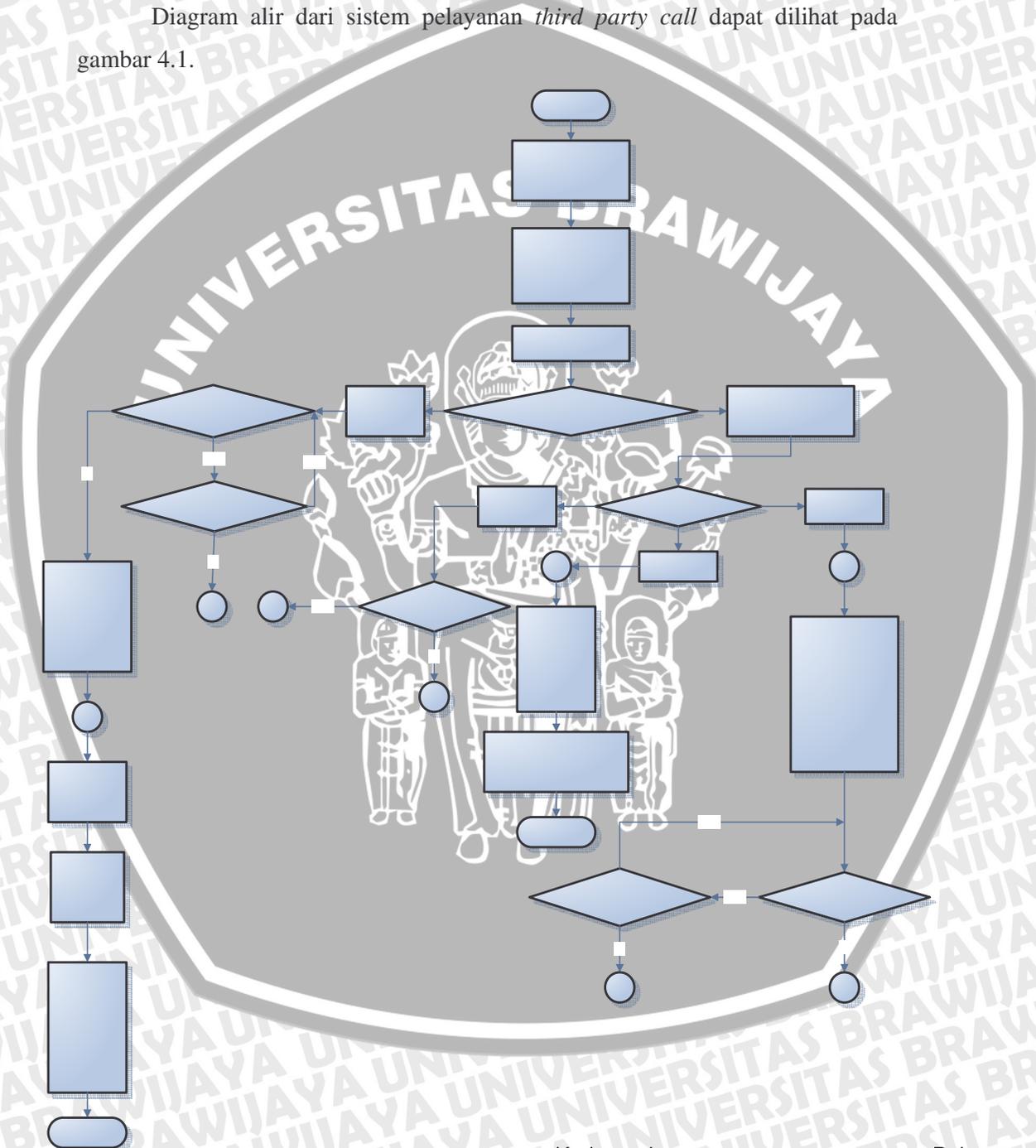


BAB IV

ALGORITMA PEMROGRAMAN DAN ANALISIS

4.1 Algoritma Pemrograman *Third Party Call*

Diagram alir dari sistem pelayanan *third party call* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram alir *third party call*

Sumber: Hasil Analisis

Kedua pelanggan dipanggil off hook?

Pelanggan pemanggil

ya

61

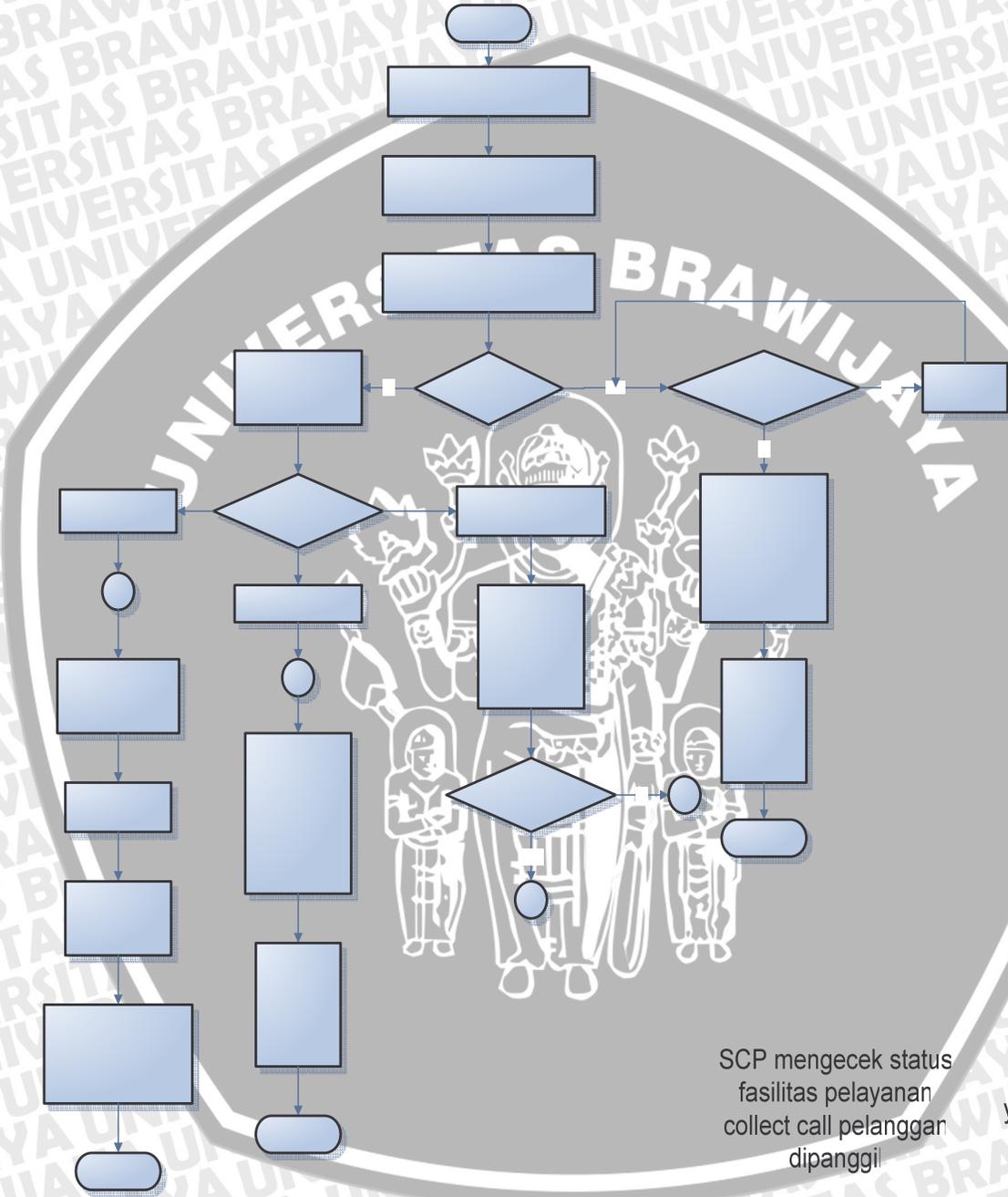
tidak

tidak

Apakah nilai maksimum reenter tercapai?

4.2 Algoritma Pemrograman *Collect Call*

Sedangkan diagram alir dari sistem pelayanan *collect call* dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Alir *Collect Call*

Sumber: Hasil Analisis

Selalu menerima

Apa status dari pelanggan dipanggil?

Selalu menolak



4.3. Deskripsi Proses Pelayanan

Pada diagram alir proses pemrograman *third party call* dan *collect call*, dapat dilihat bahwa kedua pelayanan tersebut diatas menggunakan komponen fungsional (pembentuk hubungan, format *message*, pengalaman transaksi, dan logika pelayanan) yang identik. Sehingga, deskripsi proses pelayanan *third party call* dan *collect call* dapat dijabarkan secara bersama-sama sebagai berikut.

Setelah mendeteksi adanya trigger yang meminta pelayanan *third party call* dan *collect call* (1), yaitu misalnya kita mendial nomor telepon 085645364297 seperti pada hasil simulasi gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Mengecek Nomor Telepon Pelayanan Khusus
Sumber: Hasil Simulasi

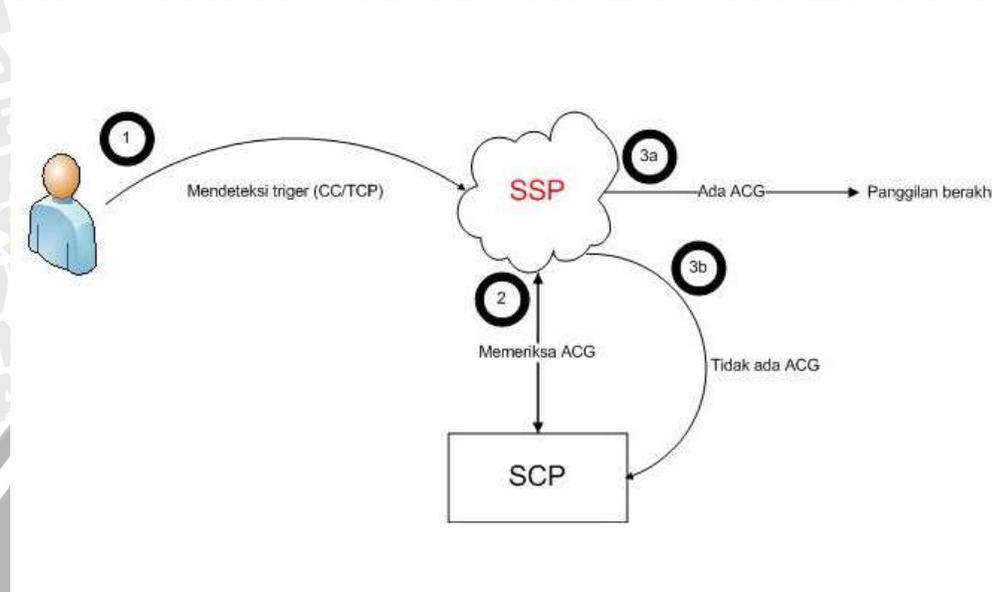
Kemudian SSP akan melakukan penundaan proses panggilan karena akan memeriksa terlebih dahulu sinyal kontrol ACG (*Automatic Call Gapping*) dari SCP. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya keadaan beban berlebih yang terjadi pada SCP (2). Apabila terdapat sinyal ACG dari SCP, maka SSP segera

mengakhiri panggilan yang masuk tersebut (3a), dan apabila tidak terdapat sinyal ACG, bias dilihat hasil simulasi seperti gambar 4.4.



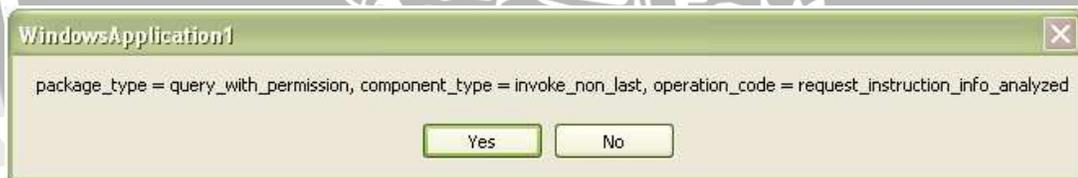
Gambar 4.4 Tidak Terdapat Sinyal ACG
Sumber: Hasil Simulasi

Selanjutnya SSP akan segera mengirim pesan ke SCP (3b). Secara keseluruhan prosesnya dapat dilihat pada gambar 4.5.



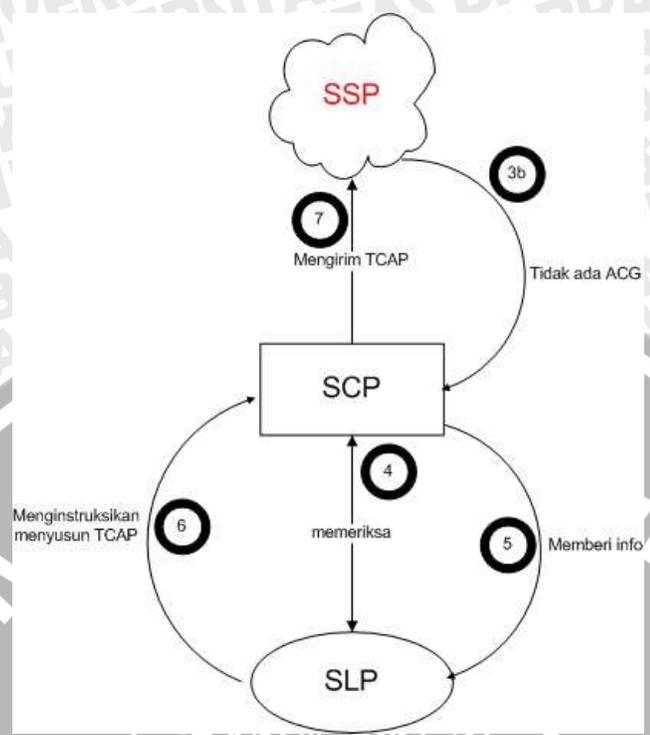
*Gambar 4.5 Proses pelanggan mulai melakukan panggilan
Sumber: Hasil Analisis*

Dimana pesan TCAP dari SSP ke SCP adalah seperti gambar 4.6.



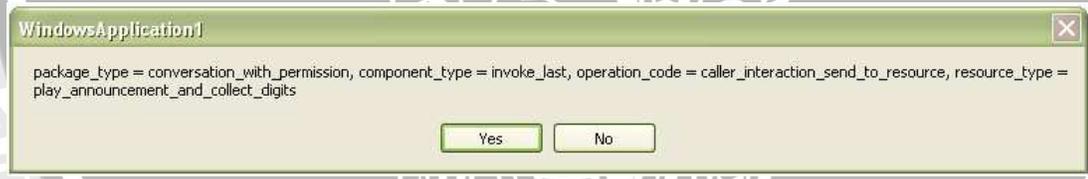
*Gambar 4.6 Pesan dari SSP ke SCP
Sumber: Hasil Simulasi*

Apabila pesan tersebut telah sampai di SCP (3b), kemudian program akan memeriksa keadaan di SLP (Service Logic Program) (4) dan menyampaikan informasi ini ke SLP yang bersangkutan (5). Selanjutnya SLP, berdasarkan parameter data yang diterima, segera menginstruksikan SCP untuk menyusun TCAP (6) dan langsung mengirimkannya ke SSP (7) yang dapat dilihat pada gambar 4.7.



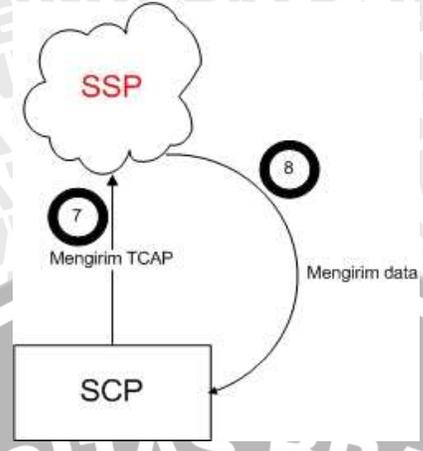
Gambar 4.7 Proses SCP ke SSP
 Sumber: Hasil Analisis

Dan pesan TCAP dari SCP ke SSP melalui SLP terlihat seperti gambar 4.8.



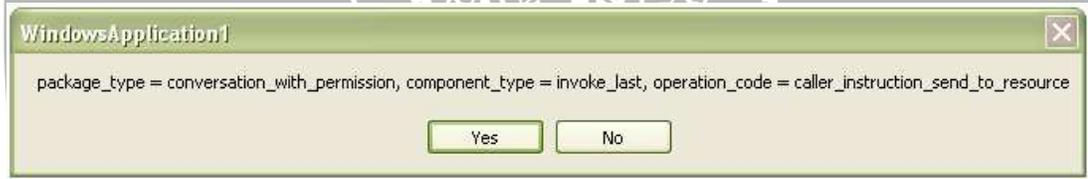
Gambar 4.8 Pesan dari SCP ke SSP melalui SLP
 Sumber: Hasil Simulasi

Setelah SSP menerima pesan (7), selanjutnya SSP akan melakukan proses pengumpulan dan pengiriman data-data yang dibutuhkan untuk melanjutkan proses transaksi (8) seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Proses pengiriman data dari SSP ke SCP
 Sumber: Hasil Analisis

Selanjutnya pesan TCAP pada proses transaksi dari SSP ke SCP dengan format pesan seperti gambar 4.10.



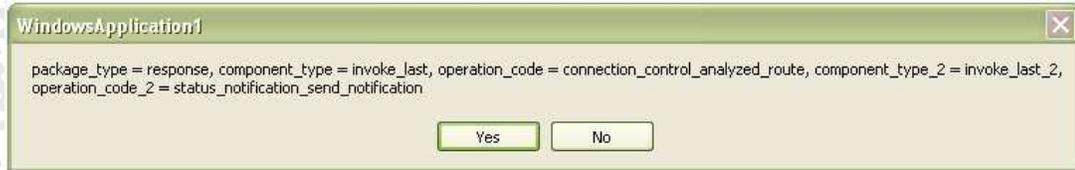
Gambar 4.10 Pesan pada Proses Transaksi dari SSP ke SCP
 Sumber: Hasil Simulasi

Kemudian SCP akan menerima informasi tersebut (8), lalu SCP memerintahkan SSP agar merouting hubungan yang diinginkan(9). Seperti gambar 4.11.



Gambar 4.11 Proses SCP ke SSP untuk Routing
 Sumber: Hasil Analisis

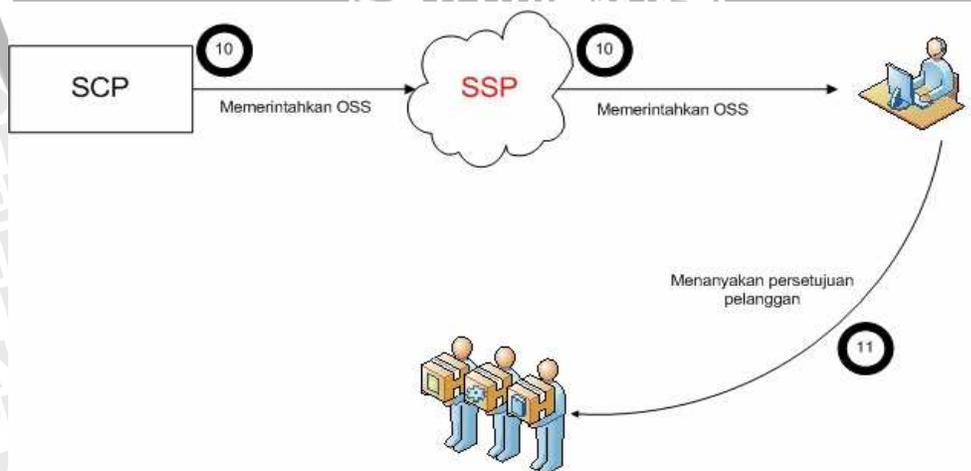
Dan pesan SCCP dari SCP ke SSP untuk merouting hubungan bisa dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pesan SCP ke SSP untuk Routing Hubungan
Sumber: Hasil Simulasi

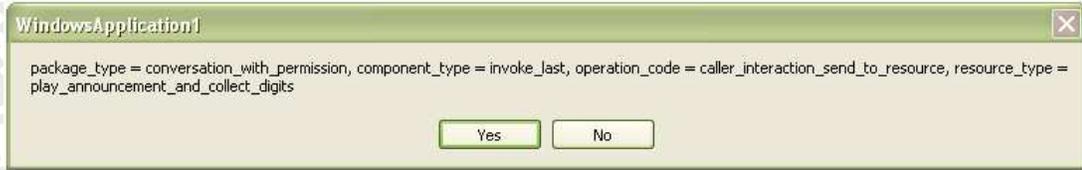
Pada pelayanan dimana memerlukan persetujuan pelanggan yang dipanggil untuk pemindahan tagihan biaya atau pulsa, akan melewati proses negosiasi yang dilakukan melalui Operator Service System (OSS). OSS telah mendapat instruksi dari SCP melalui SSP agar memberikan pertanyaan dalam bentuk instruksi-instruksi singkat dengan jawaban yang berupa sinyal DTMF dari tombol yang nantinya ditekan oleh pelanggan sesuai instruksi yang telah diberikan oleh OSS. Berikut ini adalah proses negoiasinya, yaitu sebagai berikut:

1. Pertama SCP memerintahkan OSS melalui SSP (10) agar menyampaikan pemberitahuan kepada pelanggan yang dipanggil untuk menanyakan tentang persetujuannya mengenai panggilan collect call atau third party call yang telah masuk tersebut (11). Secara keseluruhan prosesnya dapat dilihat pada gambar 4.13.



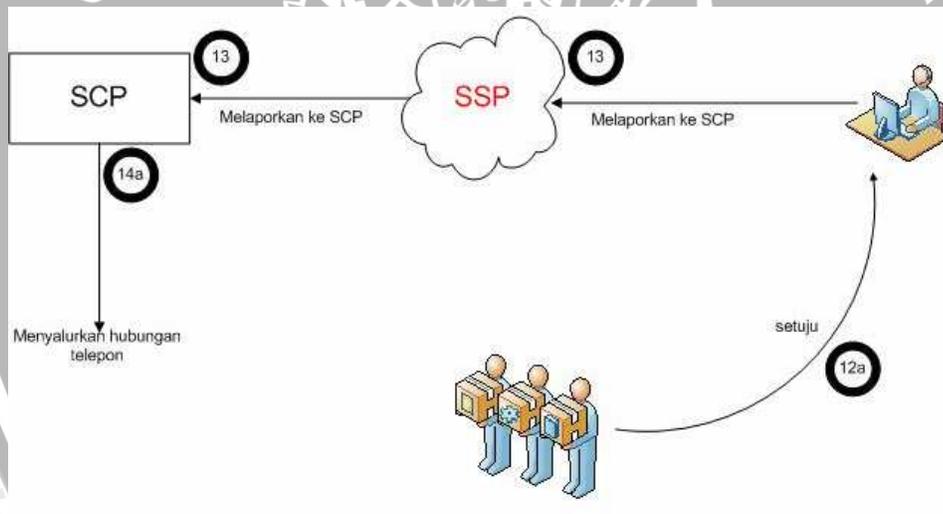
Gambar 4.13 Proses SCP ke OSS melalui SSP
Sumber: Hasil Analisis

Dan pesan SCCP dari proses instruksi SCP ke OSS melalui SSP seperti pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pesan SCP ke OSS melalui SSP
Sumber: Hasil Simulasi

- Selanjutnya apabila terjadi persetujuan dari pelanggan yang dipanggil atas panggilan yang masuk (12a), maka SSP akan melaporkan informasi yang diterimanya tersebut kepada SCP (13), dan untuk selanjutnya akan segera menyalurkan hubungan dikehendaki (14a). Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.15.

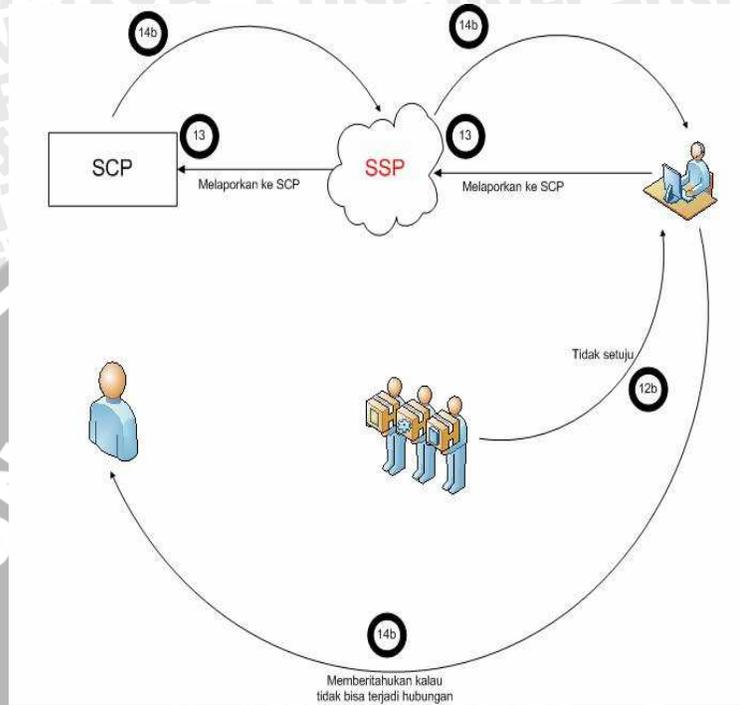


Gambar 4.15 Proses SCP ke SSP untuk Panggilan tidak gagal
Sumber: Hasil Analisis

Dan pesan SCCP nya sama dengan gambar 4.12, yaitu pesan SCCP dari SCP ke SSP untuk merouting hubungan.

- Dan apabila tidak terjadi persetujuan dari pelanggan yang dipanggil atas panggilan yang masuk (12b), maka SCP akan menginstruksikan OSS melalui SSP agar memberitahu kepada pelanggan yang pemanggil bahwa hubungan ini tidak bisa dilangsungkan beserta alasannya (14b), dan segera

memutuskan hubungan yang ada. Prosesnya bias dilihat seperti gambar 4.16.



Gambar 4.16 Proses SCP ke SSP untuk Panggilan gagal
Sumber: Hasil Analisis

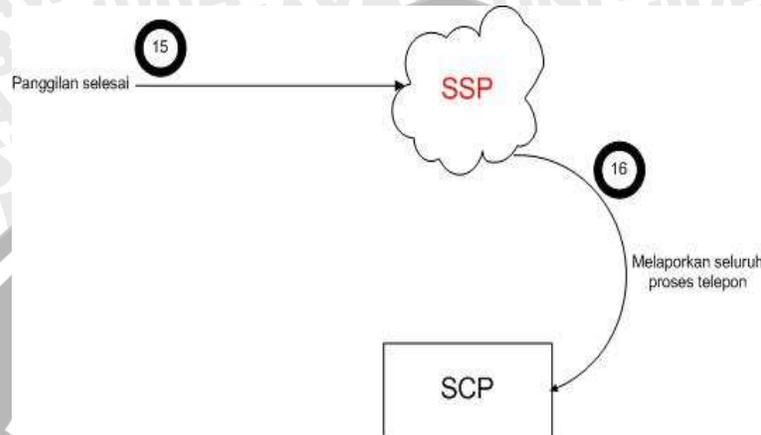
Dimana pesan SCCP dari SCP ke OSS melalui SSP saat panggilan gagal adalah seperti pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Pesan dari SCP ke OSS saat tidak terjadi panggilan
Sumber: Hasil Simulasi

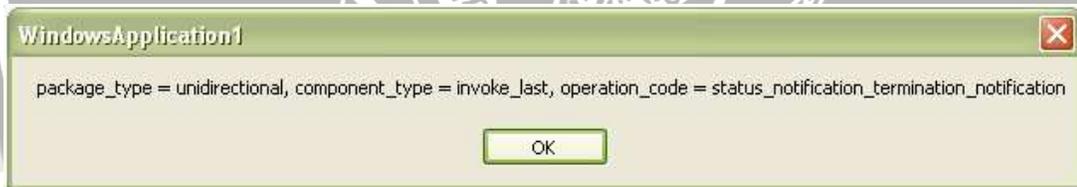
4. Khusus untuk pelayanan *third party call*, proses di atas akan diulang sekali lagi untuk pelanggan ketiga atau pelanggan yang dipanggil kedua.

Apabila hubungan telah selesai dilakukan, maka SSP akan segera memproses akhir dari status pembicaraan, lama pembicaraan, dan rekaman AMA, serta akan melaporkannya ke SCP. Prosesnya bias dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Proses SSP ke SCP pada akhir hubungan
 Sumber: Hasil Analisis

Pesan SCCP pada proses akhir panggilan dari SSP ke SCP seperti gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pesan dari SSP ke SCP pada akhir panggilan
 Sumber: Hasil Simulasi

4.4. Analisis Pemrograman

Pemakaian jaringan cerdas di dalam pelayanan *third party call* dan *collect call* secara umum adalah bertujuan untuk memberikan dan meningkatkan kemudahan serta kenyamanan kepada para pengguna kedua pelayanan tersebut, dan dengan harapan akan mampu meningkatkan jumlah penggunaan pelayanan *third party call* dan *collect call* yang pada akhirnya akan meningkatkan keuntungan serta pendapatan pihak pengelola pelayanan tersebut.

Data pada tabel 4.1 adalah data pelanggan yang menunggu hubungan pelayanan *third party call* dan *collect call* yang dilakukan selama 5 hari dengan

dibatasi 100 panggilan secara bersama-sama dan dilakukan selama 9 jam setiap harinya, yaitu mulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 17.00.

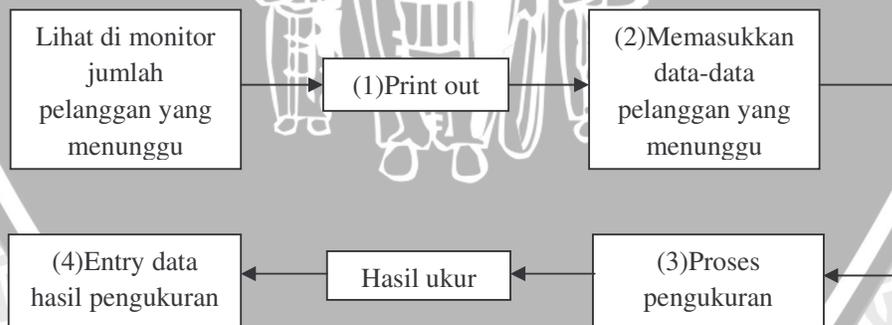
HARI	JAM	8-	9-	10-	11-	12-	13-	14-	15-	16-	jumlah pelanggan yang antri
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1		0	1	1	1	1	1	0	0	1	6
2		0	1	1	1	0	0	1	0	1	5
3		1	0	0	1	0	0	1	1	0	4
4		1	1	0	1	1	0	1	0	0	5
5		0	1	1	1	1	0	0	0	0	4

Tabel 4.1 Data Pelanggan yang Menunggu Hubungan Pelayanan

Sumber: Hasil Simulasi

Untuk mendapatkan kecepatan pelayanan dalam menangani pelanggan yang menunggu yaitu sebagai berikut:

1. Proses pencetakan pelanggan yang menunggu membutuhkan waktu 40 detik
2. Memasukkan data ke komputer menu entry membutuhkan waktu 30 detik
3. Pengukuran membutuhkan waktu 3 menit
4. Memasukkan data hasil pengukuran 30 detik.



Gambar 4.20 Proses Mendapatkan Kecepatan dalam Menangani Pelanggan yang Menunggu

Sumber: Hasil Simulasi

Dari hasil tersebut seluruhnya membutuhkan waktu 4,67 menit (40 detik + 30 detik + 3 menit + 30 detik = 280 detik = 4,67 menit). Untuk mendapatkan kecepatan perlu ditambahkan tenggang waktu kurang lebih 1 menit. Jadi

kecepatan seluruhnya membutuhkan waktu 5,67 menit (4,67 menit + 1 menit = 5,67 menit). Jadi kecepatan pelayanan dalam 1 jam 10,6 pelanggan yang menunggu/ jam (1 jam : 5,67 menit = 10,6 pelanggan yang menunggu/ jam).

Dari tabel 4.1 di dapat bahwa jumlah pelanggan yang menunggu yang terbanyak sebanyak 6 buah dan yang terkecil sebanyak 4 buah. Apabila kita hitung dengan rumus antrian, maka diperoleh tabel 4.2.

Perhitungan jumlah pelanggan yang menunggu 6 buah:

Faktor pemakaian:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\lambda}{\mu} = \text{rate kedatangan pelanggan/ waktu transmisi} \\ &= \frac{0,666}{10,6} \\ &= 6,28\%\end{aligned}$$

Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem:

$$\begin{aligned}N &= \frac{\rho}{(1-\rho)} \\ &= \frac{0,0628}{1-0,0628} \\ &= 0,067 \text{ pelanggan yang menunggu}\end{aligned}$$

Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$\begin{aligned}N_a &= N \times \rho \\ &= 0,067 \times 0,0628 \\ &= 0,0042 \text{ pelanggan yang menunggu}\end{aligned}$$

Waktu rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$\begin{aligned}N &= \lambda T = \lambda (1/\mu + W_q) \\ W_q &= (N - \lambda \times 1/\mu) / \lambda \\ &= [0,067 - (0,666 \times 0,0943)] / 0,666 \\ &= 0,0063 \text{ jam}\end{aligned}$$

Lama pelanggan yang menunggu dalam sistem antrian:

$$\begin{aligned}T &= h + W_q & \text{atau} & & T &= N/\lambda \\ &= 0,0943 + 0,0063 & & & &= 0,067/0,666 \\ &= 0,1 \text{ jam} & & & &= 0,1 \text{ jam}\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah pelanggan yang menunggu 4 buah:

Faktor pemakaian:

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{\lambda}{\mu} = \text{rate kedatangan pelanggan/ waktu transmisi} \\ &= \frac{0,444}{10,6} \\ &= 4,19\%\end{aligned}$$

Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem:

$$\begin{aligned}N &= \frac{\rho}{(1-\rho)} \\ &= \frac{0,0419}{1-0,0419}\end{aligned}$$

$$= 0,0437 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,0437 \times 0,0419$$

$$= 0,0018 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

Waktu rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$N = \lambda T = \lambda (1/\mu + Wq)$$

$$Wq = (N - \lambda \times 1/\mu) / \lambda$$

$$= [0,0437 - (0,444 \times 0,0943)] / 0,444$$

$$= 0,004 \text{ jam}$$

Lama pelanggan yang menunggu dalam sistem antrian:

$$T = 1/\mu + Wq$$

$$T = h + Wq$$

$$= 0,0943 + 0,004$$

$$= 0,098 \text{ jam}$$

atau

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,0437 / 0,444$$

$$= 0,098 \text{ jam}$$

ITEM	λ (jam)	
	6/9 = 0,666	4/9 = 0,444
Jumlah rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,0042	0,0018
Jumlah rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,067	0,0437
Waktu rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,0063	0,004
Waktu rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,1	0,098
Faktor Utilitas (%)	6,28	4,19

Tabel 4.2 Analisis Data Pelanggan yang menunggu

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.2 di atas menunjukkan bahwa pelanggan yang menunggu pada hari tersibuk sebanyak 0,067 buah dengan waktu rata-rata dalam sistem yang berarti waktu keseluruhan yang dibutuhkan selama menunggu dan waktu dilayani membutuhkan 0,1 jam = 6 menit sedangkan pada hari dimana jumlah paling sedikit hanya 0,0437 buah yang antri dengan waktu pelayanan (dalam sistem) 0,098 jam = 5,88 menit. Adapun kesibukannya pada 6 buah pelanggan yang menunggu hanya 6,28% yang berarti 0,565 jam ($6,28\% \times 9 \text{ jam} = 0,565 \text{ jam}$) yang terpakai untuk melayani pelanggan yang menunggu dari 9 jam kerja sedangkan untuk 4 buah pelanggan yang menunggu kesibukannya hanya 4,19% yang berarti hanya 0,377 jam ($4,19\% \times 9 \text{ jam}$) dari 9 jam.

Untuk pengujian hasil keluarannya dapat dilakukan dengan memasukkan data-data bervariasi. Untuk uji coba ini yaitu kecepatannya (10,6 pelanggan yang menunggu/ jam) sedangkan untuk kecepatan kedatangan pelanggan yang menunggu per satuan waktu diambil dari 1-7 persatuan waktu. Pada program simulasi yang dibuat, untuk kecepatan pelayanan dan kedatangannya menunjukkan waktu antara satu pelanggan yang menunggu dengan lainnya maka data tersebut apabila mau dimasukkan menjadi $1/10,6 = 0,0943$ demikian juga untuk kecepatan kedatangannya. Adapun perbandingan keluaran hasil perhitungan dan hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4

λ (jam)	1	2	3	4	5	6	7
μ (jam)	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
ρ	0,0943	0,1887	0,283	0,377	0,472	0,566	0,66
\sum rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,0098	0,043	0,111	0,228	0,421	0,738	1,284
\sum rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,104	0,232	0,394	0,606	0,892	1,304	1,944
T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,0098	0,0219	0,037	0,057	0,084	0,123	0,183
T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,104	0,116	0,131	0,152	0,178	0,217	0,277

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Pelanggan yang menunggu dengan Rumus M/M/1 dan Rumus Little

Sumber: Hasil Perhitungan

Faktor pemakaian:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{1}{10,6} \\ &= 0,0943 \end{aligned}$$

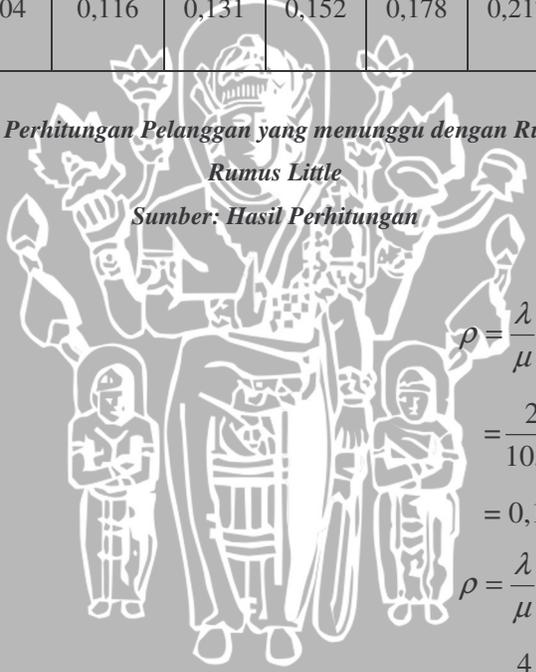
$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{3}{10,6} \\ &= 0,283 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{5}{10,6} \\ &= 0,472 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{2}{10,6} \\ &= 0,1887 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{4}{10,6} \\ &= 0,377 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{6}{10,6} \\ &= 0,566 \end{aligned}$$



$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$= \frac{7}{10,6}$$

$$= 0,66$$

Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,104 \times 0,0943$$

$$= 0,0098 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,232 \times 0,1887$$

$$= 0,043 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,393 \times 0,283$$

$$= 0,111 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,608 \times 0,377$$

$$= 0,228 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 0,89 \times 0,472$$

$$= 0,421 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 1,302 \times 0,566$$

$$= 0,738 \text{ pelanggan yang menunggu}$$

$$N_a = N \times \rho$$

$$= 1,939 \times 0,66$$

$$= 1,284 \text{ pelanggan yang menunggu}$$



Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,0943}{1-0,0943} \\
 &= 0,1041 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$

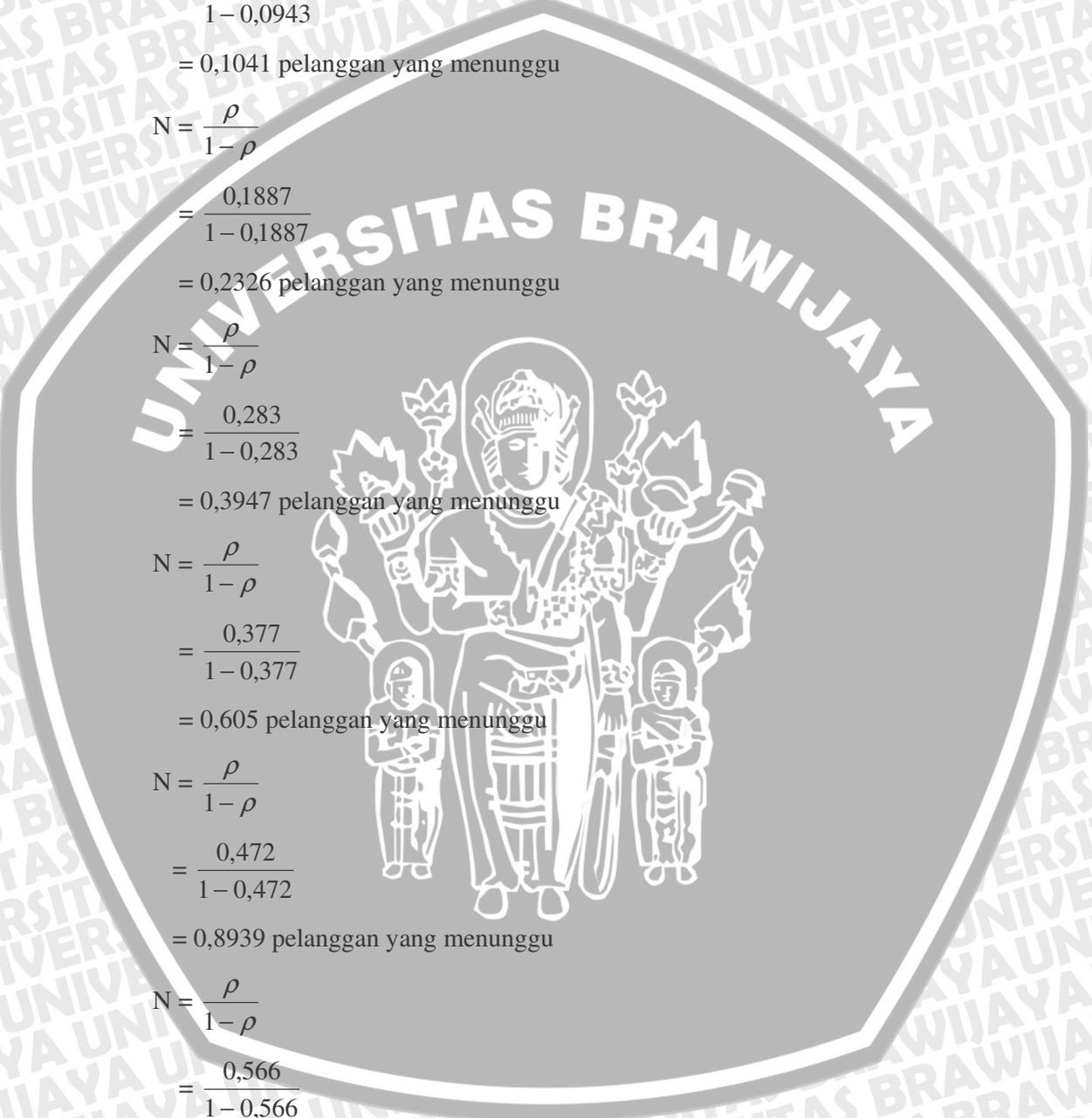
$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,1887}{1-0,1887} \\
 &= 0,2326 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,283}{1-0,283} \\
 &= 0,3947 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,377}{1-0,377} \\
 &= 0,605 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,472}{1-0,472} \\
 &= 0,8939 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\rho}{1-\rho} \\
 &= \frac{0,566}{1-0,566} \\
 &= 1,3041 \text{ pelanggan yang menunggu}
 \end{aligned}$$



$$N = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

$$= \frac{0,66}{1 - 0,66}$$

= 1,9412 pelanggan yang menunggu

T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian:

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,0098 / 1$$

$$= 0,0098 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,043 / 2$$

$$= 0,0219 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,111 / 3$$

$$= 0,037 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,228 / 4$$

$$= 0,057 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,421 / 5$$

$$= 0,084 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 0,738 / 6$$

$$= 0,123 \text{ jam}$$

$$T = N / \lambda$$

$$= 1,284 / 7$$

$$= 0,183 \text{ jam}$$

T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem:

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 0,104 / 1$$

$$= 0,104 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 0,232 / 2$$

$$= 0,116 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 0,394 / 3$$

$$= 0,131 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 0,606 / 4$$

$$= 0,152 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 0,892 / 5$$

$$= 0,178 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

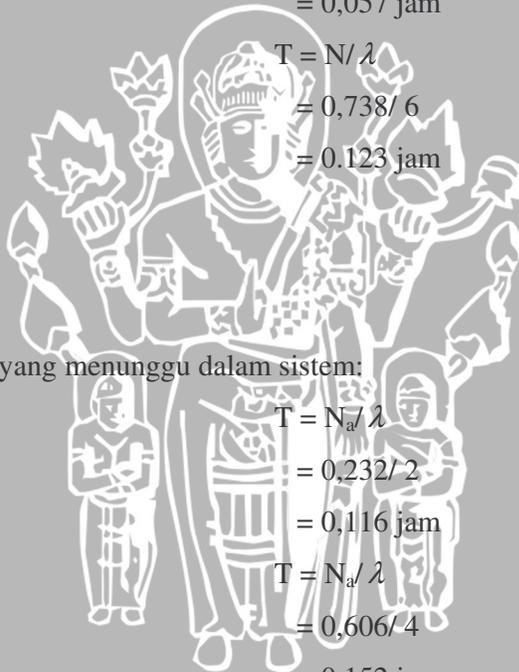
$$= 1,304 / 6$$

$$= 0,217 \text{ jam}$$

$$T = N_a / \lambda$$

$$= 1,944 / 7$$

$$= 0,277 \text{ jam}$$



Adapun perbedaan atau penyimpangannya dimungkinkan akibat dari batasan-batasan serta asumsi-asumsi yang digunakan serta pembulatan angka dibelakang koma. Selain itu jumlah maksimum stoping rule dalam paket ditentukan oleh berapa banyaknya pelanggan yang telah dilayani dan pada paket program ini dibatasi sampai dengan 100, semakin besar harga ini dengan kata lain semakin banyak sampel yang digunakan akan diperoleh hasil yang lebih tepat. Untuk menguji variabel-variabel lainnya diperlukan pengkajian yang lebih mendalam supaya diperoleh akurasi yang tinggi.

λ (jam)	1	2	3	4	5	6	7
μ (jam)	0,0943	0,0943	0,0943	0,0943	0,0943	0,0943	0,0943
\sum rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,012	0,05	0,154	0,209	0,367	0,726	1,359
\sum rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,102	0,231	0,46	0,569	0,804	1,262	1,944
T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam antrian	0,012	0,025	0,046	0,053	0,075	0,123	0,195
T rata-rata pelanggan yang menunggu dalam sistem	0,107	0,12	0,141	0,147	0,17	0,217	0,277

Tabel 4.4 Pelanggan yang Menunggu Hasil Simulasi

Item	Faktor Utilitas							Rata-rata
	0,094	0,19	0,28	0,38	0,47	0,57	0,66	
Perhitungan Pelanggan yang menunggu	0,0098	0,043	0,111	0,228	0,421	0,738	1,284	0,405
Simulasi Pelanggan yang menunggu	0,012	0,05	0,154	0,209	0,367	0,726	1,359	0,411
Selisih	0,0022	0,007	0,043	0,019	0,054	0,012	0,075	0,030
Penyimpangan Terhadap Perhitungan (%)	22,45	16,28	38,74	8,33	12,83	1,63	5,84	7,49

Tabel 4.5 Jumlah Rata-rata pelanggan yang menunggu dalam Antrian
Sumber: Hasil Perhitungan

Selisih pelanggan yang menunggu antara perhitungan dengan simulasi:

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulation} - \text{calculation}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,012 - 0,0098| & &= |0,05 - 0,043| \\ &= 0,0022 & &= 0,007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,154 - 0,111| & &= |0,209 - 0,228| \\ &= 0,043 & &= 0,019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,367 - 0,421| & &= |0,726 - 0,738| \\ &= 0,054 & &= 0,012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |1,359 - 1,284| \\ &= 0,075 \end{aligned}$$

Penyimpangan terhadap perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan}} \text{ gangguan} \\ &= \frac{0,0022}{0,0098} \\ &= 22,45\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan}} \text{ gangguan} \\ &= \frac{0,007}{0,043} \\ &= 16,28\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan}} \text{ gangguan} \\ &= \frac{0,043}{0,111} \\ &= 38,74\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,019}{0,228} \\ &= 8,33\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,054}{0,421} \\ &= 12,83\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,012}{0,738} \\ &= 1,63\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,075}{1,284} \\ &= 5,84\% \end{aligned}$$

Item	Faktor Utilitas							
	0,094	0,19	0,28	0,38	0,47	0,57	0,66	Rata-rata
Perhitungan Pelanggan yang menunggu	0,104	0,232	0,394	0,608	0,892	1,304	1,944	0,782
Simulasi Pelanggan yang menunggu	0,102	0,231	0,46	0,569	0,804	1,262	1,944	0,767
Selisih	0,002	0,001	0,066	0,037	0,088	0,042	0	0,034
Penyimpangan Terhadap Perhitungan (%)	1,92	0,43	16,75	6,11	9,87	3,22	0,00	4,31

Tabel 4.6 Jumlah Rata-rata Pelanggan yang menunggu dalam Sistem

Sumber: Hasil Perhitungan



Selisih pelanggan yang menunggu antara perhitungan dengan simulasi:

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,102 - 0,104| & &= |0,231 - 0,232| \\ &= 0,002 & &= 0,001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,46 - 0,394| & &= |0,569 - 0,608| \\ &= 0,0066 & &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,804 - 0,892| & &= |1,262 - 1,304| \\ &= 0,088 & &= 0,042 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |1,944 - 1,944| \\ &= 0 \end{aligned}$$

Penyimpangan terhadap perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \times \text{gangguan}} \\ &= \frac{0,002}{0,104} \\ &= 1,92\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \times \text{gangguan}} \\ &= \frac{0,001}{0,232} \\ &= 0,43\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \times \text{gangguan}} \\ &= \frac{0,066}{0,394} \\ &= 16,75\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,037}{0,608} \\ &= 6,11\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,088}{0,0,892} \\ &= 9,87\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,042}{1,304} \\ &= 3,22\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0}{1,944} \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

Item	Faktor Utilitas							Rata-rata
	0,094	0,19	0,28	0,38	0,47	0,57	0,66	
Perhitungan Pelanggan yang menunggu	0,0098	0,0219	0,037	0,057	0,084	0,123	0,183	0,074
Simulasi Pelanggan yang menunggu	0,012	0,025	0,046	0,053	0,075	0,123	0,195	0,076
Selisih	0,0022	0,0031	0,009	0,004	0,009	0	0,012	0,006
Penyimpangan Terhadap Perhitungan (%)	22,45	14,16	24,33	7,02	10,71	0,00	6,56	7,62

Tabel 4.7 Waktu Rata-rata Pelanggan yang menunggu dalam Antrian

Sumber: Hasil Perhitungan



Selisih pelanggan yang menunggu antara perhitungan dengan simulasi:

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,012 - 0,0098| & &= |0,025 - 0,0219| \\ &= 0,0022 & &= 0,0031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,046 - 0,037| & &= |0,053 - 0,057| \\ &= 0,009 & &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,075 - 0,084| & &= |0,123 - 0,123| \\ &= 0,009 & &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,195 - 0,183| \\ &= 0,012 \end{aligned}$$

Penyimpangan terhadap perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,0022}{0,0098} \\ &= 22,45\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,0031}{0,0219} \\ &= 14,16\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,009}{0,037} \\ &= 24,329\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,004}{0,057} \\ &= 7,02\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,009}{0,084} \\ &= 10,71\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0}{0,123} \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan gangguan}} \\ &= \frac{0,012}{0,183} \\ &= 6,56\% \end{aligned}$$

Item	Faktor Utilitas							Rata-rata
	0,094	0,19	0,28	0,38	0,47	0,57	0,66	
Perhitungan Pelanggan yang menunggu	0,094	0,116	0,131	0,152	0,178	0,217	0,277	0,168
Simulasi Pelanggan yang menunggu	0,107	0,12	0,141	0,147	0,17	0,217	0,277	0,168
Selisih	0,003	0,004	0,01	0,005	0,008	0	0	0,004
Penyimpangan Terhadap Perhitungan (%)	2,88	3,45	7,63	3,29	4,49	0,00	0,00	2,55

Tabel 4.8 Waktu Rata-rata Pelanggan yang menunggu dalam Sistem

Sumber: Hasil Perhitungan



Selisih pelanggan yang menunggu antara perhitungan dengan simulasi:

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,107 - 0,104| & &= |0,12 - 0,116| \\ &= 0,003 & &= 0,004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,141 - 0,131| & &= |0,147 - 0,152| \\ &= 0,01 & &= 0,005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| & \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,17 - 0,178| & &= |0,217 - 0,217| \\ &= 0,008 & &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |\text{simulasi} - \text{perhitungan}| \\ &= |0,277 - 0,277| \\ &= 0 \end{aligned}$$

Penyimpangan terhadap perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,003}{0,104} \\ &= 2,88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,004}{0,116} \\ &= 3,45\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \text{ gangguan}} \\ &= \frac{0,01}{0,131} \\ &= 7,63\% \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \quad \text{gangguan}} \\ &= \frac{0,005}{0,152} \\ &= 3,29\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \quad \text{gangguan}} \\ &= \frac{0,008}{0,178} \\ &= 4,49\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \quad \text{gangguan}} \\ &= \frac{0}{0,217} \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan} &= \frac{\Delta}{\text{perhitungan} \quad \text{gangguan}} \\ &= \frac{0}{0,277} \\ &= 0,00\% \end{aligned}$$

4.5 Analisis delay end to end

Delay end to end merupakan delay antara node sumber (server) dan node tujuan (client). Delay end to end dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$t_{\text{end to end}} = t_{\text{enc}} + t_{\text{trans}} + t_{\text{prop}} + t_w + t_{\text{dec}}$$

Batas toleransi nilai delay end to end adalah 400 ms.

Pada saat pembentukan hubungan (*connection established*) terjadi kesepakatan dalam pemrosesan paket multimedia diantaranya enkapsulasi dan dekapsulasi.

Dengan asumsi :

Maximum Segment Size (MSS) adalah 1452 byte/paket

Header TCP adalah 20 byte/paket

Header IP adalah 20 byte/paket

Header Ethernet II adalah 14 byte/paket

4.5.1 Analisis Delay enkapsulasi

Delay enkapsulasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menambahkan keseluruhan header pada sebuah paket. Pada *transport layer*, paket multimedia diberi header TCP. Paket multimedia yang telah diberi header ini disebut segmen.

Panjang segmen dihitung dengan menggunakan Persamaan :

$$W_{\text{segmen}} = \text{MSS} + \text{Header}_{\text{TCP}}$$

Dengan mensubstitusikan nilai MSS dan header TCP diperoleh nilai panjang segmen (W_{segmen}) sebagai berikut

$$\begin{aligned} W_{\text{segmen}} &= \text{MSS} + \text{Header}_{\text{TCP}} \\ &= 1452 + 20 \\ &= 1472 \text{ byte} \end{aligned}$$

Selanjutnya paket melalui *internet layer*. Pada *internet layer*, paket multimedia diberi header IP. Paket multimedia yang telah diberi header ini disebut datagram.

Maka $W_{\text{datagram}} = W_{\text{segmen}} + \text{Header}_{\text{IP}}$

$$\begin{aligned} W_{\text{datagram}} &= W_{\text{segmen}} + \text{Header}_{\text{IP}} \\ &= 1472 + 20 \\ &= 1492 \text{ byte} \end{aligned}$$

Setelah itu paket melalui *network interface-+ layer* baru kemudian dikirimkan ke *node tujuan (client)*. Pada *network interface layer*, paket multimedia diberi header Ethernet II. Dan diberi header ini disebut frame.

$$W_{\text{frame}} = W_{\text{datagram}} + \text{Header}_{\text{Ethernet}}$$

maka

$$\begin{aligned} W_{\text{frame}} &= W_{\text{datagram}} + \text{Header}_{\text{Ethernet}} \\ &= 1492 + 14 \\ &= 1506 \text{ byte} \end{aligned}$$

Delay enkapsulasi dihitung dengan menggunakan Persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned} t_{\text{enc}} &= \frac{W_{\text{frame}} - \text{MSS}}{C_{\text{pros}}} \times 8 \\ &= \frac{1506 - 1452}{275140,176} \times 8 \\ &= \frac{432}{275140,176} \\ &= 0,001570 \text{ s} \end{aligned}$$

4.5.2 Analisis Delay dekapsulasi

Delay dekapsulasi dihitung dengan menggunakan Persamaan seperti yang terlihat dibawah ini

$$t_{dec} = \frac{W_{frame} - MSS}{C_{pros2}} \times 8$$

Dengan mensubstitusikan nilai W_{frame} , dan MSS serta mengasumsikan C_{pros2} sama dengan kecepatan transmisi rata-rata diterima sebesar 247029,352 bps diperoleh nilai *delay* dekapsulasi (t_{dec}) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{dec} &= \frac{W_{frame} - MSS}{C_{pros2}} \times 8 \\ &= \frac{1506 - 1452}{247029,352} \times 8 \\ &= \frac{432}{247029,352} \\ &= 0,001746 \text{ s} \end{aligned}$$

4.5.3 Analisis Delay Transmisi

Delay transmisi adalah waktu yang dibutuhkan untuk meletakkan sebuah paket ke media transmisi. Delay transmisi dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$t_i = \frac{(L+L')}{C} \times 8 = \frac{W_{frame}}{C} \times 8$$

Dengan asumsi :

Panjang frame (W_{frame}) adalah 1506 byte

Kapasitas media transmisi (C) adalah 100 Mbps

Bila diketahui

$$1024 \times 1024 \text{ bit} = 2^{10} \times 2^{10} \text{ bit} = 1 \text{ Mb (Mega bit)}$$

maka kapasitas media transmisi (C) tersebut dapat ditulis menjadi

$$C = 100 \times 1024 \times 1024 = 104857600 \text{ bps}$$

diperoleh nilai *delay* transmisi (t_{trans}) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_{trans} &= \frac{(L+L')}{C} \times 8 = \frac{W_{frame}}{C} \times 8 \\ &= \frac{1506}{104857600} \times 8 \\ &= \frac{12048}{104857600} \\ &= 0,000115 \text{ s} \end{aligned}$$

4.5.4 Analisis Delay Propagasi

Delay propagasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk merambatkan sinyal yang berisi data multimedia dari *node* sumber (*server*) ke *node* tujuan (*client*).

Delay propagasi dihitung dengan menggunakan Persamaan :

$$t_{prop} = t_{DTE} + t_{UTP} + t_{Router} + t_{backbone} + \left(\frac{d\sqrt{\mu_r x \epsilon_r}}{c} \right)$$

$$= N_{DTE} x 25 x \frac{1}{C} + 0,556 x P_{UTP} x \frac{1}{C} + N_{Router} x t_{Router} + t_{Backbone} + \left(\frac{d\sqrt{\mu_r x \epsilon_r}}{c} \right)$$

Dengan asumsi :

Jumlah LAN Card (N_{DTE}) adalah 2

Kapasitas media transmisi (C) adalah 100 Mbps

Bila diketahui

$$1024 \times 1024 \text{ bit} = 2^{10} \times 2^{10} \text{ bit} = 1 \text{ Mb (Mega bit)}$$

maka kapasitas media transmisi (C) tersebut dapat dituliskan kembali menjadi $C = 100 \times 1024 \times 1024 = 104857600 \text{ bps}$

Panjang kabel UTP dari *node* sumber (*server*) ke *node* tujuan (*client*) (P_{UTP}) adalah 2074,521 m

Jumlah *router* (N_{Router}) adalah 2

Delay masing-masing *router* (t_{Router}) adalah 2 ms

Delay *backbone* ($t_{Backbone}$) adalah 10 ms

Panjang kabel tembaga dari DSLAM ke pelanggan (d) adalah 5000 m

Konstanta permeabilitas relatif (μ_r) adalah 1

Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) adalah 2.3

Kecepatan cahaya (c) adalah $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Dengan mensubstitusikan nilai N_{DTE} , P_{UTP} , N_{Router} , t_{Router} , $t_{Backbone}$, d, μ_r , ϵ_r , c dan C ke dalam Persamaan diperoleh nilai *delay* propagasi (t_{prop}) sebagai berikut:

$$t_{prop} = t_{DTE} + t_{UTP} + t_{Router} + t_{backbone} + \left(\frac{d\sqrt{\mu_r x \epsilon_r}}{c} \right)$$

$$= N_{DTE} x 25 x \frac{1}{C} + 0,556 x P_{UTP} x \frac{1}{C} + N_{Router} x t_{Router} + t_{Backbone} + \left(\frac{d\sqrt{\mu_r x \epsilon_r}}{c} \right)$$

$$= 2 x 25 x \frac{1}{104857600} + 0,556 x 2074,521 x \frac{1}{104857600} + 2 x 0,002000 + 0,010000 + \frac{5000\sqrt{1x2,3}}{3x10^8}$$

$$= 0,000001 + 0,000011 + 0,004000 + 0,010000 + 0,000025$$

$$= 0,014037 \text{ s}$$

4.5.5 Analisis Delay Antrian

Delay antrian adalah *delay* yang terjadi karena keterbatasan *node* tujuan (*client*) dalam memproses paket multimedia yang datang. *Delay* antrian dihitung dengan menggunakan persamaan seperti yang terlihat di bawah ini :

$$t_w = t_{queue} + t_{serv}$$

$$= \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} + \frac{1}{\mu}$$

Dengan asumsi :

Kapasitas media transmisi (C) adalah 100 Mbps

Bila diketahui

$$1024 \times 1024 \text{ bit} = 2^{10} \times 2^{10} \text{ bit} = 1 \text{ Mb (Mega bit)}$$

maka kapasitas media transmisi (C) tersebut dapat dituliskan kembali menjadi $C = 100 \times 1024 \times 1024 = 104857600 \text{ bps}$

Panjang paket rata-rata (l) adalah 1389,554 byte/paket

Throughput (λ) adalah 22,222 paket/s.

Kecepatan pelayanan *client* (μ) dihitung dengan menggunakan Persamaan dibawah ini:

$$\mu = \frac{C}{l \times 8}$$

$$= \frac{104857600}{1389,554 \times 8}$$

$$= \frac{104857600}{11116,432} = 9432,667 \text{ paket/s}$$

Kemudian dengan mensubstitusikan nilai λ , dan μ ke dalam Persamaan, diperoleh nilai *delay* antrian (t_w) sebagai berikut :

$$t_w = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} + \frac{1}{\mu}$$

$$= \frac{22,222}{(9432,667)(9432,667 - 22,222)} + \frac{1}{9432,667}$$

$$= \frac{22,222}{88765263,863} + \frac{1}{9432,667}$$

$$= 0,0000003 + 0,000106$$

$$= 0,000106 \text{ s}$$

Dengan mensubstitusikan nilai t_{enc} , t_{trans} , t_{prop} , t_w , dan t_{dec} diperoleh nilai *delay end to end* ($t_{end\ to\ end}$) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}t_{end\ to\ end} &= t_{enc} + t_{trans} + t_{prop} + t_w + t_{dec} \\ &= 0,001570 + 0,000115 + 0,014037 + 0,000106 + 0,001746 \\ &= 0,017574\ s\end{aligned}$$

