

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kebutuhan Sistem

Sebelum melakukan simulasi dan analisis perbandingan unjuk kerja protokol TCP dan DCCP dengan menggunakan data *bursty*, 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          |
|------------------|----------------------|
| <i>Processor</i> | Intel Core Duo T2450 |
| Memori           | 2.50 GB              |
| Sistem Operasi   | Ubuntu 12.04         |

Tabel 4.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

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

Data simulasi dijalankan pada protokol TCP dan DCCP. Data simulasi menggunakan data *bursty*. Paket dijalankan bersamaan dengan data seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Simulasi

| Percobaan | Tipe Data             | <i>Bottleneck link</i> |
|-----------|-----------------------|------------------------|
| 1         | <i>Bursty Traffic</i> | 1000 kb                |
| 2         | <i>Bursty Traffic</i> | 512 kb                 |
| 3         | <i>Bursty Traffic</i> | 256 kb                 |

Ukuran paket data menggunakan ukuran maksimum pada TCP yaitu 1500 *byte*. Percobaan menggunakan bandwidth yang berbeda-beda agar diketahui hasil yang optimal.

## 4.2 Hasil

Pengujian pada percobaan 1, 2 dan 3 (Tabel 4.3) dilakukan sebanyak dua kali. Pengujian pertama, protokol TCP dijalankan mulai detik ke-0.5 kemudian pada detik ke-5 protokol DCCP dijalankan. Sebaliknya pada pengujian kedua, protokol DCCP dijalankan dahulu mulai detik ke-0.5 kemudian disusul protokol TCP 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.

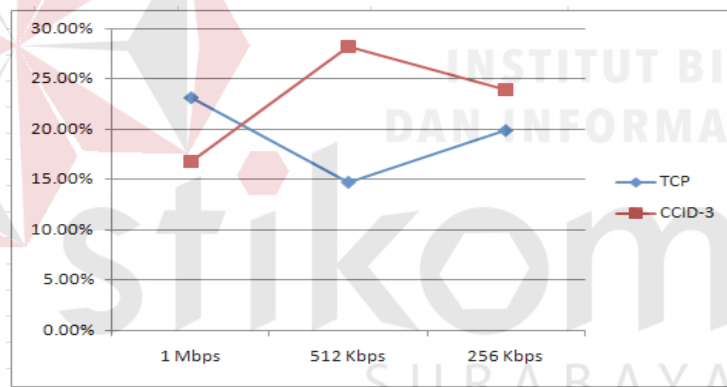
### 4.2.1 Hasil Utilisasi *Bandwidth*

Grafik utilisasi *bandwidth* untuk percobaan TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.1 Gambar 4.2 menunjukkan percobaan TCP dengan DCCP CCID-3 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu. Percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.3, sedangkan

percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.4.

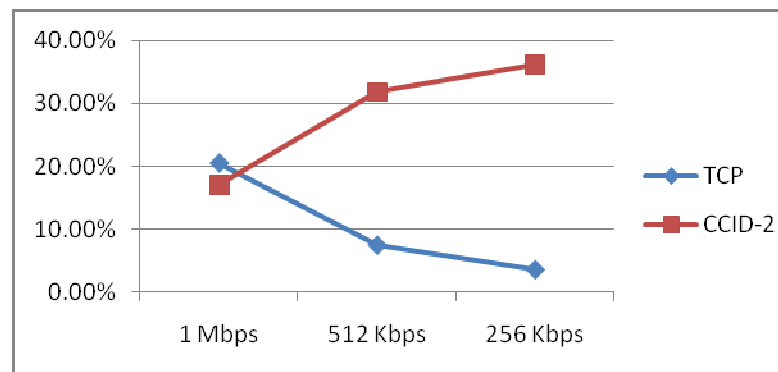


Gambar 4.1 Utilisasi *Bandwidth* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

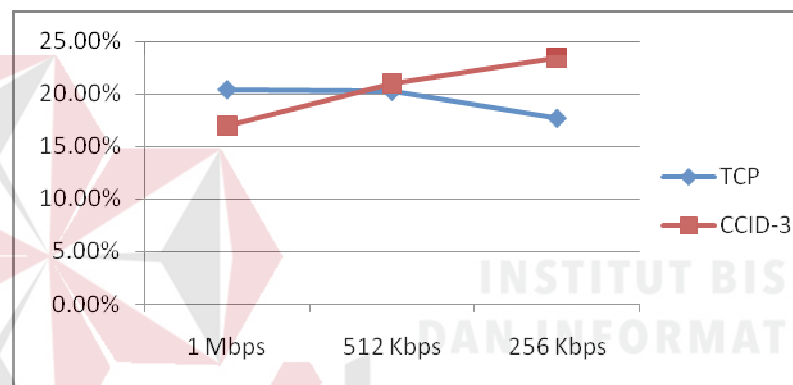


Gambar 4.2 Utilisasi *Bandwidth* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan hasil nilai utilisasi *bandwidth* pada percobaan saat TCP berjalan lebih dahulu. Nilai utilisasi *bandwidth* paling baik yaitu pada protokol DCCP CCID-3 untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 512 Kbps yaitu bernilai 28,22%. Sedangkan nilai utilisasi *bandwidth* paling buruk yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 14,77%.



Gambar 4.3 Utilisasi *Bandwidth* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu



Gambar 4.4 Utilisasi *Bandwidth* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

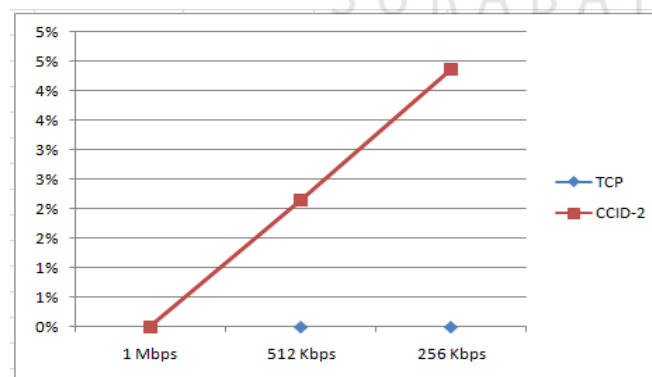
Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan hasil nilai utilisasi *bandwidth* pada percobaan saat DCCP berjalan lebih dahulu. Nilai utilisasi *bandwidth* paling baik yaitu pada protokol DCCP CCID-2 untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 36,26%. Sedangkan nilai utilisasi *bandwidth* paling buruk yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 3.59%.

Grafik pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.4 memiliki pola yang saling terkait antara kedua protokol yaitu membentuk pola yang berlawanan. Grafik utilisasi *bandwidth* TCP naik ketika utilisasi *bandwidth* DCCP menurun.

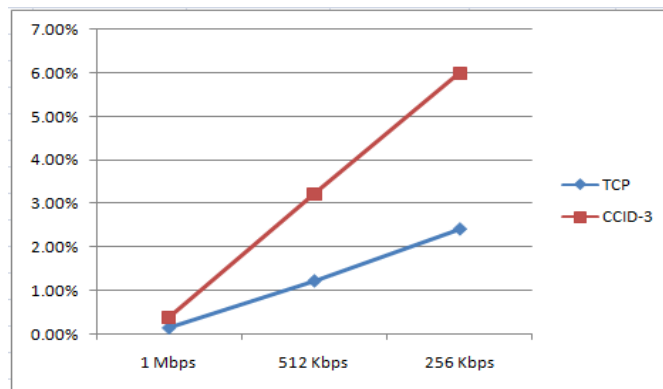
Misalnya pada Gambar 4.2, pada penggunaan *bandwidth* 1 Mbps utilisasi *bandwidth* TCP lebih baik daripada DCCP CCID-3. Lalu utilisasi *bandwidth* TCP mengalami penurunan pada penggunaan bandwidth 512 Kbps, sedangkan utilisasi *bandwidth* DCCP CCID-3 naik pada penggunaan bandwidth yang sama. Pada penggunaan bandwidth 256 Kbps, utilisasi *bandwidth* TCP mengalami kenaikan, sedangkan utilisasi *bandwidth* DCCP CCID-3 mengalami penurunan.

#### 4.2.2 Hasil Packet Loss

Grafik *packet loss* untuk percobaan TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.5. Gambar 4.6 menunjukkan percobaan TCP dengan DCCP CCID-3 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu. Percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.7, sedangkan percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-3 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.8.

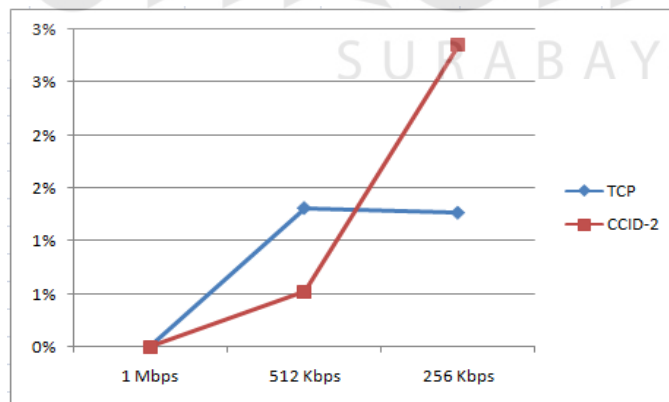


Gambar 4.5 *Packet Loss* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

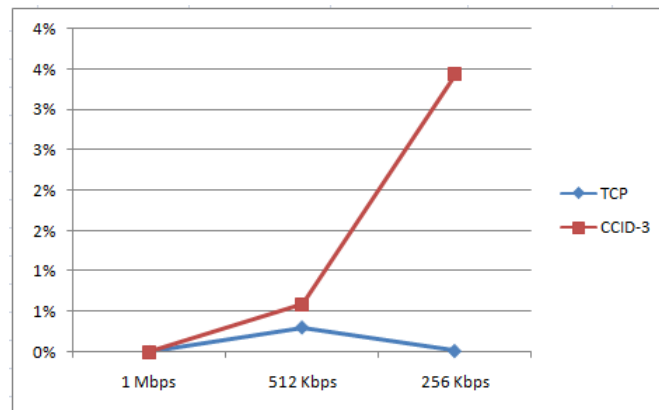


Gambar 4.6 *Packet Loss* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan hasil nilai *packet loss* pada percobaan saat TCP berjalan lebih dahulu. Nilai *packet loss* paling baik yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps, 512 Kbps dan 256 Kbps yaitu bernilai 0%. Hal ini dikarenakan tidak ada paket yang mengalami drop. Sedangkan nilai *packet loss* paling buruk yaitu pada protokol DCCP CCID-3 untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 6%.



Gambar 4.7 *Packet Loss* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

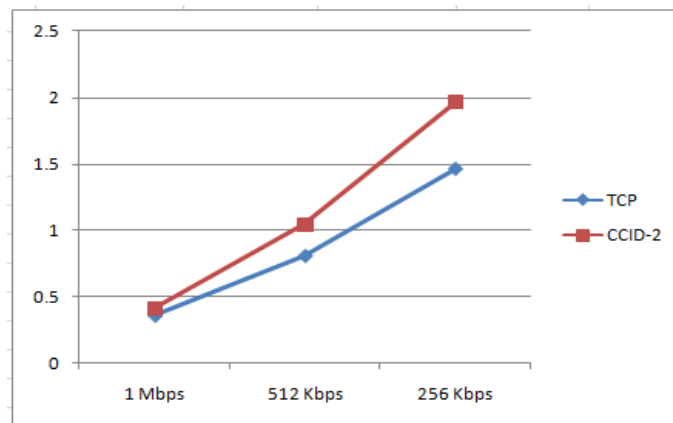


Gambar 4.8 *Packet Loss* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

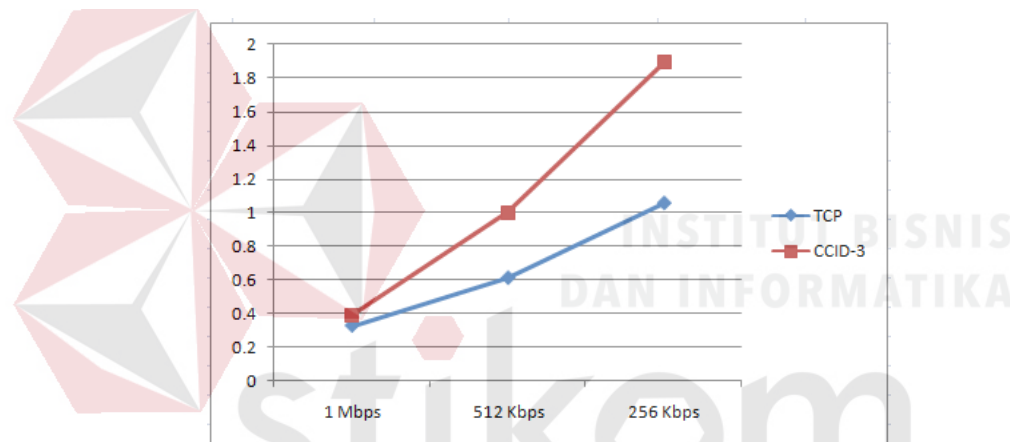
Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 menunjukkan hasil nilai *packet loss* pada percobaan saat DCCP berjalan lebih dahulu. Nilai *packet loss* paling baik yaitu pada semua protokol dengan penggunaan *bandwidth* 1 Mbps yaitu bernilai 0%. Sedangkan nilai *packet loss* paling buruk yaitu pada protokol DCCP CCID-3 untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 3.43%.

#### 4.2.3 Delay

Grafik *delay* untuk percobaan TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.9. Gambar 4.10 menunjukkan percobaan TCP dengan DCCP CCID-3 dengan kondisi TCP berjalan terlebih dahulu. Percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-2 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.11, sedangkan percobaan untuk TCP dengan DCCP CCID-3 dengan kondisi DCCP berjalan terlebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.12.



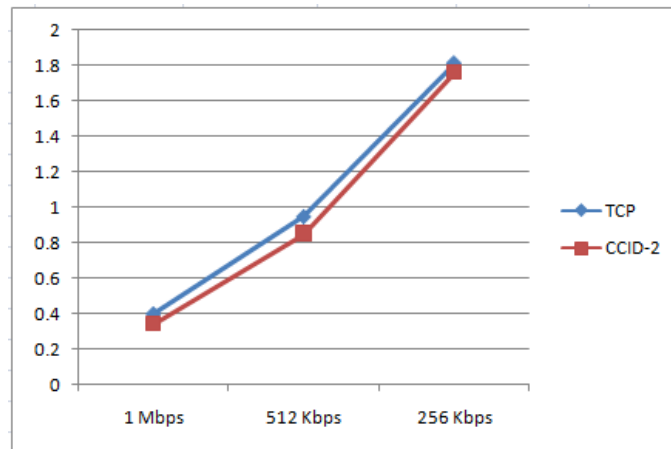
Gambar 4.9 *Delay* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu



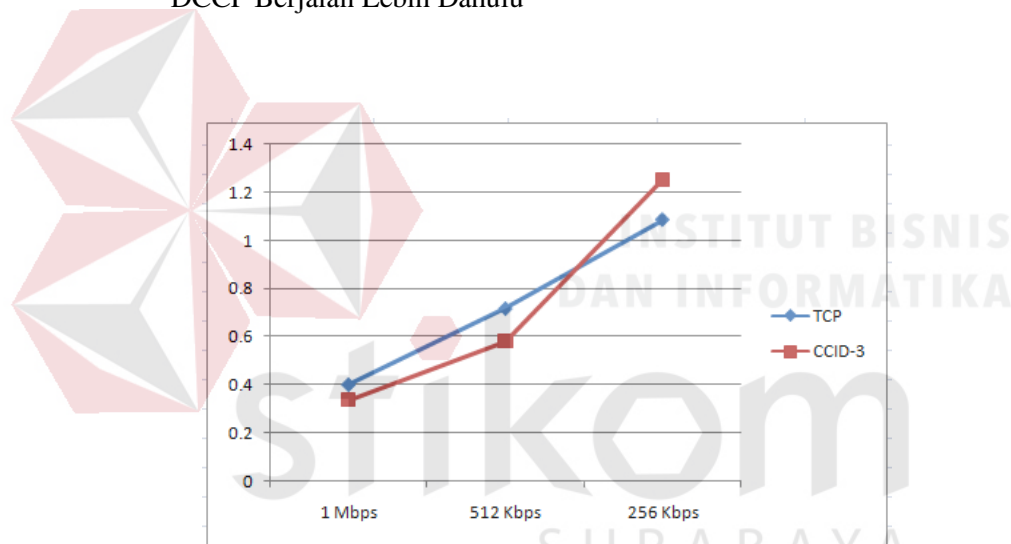
Gambar 4.10 *Delay* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 menunjukkan hasil nilai *delay* pada percobaan saat TCP berjalan lebih dahulu. Nilai *delay* paling baik yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps yaitu bernilai 0.327 detik. Sedangkan nilai *delay* paling buruk yaitu pada protokol DCCP CCID-2 untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 1.959 detik. Kesimpulan hasil *delay* pada percobaan saat TCP berjalan lebih dahulu yaitu semakin besar *bandwidth* maka semakin kecil *delay* yang dihasilkan.





Gambar 4.11 *Delay* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-2 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu



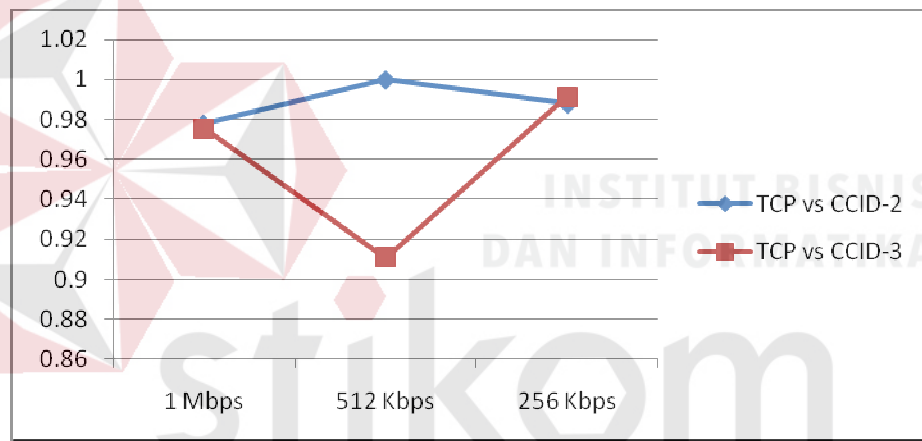
Gambar 4.12 *Delay* untuk percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 menunjukkan hasil nilai *delay* pada percobaan saat DCCP berjalan lebih dahulu. Nilai *delay* paling baik yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps yaitu bernilai 0.338 detik. Sedangkan nilai *delay* paling buruk yaitu pada protokol TCP untuk perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 1.813 detik.

#### 4.2.4 Fairness

Grafik *fairness* untuk data *bursty* pada saat TCP berjalan lebih dahulu ditunjukkan pada Gambar 4.13. Sedangkan grafik *fairness* pada saat DCCP berjalan lebih dahulu, Gambar 4.14.

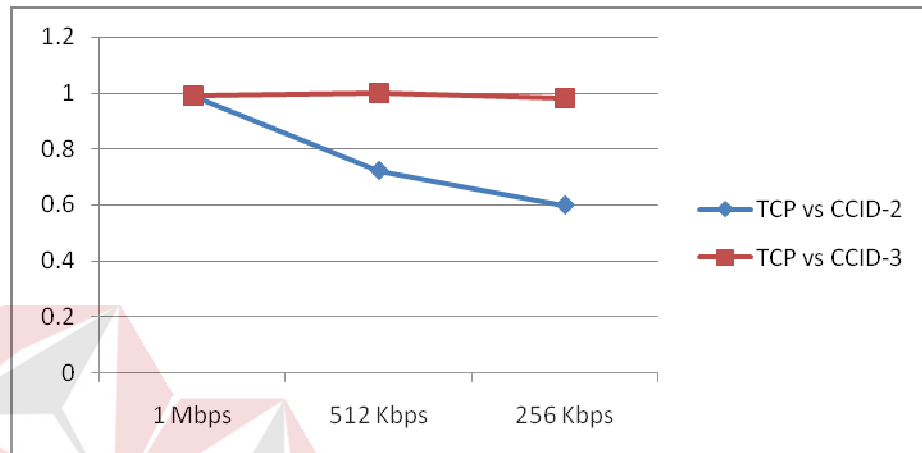
Garis biru pada grafik menunjukkan grafik *fairness* menggunakan perbandingan protokol TCP dengan DCCP CCID-2. Sedangkan garis merah menunjukkan grafik *fairness* menggunakan perbandingan protokol TCP dengan DCCP CCID-3.



Gambar 4.13 *Fairness* Pada Percobaan Saat TCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.13 menunjukkan hasil akhir nilai *fairness* pada percobaan saat TCP berjalan lebih dahulu. Nilai *fairness* paling besar yaitu pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 512 Kbps yaitu bernilai 0.999. Sedangkan nilai *fairness* paling kecil yaitu pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 512 Kbps yaitu bernilai 0.91. Hal ini dikarenakan *throughput* pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 mempunyai selisih yang cukup besar, sedangkan *throughput* pada perbandingan protokol TCP dengan

CCID-2 mempunyai nilai yang hampir sama (selisih sedikit). Nilai *throughput* sangat mempengaruhi nilai untuk *fairness*, karena hasil untuk *fairness* diolah dari *throughput* masing-masing protocol.



Gambar 4.14 *Fairness* Pada Percobaan Saat DCCP Berjalan Lebih Dahulu

Gambar 4.14 menunjukkan hasil akhir nilai *fairness* pada percobaan saat DCCP berjalan lebih dahulu. Nilai *fairness* paling besar yaitu pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 menggunakan *bandwidth* 512 Kbps yaitu bernilai 0.999. Nilai *fairness* paling kecil yaitu pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 menggunakan *bandwidth* 256 Kbps yaitu bernilai 0.598. Hal ini menunjukkan terjadi ketidak-adilan dalam penggunaan jalur akses pada *bottleneck-link* yang lebih banyak digunakan oleh salah satu protokol saja. *Fairness* bernilai kecil dikarenakan *throughput* pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-2 mempunyai selisih yang besar, sedangkan *throughput* pada perbandingan protokol TCP dengan CCID-3 mempunyai nilai yang hampir sama.

### 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.

#### 4.3.1 Pembahasan Utilisasi *Bandwidth*

Utilisasi *bandwidth* didapatkan dari perhitungan *throughput*. Jadi sebelum mendapatkan nilai utilisasi *bandwidth*, nilai *throughput* harus didapatkan terlebih dahulu. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, keseluruhan *throughput* ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4 Throughput TCP dengan DCCP CCID2

| Throughput (bps)   |         | TCP        | CCID2      |
|--------------------|---------|------------|------------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 229310.806 | 169133.628 |
|                    | DCCP1st | 204691.810 | 169543.097 |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 106079.743 | 104876.819 |
|                    | DCCP1st | 37330.205  | 159336.347 |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 59270.740  | 47435.421  |
|                    | DCCP1st | 9200.947   | 92830.842  |

Tabel 4.5 Throughput TCP dengan DCCP CCID3

| Throughput (bps)   |         | TCP        | CCID3      |
|--------------------|---------|------------|------------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 231288.475 | 167967.871 |
|                    | DCCP1st | 204496.549 | 169910.475 |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 75648.146  | 144509.092 |
|                    | DCCP1st | 101418.796 | 105003.646 |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 50893.394  | 61209.865  |
|                    | DCCP1st | 45351.366  | 59951.665  |

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, keseluruhan utilisasi *bandwidth* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.4 ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Utilisasi *Bandwidth* TCP dengan DCCP CCID2

| Utilisasi <i>Bandwidth</i> |         | TCP    | CCID2  |
|----------------------------|---------|--------|--------|
| Bandwidth 1 Mbps           | TCP1st  | 22.93% | 16.91% |
|                            | DCCP1st | 20.47% | 16.95% |
| Bandwidth 512 Kbps         | TCP1st  | 20.72% | 20.48% |
|                            | DCCP1st | 7.47%  | 31.87% |
| Bandwidth 256 Kbps         | TCP1st  | 23.15% | 18.52% |
|                            | DCCP1st | 3.59%  | 36.26% |

Tabel 4.7 Utilisasi *Bandwidth* TCP dengan DCCP CCID3

| Utilisasi <i>Bandwidth</i> |         | TCP    | CCID3  |
|----------------------------|---------|--------|--------|
| Bandwidth 1 Mbps           | TCP1st  | 23.12% | 16.79% |
|                            | DCCP1st | 20.44% | 17.00% |
| Bandwidth 512 Kbps         | TCP1st  | 14.77% | 28.22% |
|                            | DCCP1st | 20.28% | 21.00% |
| Bandwidth 256 Kbps         | TCP1st  | 19.88% | 23.91% |
|                            | DCCP1st | 17.72% | 23.42% |

Grafik pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.4 memiliki pola yang saling terkait antara kedua protokol yaitu membentuk pola yang berlawanan. Grafik utilisasi *bandwidth* TCP naik ketika utilisasi *bandwidth* DCCP menurun dan sebaliknya. Misalnya pada Gambar 4.2, pada penggunaan *bandwidth* 1 Mbps utilisasi *bandwidth* TCP lebih baik daripada DCCP CCID-3. Lalu utilisasi *bandwidth* TCP mengalami penurunan pada penggunaan *bandwidth* 512 Kbps, sedangkan utilisasi *bandwidth* DCCP CCID-3 naik pada penggunaan *bandwidth* yang sama. Pada penggunaan *bandwidth* 256 Kbps, utilisasi *bandwidth* TCP mengalami kenaikan, sedangkan utilisasi *bandwidth* DCCP CCID-3 mengalami penurunan.

Pada perbandingan TCP dengan DCCP CCID-2, menggunakan *bandwidth* yang cukup besar (1 Mbps) mendapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda antar protocol TCP dengan DCCP, pada kondisi TCP *first* atau DCCP *first*. Namun protocol TCP memiliki utilisasi *bandwidth* lebih baik daripada DCCP, karena TCP mempunyai *throughput* yang lebih baik dari DCCP, lihat Tabel 4.4. Sedangkan untuk percobaan menggunakan *bandwidth* 512 Kbps dan 256 Kbps, hasil yang didapatkan terpaut cukup jauh. Selain itu protocol TCP mendapatkan utilisasi *bandwidth* yang lebih baik dalam kondisi TCP *first* sedangkan pada DCCP *first*, protocol DCCP mendapatkan utilisasi *bandwidth* yang lebih baik daripada TCP. Seperti yang terlihat pada Tabel 4.6.

Namun pada perbandingan TCP dengan DCCP CCID-3, hasil yang didapatkan tidak terlalu berbeda antara protocol TCP dengan DCCP, pada semua penggunaan *bandwidth* dan pada kondisi TCP *first* atau DCCP *first*. Untuk penggunaan *bandwidth* yang cukup besar (1 Mbps) mendapatkan hasil yaitu protocol TCP memiliki utilisasi *bandwidth* lebih baik daripada DCCP, karena TCP mempunyai *throughput* yang lebih baik dari DCCP, lihat Tabel 4.5. Sedangkan untuk percobaan menggunakan *bandwidth* 512 Kbps dan 256 Kbps, protocol DCCP lebih baik daripada TCP, karena DCCP mempunyai *throughput* yang lebih baik dari TCP seperti yang terlihat pada Tabel 4.5.

### 4.3.2 Pembahasan *Packet loss*

Ringkasan hasil *packet loss* dalam bentuk prosentase ditunjukkan pada Tabel 4.8 untuk *packet loss* TCP dengan DCCP CCID2 dan Tabel 4.9 untuk *packet loss* TCP dengan DCCP CCID3.

Tabel 4.8 *Packet loss* TCP dengan DCCP CCID2

| <i>Packet loss</i> |         | TCP   | CCID2 |
|--------------------|---------|-------|-------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 0%    | 0%    |
|                    | DCCP1st | 0%    | 0%    |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 0%    | 2.15% |
|                    | DCCP1st | 1.31% | 0.52% |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 0%    | 4.37% |
|                    | DCCP1st | 1.27% | 2,85% |

Tabel 4.9 *Packet loss* TCP dengan DCCP CCID3

| <i>Packet loss</i> |         | TCP   | CCID3 |
|--------------------|---------|-------|-------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 0.16% | 0.4%  |
|                    | DCCP1st | 0%    | 0%    |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 1.23% | 3.22% |
|                    | DCCP1st | 0.3%  | 0.59% |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 2.41% | 6%    |
|                    | DCCP1st | 0.01% | 3.43% |

Hubungan antara *bandwidth* dan *packet loss* yaitu semakin besar *bandwidth* yang digunakan (pada percobaan) maka semakin kecil *packet loss* yang didapatkan. Hal tersebut sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil *bandwidth* yang digunakan maka semakin besar *packet loss* yang dihasilkan.

Menurut *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) *packet loss* dapat dikategorikan menjadi empat. Kategori sangat bagus dengan nilai *packet loss* 0%, kategori bagus dengan nilai *packet loss* 3%,

kategori sedang dengan nilai *packet loss* 15% dan kategori jelek dengan nilai *packet loss* 25%.

Pada perbandingan *packet loss* protocol TCP dengan DCCP CCID-2 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps menunjukkan hasil rata-rata 0% (TCP) artinya *packet loss* jaringan sangat bagus, dan 0% (CCID2) artinya *packet loss* jaringan sangat bagus. Pada *bandwidth* 512 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 0,66% (TCP) artinya *packet loss* jaringan bagus, dan 1,34% (CCID2) artinya *packet loss* jaringan bagus. Sedangkan pada *bandwidth* 256 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 0,64% (TCP) artinya *packet loss* jaringan bagus, dan 3,61% (CCID2) artinya *packet loss* jaringan sedang. Hal ini menunjukkan bahwa protocol TCP mempunyai *packet loss* yang lebih baik dari pada DCCP CCID-2.

Pada perbandingan *packet loss* protocol TCP dengan DCCP CCID-2 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps menunjukkan hasil rata-rata 0,08% (TCP) artinya *packet loss* jaringan bagus, dan 0,2% (CCID3) artinya *packet loss* jaringan bagus. Pada *bandwidth* 512 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 0,77% (TCP) artinya *packet loss* jaringan bagus, dan 1,91% (CCID3) artinya *packet loss* jaringan bagus. Sedangkan pada *bandwidth* 256 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 1,21% (TCP) artinya *packet loss* jaringan bagus, dan 4,71% (CCID3) artinya *packet loss* jaringan sedang. Hal ini menunjukkan bahwa protocol TCP mempunyai *packet loss* yang lebih baik dari pada DCCP CCID-3.



### 4.3.3 Pembahasan *Delay*

Peningkatan *delay* terjadi 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).

Ringkasan hasil *delay* dalam satuan detik ditunjukkan pada Tabel 4.10 untuk *delay* TCP dengan DCCP CCID2 dan Tabel 4.11 untuk *delay* TCP dengan DCCP CCID3.

Tabel 4.10 Rekapitulasi *Delay* TCP dengan DCCP CCID2

| <i>Delay</i> (ms)  |         | TCP  | CCID2 |
|--------------------|---------|------|-------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 356  | 417   |
|                    | DCCP1st | 401  | 345   |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 807  | 1043  |
|                    | DCCP1st | 949  | 851   |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 1463 | 1959  |
|                    | DCCP1st | 1813 | 1760  |

Tabel 4.11 Rekapitulasi *Delay* TCP dengan DCCP CCID3

| <i>Delay</i> (ms)  |         | TCP  | CCID3 |
|--------------------|---------|------|-------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 327  | 392   |
|                    | DCCP1st | 402  | 338   |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 612  | 1004  |
|                    | DCCP1st | 718  | 582   |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 1057 | 1890  |
|                    | DCCP1st | 1087 | 1254  |

Hubungan antara *bandwidth* dan *delay* yaitu semakin besar *bandwidth* yang digunakan (pada percobaan) maka semakin kecil *delay* yang didapatkan. Hal tersebut sesuai dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11. Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil *bandwidth* yang digunakan maka

semakin besar *delay* yang dihasilkan. Protocol TCP mendapatkan nilai *delay* yang lebih baik dalam kondisi TCP *first* sedangkan pada DCCP *first*, protocol DCCP mendapatkan nilai *delay* yang lebih baik daripada TCP. Kecuali pada perbandingan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 *bandwidth* 256 Kbps (DCCP *first*).

Menurut *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON) *delay* dapat dikategorikan menjadi empat. Kategori sangat bagus dengan nilai *delay* < 150 ms kategori bagus dengan nilai *delay* 150 s/d 300 ms, kategori sedang dengan nilai *delay* 300 s/d 450 ms dan kategori jelek dengan nilai *delay* > 450 ms.

Pada perbandingan *delay* protocol TCP dengan DCCP CCID-2 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps menunjukkan hasil rata-rata 379 ms (TCP) artinya *delay* jaringan sedang, dan 381 ms (CCID2) artinya *delay* jaringan sedang. Pada *bandwidth* 512 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 878 ms (TCP) artinya *delay* jaringan jelek, dan 947 ms (CCID2) artinya *delay* jaringan jelek. Sedangkan pada *bandwidth* 256 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 1638 ms (TCP) artinya *delay* jaringan jelek, dan 1860 ms (CCID2) artinya *delay* jaringan jelek. Hal ini menunjukkan bahwa protocol TCP mempunyai *delay* yang lebih baik dari pada DCCP CCID-2.

Pada perbandingan *delay* protocol TCP dengan DCCP CCID-3 menggunakan *bandwidth* 1 Mbps menunjukkan hasil rata-rata 364 ms (TCP) artinya *delay* jaringan sedang, dan 365 ms (CCID3) artinya *delay* jaringan sedang. Pada *bandwidth* 512 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 665 ms (TCP) artinya *delay* jaringan jelek, dan 793 ms (CCID3) artinya *delay* jaringan jelek. Sedangkan pada *bandwidth* 256 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 1072 ms (TCP) artinya *delay* jaringan jelek, dan 1572 ms

(CCID3) artinya *delay* jaringan jelek. Hal ini menunjukkan bahwa protocol TCP mempunyai *delay* yang lebih baik dari pada DCCP CCID-3.

#### 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 4.12 antara protokol TCP dengan DCCP secara keseluruhan.

Tabel 4.12 Tingkat *Fairness* Protokol TCP dengan DCCP

| <i>Delay (s)</i>   |         | TCP dan CCID2 | TCP dan CCID3 |
|--------------------|---------|---------------|---------------|
| Bandwidth 1 Mbps   | TCP1st  | 0.978         | 0.978         |
|                    | DCCP1st | 0.991         | 0.992         |
| Bandwidth 512 Kbps | TCP1st  | 0.999         | 0.911         |
|                    | DCCP1st | 0.722         | 0.999         |
| Bandwidth 256 Kbps | TCP1st  | 0.988         | 0.992         |
|                    | DCCP1st | 0.598         | 0.981         |

Nilai *fairness* antara TCP dengan DCCP CCID3 tersebut menunjukkan bahwa penggunaan jalur akses pada *bottleneck-link* antara kedua protokol seimbang dan bagus karena tidak didominasi oleh satu protokol saja. Sedangkan tingkat *fairness* antara TCP dengan DCCP CCID2 menunjukkan penggunaan jalur akses pada *bottleneck-link* lebih banyak digunakan oleh salah satu protokol saja. Hal ini

dikarenakan nilai *fairness* pada *bandwidth* 512 Kbps dan 256 Kbps adalah 0.722 dan 0.598.

*Fairness* berhubungan dengan *throughput*. Semakin besar selisih antara *throughput* TCP dan DCCP pada percobaan, maka semakin kecil *fairness* yang dihasilkan, begitupun sebaliknya. Pada percobaan protocol TCP dengan DCCP CCID-3 (DCCP berjalan dahulu) menggunakan *bandwidth* 512 Kbps & 256 Kbps, menghasilkan nilai *fairness* yang kecil karena ada selisih *throughput* yang besar antara protocol TCP dengan DCCP CCID-3. Sedangkan pada percobaan lain, mempunyai selisih *throughput* yang kecil, sehingga nilai *fairness* yang dihasilkan besar (hampir mencapai angka 1).

Pada perbandingan *fairness* protocol TCP dengan DCCP menggunakan *bandwidth* 1 Mbps menunjukkan hasil rata-rata 0,984 (TCP dengan CCID2) dan 0,985 (TCP dengan CCID3). Pada *bandwidth* 512 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 0,861 (TCP dengan CCID2) dan 0,955 (TCP dengan CCID3). Sedangkan pada *bandwidth* 256 Kbps menunjukkan hasil rata-rata 0,793 (TCP dengan CCID2) dan 0,987 (TCP dengan CCID3). Hal ini menunjukkan bahwa *fairness* pada penggunaan *bandwidth* yang cukup besar (1 Mbps) mendapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda antara protocol TCP dengan DCCP. Pada percobaan menggunakan *bandwidth* 512 Kbps dan 256 Kbps (TCP dengan DCCP CCID-3) juga mendapatkan hasil yang tidak terlalu berbeda. Sedangkan percobaan TCP dengan DCCP CCID-2 hasil yang didapatkan terpaut cukup jauh.