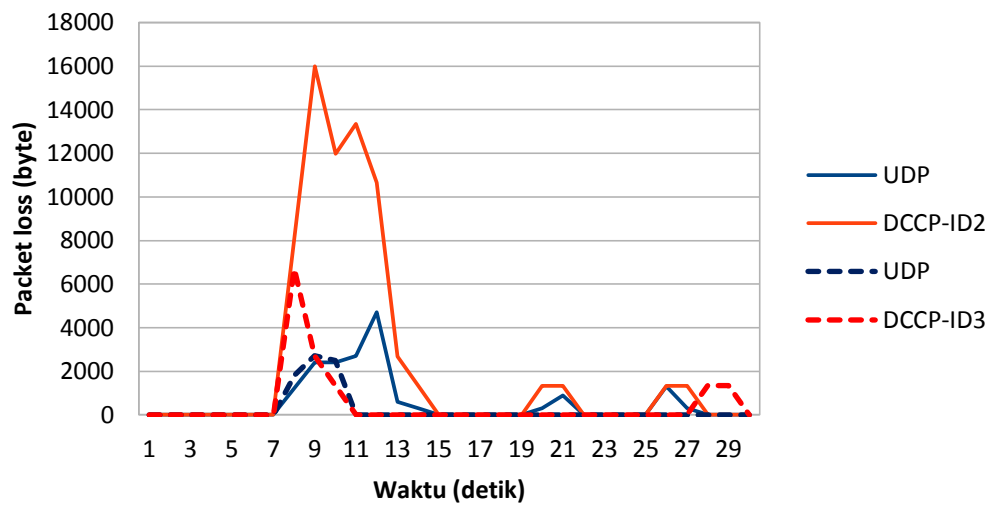


Gambar 4.6 *Packet loss* Data Video conference Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Pada Gambar 4.5, *packet loss* CCID2 tinggi hingga mencapai angka 5000 bytes pada detik ke-6 kemudian berangsur menurun hingga detik ke-12. *Packet loss* UDP menunjukkan *packet loss* kurang dari 500 bytes pada detik ke-9 hingga detik ke-11, lebih kecil daripada CCID2.



Gambar 4.7 *Packet loss* Data VoIP Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu



Gambar 4.8 *Packet loss* Data *Video conference* Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

#### 4.2.3 Delay dan Jitter

Pada uji coba ini, *delay* dan *jitter* data VoIP ditunjukkan pada Tabel 4.4-4.5 (UDP berjalan lebih dahulu) dan Tabel 4.8-4.9 (DCCP berjalan lebih dahulu). Sedangkan *delay* dan *jitter* data *video conference* ditunjukkan pada Tabel 4.6-4.7 (UDP berjalan lebih dahulu) dan Tabel 4.10-4.11 (DCCP berjalan lebih dahulu).

Tabel 4.4 Rata-rata *Delay* dan *Jitter* VoIP UDP dengan DCCP CCID2 Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-2	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0282	0.0282	0.0000	0.0000
6 – 10	0.5508	0.5226	0.4964	0.4964
11 – 15	0.5842	0.0334	0.5876	0.0911
16 – 20	0.5853	0.0011	0.5877	0.0001
21 – 25	0.5971	0.0118	0.5998	0.0121
26 - 30	0.5992	0.0021	0.5997	0.0001
Rata-rata	0.4908	0.0999	0.4785	0.1000

Tabel 4.5 Rata-rata *Delay* dan *Jitter* VoIP UDP dengan DCCP CCID3 Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-3	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0282	0.0282	0.0000	0.0000
6 – 10	0.0323	0.0041	0.0344	0.0344
11 – 15	0.0322	0.0001	0.0347	0.0004
16 – 20	0.0321	0.0001	0.0349	0.0002
21 – 25	0.0321	0.0000	0.0350	0.0000
26 - 30	0.0321	0.0001	0.0345	0.0004
Rata-rata	0.0315	0.0054	0.0289	0.0059

Rata-rata hasil *delay* menunjukkan bahwa adanya peningkatan selama proses simulasi. Misal pada Tabel 4.4, detik ke 1-5 *delay* UDP bernilai 0.0282 detik, pada detik ke 6-10 meningkat menjadi 0.5508 detik dan seterusnya. Sama halnya dengan *delay* CCID2 yang meningkat selama proses simulasi. Hal ini dikarenakan paket mengalami proses menunggu dalam buffer dan pada gilirannya akan dikirim jika jalur bisa digunakan atau paket akan dibuang jika kapasitas buffer penuh (The VINT Project, 2011).

Tabel 4.6 Rata-rata *Delay* dan *Jitter* Video conference UDP dengan DCCP CCID2 Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-2	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0403	0.0403	0.0000	0.0000
6 – 10	0.6180	0.5777	0.6758	0.6758
11 – 15	1.2016	0.5836	1.1981	0.5223
16 – 20	1.2420	0.0404	1.2348	0.0367
21 – 25	1.2348	0.0072	1.2281	0.0067
26 - 30	1.2272	0.0076	1.2206	0.0075
Rata-rata	0.9273	0.2095	0.9262	0.2082



Tabel 4.7 Rata-rata *Delay* dan *Jitter Video conference* UDP dengan DCCP CCID3 Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-3	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0403	0.0403	0.0000	0.0000
6 – 10	0.6346	0.5943	0.5959	0.5959
11 – 15	0.5090	0.1255	0.4972	0.0987
16 – 20	0.4884	0.0206	0.4931	0.0041
21 – 25	0.6411	0.1527	0.6453	0.1522
26 - 30	0.7277	0.0866	0.7307	0.0854
Rata-rata	0.5069	0.1700	0.4937	0.1561

Tabel 4.8 Rata-rata *Delay* dan *Jitter VoIP* UDP dengan DCCP CCID2 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-2	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0000	0.0000	0.0325	0.0325
6 – 10	0.5545	0.5545	0.5118	0.4793
11 – 15	0.5854	0.0309	0.5877	0.0759
16 – 20	0.6227	0.0373	0.6228	0.0351
21 – 25	0.5687	0.0540	0.5723	0.0505
26 - 30	0.5651	0.0036	0.5642	0.0081
Rata-rata	0.4827	0.1134	0.4819	0.1136

Hasil rata-rata *jitter* menunjukkan nilai yang selalu berubah dari detik ke1-5 sampai detik ke 26-30 karena nilai *delay* berubah setiap waktu. Hasil rata-rata *jitter* UDP dan CCID2 pada Tabel 4.8 misalnya, termasuk dalam kategori sedang karena bernilai kurang dari 0.125 detik.

Tabel 4.9 Rata-rata *Delay* dan *Jitter VoIP* UDP dengan DCCP CCID3 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-3	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0000	0.0000	0.0312	0.0312
6 – 10	0.0322	0.0322	0.0348	0.0036
11 – 15	0.0320	0.0002	0.0350	0.0001
16 – 20	0.0321	0.0000	0.0347	0.0003
21 – 25	0.0318	0.0003	0.0355	0.0008
26 - 30	0.0318	0.0000	0.0349	0.0006
Rata-rata	0.0267	0.0055	0.0344	0.0061

Tabel 4.10 Rata-rata *Delay* dan *Jitter Video conference* UDP dengan DCCP CCID2 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-2	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0403	0.0403	0.000	0.000
6 – 10	0.6104	0.5701	0.594	0.594
11 – 15	0.7584	0.1481	0.772	0.178
16 – 20	0.7705	0.0121	0.791	0.018
21 – 25	0.7559	0.0147	0.752	0.038
26 - 30	0.7039	0.0520	0.715	0.037
Rata-rata	0.6066	0.1396	0.6040	0.1442

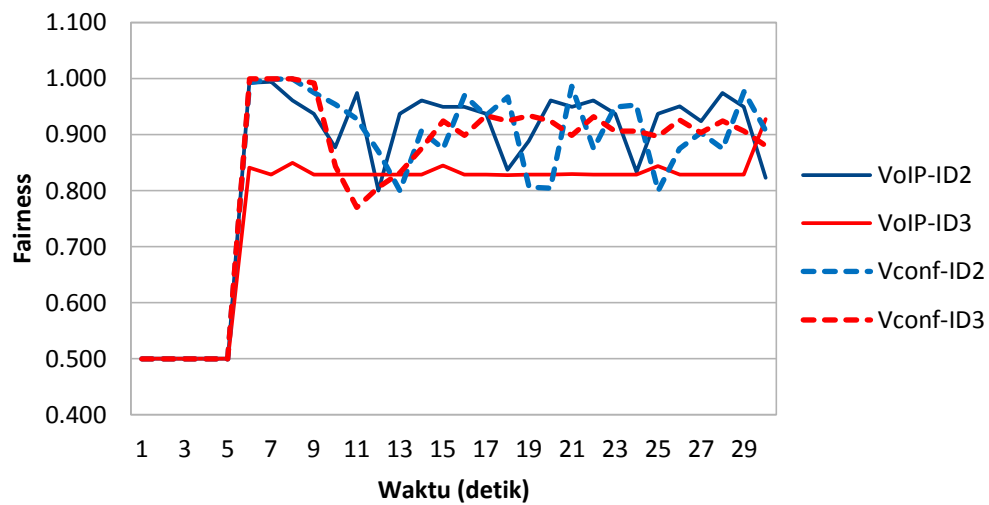
Tabel 4.11 Rata-rata *Delay* dan *Jitter Video conference* UDP dengan DCCP CCID3 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Waktu (s)	UDP		DCCP CCID-3	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
1 – 5	0.0000	0.0000	0.0403	0.0403
6 – 10	0.0322	0.0322	0.5805	0.5402
11 – 15	0.0320	0.0002	0.6659	0.0854
16 – 20	0.0321	0.0000	0.6246	0.0413
21 – 25	0.0318	0.0003	0.7337	0.1091
26 - 30	0.0318	0.0000	0.8109	0.0772
Rata-rata	0.0267	0.0055	0.5760	0.1489

#### 4.2.5 Fairness

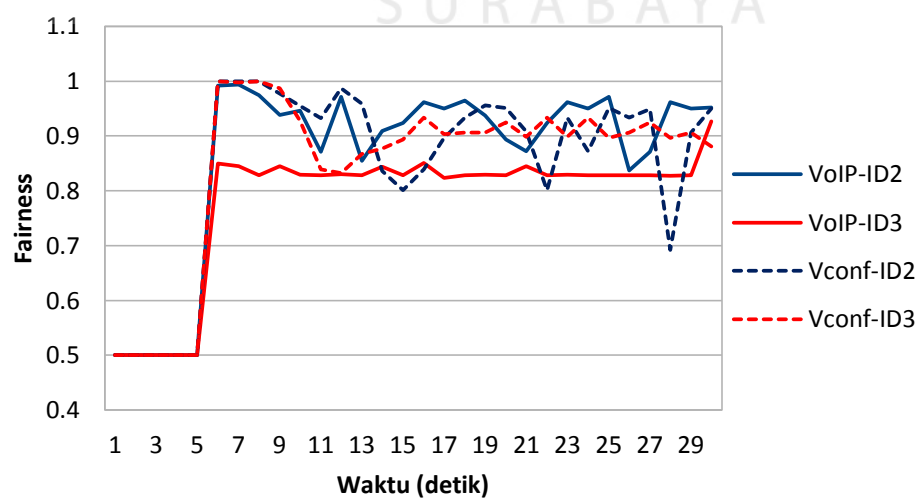
Grafik *fairness* untuk data multimedia pada saat UDP berjalan lebih dahulu seperti ditunjukkan pada Gambar 4.9. Sedangkan grafik *fairness* untuk data multimedia pada saat DCCP berjalan lebih dahulu, Gambar 4.10.

Garis solid pada grafik menunjukkan grafik *fairness* antar-protokol menggunakan data multimedia VoIP. VoIP-ID2 adalah protokol UDP dengan DCCP CCID-2 sedangkan VoIP-ID3 adalah protokol UDP dengan DCCP CCID-3. Sedangkan garis putus-putus menunjukkan grafik *fairness* antar-protokol menggunakan data multimedia *video conference*. Keterangan Vconf-ID2 adalah protokol UDP dengan DCCP CCID2 sedangkan Vconf-ID3 adalah protokol UDP dengan DCCP CCID-3.



Gambar 4.9 Grafik *Fairness* Saat UDP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.9 menunjukkan nilai *Fairness* (JFI) selama proses transmisi berlangsung. Nilai JFI rata-rata paling kecil dimiliki oleh protokol UDP dengan CCID-3 menggunakan data VoIP yaitu sekitar 0.835 sedangkan nilai JFI protokol UDP dengan CCID-3 menggunakan data *video conference* yaitu sekitar 0.912. Hal ini dikarenakan data VoIP yang kecil berjalan dengan mekanisme TFRC sehingga *throughput* berjalan lebih *smooth*.



Gambar 4.10 Grafik *Fairness* Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.10 menunjukkan nilai JFI ketika DCCP berjalan lebih dahulu. Nilai JFI yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan 4.10 di atas memiliki nilai yang tidak jauh berbeda.

### 4.3 Pembahasan

Setelah mengetahui hasil dari masing-masing percobaan maka didapatkan hasil secara keseluruhan yang akan dijelaskan pada masing-masing parameter uji pada pembahasan berikut ini.

#### 4.3.1 Pembahasan Utilisasi *Bandwidth*

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, keseluruhan utilisasi *bandwidth* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.1 – Gambar 4.4 dalam waktu 25 detik (dimulai dari detik kelima) ditunjukkan pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Utilisasi *Bandwidth* UDP dengan DCCP CCID2

Utilisasi <i>Bandwidth</i>		UDP	CCID2
VoIP	UDP1st	61.80%	37.12%
	DCCP1st	61.39%	37.50%
Vconf	UDP1st	62.78%	35.66%
	DCCP1st	62.63%	35.88%

Tabel 4.13 Utilisasi *Bandwidth* UDP dengan DCCP CCID3

Utilisasi <i>Bandwidth</i>		UDP	CCID3
VoIP	UDP1st	62.72%	24.03%
	DCCP1st	62.77%	24.18%
Vconf	UDP1st	63.23%	35.37%
	DCCP1st	63.28%	35.59%

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa utilisasi *bandwidth* UDP dengan protokol CCID2 sekitar 62% (UDP) dan 36% (CCID2) sedangkan pada Tabel 4.13 nilai utilisasi *bandwidth* UDP dengan CCID3 sekitar 62% (UDP) dan 24% (CCID3) untuk data VoIP serta 63% (UDP) dan 35% (CCID3) untuk data *video conference*.

Utilisasi *bandwidth* UDP dengan CCID3 memiliki nilai yang lebih tinggi pada data *video conference* karena besaran paket yang lebih besar daripada data VoIP.

Grafik pada Gambar 4.1 - Gambar 4.4 memiliki pola yang saling terkait antara kedua protokol yaitu membentuk pola yang berlawanan. Grafik utilisasi *bandwidth* UDP naik ketika utilisasi *bandwidth* DCCP menurun dan sebaliknya. Misalnya pada detik ke-13 di Gambar 4.4 grafik UDP dengan DCCP-ID2, utilisasi *bandwidth* UDP berangsur naik sampai detik ke-15 kemudian menurun pada detik ke-16 sampai detik ke-19 dan pada saat yang bersamaan utilisasi *bandwidth* DCCP-ID2 berangsur turun sampai detik ke-15 kemudian naik pada detik ke-16 sampai detik ke-19. Secara keseluruhan utilisasi *bandwidth* UDP lebih besar karena protokol DCCP memiliki *congestion control* yang tidak dimiliki oleh protokol UDP sehingga DCCP menyesuaikan penggunaan *bandwidth* yang tersedia pada jalur tersebut.

#### 4.3.2 Pembahasan *Packet loss*

Pada Gambar 4.5 misalnya, *packet loss* CCID2 tinggi pada detik ke-6 kemudian berangsur menurun karena CCID2 memiliki mekanisme *congestion control* untuk menghitung *congestion window* sehingga seiring berjalannya waktu, CCID2 bisa mengurangi paket yang hilang seminimal mungkin. Sedangkan *packet loss* pada CCID3 lebih kecil daripada CCID2 karena CCID3 memiliki mekanisme *congestion control* yang menggunakan tingkat pengiriman data TCP-Friendly dengan meminimalisasi tingkat perubahan kecepatan transmisi pengiriman, *smooth transmission*.

Ringkasan hasil *packet loss* kedua data multimedia dalam bentuk prosentase ditunjukkan pada Tabel 4.14 untuk *packet loss* UDP dengan DCCP CCID2 dan Tabel 4.15 untuk *packet loss* UDP dengan DCCP CCID3.

Tabel 4.14 *Packet loss* UDP dengan DCCP CCID2

<i>Packet loss</i>	UDP	CCID2
VoIP	0.34 %	8.89 %
<i>Video conference</i>	1.32 %	10.69 %

Tabel 4.15 *Packet loss* UDP dengan DCCP CCID3

<i>Packet loss</i>	UDP	CCID3
VoIP	0.65 %	10.25 %
<i>Video conference</i>	2.17 %	10.50 %

Berdasarkan data VoIP dan *video conference* pada Tabel 4.14, *packet loss* UDP mengalami peningkatan sebesar 0.98 % sedangkan CCID2 sebesar 1.8 %. Peningkatan ini akibat dari lebih besarnya ukuran paket dan *bit rate* data *video conference* daripada data VoIP. Pada Tabel 4.15, kenaikan *packet loss* UDP sebesar 1.52 % sedangkan CCID3 sebesar 0.25 %. Peningkatan *packet loss* CCID3 jauh lebih kecil daripada protokol lainnya karena mekanisme TFRC-nya.

#### 4.3.3 Pembahasan *Delay* dan *Jitter*

Peningkatan *Delay* Hal ini dikarenakan paket mengalami proses menunggu dalam buffer dan pada gilirannya akan dikirim jika jalur bisa digunakan atau paket akan dibuang jika kapasitas buffer penuh (The VINT Project, 2011).

Berdasarkan tabel hasil rata-rata *delay* dan *jitter* keseluruhan pada saat kedua protokol berjalan bersama didapatkan kesimpulan bahwa protokol UDP dan

DCCP CCID3 memiliki nilai *delay* dan *jitter* yang lebih bagus daripada UDP dan DCCP CCID2 pada data VoIP dan *Video conference*. Lihat ringkasan Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16 Rekapitulasi *Delay* dan *Jitter* UDP dengan CCID2

Data Multimedia	UDP		DCCP CCID-2	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
VoIP	0.581	0.125	0.573	0.125
Vconf	0.912	0.201	0.918	0.211

Tabel 4.17 Rekapitulasi *Delay* dan *Jitter* UDP dengan CCID3

Data Multimedia	UDP		DCCP CCID-3	
	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>	<i>Delay(s)</i>	<i>Jitter(s)</i>
VoIP	0.032	0.004	0.035	0.004
Vconf	0.316	0.101	0.638	0.179

#### 4.3.4 Pembahasan *Fairness*

Nilai *fairness* yang paling buruk adalah 0.5 dan nilai yang paling baik adalah 1. Nilai 0.5 menandakan bahwa hanya satu protokol saja yang menggunakan *link* tersebut sehingga protokol yang lain tidak bisa menggunakan *link* untuk proses transmisi atau paket datang dari protokol lain banyak yang dibuang. Nilai 1 maka protokol tersebut menggunakan link dengan *fair* dengan protokol lainnya.

Berikut nilai JFI yang telah disederhanakan melalui Tabel 4.18 dan Tabel 4.19 antara protokol UDP dengan DCCP secara keseluruhan.

Tabel 4.18 Tingkat *Fairness* VoIP Protokol UDP dengan DCCP

<i>Fairness</i>	VoIP	
	UDP dan CCID2	UDP dan CCID3
UDP Lebih Dahulu	0.928	0.835
DCCP Lebih Dahulu	0.933	0.837

Tabel 4.19 Tingkat *Fairness Video conference* Protokol UDP dengan DCCP

<i>Fairness</i>	<i>Video conference</i>	
	UDP dan CCID2	UDP dan CCID3
UDP Lebih Dahulu	0.915	0.910
DCCP Lebih Dahulu	0.917	0.915

Tingkat *fairness* antara UDP dengan DCCP CCID2 rata-rata bernilai 0.93 untuk data VoIP (Tabel 4.18) dan 0.916 untuk data *video conference* (Tabel 4.19). Kedua nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan jalur akses pada *bottleneck-link* antara kedua protokol tersebut seimbang dan bagus karena tidak didominasi oleh satu protokol saja. Sedangkan pada data VoIP tingkat *fairness* UDP dengan DCCP CCID3 rata-rata bernilai 0.836 yang berarti penggunaan jalur akses pada *bottleneck-link* lebih banyak digunakan oleh salah satu protokol saja.

